ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71279— 2024

Оптика и фотоника

ДЕТАЛИ ОПТИЧЕСКИЕ

Типовые технологические процессы нанесения одно-, двух- и трехслойных просветляющих покрытий из растворов

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт физической оптики, оптики лазеров и информационных оптических систем Всероссийского научного центра «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова» (ФГУП «НИИФООЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И. Вавилова»), Акционерным обществом «ЛОМО» (АО «ЛОМО») и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 296 «Оптика и фотоника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 апреля 2024 г. № 506-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, сокращения и обозначения 3
4 Общие требования 4
5 Требования к производственным помещениям 5
6 Требования к оборудованию, приборам и материалам 5
7 Типовые технологические процессы 5
8 Контроль характеристик просветляющих покрытий 50
9 Требования безопасности 51
Приложение А (обязательное) Условные обозначения просветляющих покрытий 54
Приложение Б (рекомендуемое) Оборудование, приборы и материалы 56
Приложение В (рекомендуемое) Подготовка посуды и протирочных материалов 58
Приложение Г (рекомендуемое) Осушка, перегонка и очистка растворителей и реактивов 59
Приложение Д (обязательное) Составы пленкообразующих растворов 62
Приложение Е (рекомендуемое) Кривые спектральных коэффициентов отражения оптических деталей с одно-, двух- и трехслойными просветляющими покрытиями и графики зависимости показателей преломления смесей пленкообразующих растворов от концентраций 66
Приложение Ж (рекомендуемое) Кривые спектральных коэффициентов отражения стекол марок К8 и ТФ8 с двухслойными ахроматическими покрытиями для длин волн 0,48—0,5 мкм и 0,78—0,82 мкм с ошибками и без ошибок в оптических толщинах слоев 73
Приложение И (справочное) Кривые спектральных коэффициентов отражения раздельно нанесенных слоев при подборе оптических толщин трехслойных покрытий для видимой области спектра 77
Приложение К (рекомендуемое) Кривые спектральных коэффициентов отражения трехслойных покрытий с ошибками и без ошибок в оптических толщинах слоев 80
Приложение Л (справочное) Кривые спектральных коэффициентов отражения при трехслойном просветлении деталей для коротковолнового и видимого излучения 83
Библиография 86

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Оптика и фотоника

ДЕТАЛИ ОПТИЧЕСКИЕ

Типовые технологические процессы нанесения одно-, двух- и трехслойных просветляющих покрытий из растворов

Optics and photonics. Optical details. Typical technological processes of applying one-, two- and three-layer antireflection coatings from solutions

Дата введения — 2025—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на оптические детали диаметром от 7 до 1000 мм, изготовленные из силикатного стекла в трех сериях (0, 100 и 200), кварцевого стекла по ГОСТ 15130, и детали диаметром от 7 до 250 мм из кристаллов фтористого кальция и фтористого бария (далее — детали) и устанавливает типовые технологические процессы (ТТП) нанесения химическим методом на поверхность деталей одно-, двух- и трехслойных просветляющих покрытий для области спектра от 0,22 до 2,0 мкм из спиртовых пленкообразующих растворов этиловых эфиров ортокремневой (тетраэтоксисилан) и ортотитановой кислот (тетраэтоксититан), азотнокислого тория, хлорокисей гафния и циркония (далее — нанесение просветляющих покрытий, просветление деталей).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы.

ГОСТ 2.412 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий

ГОСТ 12.1.003 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.012 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.019 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.030 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

ГОСТ 12.2.003 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.062 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные

Издание официальное

ГОСТ 12.3.002 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.3.010 Система стандартов безопасности труда. Тара производственная. Требования безопасности при эксплуатации

ГОСТ 12.3.043 Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные нанесения оптических покрытий на детали. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.011 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация

ГОСТ 12.4.103 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация

ГОСТ 12.4.120 Система стандартов безопасности труда. Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие технические требования

ГОСТ 450 Кальций хлористый технический. Технические условия

ГОСТ 857 Кислота соляная синтетическая техническая. Технические условия

ГОСТ 1277 Реактивы. Серебро азотнокислое. Технические условия

ГОСТ 1770 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия

ГОСТ 2603 Реактивы. Ацетон. Технические условия

ГОСТ 3118 Реактивы. Кислота соляная. Технические условия

ГОСТ 3273 Натрий металлический технический. Технические условия

ГОСТ 3479 Бумага папиросная. Технические условия

ГОСТ 3759 Реактивы. Алюминий хлористый 6-водный. Технические условия

ГОСТ 3760 Реактивы. Аммиак водный. Технические условия

ГОСТ 4139 Реактивы. Калий роданистый. Технические условия

ГОСТ 4143 Реактивы. Калий углекислый кислый. Технические условия

ГОСТ 4165 Реактивы. Медь (II) сернокислая 5-водная. Технические условия

ГОСТ 4166 Реактивы. Натрий сернокислый. Технические условия

ГОСТ 4233 Реактивы. Натрий хлористый. Технические условия

ГОСТ 4234 Реактивы. Калий хлористый. Технические условия

ГОСТ 4328 Реактивы. Натрия гидроокись. Технические условия

ГОСТ 4517 Реактивы. Методы приготовления вспомогательных реактивов и растворов, применяемых при анализе

ГОСТ 4784 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки

ГОСТ 5556 Вата медицинская гигроскопическая. Технические условия

ГОСТ 5830 Реактивы. Спирт изоамиловый. Технические условия

ГОСТ 6016 Реактивы. Спирт изобутиловый. Технические условия

ГОСТ 6563 Изделия технические из благородных металлов и сплавов. Технические условия

ГОСТ 8981 Эфиры этиловый и нормальный бутиловый уксусной кислоты технические. Технические условия

ГОСТ 9147 Посуда и оборудование лабораторные фарфоровые. Технические условия

ГОСТ 9285 Калия гидрат окиси технический. Технические условия

ГОСТ 9536 Спирт изобутиловый технический. Технические условия

ГОСТ 9880 Толуол каменноугольный и сланцевый. Технические условия

ГОСТ 10354 Пленка полиэтиленовая. Технические условия

ГОСТ 11141 Детали оптические. Классы чистоты поверхностей. Методы контроля

ГОСТ 12026 Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия

ГОСТ 13744 Фторопласт-3. Технические условия

ГОСТ 15130 Стекло кварцевое оптическое. Общие технические условия

ГОСТ 16426 Крошка мраморная электротехническая. Технические условия

ГОСТ 23671 Известняк для стекольной промышленности. Технические условия

ГОСТ 25336 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры

ГОСТ 25428 Фторопласт-42. Технические условия

ГОСТ 29227 (ИСО 835-1-81) Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 29250 Ткани льняные и полульняные грубые. Технические условия

ГОСТ 29298 Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия

ГОСТ 30266 Мыло хозяйственное твердое. Общие технические условия

ГОСТ 30494 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ 32479 Средства для стирки. Общие технические условия

ГОСТ 32521 Мешки из полимерных пленок. Общие технические условия

ГОСТ 34060 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Испытание и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила проведения и контроль выполнения работ

ГОСТ Р 8.654 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения

ГОСТ Р 12.0.001 Система стандартов безопасности труда. Основные положения

ГОСТ Р 52574 Спирт этиловый синтетический, технический и денатурированный. Технические условия

ГОСТ Р 53228 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания

ГОСТ Р 55064 Натр едкий технический. Технические условия

ГОСТ Р 55710 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений

ГОСТ Р 55878 Спирт этиловый технический гидролизный ректификованный. Технические условия

ГОСТ Р 58144 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ Р 59608.3 Оптика и фотоника. Покрытия оптические. Часть 3. Классификация по стойкости к воздействию внешних факторов и методы испытаний

ГОСТ Р 59670 Воздух рабочей зоны. Общие требования к методикам определения содержания химических веществ

ГОСТ Р 59972 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования

ГОСТ Р ИСО 9211-1 Оптика и оптические приборы. Покрытия оптические. Часть 1. Термины и определения

ГОСТ Р ИСО 9211-2 Оптика и оптические приборы. Покрытия оптические. Часть 2. Оптические свойства

ГОСТ Р ИСО 9211-4 Оптика и оптические приборы. Покрытия оптические. Часть 4. Специальные методы испытаний

СП 30.13330 «СНиП 2.04.01—85* Внутренний водопровод и канализация зданий»

СП 52.13330 «СНиП 23-05—95* Естественное и искусственное освещение»

СП 56.13330 «СНиП 31-03—2001 Производственные здания»

СП 60.13330 «СНиП 41-01—2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

СП 112.13330 «СНиП 21-01—97* Пожарная безопасность зданий и сооружений»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения, сокращения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 9211-1.

3.2 Сокращения и обозначения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения и обозначения:

ПДК — предельно допустимые концентрации;

ТД — технологическая документация;

ТТП — типовой технологический процесс;

ЭД — эксплуатационная документация;

ч. — чистые;

ч. д. а. — чистый для анализа;

х. ч. — химически чистые;

ос. ч. — особо чистые.

h — толщина слоя покрытия;

n — показатель преломления покрытия (слоя);

n_D — показатель преломления стекла;

nh — оптическая толщина просветляющего покрытия (слоя);

t — технологические особенности нанесения просветляющего покрытия;

λ — длина волны;

$\lambda(\rho_{min})$ — длина волны, соответствующая минимуму спектрального коэффициента отражения;

$\lambda(\rho_{max})$ — длина волны, соответствующая максимуму спектрального коэффициента отражения;

λ_0 — центральная длина волны;

ρ — коэффициент отражения;

ρ_{max} — коэффициент максимального отражения;

$\rho(\lambda)$ — спектральный коэффициент отражения;

$\tau(\lambda)$ — спектральный коэффициент пропускания;

30Р[1)] — торий азотнокислый или хлористый (торий нитрат или хлорид);

43Р[1)] — тетраэтоксисилан;

44Р[1)] — тетраэтоксититан;

45Р[1)] — смесь тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана;

46Р[1)] — циркония хлорокись (эфир этиловый дизамещенный ортоциркониевой кислоты);

51Р[1)] — гафний хлор окись (гафний окксихлорид);

68Р[1)] — диметилэтоксисилан;

70Р[1)] — винилтрихлорсилан и уксуснокислая ртуть (винилтрихлорсилан и ртуть (II) ацетат);

82Р[1)] — винилтриэтоксисилан и уксуснокислая ртуть (винилтриэтоксисилан и ртуть (II) ацетат).

4 Общие требования

4.1 Просветляющие покрытия наносят на детали:

- для снижения спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхностей деталей, т. е. увеличения общего светопропускания в соответствующей области спектра;
- повышения контрастности изображения;
- снижения количества рассеянного света в приборах;
- устранения бликов и двойного изображения.

4.2 Свойства и характеристики просветляющих покрытий устанавливают по ГОСТ Р ИСО 9211-2 и ГОСТ Р 59608.3.

[1)] Обозначение пленкообразующего материала. В настоящем стандарте для упрощения записи приняты условные обозначения просветляющих покрытий, наносимых из пленкообразующих растворов (символ «Р» после кода пленкообразующего материала).

4.3 Требования к качеству поверхности деталей с просветляющими покрытиями устанавливают по рабочим чертежам на деталь с учтенным снижением класса чистоты поверхности после нанесения просветляющего покрытия согласно ГОСТ 11141.

4.4 Просветление деталей проводят до операции склеивания. В отдельных, технически обоснованных случаях, нанесение одно- и двухслойных просветляющих покрытий допускается выполнять после склеивания с термообработкой деталей с покрытием при температуре плюс 80 °С не менее 10 ч.

4.5 Условные обозначения просветляющих покрытий указывают в соответствии с приложением А, условные графические знаки просветляющих покрытий — по ГОСТ 2.412.

4.6 Детали с просветляющими и защитными от влаги покрытиями не должны изменять своих свойств в течение 10 лет.

5 Требования к производственным помещениям

5.1 ТТП нанесения одно-, двух- и трехслойных просветляющих покрытий на детали проводят в условиях производственных помещений, оборудованных вентиляцией и отоплением в соответствии с требованиями СП 60.13330, водопроводом с горячей и холодной водой по СП 30.13330, норм проектирования освещения по СП 52.13330, имеющих весь необходимый перечень оборудования для выполнения необходимых работ.

5.2 Производственные помещения должны соответствовать требованиям СП 56.13330, ГОСТ 30494.

5.3 В помещении должны действовать вентиляционные системы: вытяжная общеобменная и местные от вытяжных шкафов и от станков для проведения просветления.

5.4 Вентиляционные установки должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 34060, ГОСТ Р 59972.

5.5 Воздуховоды местных отсосов должны очищаться в соответствии с требованиями, указанными в ГОСТ Р 59972.

5.6 Освещенность рабочих поверхностей в помещениях для просветления должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 55710.

5.7 Помещение должно быть оборудовано кранами с холодной и горячей водой и фонтанчиками с холодной водой.

5.8 Помещение должно быть просторным и легко доступным для мытья и обеспыливания. Стены и потолок должны быть выкрашены белой масляной краской. Пол должен быть покрыт линолеумом или пластиком. Обязательно должно быть кондиционирование воздуха. Температура в помещении должна быть плюс (22 ± 1) °С, относительная влажность (50 ± 5) %.

6 Требования к оборудованию, приборам и материалам

6.1 Оборудование, необходимое для нанесения просветляющих покрытий на детали, должно соответствовать ТД и ЭД.

6.2 Применяемые средства измерений должны быть поверены или калиброваны в установленном порядке. Программное обеспечение средств измерений должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.654.

6.3 Материалы, реактивы и оборудование, применяемые при нанесении просветляющих покрытий, приведены в приложении Б.

7 Типовые технологические процессы

7.1 Общие положения

ТТП нанесения покрытий на детали состоит из следующих технологических операций:

- подготовки посуды и протирочных материалов;
- осушки и перегонки растворителей;
- перегонки и очистки (при необходимости) реактивов для приготовления пленкообразующих растворов (перегонки тетраэтоксисилана, тетраэтоксититана, перекристаллизация хлорокисей гафния и циркония) и их контроля;
- приготовления пленкообразующих растворов и смесей из растворов и их хранения;

- контроля годности пленкообразующих растворов и их смесей к нанесению просветляющих покрытий;
- подбора условий нанесения просветляющих покрытий;
- подготовки поверхности детали к просветлению;
- подбора режима просветления деталей;
- нанесения просветляющих покрытий;
- контроля характеристик просветляющих покрытий.

Технологические операции выполняют в соответствии с 7.3—7.16 и разделом 8.

7.2 После контроля просветленные и защищенные детали следует хранить завернутыми в папиросную бумагу, предварительно просушенную в термостате, в запаянных полиэтиленовых мешках с силикагелем в плотно закрываемых деревянных ящиках в сухом проветриваемом помещении.

7.3 Подготовка посуды и протирочных материалов

Подготовку посуды и протирочных материалов проводят в соответствии с приложением В.

7.4 Осушка и перегонка растворителей

Осушку и перегонку растворителей проводят в соответствии с приложением Г.

7.5 Перегонка и очистка реактивов для приготовления пленкообразующих растворов

Перегонку и очистку (при необходимости) реактивов для приготовления пленкообразующих растворов и их контроль проводят в соответствии с приложением Г и ТД на реактив конкретного вида.

7.6 Приготовление пленкообразующих растворов и смесей и их хранение

7.6.1 В качестве пленкообразующих растворов при просветлении деталей для видимой и близкой инфракрасной области спектра используют спирто-водные растворы тетраэтоксисилана, тетраэтоксититана, хлорокиси гафния и циркония и их смеси.

7.6.2 Для растворов тетраэтоксисилана в качестве растворителя допускается применять ацетон или смесь его со спиртом в соотношении 1:1, 1:2, 1:3. Использование ацетоновых растворов обеспечивает получение более прочных и быстро закрепляющихся покрытий.

7.6.3 При просветлении деталей диаметром менее 10 мм для обеспечения равномерности толщины просветляющего покрытия на всей поверхности (т. е. без канта большей толщины по краю детали) в растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана добавляют изоамиловый или изобутиловый спирт в количестве от 1 % до 2 % от объема раствора.

7.6.4 Для ускорения созревания растворов тетраэтоксисилана и стабилизации раствора тетраэтоксититана добавляют соляную кислоту в количестве, указанном в таблицах Д.1 и Д.2.

7.6.5 При просветлении деталей из кварца, кристаллов и стекол, прозрачных для ультрафиолетового излучения с максимальным пропусканием в ультрафиолетовой области спектра, используют растворы азотнокислого тория, хлорокисей циркония, гафния и тетраэтоксисилана и их смеси.

7.6.6 Навески компонентов для приготовления просветляющих растворов взвешивают на технических весах I класса.

7.6.7 Составы пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана разных концентраций для нанесения просветляющих покрытий должны соответствовать составам, указанным таблице Д.1.

Растворители установленных концентраций применяют для нанесения просветляющих покрытий при относительной влажности воздуха (50 ± 5) %. При относительной влажности воздуха от 35 % до 45 % содержание воды в растворителях увеличивают на (0,75 ± 0,25) %.

Для приготовления раствора тетраэтоксисилана его в заданном количестве, отмеренном мерным цилиндром или бюреткой с ценой деления 0,1 $см^3$, помещают в мерную колбу с притертой пробкой. Затем до половины колбы наливают этиловый спирт или ацетон заранее подготовленной концентрации. Содержимое тщательно смешивают, добавляют соляную кислоту заданного количества пипеткой вместимостью от 1 до 2 $см^3$ с ценой деления 0,05 $см^3$, затем доливают этиловый спирт (ацетон) до метки в колбе.

Раствор тетраэтоксисилана выдерживают для созревания и стабилизации от 1 до 14 сут в зависимости от концентрации при температуре (22 ± 2) °С, после чего он пригоден к нанесению покрытий.

При уменьшении количества соляной кислоты время созревания растворов увеличивают до 30 сут.

При хранении раствора в стеклянных колбах с притертыми пробками при температуре не выше 20 °С или в холодильнике при температуре от 5 °С до 10 °С срок годности раствора — от 90 до 180 сут.

7.6.8 Составы пленкообразующих растворов тетраэтоксититана для нанесения 1-го слоя при двухслойном просветлении без промежуточного и с промежуточным прогреванием должны соответствовать составам, указанным в таблице Д.2.

7.6.9 Составы пленкообразующих растворов тетраэтоксититана для нанесения 1-го слоя без промежуточного прогревания при двухслойном и 2-го слоя при трехслойном ахроматическом просветлении должны соответствовать составам, указанным в таблице Д.3.

7.6.10 Для приготовления пленкообразующего раствора тетраэтоксититана ампулу или склянку с продуктом нагревают на водяной бане при температуре от 70 °С до 75 °С до расплавления содержимого. Ампулу или склянку с расплавленным тетраэтоксититаном охлаждают до комнатной температуры. Затем вскрывают и тетраэтоксититан заданного количества мерным цилиндром с ценой деления 0,1 см³ отбирают в мерную колбу или взвешивают на технических весах I класса. Далее наливают растворитель объемом, составляющим примерно половину требуемого количества, с заранее введенной в него соляной кислотой. Содержимое колбы встряхивают до исчезновения образовавшейся мути и доливают растворитель до метки на колбе. Перед нагреванием склянок необходимо удалить парафин механическим путем, остатки растворить бензином или петролейным эфиром, затем насухо протереть ватным тампоном. Открывают пробку и удаляют гидроокись титана спиртом. Затем склянку закрывают пробкой.

Пленкообразующий раствор тетраэтоксититана выдерживают при температуре (22 ± 2) °С от 2 до 6 ч, после чего он пригоден для нанесения покрытий для деталей любых размеров.

Пленкообразующие растворы тетраэтоксититана для нанесения покрытий без промежуточного прогревания слоев пригодны в течение 3 — 10 сут в зависимости от их концентрации и условий хранения.

Пленкообразующие растворы тетраэтоксититана для нанесения покрытий с промежуточным прогреванием, приготовленные в 99,5 %-ном этиловом спирте, пригодны в течение 21—28 сут.

Пленкообразующие растворы тетраэтоксититана хранят в колбах с притертыми пробками при температуре от 5 °С до 10 °С в холодильнике. За 1—2 ч до работы растворы вынимают из холодильника, чтобы температура растворов достигла рабочего диапазона (22 ± 2) °С.

7.6.11 Пленкообразующие растворы азотнокислого тория готовят в 99,5 %-ном этиловом спирте при использовании кристаллического азотнокислого тория и в 98,5 %-ном при использовании безводной соли нитрата тория.

Азотнокислый торий отбирают в заданном количестве и взвешивают в закрытом бюксе на технических весах I класса. Пленкообразующие растворы приготавливают в плотно закрывающихся мерных колбах при температуре (22 ± 2) °С.

Пленкообразующие растворы хранят в плотно закрытых колбах с притертыми пробками при температуре не выше 20 °С в свинцовых ящиках.

При трехслойном просветлении концентрации растворов азотнокислого тория, применяемых в смеси с растворами тетраэтоксисилана, в зависимости от диаметра просветляемой детали, должны быть в пределах:

- от 0,4 до 0,6 н — для нанесения 1-го слоя;
- от 1,1 до 1,3 н — для нанесения 2-го слоя.

7.6.12 Пленкообразующие растворы хлорокиси циркония готовят в 99,5 %-ном этиловом спирте. Хлорокись циркония заданного количества, взвешенную в стаканчике или бюксе, осторожно переносят в мерную колбу с притертой пробкой. Стаканчик или бюкс смывают несколько раз 99,5 %-ным этиловым спиртом, сливая его в ту же мерную колбу. Затем этиловый спирт той же концентрации вливают до 3/4 объема колбы. Растворение проводят при температуре (22 ± 2) °С, периодически встряхивая содержимое колбы. Полное растворение заканчивают через 2—3 сут в зависимости от концентрации хлорокиси циркония. После полного растворения хлорокиси циркония доливают до метки колбы оставшийся этиловый спирт количества, необходимого для получения соответствующей концентрации раствора, и взбалтывают. Раствор выдерживают в течение 2-х сут, после чего он пригоден для нанесения покрытий.

Срок хранения пленкообразующего раствора хлорокиси циркония — от 14 до 180 сут в зависимости от концентрации при хранении в плотно закрытых колбах в холодильнике.

7.6.13 Пленкообразующие растворы хлорокиси гафния готовят в 99,5 %-ном этиловом спирте аналогично приготовлению раствора по 7.6.12. Растворение в зависимости от концентрации хлорокиси гафния происходит от 2 до 3 сут. В случае неполного растворения хлорокиси гафния раствор подогревают на водяной бане при температуре от 50 °С до 60 °С, периодически перемешивая. Затем раствор

выдерживают для стабилизации свойств и обеспечения постоянства требуемой толщины покрытия еще в течение 2—3 сут.

Пленкообразующие растворы хлорокиси гафния хранят в колбах с пришлифованными стеклянными колпачками при температуре не выше 20 °С или в холодильнике. При отсутствии доступа влажного воздуха раствор пригоден для нанесения покрытий в течение 30—60 сут.

7.6.14 Для приготовления смесей используют пленкообразующие растворы равных концентраций и заданных количеств, которые сливают вместе в плотно закрывающуюся склянку. Зависимость показателя преломления 1-го слоя от показателя преломления стекла и соотношения пленкообразующих растворов (равных концентраций) в смеси приведена в таблице Д.4.

Значение показателя преломления 1-го слоя и соотношение пленкообразующих растворов (равных концентраций) в смеси, обеспечивающие увеличение прочности слоя двуокиси титана 44Р при двух- и трехслойных ахроматических просветляющих покрытиях, приведены в таблице Д.5.

Пленкообразующий раствор тетраэтоксисилана для всех смесей готовят в 98 %-ом этиловом спирте без добавления соляной кислоты.

Пленкообразующие растворы тетраэтоксититана для смеси готовят в соответствии с таблицей Д.2. Смесь спиртовых пленкообразующих растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана выдерживают при температуре (22 ± 2) °С от 5 до 6 сут, после чего она становится пригодной для нанесения покрытий. Смесь допускается использовать в течение 21 сут при хранении ее при температуре (22 ± 2) °С или в холодильнике при температуре от 5 °С до 10 °С.

Пленкообразующие растворы хлорокиси циркония готовят за 3—4 сут до составления смеси с тетраэтоксисиланом.

Смесь пленкообразующих растворов выдерживают при температуре (22 ± 2) °С в течение 2—3 сут, после чего она пригодна для нанесения покрытий в течение 21—28 сут.

Пленкообразующие растворы хлорокиси гафния готовят за 3—4 сут до составления смеси с тетраэтоксисиланом.

Смесь выдерживают при температуре (22 ± 2) °С в течение 2—3 сут, после чего она пригодна для нанесения покрытий. Смесь допускается использовать в течение 21—28 сут.

7.7 Контроль годности пленкообразующих растворов и их смесей к нанесению просветляющих покрытий

Контроль годности пленкообразующих растворов и их смесей к нанесению просветляющих покрытий после хранения проводят технологической пробой на одном-двух контрольных образцах сходного размера с деталью и из такой же марки стекла, что и деталь. Контрольный образец закрепляют в патроне станка для просветления, очищают по 7.9.16, наносят просветляющее покрытие при вращении шпинделя с частотой, обеспечивающей получение покрытия заданной оптической толщины, подвергают термообработке и проверяют механическую прочность по ГОСТ Р ИСО 9211-4 и чистоту покрытия по ГОСТ 11141. Пленкообразующий раствор считают годным к нанесению просветляющих покрытий при соответствии характеристик установленным требованиям.

7.8 Подбор условий нанесения просветляющих покрытий

7.8.1 Подбор условий нанесения просветляющих покрытий на впервые поступающие детали проводят предварительно на партии деталей опытным путем.

Подбор частоты вращения детали, концентрации, количества пленкообразующего раствора на одну поверхность детали, в зависимости от диаметра или диагонали поверхности, на которую наносят просветляющее покрытие, осуществляют в соответствии с настоящим стандартом.

7.8.2 Подбор условий нанесения просветляющих покрытий на детали следует проводить при одной и той же температуре $22\ ^{+3}_{-1}$ °С и относительной влажности воздуха (50 ± 5) %.

7.8.3 Условия нанесения просветляющих покрытий считают окончательно подобранными, если покрытие на контрольных образцах после нанесения пленкообразующих растворов и термообработки слоев удовлетворяет заданным требованиям по оптической толщине, спектральному коэффициенту отражения $\rho(\lambda)$, механической прочности.

7.9 Подготовка поверхности детали к просветлению

7.9.1 Перед нанесением просветляющих покрытий детали контролируют на отсутствие царапин, серости, налетов, на соответствие класса чистоты по ГОСТ 11141 и требованиям рабочих чертежей на деталь согласно ГОСТ 2.412.

При обнаружении налетов поверхность детали осторожно освежают, протирая салфеткой, смоченной спиртовой суспензией полирита, затем 2—3 раза промывают перегнанным этиловым спиртом и вытирают насухо салфеткой. Если после освежения на поверхности детали обнаруживают дефекты в виде налета или серых пятен, то детали отправляют на переполирование.

7.9.2 Для деталей, изготовленных из силикатных легкопятнающихся и налетоопасных стекол, марки которых указаны в таблице 1, при полировании второй поверхности, центрировании и других операциях обработки, проводят межоперационную защиту, нанося слой защитного лака толщиной 0,2 мм. Затем слой защитного лака с поверхности детали осторожно удаляют механическим способом, применение растворителей для этой цели не допускается.

Таблица 1

Марка стекла							
ЛК6	К3	ТК13	КФ6	БФ1	ЛФ1	Ф8	ТФ1
—	К15	ТК16	—	БФ7	ЛФ7	Ф108	ТФ101
—	—	ТК116	—	БФ107	—	—	ТФ3
—	—	ТК216	—	БФ11	—	—	ТФ103
—	—	ТК17	—	БФ111	—	—	ТФ4
—	—	ТК20	—	БФ12	—	—	ТФ104
—	—	ТК120	—	БФ112	—	—	ТФ5
—	—	ТК21	—	БФ13	—	—	ТФ105
—	—	ТК121	—	БФ113	—	—	ТФ7
—	—	ТК23	—	БФ16	—	—	ТФ8
—	—	ТК123	—		—	—	ТФ108

7.9.3 Время хранения деталей с полированными поверхностями, не защищенными по 7.9.2, до предварительной термообработки или до нанесения просветляющего покрытия (при отсутствии термообработки) не должно превышать 10 ч для стекол типа ТФ и БФ, 24 ч — для стекол типа ТК при условии хранения в эксикаторе или комнатных условиях при относительной влажности воздуха не выше 45 % и не более 1 ч — для стекол марок ЛК 6, К3, КФ6, ЛФ1, ЛФ7, Ф8, Ф108.

7.9.4 Промывку деталей выполняют с применением перегнанных растворителей (этиловый спирт, ацетон).

7.9.5 После полирования деталей, изготовленных из стекол, марки которых приведены в таблице 2, промывание водными растворами щелочи не допускается.

Таблица 2

Марка стекла							
ЛК1	К1	БК8	ТК4	БФ1	ЛФ7	Ф8	ТФ3
ЛК3	К101	БК108	ТК104	БФ7	—	—	ТФ103
ЛК103	—	БК10	ТК8	БФ107	—	—	ТФ4
ЛК6	—	БК110	ТК108	БФ11	—	—	ТФ104
ЛК106	—	БК11	ТК9	Бф111	—	—	ТФ5
—	—	БК13	ТК12	БФ12	—	—	ТФ105
—	—	—	ТК112	БФ112	—	—	ТФ7
—	—	—	ТК13	БФ13	—	—	ТФ107
—	—	—	ТК113	БФ113	—	—	ТФ8

Окончание таблицы 2

Марка стекла							
ЛК1	К1	БК8	ТК4	БФ1	ЛФ7	Ф8	ТФ3
—	—	—	ТК14	БФ16	—	—	ТФ108
—	—	—	ТК114	—	—	—	ТФ10
—	—	—	ТК16	—	—	—	ТФ110
—	—	—	ТК116	—	—	—	—
—	—	—	ТК17	—	—	—	—
—	—	—	ТК20	—	—	—	—
—	—	—	ТК120	—	—	—	—
—	—	—	ТК23	—	—	—	—
—	—	—	ТК123	—	—	—	—

7.9.6 Перед просветлением деталей, изготовленных из стекол, марки которых приведены в таблице 3, промывание спиртовыми растворами щелочей не допускается.

Таблица 3

Марка стекла			
БФ1	ЛФ7	Ф8	ТФ3, ТФ103
БФ8, БФ108	—	Ф108	ТФ5, ТФ105
БФ11, БФ111	—	—	ТФ7, ТФ107
БФ12, БФ112	—	—	ТФ8, ТФ108
БФ13, БФ113	—	—	ТФ10, ТФ110

7.9.7 Многократное (более трех раз) нанесение и удаление покрытий без полирования поверхностей деталей, изготовленных из стекол, марки которых приведены в таблице 4, промывание спиртовыми растворами щелочей не допускается.

Таблица 4

Марка стекла					
БК4	ТК2, ТК102	БФ4	ЛФ5	Ф1, Ф101	ТФ1, ТФ101
БК104	ТК4, ТК104	БФ6, БФ106	ЛФ105	Ф2, Ф102	ТФ2, ТФ102
БК8	ТК8, ТК108	БФ7, БФ107	ЛФ7	Ф4, Ф104	ТФ3, ТФ103
БК108	ТК9	БФ8, БФ108	ЛФ8	Ф6, Ф106	ТФ4, ТФ104
БК10	ТК12, ТК112	БФ11, БФ111	ЛФ11	Ф7	ТФ5, ТФ105
БК110	ТК14, ТК114	БФ12, БФ112	ЛФ111	Ф8, Ф108	ТФ7, ТФ107
БК13	ТК16, ТК116	БФ13, БФ113	—	Ф9, Ф109	ТФ8, ТФ108
—	ТК20, ТК120	БФ16	—	Ф13	ТФ10,ТФ110
—	ТК21, ТК121	БФ28	—	Ф113	—

7.9.8 Предельные температуры прогревания деталей до и после просветления в зависимости от марки стекла, из которого они изготовлены, приведены в таблицах 5—7.

Прогревание деталей со свежеполированными поверхностями до нанесения просветляющих покрытий допускается не проводить.

Таблица 5

Предельная температура, °С	Марка стекла		
230	ЛК1	ЛК6, ЛК106	—
270	Ф1, Ф101	Ф2, Ф102	Ф8, Ф108
280	КФ6, КФ106	ТФ3, ТФ103	ТФ4, ТФ104
	ТФ5, ТФ105	ТФ8, ТФ108	ТФ10, ТФ110

Таблица 6

Предельная температура, °С	Марка стекла					
300	ЛК3	КФ1	БФ21	ЛФ1	Ф6	ТФ1
	ЛК103	—	БФ121	ЛФ5	Ф106	ТФ101
	—	—	БФ24	ЛФ105	Ф9	ТФ2
	—	—	—	ЛФ7	Ф109	ТФ102
	—	—	—	ЛФ10	Ф13	ТФ11
	—	—	—	ЛФ12	Ф113	—
	—	—	—	—	Ф18	—

Таблица 7

Предельная температура, °С	Марка стекла								
350	ЛК4	К1	БК4	ТК1	ОК1	КФ4	БФ1, БФ101	ЛФ8	ТФ12
	ЛК5	К2	БК104	ТК2	—	КФ5	БФ4, БФ104	ЛФ9	—
	ЛК105	К102	БК6	ТК102	—	КФ7	БФ6, БФ106	ЛФ11	—
	К7	К3	БК106	ТК4	—	КФ107	БФ7, БФ107	—	—
	ЛК107	К5	БК8	ТК104	—	—	БФ8, БФ108	—	—
	ЛК8	К8	БК108	ТК8	—	—	БФ11, БФ111	—	—
	—	К108	БК10	ТК108	—	—	БФ12, БФ112	—	—
	—	К208	БК110	ТК9	—	—	БФ13, БФ113	—	—
	—	К14	БК11	ТК109	—	—	БФ16	—	—
	—	К114	БК12	ТК12	—	—	БФ219	—	—
	—	К15	БК13	ТК112	—	—	БФ21	—	—

Окончание таблицы 7

Предельная температура, °С	Марка стекла								
350	—	К18	—	ТК13	—	—	БФ25, БФ125	—	—
	—	К19	—	ТК113	—	—	БФ26	—	—
	—	К119	—	ТК14	—	—	БФ27	—	—
	—	К20	—	ТК114	—	—	БФ28	—	—
	—	—	—	ТК16	—	—	—	—	—
	—	—	—	ТК116	—	—	—	—	—
	—	—	—	ТК17	—	—	—	—	—
	—	—	—	ТК20	—	—	—	—	—
	—	—	—	ТК21	—	—	—	—	—
	—	—	—	ТК23	—	—	—	—	—

7.9.9 Детали диаметром более 200 мм подвергают термообработке в печах, обеспечивающих требуемый режим нагревания и охлаждения деталей с заданным градиентом температур.

7.9.10 При выборе режима термообработки крупногабаритных деталей диаметром более 200 мм следует учитывать марку стекла, диаметр и толщину детали.

7.9.11 Термообработку крупногабаритных деталей с ахроматическим покрытием проводят в два этапа. Сначала деталь сушат под инфракрасными лампами сразу после нанесения покрытия на станке, затем в электропечи с автоматическим терморегулированием, обеспечивающей скорость нагревания и охлаждения по заданной программе.

7.9.12 Чистят детали ватным тампоном или салфеткой, смоченным(-ой) этиловым спиртом, и вытирают насухо.

7.9.13 Для чистки крупногабаритных деталей диаметром до 1000 мм используют спирт этиловый абсолютированный или ректификованный высшего сорта и сухие салфетки, не имеющие узлов.

7.9.14 Перед нанесением просветляющего покрытия поверхность крупногабаритных деталей контролируют в отраженном свете на соответствие классу чистоты по ГОСТ 11141 и рабочим чертежам. Поверхность детали осторожно освежают на станке для просветления, протирая салфеткой, смоченной суспензией полирита. Затем поверхность детали два-три раза промывают перегнанным спиртом и вытирают салфеткой насухо.

7.9.15 Детали, на поверхности которых при чистке обнаружены серые или цветные пятна, подлежат повторному полированию.

7.9.16 Окончательную чистку детали перед просветлением проводят после закрепления ее в патроне станка для просветления при вращении с небольшой скоростью, ведя салфеткой или тампоном ваты от центра поверхности к ее краю. После каждого такого прохода тампон меняют. Салфетку или тампон смачивают перегнанным этиловым спиртом той же концентрации, на котором приготовлен пленкообразующий раствор.

7.9.17 Для удаления пылинок используют беличьи (или из любого другого мягкого меха) кисти, которые периодически промывают в этиловом эфире и тщательно высушивают.

7.10 Подбор режима просветления деталей

7.10.1 Подбор режима нанесения просветляющих покрытий на детали, впервые поступающие для просветления, проводят предварительно на опытной партии деталей. Режимы просветления, т. е. частота вращения деталей, концентрация и количество пленкообразующих растворов на просветляемую поверхность, зависят от размеров и формы деталей и оптической толщины покрытия, которую определяют установленным в чертеже видом просветления и заданным спектральным диапазоном от λ_1 до λ_2, в котором спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ не превышает значения верхнего предела, указанного на чертеже (далее — спектральным диапазоном просветления).

7.10.2 Предварительно проводят подбор толщины отдельных слоев на плоскопараллельных или клиновидных пластинах, изготовленных из той же марки стекла, что и детали, предназначенные для просветления, и размерами, близкими к размерам деталей. Спектрофотометрами с соответствующими насадками измеряют спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ каждого слоя просветляющего покрытия.

Качество одно-, двух- и трехслойных просветляющих покрытий деталей, из-за размеров и конфигурации которых невозможно контролировать спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, проверяют сравнением с цветом покрытий контрольных образцов.

7.10.3 Частоту вращения детали в зависимости от диаметра или диагонали просветляемой поверхности выбирают в соответствии с таблицей 8, в которой частота вращения детали рассчитана исходя из максимально допустимой ширины канта, образуемого покрытием по краю просветляемой поверхности. Ширина канта не должна входить в световой диаметр просветляемой детали.

Таблица 8

Диаметр или диагональ детали, мм					Частота вращения детали, $мин^{-1}$				
От	4	до	10	включ.	От	18 000	до	8 000	включ.
Св.	10	«	20	»	»	8 000	»	6 000	»
»	20	»	40	»	»	5000	»	4000	»
»	40	»	60	»	»	4000	»	3500	»
»	60	»	80	»	»	3500	»	3000	»
»	80	»	100	»	»	3000	»	2500	»
»	100	»	200	»	»	2500	»	1200	»
»	200	»	250	»	»	1400	»	1000	»
»	250	»	300	»	»	700	»	600	»
»	300	»	350	»	»	600	»	550	»
»	350	»	400	»	»	550	»	500	»
»	400	»	450	»	»	500	»	400	»
»	450	»	500	»	»	450	»	400	»
»	520	до	550	»	»	400	»	350	»
»	580	до	600	»	»	350	»	300	»
»	650	до	700	»	»	300	»	250	»
»	720	до	850	»	»	200	»	160	»
»	860	до	1000	»	»	180	»	150	«

7.11 Общие требования к нанесению просветляющих покрытий

7.11.1 Пленкообразующие растворы непосредственно перед нанесением просветляющих покрытий фильтруют через стеклянный пористый фильтр с размером пор от 16 до 40 мкм или двойной бумажный фильтр.

7.11.2 Для нанесения пленкообразующих растворов используют пипетки и стаканчики. Для нанесения каждого пленкообразующего раствора используют отдельную пипетку. В перерывах между нанесением пленкообразующего раствора каждую пипетку помещают в соответствующий пленкообразующий раствор, предназначенный только для нее и не используемый для просветления. Следят за чистотой пипеток и при обнаружении загрязнения или появления кристалликов заменяют их сухими и чистыми.

7.11.3 Пленкообразующие растворы наносят на просветляемую поверхность после того, как деталь после включения станка наберет требуемую частоту вращения детали.

7.11.4 Пленкообразующие растворы наносят на центр просветляемой поверхности детали, за исключением деталей с отверстием в середине, когда раствор наносят у края отверстия по центру.

7.11.5 После нанесения пленкообразующего раствора пипетку или сосуд для его подачи незамедлительно отводят в сторону для того, чтобы капля пленкообразующего раствора, как правило, остающаяся на конце пипетки или сосуда, не попала бы на уже образовавшееся покрытие.

После образования просветляющего покрытия требуемой толщины станок выключают. Оптическую толщину покрытия оценивают по цвету (интерференционной окраске). При обнаружении дефектов покрытие удаляют салфеткой, смоченной этиловым спиртом, и корректируют скорость вращения детали при нанесении покрытия.

7.11.6 Количества пленкообразующих растворов при нанесении на одну поверхность детали в зависимости от ее диаметра или диагонали устанавливают в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9

Диаметр или диагональ детали, мм					Количество пленкообразующего раствора, см³				
От	100	до	200	включ.	От	1	до	3	включ.
Св.	200	»	300	»	»	3	»	5	»
»	300	»	350	»	»	5	»	6	»
»	350	»	400	»	»	6	»	8	»
»	400	»	450	»	»	10	»	12	»
»	500	»	550	»	»	17	»	20	»
»	550	»	600	»	»	19	»	23	»
»	600	»	650	»	»	22	»	25	»
»	650	»	700	»	»	24	»	28	»
»	700	»	750	»	»	28	»	40	»

7.11.7 Подбор режимов нанесения просветляющих покрытий на детали следует проводить в помещении при одной и той же температуре (22 ± 1) °С и влажности окружающей среды (50 ± 5) %.

7.11.8 Для нанесения просветляющих покрытий применяют спиртовые растворы гидролизующихся соединений (тетраэтоксисилан, тетраэтоксититан, хлорокиси гафния и циркония, азотнокислый торий), приготовленные в соответствии с 7.6.

Режим нанесения просветляющих покрытий считают окончательно подобранным, если покрытия на контрольных образцах после нанесения пленкообразующих растворов и термообработки слоев удовлетворяют заданным требованиям по толщине, спектральному коэффициенту отражения $\rho(\lambda)$ и механической прочности.

7.12 Нанесение однослойных просветляющих покрытий из пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана

7.12.1 Метод однослойного просветления заключается в нанесении на поверхность детали однослойного просветляющего покрытия двуокиси кремния (n = 1,445 ± 0,005) из пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана с последующим его прогреванием.

7.12.2 Однослойное просветляющее покрытие уменьшает отражение света в различных широких участках близкой ультрафиолетовой, видимой и близкой инфракрасной областях спектра от 220 до 2000 нм. Для получения значения спектрального коэффициента отражения ниже верхнего предела, указанного на чертеже, в заданном спектральном диапазоне подбирают соответствующую оптическую толщину однослойного просветляющего покрытия. Оптическая толщина должна быть равна 1/4 длины волны, соответствующей середине заданного спектрального диапазона просветления.

7.12.3 Зависимость спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ однослойного просветляющего покрытия из растворов тетраэтоксисилана от показателя преломления стекла (подложки) приведена на рисунке Е.1.

7.12.4 При нанесении однослойных просветляющих покрытий на детали различных размеров применяют пленкообразующие растворы тетраэтоксисилана, массовая доля которого приведена в таблице 10.

Таблица 10

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Массовая доля тетраэтоксисилана, %, для деталей диаметром или диагональю, мм									
	от 4 до 10	св. 10 до 20	св. 20 до 44	св. 40 до 60	св. 60 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 150	св. 150 до 200	св. 200 до 300	св. 300 до 400
От 400 до 500 включ.	14—18	12—14	11—12	9—11	9—10	8,5—9,5	8,0—8,5	7,5—8,0	7,0—7,5	6—7
От 500 до 540 включ.	18—20	13—16	11—13	10—12	10—11	9—10	9,0—9,5	8—9	7,5—8,5	6—7
От 540 до 600 включ.	20—22	16—20	13—16	12—15	11—14	10—13	10—12	9—11	9—10	8—9
От 600 до 800 включ.	22—25	20—23	17—20	13—16	14—18	13—17	12—16	11—15	10—12	9—11
От 800 до 1000 включ.	25—28	23—25	20—23	18—20	17—20	16—19	15—18	14—17	—	—
От 1000 до 1200 включ.	28—30	25—28	23—25	22—26	21—25	19—23	—	—	—	—
От 1200 до 1500 включ.	30—35	28—30	25—30	24—30	24—28	—	—	—	—	—
От 1500 до 2000 включ.	40	30—40	30—38	30—35	28—35	—	—	—	—	—

Частоту вращения детали и количество пленкообразующего раствора в зависимости от диаметра или диагонали детали подбирают по таблицам 8 и 9 соответственно.

7.12.5 Растворы тетраэтоксисилана готовят в соответствии с 7.6.

7.12.6 После просветления детали с однослойным покрытием из двуокиси кремния переносят в электропечь и прогревают в течение 2 ч при температуре от 230 °С до 350 °С в зависимости от марки стекла (см. таблицы 5—7). Детали из химически устойчивых стекол прогревают при температуре 120 °С в течение 3—5 ч.

7.12.7 Крупногабаритные детали диаметром более 200 мм после нанесения покрытия сначала прогревают, не снимая со станка, при частоте вращения детали от 80 до 100 $мин^{-1}$ под инфракрасными лампами в течение 5—15 мин, затем переносят в электропечь.

Режим термообработки, т. е. скорость нагрева и скорость охлаждения, а также предельная температура нагрева зависят от размеров детали и марки стекла.

7.12.8 Детали приборов, предназначенных для работы в тропиках, независимо от группы химической устойчивости стекол, из которых они изготовлены, подвергают термообработке до максимально возможной температуры в соответствии с таблицами 5—7.

7.12.9 Цвет детали с просветляющим покрытием сразу после его нанесения до прогревания должен соответствовать цвету более толстого покрытия, чем требуется для заданного спектрального диапазона просветления, так как в результате прогревания оптическая толщина покрытия в зависимости от максимальной температуры прогревания и длительности процесса термообработки уменьшается:

- при *nh* до 150 нм оптическая толщина покрытия уменьшается на (20 ± 5) %;
- при *nh* свыше 150 нм до 250 нм — на (30 ± 5) %;
- при *nh* свыше 250 нм — на 35 40 %.

7.12.10 Цвет деталей из стекла марки К8 с однослойными просветляющими покрытиями после прогревания при наблюдении в отраженном свете указан в таблице 11.

Таблица 11

Оптическая толщина просветляющего покрытия *nh*, нм	Цвет в отраженном свете	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2 для стекла марки К8, нм				
100	Темно-желтый	От	320	до	520	включ.
130	Пурпурный	»	420	»	680	»
150	Темно-синий	»	480	»	800	»
175	Светло-синий	»	580	»	860	»
200	Голубой	»	620	»	1000	»
250	Бледно-голубовато-зеленый	»	820	»	1600	»
300	Желтовато-зеленый	»	980	»	1700	»
350	Золотисто-оранжевый	»	960	»	1800	»
400	Фиолетовый	»	1350	»	2100	»
450	Синий	»	1500	»	2320	»
500	Голубовато-зеленый	»	1700	»	2400	»

Цвет деталей с просветляющими покрытиями одной и той же оптической толщины должен быть одинаковым для всех стекол и различаться только насыщенностью в зависимости от показателя преломления стекла — чем больше показатель преломления стекла, тем выше насыщенность цвета покрытия.

7.13 Нанесение двухслойных просветляющих покрытий

7.13.1 Общие требования

7.13.1.1 Двухслойное просветление предназначено для снижения отражения света в различных узких областях спектра в пределах от 0,2 до 2,0 мкм.

7.13.1.2 Двухслойные просветляющие покрытия в зависимости от области спектра, для которой они предназначены, состоят из следующих окислов:

- двуокиси титана и двуокиси кремния с конструкциями 44Р.43Р.250-350, 44Р.43Р.250-350.ахромат. (ахроматическое просветляющее покрытие); 45Р.43Р.250-350.ахромат. для видимой и близкой инфракрасной областей спектра;
- двуокиси гафния и двуокиси кремния с конструкцией 51Р.43Р;
- двуокиси циркония и двуокиси кремния с конструкцией 46Р.43Р для ультрафиолетовой и видимой областей спектра;

двуокиси тория и двуокиси кремния с конструкцией 30Р.43Р для ультрафиолетовой области спектра.

7.13.1.3 Оптические толщины отдельных слоев (n_1h_1 — 1-го слоя, n_2h_2 — 2-го слоя) при двухслойном просветлении в зависимости от показателя преломления стекла должны соответствовать указанным в таблице 12.

Таблица 12

n стекла					n_1h_1 1-го слоя, λ					n_2h_2 2-го слоя, λ				
От	1,45	до	1,55	включ.	От	0,09	до	0,11	включ.	От	0,33	до	0,31	включ.
Св.	1,55	»	1,65	»	Св.	0,11	»	0,12	»	»	0,31	»	0,30	»
»	1,65	»	1,80	»	»	0,12	»	0,15	»	»	0,30	»	0,27	»

Показатель преломления 1-го слоя двухслойного покрытия должен быть больше показателя преломления стекла, а показатель преломления 2-го слоя — меньше.

7.13.1.4 При нанесении двухслойных просветляющих покрытий термообработку допускается проводить после нанесения каждого слоя (промежуточное прогревание) или только окончательно после нанесения обоих слоев.

7.13.1.5 Максимальную температуру термообработки деталей с нанесенным просветляющим покрытием определяют по 7.9.8.

7.13.1.6 Режим термообработки (скорость подъема температуры и скорость охлаждения) подбирают для каждой конкретной детали.

7.13.1.7 Детали с двухслойными просветляющим покрытиями, независимо от диаметра и их назначения, подвергают термообработке при температуре от 250 °С до 350 °С в зависимости от марки стекла (см. 7.9.8) и выдерживают при максимальной температуре в течение 2 ч.

7.13.1.8 Детали для термообработки после нанесения покрытий помещают в электропечь, нагретую до температуры от 30 °С до 40 °С.

7.13.1.9 Термообработку деталей диаметром до 100 мм проводят в электропечи со скоростью нагревания от 100 °С в ч до 200 °С в ч [за исключением деталей из стекла марки ОК1, не подлежащего быстрому нагреванию (см. таблицу 13)].

7.13.1.10 Режимы термообработки деталей с просветляющими покрытиями приведены в таблице 13.

Таблица 13

Марка стекла	Диаметр детали, мм	Толщина детали, мм	Температура нагревания, °С	Скорость нагревания, °С/ч	Время выдержки, ч	Скорость охлаждения до температуры 20—25 °С, °С/ч
ОК1	50—100	3—15	350	80—70	1,5	30,0
	100—150	10—20		50	2,0	25,0
	150—200	20—30		30—35	2,0	15,0
	200—320	30—40		25—30	2,0	10,0
	320—500	40—70		8—12	2,0	4,0—6,0
К8	470	40	350	25	2,0	12,0
	500	50				
БФ21	440	35	300	25	2,0	12,0
ТК16	470	40	350	25	2,0	12,0
ТК21	300	30	350	50	2,0	15,0
	470	40		25	2,0	1,2
Ф1	420	37	250	25	2,0	12,0
ТФ3	300	30	250	25	2,0	15,0
ТФ3	530	65		12—20	1,0—1,5	6,0—10,0
ТФ8	510	50		12—20	1,0—1,5	6,0—10,0
Плавленый кварц	500	40	350	25	2,0	25,0
	720	50		25	2,0	25,0

7.13.1.11 Режим термообработки крупногабаритных деталей диаметром более 200 мм зависит от марки стекла, их диаметра, толщины и массы.

7.13.1.12 Максимальную температуру термообработки определяют по 7.9.8.

7.13.2 Нанесение двухслойных просветляющих покрытий 44Р.43Р

7.13.2.1 При двухслойном просветлении с применением пленкообразующего раствора тетраэтоксититана, промежуточное прогревание которого не требуется, 2-ой слой из раствора тетраэтоксисилана

наносят сразу же после нанесения 1-го слоя из пленкообразующего раствора тетраэтоксититана, не выключая станка и, по возможности, не изменяя частоты вращения детали.

7.13.2.2 При просветлении деталей диаметром до 150 мм с целью обеспечения более равномерного испарения растворителя станок выключают через 10—30 с после нанесения 2-го слоя.

7.13.2.3 При двухслойном просветлении с применением пленкообразующего раствора тетраэтоксититана, для которого требуется промежуточное прогревание слоев, термообработку 1-го слоя проводят при температуре от 100 °С до 120 °С в течение 1,0—1,5 ч. После нанесения 2-го слоя детали вторично прогревают по 7.13.1.7.

7.13.2.4 Режимы нанесения двухслойных просветляющих покрытий 44Р.43Р для видимой области спектра приведены в таблице 14.

Таблица 14

Диаметр или диагональ детали, мм	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Раствор	
		1-ый слой 44Р	2-ой слой 43Р
4—6	18000—16000	7—8 %-ный раствор тетраэтоксититана	26—28 %-ный раствор тетраэтоксисилана
6—10	16000—14000	6—7 %-ный раствор тетраэтоксититана	24—26 %-ный раствор тетраэтоксисилана
10—15	10000—8000	5—6 %-ный раствор тетраэтоксититана	22—24 %-ный раствор тетраэтоксисилана
15—20	8000—6000	4—5 %-ный раствор тетраэтоксититана	20—22 %-ный раствор тетраэтоксисилана

7.13.2.5 Концентрация пленкообразующих растворов тетраэтоксититана для нанесения 1-го слоя при двухслойном просветлении 44Р.43Р в зависимости от оптической толщины покрытия *nh* при заданной длине волны $\lambda(\rho_{min})$ приведена в таблице 15.

Таблица 15

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Массовая доля тетраэтоксититана, %, для деталей диаметром или диагональю, мм		Оптическая толщина 1-го слоя, n_1h_1, нм
	20—100	100—400	
400—600	4—3	2,5—2,0	44—66
600—800	5—4	3,0—2,5	66—88
800—1200	7—5	5—4	88—132
1200—1500	8—7	7—6	132—165
1500—2000	12—9	9—8	165—220

Частоту вращения детали и количество пленкообразующего раствора подбирают по таблицам 8 и 9 соответственно.

7.13.2.6 Концентрация пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана для нанесения 2-го слоя при двухслойном просветлении 44Р.43Р в зависимости от оптической толщины покрытия *nh* при заданной длине волны $\lambda(\rho_{min})$ приведена в таблице 16.

Таблица 16

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Массовая доля тетраэтоксисилана, %, для деталей диаметром или диагональю, мм								Оптическая толщина 2-го слоя n_2h_2, нм
	4—10	11—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—150	150—200	
400—500	16—18	13—14	12—13	11—12	10,5—11,0	9—10	8—9	7—8	124—155
520	20—22	18—20	15—18	12—14	11—14	10—13	9—12	8—11	161
540—600	22—23	18—20	16—17	14—16	14—15	13—14	12—13	11—12	167—186
600—800	25—30	23—25	20—23	16—20	15—19	14—18	13—17	12—16	186—248
800—1000	30—35	28	25—27	20—25	19—24	18—23	17—22	16—20	248—310
1000—1200	17—20 в 2 приема	30	28	25—30	24—28	23—25	—	—	310—372
1200—1500	20—22 в 2 приема	17—20	17—18	15—17	—	—	—	—	372—465
1500—2000	> 22 в 2 приема	~ 22	20—22	15—20	—	—	—	—	465—620

Частоту вращения детали и количество пленкообразующего раствора подбирают по таблицам 8 и 9 соответственно.

7.13.2.7 Режимы нанесения двухслойного просветляющего покрытия 44Р.43Р, снижающего спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ в области спектра от 0,5 до 1,0 мкм, на детали из стекол, нагревание которых допускается при температуре до 350 °С, приведены в таблице 17.

Таблица 17

Диаметр или диагональ детали, мм	Пленкообразующий раствор, массовая доля, %		Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Температура термообработки, °С	Спектральный диапазон просветления $\rho(\lambda) \le 0,5$ %, λ_1— λ_2, нм
	тетраэтоксититана	тетраэтоксисилана			
40—80	3,0	12	3550	350	480—560
40—80	3,0	11—12	2800—3000		550—650
90—140	2,5—2,0	10—8	900—700		—
150—300	2,0	7—6	600—400		630—700
120—150	2,5	10	1000		620—700
150—230	2,0	8	800		650—740
150—230	2,0	8	900		600—690
250—350	2,0	7—6	500—450		640—700
350—500	2—1,5	6—5	400—300		630—700
300—520	2,0—1,5	6—5	400—300		630—700

7.13.3 Нанесение двухслойных просветляющих покрытий 44Р.43Р на крупногабаритные детали

7.13.3.1 Условия просветления подбирают на клиновидных или плоскопараллельных пластинах диаметром от 100 до 300 мм и толщиной от 25 до 30 мм. Предварительно проводят подбор толщины отдельных слоев.

7.13.3.2 Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности опытных пластин контролируют измерением на спектрофотометрах.

7.13.3.3 Подбор режимов просветления крупногабаритных деталей проводят на контрольных образцах с целью исключения многократного повторного нанесения просветляющих покрытий на детали.

7.13.3.4 Режимы нанесения на крупногабаритные детали двухслойных просветляющих покрытий приведены в таблицах 8, 9, 18 и 19.

7.13.3.5 Концентрация пленкообразующих растворов тетраэтоксититана для нанесения 1-го слоя при двухслойном просветлении 44Р.43Р.350 деталей различных размеров приведена в таблице 18.

Таблица 18

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Оптическая толщина 1-го слоя n_1h_1,нм	Массовая доля тетраэтоксититана, %, для деталей диаметром или диагональю, мм		
		200—350	350—600	600—700
420—460	46—50	1,5	—	—
540—560	60—62	2,5—2,0	—	—
580—620	64—68	2,5—2,0	—	—
640—700	70,5—77	2,0—1,5	2,0	1,5—1,0
660—740	72,5—81,5	2,0—1,5	2,0	—
680—740	75—81,5	2,0—1,5	—	—
720—800	79—88	—	1,5	—

7.13.3.6 Концентрация пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана для нанесения 2-го слоя при двухслойном просветлении 44Р.43Р.350 в зависимости от оптической толщины покрытия при заданной длине волны $\lambda(\rho_{min})$ приведена в таблице 19.

Таблица 19

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Оптическая толщина 2-го слоя n_2h_2, нм	Массовая доля тетраэтоксисилана, %, для деталей диаметром или диагональю, мм		
		200—350	350—600	600—700
420—460	130—145	8	—	2,0
540—560	170—175	10	—	2,0
580—620	180—190	8	—	3,0
640—700	200—210	—	4	4,0
660—740	205—230	—	5	4,0
680—740	210—230	—	—	4,0
720—780	225—240	—	6	4,0

7.13.3.7 Просветляющие покрытия наносят только на свежеотполированные поверхности детали.

7.13.3.8 Поверхности деталей из химически неустойчивых стекол (см. таблицу 1) до процесса просветления должны быть защищены слоем лака в соответствии с 7.9.2.

7.13.3.9 Детали из химически неустойчивых стекол перед нанесением просветляющих покрытий должны быть прогреты до температуры от 250 °С до 350 °С в зависимости от марки стекла (см. таблицы 5—7) по режиму, определяемому по размерам детали.

7.13.3.10 Перед предварительным прогреванием поверхности деталей освежают спиртовой суспензией полирита (в 94—96 %-ном этиловом спирте).

Если обнаруженные дефекты поверхности невозможно удалить, то деталь подлежит повторному полированию.

Перед нанесением пленкообразующего раствора поверхности детали чистят по 7.9.12—7.9.17.

7.13.3.11 После нанесения 1-го слоя из пленкообразующего раствора тетраэтоксититана поверхность детали прогревают инфракрасными лампами в течение 2—3 мин при частоте вращения детали от 80 до 100 мин$^{-1}$.

7.13.3.12 После нанесения 2-го слоя визуально контролируют качество и цвет просветляющего покрытия. Цвет детали сразу после нанесения 2-го слоя должен соответствовать цвету более толстого покрытия, чем требуется для заданной длины волны.

7.13.3.13 После визуального контроля деталь прогревают под инфракрасными лампами при вращении от 80 до 100 мин$^{-1}$ в течение 5—20 мин и транспортируют в электропечь с автоматическим терморегулированием для термообработки.

7.13.4 Нанесение двухслойных просветляющих покрытий 51Р.43Р

7.13.4.1 Просветление 51Р.43Р заключается в нанесении на поверхность деталей, изготовленных из кварца, флюорита и других материалов, просветляющих покрытий, прозрачных для ультрафиолетового излучения, образующихся в результате гидролиза пленкообразующих веществ — тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния.

7.13.4.2 Двухслойное просветляющее покрытие 51Р.43Р уменьшает отражение света в узких пределах ультрафиолетовой области спектра от 230 до 310 нм, от 220 до 340 нм, от 250 до 350 нм, от 300 до 340 нм, от 400 до 450 нм, а также и для видимой области спектра.

7.13.4.3 Приготовление растворов — по 7.6.2—7.6.7 и 7.6.13.

7.13.4.4 Подбор режимов двухслойного просветления — по таблицам 8, 9 и 20—22.

7.13.4.5 Концентрация растворов хлорокиси гафния для нанесения 1-го слоя при двухслойном просветлении 51Р.43Р в зависимости от оптической толщины покрытия при заданной длине волны $\lambda(\rho_{min})$ приведена в таблице 20.

Таблица 20

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Массовая доля хлорокиси гафния, %, для деталей диаметром или диагональю, мм			Оптическая толщина 1-го слоя n_1h_1, нм
	10—20	20—40	40—100	
210—240	4—3	3—2,5	2,5—2,0	23,0—26,5
250—300	4—3	3,0	3,0—2,0	27,5—33,0
320—400	4—3	3,0	3,0—2,5	35,0—44,0

7.13.4.6 Концентрация пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана для нанесения 2-го слоя при двухслойном просветлении 51Р.43Р в зависимости от оптической толщины покрытия при заданной длине волны $\lambda(\rho_{min})$ приведена в таблице 21.

Таблица 21

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Массовая доля тетраэтоксисилана, %, для деталей диаметром или диагональю, мм						Оптическая толщина 2-го слоя n_2h_2, нм
	10—20	30—40	50—60	70—80	90—100	120—150	
210—240	9—8	8—6	6—5	5	5—4	4	65,0—75,0
250—300	10—8	9—8	9—8	8—6	7—6	—	77,5—93,0
320—400	14—12	12—10	12—10	9—8	8—7	7—6	99,0—124,0

7.13.4.7 Режимы двухслойного просветления 51Р.43Р для различных областей спектра приведены в таблице 22.

Таблица 22

Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения, мин$^{-1}$, для деталей диаметром или диагональю, мм			Оптическая толщина 1-го слоя nh, нм	Спектральный диапазон просветления $\lambda_1 — \lambda_2$, нм
		20—40	45—80	80—100		
1	2 %-ный раствор хлорокиси гафния	—	—	1800	28	210—320
2	4 %-ный раствор тетраэтоксисилана	—	—	1800	80	
1	3 %-ный раствор хлорокиси гафния	4600	4600	—	28	210—320
2	8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	4600	4600	—	80	
1	3 %-ный раствор хлорокиси гафния	4200	4200	—	33	250—360
2	8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	3800	3800	—	90	
1	3 %-ный раствор хлорокиси гафния	3800	3800	—	42	320—460
2	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	4200	4200	—	120	

7.13.4.8 Подготовка деталей к просветлению — по 7.9.

7.13.4.9 При двухслойном просветлении из пленкообразующих растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана термообработку деталей проводят после нанесения каждого слоя. 1-ый слой, наносимый из пленкообразующих растворов хлорокиси гафния, и 2-ой слой, наносимый из пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана, прогревают при температуре от 250 °С до 350 °С в течение 1 ч.

7.13.4.10 Спектральный коэффициент отражения ρ(λ) для заданной области спектра после прогревания 2-го слоя должен быть не более 0,5 % независимо от показателя преломления стекла, из которого изготовлена деталь.

7.13.4.11 Перед нанесением 2-го слоя детали промывают этиловым спиртом, насухо протирают салфеткой и проверяют визуально качество покрытия. Затем детали промывают 1,5—3,0 %-ным спиртовым раствором щелочи (в 80—94%-ном этиловом спирте) для надежного сцепления просветляющего покрытия и вытирают насухо салфеткой или ватным тампоном. После этого детали промывают этиловым спиртом и вытирают насухо салфеткой.

7.13.4.12 При просветлении деталей из химически неустойчивых стекол марок ТК16, ТК116, ТФ2, ТФ5, ТФ101 и других 1-ый слой из пленкообразующего раствора хлорокиси гафния наносят на свежеполированные и предварительно нагретые до температуры от 30 °С до 40 °С поверхности деталей, а затем детали помещают в электропечь с температурой 50 °С и нагревают до нужной температуры в соответствии с таблицами 5—7.

7.13.4.13 Детали из кварцевого стекла допускается вынимать из электропечи при температуре 100 °С.

7.13.4.14 Детали из флюорита, фтористого лития или стекла вынимают из электропечи, охлажденной до температуры 30 °С.

7.13.5 Нанесение двухслойных просветляющих покрытий 46Р.43Р

7.13.5.1 Просветление 46Р.43Р заключается в нанесении на поверхность деталей, изготовленных из кварца, флюорита, фтористого лития и других материалов, просветляющих покрытий, прозрачных для ультрафиолетового излучения, образующихся в результате гидролиза пленкообразующих веществ — тетраэтоксисилана и хлорокиси циркония.

7.13.5.2 Двухслойное просветление уменьшает отражение света в узких пределах ультрафиолетовой области спектра, например от 300 до 340 нм и от 340 до 380 нм, а также в видимой области спектра.

7.13.5.3 Приготовление пленкообразующих растворов —по 7.6.2—7.6.7 и 7.6.12.

7.13.5.4 Для нанесения двухслойных просветляющих покрытий в зависимости от размеров деталей используют:

- 2,5—5%-ные растворы хлорокиси циркония — для 1-го слоя;
- 5—16%-ные растворы тетраэтоксисилана — для 2-го слоя.

Пленкообразующие растворы хлорокиси циркония следует наносить охлажденными до температуры от 5 °С до 10 °С.

7.13.5.5 Подбор режимов двухслойного просветления 46Р.43Р — по 7.10 и таблице 15.

7.13.5.6 Концентрация пленкообразующих растворов хлорокиси циркония для нанесения 1-го слоя при двухслойном просветлении 46Р.43Р в зависимости от оптической толщины просветляющего покрытия при заданной длине волны $\lambda(\rho_{min})$ приведена в таблице 23.

Таблица 23

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Массовая доля хлорокиси циркония, %, для деталей диаметром или диагональю, мм		Оптическая толщина 1-го слоя n_1h_1, нм
	10—20	20—100	
250—300	4—3	3,0—2,5	27,5—33,0
300—400	5—4	3,0—2,5	33,0—44,0

7.13.5.7 Концентрация пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана для нанесения 2-го слоя при двухслойном просветлении 46Р.43Р в зависимости от оптической толщины просветляющего покрытия при заданной длине волны $\lambda(\rho_{min})$ приведена в таблице 24.

Таблица 24

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Массовая доля тетраэтоксисилана, %, для деталей диаметром или диагональю, мм							Оптическая толщина 2-го слоя n_2h_2, нм
	10—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—150	150—200	
250—300	10—8	10—8	9—8	8—6	7—6	6—5	—	77,5—93,0
300—400	16—14	14—13	12—11	10—9	9—8	8—7	7—6	77,5—124,0

7.13.5.8 При двухслойном просветлении из пленкообразующих растворов хлорокиси циркония и тетраэтоксисилана термообработку деталей проводят после нанесения каждого слоя. 1-ый слой, наносимый из пленкообразующих растворов хлорокиси циркония, прогревают в течение 1 ч при температуре от 200 °С до 350 °С, 2-ой слой, наносимый из пленкообразующего раствора тетраэтоксисилана, прогревают при температуре от 200 °С до 350 °С в течение 2 ч.

7.13.5.9 Перед нанесением 2-го слоя детали промывают этиловым спиртом, протирают салфеткой и просматривают визуально, контролируя качество пленки. Затем промывают детали 1,5—3,0 %-ным спиртовым раствором щелочи и вытирают насухо салфеткой, после чего наносят 2-ой слой.

Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ для определенной области спектра после прогревания 2-го слоя должен составлять не более 0,5 % независимо от показателя преломления детали.

Цвет просветляющего покрытия оценивают сравнением с цветом покрытия контрольных образцов, соответствующего минимальному значению отражения при заданной длине волны.

7.13.5.10 Цвет деталей с двухслойными просветляющими покрытиями после термообработки в зависимости от длины волны $\lambda(\rho_{min})$, при наблюдении в отраженном свете, должен соответствовать указанным в таблице 25.

Таблица 25

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Цвет детали с двухслойным просветляющим покрытием в отраженном свете	Оптическая толщина nh, нм	
		1-го слоя n_1h_1	2-го слоя n_2h_2
210—300	Бледно-желтый, переходящий в бесцветный	28,0	77,5
250—350	Бледно-желтый	30,0	87,0
300—320	Бледно-желтый с коричневым оттенком	35,0	99,0
360—400	Желто-коричневый	42,0	108,0
400	Темно-желтый	44,0	124,0
450	Желто-коричневый	49,5	139,5
500	Оранжево-красный	55,0	155,0
520	Пурпурный	57,0	161,0

Окончание таблицы 25

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Цвет детали с двухслойным просветляющим покрытием в отраженном свете	Оптическая толщина nh, нм	
		1-го слоя n_1h_1	2-го слоя n_2h_2
540	Темно-пурпурный	59,5	167,5
550	Пурпурно-фиолетовый	60,5	170,5
580	Темно-фиолетовый	64,0	180,0
600	Темно-синий	66,0	186,0
650	Синий	71,5	201,0
700	Светло-синий	77,0	217,0
800	Голубой	88,0	248,0
900	Голубой с зеленым оттенком	99,0	279,0
1000	Желтый с зеленым оттенком	110,0	310,0
1100	Светло-желтовато-зеленый	121,0	341,0
1200	Розовый	132,0	372,0
1300	Розовый с синим оттенком	143,0	403,0
1400	Золотисто-оранжевый	154,0	434,0
1500	Пурпурно-красный	165,0	465,0
1600	Фиолетовый	176,0	496,0
1700	Фиолетово-синий	187,0	527,0
1800	Синий	198,0	558,0
1900	Голубой	209,0	589,0
2000	Голубовато-зеленый	220,0	620,0

7.13.5.11 Для оценки просветляющего покрытия на крупногабаритных деталях (диаметром более 400 мм) в качестве подложки для образцов используют клиновидные пластины диаметром 45 или 200 мм из стекла той же марки, что и деталь.

7.13.5.12 Значения коэффициентов отражения ρ белого света при двухслойном просветлении 44Р.43Р; 51Р.43Р; 46Р.43Р, рассчитанные для различных участков спектра, приведены в таблице 26.

Таблица 26

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Коэффициент отражения ρ, %, в пределах
450	1,9—2,3
500	1,5
520	1,1—1,3
530	1,0—1,2
540	1,0
560	0,9—1,1
580	0,9—1,1
600	0,9—1,1
620	1,5—2,1
640	2,5—3,1

7.13.6 Нанесение двухслойных ахроматических просветляющих покрытий 44Р.43Р.250-350 и 45Р.43Р.250-350

7.13.6.1 Ахроматическое просветление заключается в нанесении просветляющих покрытий на поверхности деталей из стекла с показателями преломления n_D = 1,52—1,90.

Двухслойные ахроматические просветляющие покрытия обеспечивают снижение спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности детали одновременно для двух длин волн 430 нм и 690 нм, 620 нм и 670 нм, 400 нм и 630 нм до 0,2—0,3 %.

7.13.6.2 Для нанесения 1-го слоя 44Р без промежуточного прогревания используют пленкообразующие спиртовые растворы тетраэтоксититана, приготовленные по 7.6.8—7.6.10.

7.13.6.3 Для нанесения 1-го слоя 44Р и 45Р с промежуточным прогреванием используют пленкообразующие спиртовые растворы тетраэтоксититана, приготовленные по 7.6.8—7.6.10, или смесь пленкообразующих растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана, приготовленную по 7.6.14.

7.13.6.4 Для нанесения 2-го слоя 43Р при ахроматическом двухслойном просветлении с промежуточным и без промежуточного прогревания используют 4—29 %-ные пленкообразующие спиртовые растворы тетраэтоксисилана, приготовленные по 7.6.2—7.6.7.

7.13.6.5 Режимы нанесения двухслойного ахроматического просветляющего покрытия без и с промежуточным прогреванием слоев приведены в таблице 27.

Таблица 27

Диаметр или диагональ детали, мм	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Пленкообразующий раствор, массовая доля, %	
		тетраэтоксититана	тетраэтоксисилана
от 10 до 15	10000	30	19
св. 15 до 25	7000	26	17
св. 25 до 40	4000	20	13
св. 40 до 80	3000	18	12
св.80 до 120	2000	14	9
св.120 до 300	800	9	6

7.13.6.6 Режимы нанесения двухслойного ахроматического просветляющего покрытия с промежуточным прогреванием (прогреванием 1-го слоя) приведены в таблице 28.

Таблица 28

Марка стекла	Номер слоя	Раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Оптическая толщина слоя, нм	Температура термообработки °С	Время, ч	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм
ТФ1	1	15 %-ный раствор тетраэтоксититана	1900	260	280	1	430—690
	2	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2900	130			
ТФ2	1	15 %-ный раствор тетраэтоксититана	2000	250	280	1	420—670
	2	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	3000	125			
ТФ10	1	18 %-ный раствор тетраэтоксититана	2800	240	280	1	400—630
	2	12 %-ный раствор тетраэтоксисилана	6000	120			

Окончание таблицы 28

Марка стекла	Номер слоя	Раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Оптическая толщина слоя, нм	Температура термообработки °С	Время, ч	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм
ТК21	1	15 %-ный раствор тетраэтоксититана	2000	255	350	1	420—670
	2	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2800	125			

7.13.6.7 При нанесении пленкообразующего раствора с промежуточным прогреванием после нанесения 1-го слоя деталь снимают со станка и нагревают в электропечи до требуемой температуры по 7.9.8—7.9.11.

7.13.6.8 Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности детали, изготовленной из стекла любой марки, с двухслойным просветляющим ахроматическим покрытием в области спектра от 480 до 850 нм не должен превышать значений, приведенных в таблице 29.

Таблица 29

Марка стекла	Показатель преломления стекла n_D	Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, не более, %
К8	1,52	2,2
БК10	1,57	2,0
ТК16	1,61	1,4
БФ12	1,63	1,4
ТФ8	1,69	1,1

7.13.6.9 При нанесении просветляющего покрытия без промежуточного прогревания 1-го слоя 2-ой слой наносят без остановки станка на той же частоте вращения просветляемой детали через 40—50 с после установления стабильного цвета 1-го слоя.

7.13.6.10 Цвет отдельных слоев при нанесении двухслойного ахроматического просветляющего покрытия без промежуточного прогревания для области спектра от 480 до 850 нм приведен в таблице 30.

Таблица 30

Цвет до прогревания		Цвет после прогревания двухслойного ахроматического покрытия
1-го слоя	2-го слоя	
Фиолетовый слабой интенсивности	Сиреневато-фиолетовый	Фиолетовый, переходящий в зеленый

Двухслойное ахроматическое просветляющее покрытие синего цвета после прогревания толще, чем рассчитанное, зеленого цвета — тоньше, чем рассчитанное.

7.13.6.11 Режим нанесения двухслойного ахроматического просветляющего покрытия считают подобранным, если получено равномерное чистое покрытие и кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ соответствуют рисункам Е.2—Е.6.

7.13.6.12 При выборе режимов нанесения двухслойных просветляющих ахроматических покрытий для определения наличия и параметров ошибок в толщинах слоев используют кривые спектральных коэффициентов отражения, приведенные на рисунках Ж.1—Ж.6.

7.14 Нанесение трехслойных просветляющих покрытий

7.14.1 Общие требования

7.14.1.1 Трехслойное просветление заключается в нанесении на поверхности деталей трех слоев просветляющих покрытий с различными показателями преломления из спиртовых пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана, тетраэтоксититана, хлорокиси гафния, хлорокиси циркония, азотнокислого тория и их смесей.

Соотношение показателей преломления отдельных слоев n трехслойного просветляющего покрытия должно быть следующим:

$$n_{2\text{слоя}} > n_{1\text{слоя}} > n_{D\text{стекла}} > n_{3\text{слоя}} \quad (1)$$

7.14.1.2 Оптическая толщина трехслойных просветляющих покрытий должна составлять величину порядка одной длины волны света средней части той области, в которой необходимо уменьшить отражение.

7.14.1.3 Оптические толщины отдельных слоев трехслойного просветляющего покрытия независимо от показателя преломления стекла должны быть равны:

- $n_1h_1 = 0{,}2 \div 0{,}25\ \lambda$;
- $n_2h_2 = 0{,}45 \div 0{,}5\ \lambda$;
- $n_3h_3 = 0{,}2 \div 0{,}25\ \lambda$.

7.14.1.4 Трехслойные просветляющие покрытия в зависимости от области спектра, для которой они предназначены, состоят из следующих окислов:

- двуокиси титана и двуокиси кремния 45Р.44Р.43Р;
- двуокиси кремния и двуокиси титана 45Р. [44Р.45$Р_1$.45$Р_2$] .43Р.350

или

- двуокиси кремния и двуокиси титана 45Р. [44Р.45$Р_1$.45$Р_2$] .43Р.450 для видимой и близкой инфракрасной областей спектра;
- двуокиси гафния и двуокиси кремния 51/43Р.51Р.43Р;
- двуокиси циркония и двуокиси кремния 43/46Р.46Р.43Р для ультрафиолетовой и видимой областей спектра;
- двуокиси гафния, двуокиси циркония и двуокиси кремния 51/43Р.46Р.43Р.350 для ультрафиолетовой и видимой областей спектра;
- двуокиси тория и двуокиси кремния 30/43Р.30Р.43Р для ультрафиолетовой области спектра.

7.14.2 Нанесение трехслойных просветляющих покрытий 45Р.44Р.43Р.350 и 45Р.44Р.43Р.250—300 для видимой области спектра

7.14.2.1 Оптические толщины отдельных слоев трехслойного просветляющего покрытия — по 7.14.1.3.

7.14.2.2 При просветлении деталей для области спектра от 400 до 700 нм длина световой волны, на которую рассчитано просветление, — λ = (490 ± 10) нм и при просветлении для области спектра от 500 до 1000 нм — λ = (650 ± 50) нм.

7.14.2.3 При получении трехслойных просветляющих покрытий термообработку проводят по следующим режимам:

- с промежуточным прогреванием — термообработка после нанесения каждого слоя при температуре от 280 °С до 350 °С с выдержкой при заданной температуре в течение 1 ч;
- без промежуточного прогревания — термообработка после нанесения всех трех слоев при температуре от 280 °С до 350 °С с выдержкой в течение 1 ч. Рекомендуется наносить 1-ый слой с термообработкой при заданной температуре в течение 1 ч, а 2-ой и 3-ий слои — без промежуточной термообработки (по ускоренному способу), так как это исключает чистку 2-го слоя двуокиси титана, имеющего пониженную прочность к истиранию сразу после термообработки. После нанесения 3-го слоя детали прогревают при заданной температуре в течение 1 ч.

7.14.2.4 Для нанесения 1-го слоя пленкообразующие растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана и их смеси готовят в соответствии с 7.6.2—7.6.10 и 7.6.14. Составы пленкообразующих растворов — по таблицам Д.1 и Д.2.

7.14.2.5 Пленкообразующие растворы тетраэтоксититана для 2-го слоя готовят в соответствии с 7.6.8—7.6.10. Составы пленкообразующих растворов — по таблице Д.3.

7.14.2.6 Пленкообразующие растворы тетраэтоксисилана для 3-го слоя готовят в соответствии с 7.6.2—7.6.7. Составы пленкообразующих растворов — по таблице Д.1.

7.14.2.7 Подготовка поверхностей деталей к просветлению — по 7.9.

7.14.2.8 Термообработка деталей — по 7.9.8—7.9.10.

7.14.2.9 Подбор режимов просветления — по 7.10.

7.14.2.10 Значения показателя преломления 1-го слоя для стекол с разными показателями преломления — по таблице Д.4.

7.14.2.11 Оптическую толщину слоя определяют по значению спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$, измеренного на спектрофотометрах, или на других приборах, обеспечивающим необходимую точность.

7.14.2.12 При подборе толщины 1-го слоя используют опытные образцы из химически устойчивых стекол с малыми показателями преломления и дисперсии, например из стекла марки К8 или кварцевого оптического стекла марки КВ.

Оптическую толщину 1-го слоя n_1h_1 вычисляют по формуле

$$n_1h_1 = \lambda(\rho_{max})/4. \quad (2)$$

Кривые спектральных коэффициентов отражения раздельно нанесенных слоев, получаемых при подборе оптических толщин трехслойных покрытий для видимой области спектра, приведены на рисунке И.1.

7.14.2.13 Максимальные значения спектрального коэффициента отражения стекла марки К8 и кварцевого стекла марки КВ в зависимости от показателя преломления 1-го слоя n_1h_1 приведены в таблице 31.

Таблица 31

Марка стекла	Максимальные значения спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$, %, при показателе преломления n 1-го слоя										
	1,62	1,64	1,66	1,68	1,7	1,72	1,74	1,76	1,78	1,8	1,82
К8 (n_D = 1,52)	7,1	7,7	8,4	9,0	9,6	10,3	11,0	11,7	12,4	13,0	13,7
КВ (n_D = 1,46)	8,1	8,8	9,5	10,1	10,8	11,5	12,2	12,9	13,6	14,5	15,6

7.14.2.14 Оптическую толщину 2-го слоя n_2h_2 вычисляют по формуле

$$n_2h_2 = \lambda(\rho_{min})/2. \quad (3)$$

Для измерения спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ применяют опытный образец клиновидной формы, для измерения спектрального коэффициента пропускания $\tau(\lambda)$ — плоскопараллельную пластину, при этом слой наносят с одной стороны образца.

7.14.2.15 Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ и пропускания $\tau(\lambda)$ слоев различной оптической толщины приведены на рисунках И.2 и И.3.

7.14.2.16 При правильно подобранной толщине 2-ой слой двуокиси титана 44Р сразу после нанесения (до термообработки) должен иметь желтовато-зеленый оттенок (при просветлении для области спектра от 400 до 700 нм), а после термообработки — сиреневый.

7.14.2.17 Оптическую толщину 3-го слоя из двуокиси кремния 43Р подбирают нанесением пленкообразующего раствора тетраэтоксисилана на клиновидные образцы из стекла с показателем преломления n_D более 1,7.

7.14.2.18 Оптическую толщину 3-го слоя n_3h_3 вычисляют по формуле

$$n_3h_3 = \lambda(\rho_{min})/4. \quad (4)$$

Кривые спектральных коэффициентов отражения от поверхности образцов с покрытиями из слоев двуокиси кремния 43Р различной оптической толщины приведены на рисунке И.4 (приложение И).

7.14.2.19 Для получения трехслойных просветляющих покрытий подобранные режимы нанесения отдельных слоев повторяют на образцах из соответствующих марок стекол с термообработкой после каждого слоя. Спектральные характеристики образца стекла с трехслойным просветляющим покрытием контролируют в заданном интервале длин волн.

Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ от каждой из просветленных поверхностей детали с трехслойным покрытием не должен превышать 0,8 % в любой области спектра, на которую рассчитано просветление, независимо от марки стекла детали.

7.14.2.20 Цвет покрытия с 3-им слоем двуокиси кремния до прогрева должен иметь синий или фиолетово-синий оттенок, переходящий в зеленый с увеличением угла падения света (от 400 до 700 нм).

Слои двуокиси кремния синих оттенков при больших углах падения света имеют толщину больше рассчитанной, а слои зеленых оттенков при углах падения близких к нормальному — толщину меньше рассчитанной.

7.14.2.21 Кривые спектральных коэффициентов отражения трехслойных покрытий с ошибками в толщине слоев приведены на рисунках К.1—К.6.

Правильно просветленная деталь для области спектра от 400 до 700 нм должна иметь в отраженном свете темно-зеленый цвет или красный, если это не влияет на спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$.

7.14.2.22 Режимы нанесения трехслойного просветляющего покрытия 45Р.44Р.43Р для видимой области спектра приведены в таблицах 32—34.

Таблица 32

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	1-ый слой 45Р				
	Пленкообразующие растворы смеси в соотношении 1:1 в объемных долях, %	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Время термообработки при температуре 350 °С, ч	Показатель преломления слоя, n_1	Оптическая толщина n_1h_1, нм
540—980	7 %-ные растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана	900—1050	2	1,75	167
	9 %-ные растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана	1700			

Таблица 33

Диаметр детали, мм	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Смесь пленкообразующих растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана в соотношении 1:1, объемная доля, %	Пленкообразующий раствор, массовая доля, %	
			тетраэтоксититана	тетраэтоксисилана
		1-ый слой 45Р	2-ой слой 44Р	3-ий слой 43Р
4—6	18000—16000	22—20	34—32	22—20
6—10	16000—14000	20—18	32—30	20—18
10—15	10000—8000	18—16	28—30	18—16
15—20	8000—6000	15—16	28—28	16—15
20—35	6000—3200	15—7	28—16	15—10
35—60	2900—3200	7	—	—
	2300—3600	—	16	—
	2900—3100	—	—	10
	3500	9 в соотношении 1,1:1,0	—	—
	2200	—	14	—
	2700	—	—	8

Окончание таблицы 33

Диаметр детали, мм	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Смесь пленкообразующих растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана в соотношении 1:1, объемная доля, %	Пленкообразующий раствор, массовая доля, %	
			тетраэтоксититана	тетраэтоксисилана
		1-ый слой 45Р	2-ой слой 44Р	3-ий слой 43Р
120—140	1600—1800	5	—	—
	2000—2200	—	12	—
	1900—2000	—	—	8

7.14.2.23 Режимы нанесения 1-го, 2-го и 3-го слоев трехслойного просветляющего покрытия 45Р.44Р.43Р.350 на детали диаметром более 140 мм приведены в таблицах 34—36.

Таблица 34

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	1-ый слой 45Р				
	Пленкообразующие растворы смеси в соотношении 1:1 в объемных долях, %	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Время термообработки при температуре 350 °С, ч	Показатель преломления слоя, n_1	Оптическая толщина слоя n_1h_1, нм
540—980	7 %-ные растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана	900—1050	2	1,75	167
	9 %-ные растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана	1700			

Таблица 35

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	2-ой слой 44Р					
	Номер слоя	Раствор	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Время термообработки при температуре 350 °С, ч	Оптическая толщина n_2h_2, нм	Цвет покрытия
540—980	2а	7 %-ный раствор тетраэто-ксититана	900	2 (после нанесения каждого слоя)	330	До термообработки желтовато-зеленый, после — розовато-сиреневый, голубой
	2б		900—1050			
	2а	9%-ный раствор тетраэто-ксититана	1700—1800	2 (после нанесения каждого слоя)	330	После нанесения 2-го слоя до термообработки желтовато-зеленый, после — голубовато-зеленый
	2б					

Таблица 36

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$,%	3-ий слой 43Р			
		Тетраэто-ксисилан, массовая доля, %	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Время термообработки при температуре 350 °С, ч	Цвет покрытия
630	1,00	7	900	2	До термообработки — бледно-голубой, после — ярко-синий
650	0,50				
680	0,25				
840	0,25				
900	0,50				
960	1,00				
590	0,75				
610	0,50				
630	0,25				
900	0,25				
930	0,25				
955	0,75				
970	1,00				
540	1,20				
560	0,70				
580	0,40				
600	0,30				
620	0,20				
640	0,20				
660	0,25				
680	0,30				
700	0,30				
720	0,40				
740	0,40				
760	0,30				
780	0,25				
800	0,25				
820	0,25				
840	0,25				
860	0,25				
880	0,25				
900	0,30				
920	0,50				
940	0,60				
960	0,90				
980	1,20				

7.14.3 Нанесение трехслойного ахроматического просветляющего покрытия 45Р.44Р.43Р.250—300 для области спектра от 0,5 до 1,0 мкм

7.14.3.1 Оптические толщины 1-го, 2-го и 3-го слоев трехслойного просветляющего покрытия для области спектра от 0,5 до 1,0 мкм соответственно равны (135 ± 15) нм, (310 ± 10) нм и 150 нм.

7.14.3.2 Приготовление пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана для нанесения просветляющих покрытий с промежуточным прогреванием слоев осуществляют в соответствии с 7.6.2—7.6.10. Составы пленкообразующих растворов — по таблицам Д.1—Д.3.

7.14.3.3 Режимы нанесения трехслойных просветляющих покрытий 45Р.44Р.43Р.250-350, снижающих спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ в области спектра от 0,5 до 1,0 мкм, на детали диаметром от 30 до 200 мм, изготовленные из стекла марки К8, приведены в таблицах 33—37.

Таблица 37

Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Цвет покрытия после прогревания	Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, %, в пределах
1	Смесь 8 %-ных растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана в соотношении 1:1 или 0,8:1,0 (объемная доля, %)	2500—3000	Серо-голубой (почти без цвета)	9,7—10,4
2	18 %-ный раствор тетраэтоксититана	2000—2600	Серый с оттенками от голубого до зеленого	8,8—11,0
3	12 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2200—2800	Яркий сине-фиолетовый, пурпурно-фиолетовый	1,1—1,8

7.14.3.4 При подборе режима нанесения просветляющих покрытий на детали других размеров из стекла марки К8 используют данные таблицы 37 и графики, приведенные на рисунках Е.7—Е.9.

7.14.3.5 График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.7.

7.14.3.6 График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентрации пленкообразующего раствора тетраэтоксисилана и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.8.

7.14.3.7 График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентрации пленкообразующего раствора тетраэтоксититана и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.9.

7.14.3.8 Правильно просветленная деталь с трехслойным ахроматическим покрытием 45Р.44Р.43Р.250—300 для области спектра от 0,5 до 1,0 мкм должна иметь в отраженном свете яркий сине-фиолетовый цвет.

7.14.3.9 Кривая спектрального коэффициента отражения от поверхности детали из стекла марки К8 с трехслойным просветляющим ахроматическим покрытием для области спектра от 0,5 до 1,0 мкм приведена на рисунке Е.10.

7.14.4 Нанесение трехслойного ахроматического просветляющего покрытия 45Р.44Р.43Р.250—350 для области спектра от 1,0 до 2,0 мкм

7.14.4.1 Оптические толщины 1-го, 2-го и 3-го слоев трехслойного просветляющего покрытия, снижающего отражение поверхности детали в области спектра от 1,0 до 2,0 мкм, соответственно равны (260 ± 20) нм, (625 ± 25) нм и 320 нм.

7.14.4.2 Для предотвращения растрескивания слои двуокиси титана наносят за два-четыре приема. Просветляющее покрытие в целом состоит из четырех-шести технологических слоев.

7.14.4.3 Режимы нанесения трехслойного покрытия 45Р.44Р.43Р.250—350, снижающего спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ в области спектра от 1,0 до 2,0 мкм, на детали диаметром от 30 до 60 мм из стекла марки К8, приведены в таблице 38.

Таблица 38

Номер слоя	Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Цвет детали с просветляющим покрытием после термообработки	Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, %, в пределах
1	1	Смесь 17 %-ных растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана в соотношении 1:1 или 0,8:1,0, объемная доля, %	2000—2800	Желто-коричневый	5,6—6,8
	2	17 %-ный раствор тетраэтоксититана	2000—2600	Желто-розовый	12,0—12,6

Окончание таблицы 38

Номер слоя	Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, мин $^{-1}$	Цвет детали с просветляющим покрытием после термообработки	Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, %, в пределах
2	3	17 %-ный раствор тетраэтоксититана	2000—2600	Розовый, допускаются желтые и сиреневые оттенки	13,4—14,2
3	4	24 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2200—2600	Желтый, допускаются розовые и коричневые оттенки	

7.14.4.4 При нанесении покрытий на детали других размеров рекомендуется пользоваться данными таблицы 38 и графиками, приведенными на рисунках Е.7—Е.9.

7.14.4.5 Цвет и спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ промежуточных слоев покрытия должны быть близкими к указанным в таблице 38.

7.14.4.6 Правильно просветленная деталь с трехслойным ахроматическим покрытием 45Р.44Р.43Р.250—350 для области спектра от 1,0 до 2,0 мкм должна иметь в отраженном свете желтый цвет, допускаются розовые и коричневые оттенки.

7.14.4.7 Кривые спектральных коэффициентов отражения от поверхности детали из стекла марки К8 с трехслойным ахроматическим покрытием для области спектра от 0,43 до 2,0 мкм приведены на рисунке Е.11.

7.14.4.8 Термообработку слоев во всех случаях проводят при температуре от 250 °С до 350 °С в зависимости от марки стекла.

7.14.4.9 Промежуточные слои прогревают при температуре от 250 °С до 350 °С с выдержкой в течение 1 ч.

Не допускается вынимать и помещать детали в электропечь при температуре выше 45 °С.

7.14.4.10 После нанесения 3-го слоя детали прогревают при температуре от 250 °С до 350 °С в течение 2 ч.

7.14.5 Ускоренный способ нанесения трехслойного просветляющего покрытия 45Р.44Р.43Р.250—350

7.14.5.1 Ускоренный способ нанесения трехслойных просветляющих покрытий из растворов тетраэтоксититана, тетраэтоксисилана и их смесей заключается в последовательном нанесении трех слоев, не снимая детали со станка, без промежуточной термообработки каждого слоя.

7.14.5.2 Ускоренный способ просветления допускается осуществлять частично, т. е. наносить только 1-ый и 2-ой слои или только 2-ой и 3-ий без промежуточной термообработки. Целесообразно наносить 1-ый слой с термообработкой, а 2-ой и 3-ий слои — без промежуточной термообработки, так как это исключает чистку 2-го слоя двуокиси титана, имеющего пониженную прочность к истиранию, сразу после термообработки.

7.14.5.3 Ускоренный способ применяют для нанесения трехслойных просветляющих покрытий на детали различных конфигураций, имеющие диаметр или диагональ от 20 до 700 мм. Ускоренный способ состоит из тех же операций, что и обычное просветление по 7.14.2.

7.14.5.4 При применении ускоренного способа трехслойного просветления сокращается время технологической операции и обеспечивается возможность получать остаточное отражение от одной поверхности детали независимо от марки стекла для заданной области спектра в пределах от 0,4 % до 0,8 %.

7.14.5.5 Пленкообразующие растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана для ускоренного способа просветления должны содержать большее количество воды и возможно меньшее количество кислоты для обеспечения получения несмываемого покрытия при нанесении последующего слоя. Кроме того, состав растворов может быть различным в зависимости от температуры и влажности помещения.

7.14.5.6 Для нанесения 1-го слоя используют смеси спиртовых пленкообразующих растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана. Соотношение их (по объему) в смеси должно быть 1:1 или 0,8:1,0 для стекол с $n_D < 1,65$ или 1,1:1,0 — для стекол с $n_D > 1,65$ (см. таблицу Д.4).

7.14.5.7 Концентрации растворов для нанесения 1-го слоя 45Р при ускоренном трехслойном просветлении и зависимости от температуры и относительной влажности воздуха окружающей среды для деталей размерами от 30 до 200 мм приведены в таблице 39.

Таблица 39

Относительная влажность, %	Температура, °С	Смесь пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:1, объемная доля, %	Массовая доля этилового спирта, %	Содержание соляной кислоты, $см^3$ (на 100 $см^3$ раствора)
55—65	25—28	5 %-ные растворы тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана	97,0	0,3
66—70	25—28		97,5	
70—75	23		97,5	
70—75	25—28		98,0—98,5	
55—60	28	7 %-ные растворы тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана	97,0	0,3
60—65	28		97,3	
65—70	25—28		97,5	
70—75	28		98,0	

7.14.5.8 Для нанесения 1-го слоя пленкообразующие растворы тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана готовят за день до их смешивания. Для полной готовности смесь выдерживают в течение 5—6 сут при температуре (22 ± 2) °С.

7.14.5.9 Для нанесения 2-го слоя используют пленкообразующий раствор тетраэтоксититана, приготовленный по 7.6.10.

В качестве растворителя используют спиртовую смесь с различным соотношением этилового спирта и воды в зависимости от относительной влажности и температуры окружающей среды.

7.14.5.10 Концентрации спирта и количества соляной кислоты в пленкообразующих растворах тетраэтоксититана для нанесения 2-го слоя при ускоренном трехслойном просветлении в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха окружающей среды приведены в таблице 40.

Таблица 40

Массовая доля тетраэтокси-титана, %	Температура, °С	Относительная влажность, %	Массовая доля этилового спирта, %	Количество соляной кислоты, $см^3$ на 100 $см^3$ раствора	Время, сут	
					созревания раствора	годности раствора
10	23—25	60—65	97,3—97,5	0,3	Пригоден для работы через 1—2 ч после приготовления	2—3
10	25	65—70	98,0	0,3		5—7
10	25—28	70—75	98,5	0,3		7—10
12	25	70	98	0,3		5—10
15	23—25	70—75	98,0	0,3		5—10
17	25	50—55	99,5	0,3	На следующий день после приготовления пригоден для работы	10—14

Примечание — При относительной влажности воздуха от 50 % до 55 % окончательное закрепление просветляющего покрытия может быть достигнуто только путем увеличения времени вращения детали до 20—30 с перед нанесением 3-го слоя, но при этом ухудшается чистота покрытия.

7.14.5.11 Пленкообразующий раствор тетраэтоксититана готовят по 7.6.10. Приготовленный пленкообразующий раствор тетраэтоксититана выдерживают при температуре (22 ± 2) °С в течение 2 ч, после чего он пригоден к нанесению покрытий.

7.14.5.12 Пленкообразующий раствор тетраэтоксисилана для нанесения 3-го слоя готовят в 90—94 %-ном этиловом спирте в зависимости от температуры и влажности воздуха окружающей среды. На 100 $см^3$ раствора тетраэтоксисилана добавляют от 0,1 до 0,15 $см^3$ соляной кислоты. Пленкообразующие растворы тетраэтоксисилана выдерживают для созревания при температуре (22 ± 2) °С не менее 14—21 сут и не более 30 сут (в зависимости от температуры воздуха помещения, в котором хранят растворы, и количества добавленной соляной кислоты).

7.14.5.13 Состав пленкообразующего раствора для нанесения 3-го слоя при ускоренном трехслойном просветлении в зависимости от температуры и относительной влажности окружающей среды приведен в таблице 41.

Таблица 41

Массовая доля тетраэтоксисилана, %	Температура, °С	Относительная влажность, %	Массовая доля этилового спирта, %	Количество соляной кислоты, $см^3$ на 100 $см^3$ раствора	Время, сут	
					созревания пленкообразующего раствора	годности пленкообразующего раствора
10	20—23	50—60	91	0,15	1—3	30—60
10	23—25	50—60	91	0,15	1—3	30—60
10	23—28	60—75	91—94	0,15	1—3	30—60
7	20—25	50—60	91	0,10	1	30—60
7	25—26	60—70	91—94	0,10	1—3	30—60

7.14.5.14 Частоту вращения деталей подбирают по таблице 8. Выбор режимов просветления проводят на клиновидных пластинах, изготовленных из той же марки стекла, что и детали, предназначенные для просветления, по размеру близких к рабочим деталям.

При выборе режимов нанесения трехслойных просветляющих покрытий на клиновидные пластины для определения наличия и параметров ошибок в толщинах слоев используют кривые спектральных коэффициентов отражения, приведенные на рисунках К.1—К.6.

7.14.5.15 Режимы просветления считают окончательно подобранными при условии, что полученные на опытных деталях покрытия по цвету и спектральному коэффициенту отражения $\rho(\lambda)$ удовлетворяют требованиям, указанным на чертеже.

7.14.5.16 Цвета отдельных слоев, получаемых без промежуточного прогревания при ускоренном трехслойном просветлении 45Р.44Р.43Р.250—350 приведены в таблице 42. Цвет непрогретых пленок просматривают, не снимая детали со станка.

Таблица 42

Цвет до термообработки			Цвет трехслойного просветляющего покрытия после термообработки	Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, %, не более
1-го слоя 45Р	2-го слоя 44Р	3-го слоя 43Р		
Не имеет цвета	Бледные тона желтовато-зеленоватого или желтоватого цвета с розовым оттенком	Фиолетовый с небольшим коричневым оттенком или фиолетовый	Темно-зеленый различных оттенков	0,8

7.14.5.17 Подготовка поверхности детали к просветлению — по 7.9.

7.14.5.18 Необходимое количество раствора определяют в зависимости от размеров детали по таблице 9. Слои наносят на деталь последовательно один за другим. В зависимости от заранее подобранных условий просветления для конкретной детали частота вращения может быть одинаковой или разной для каждого из трех слоев. Время между нанесением слоев должно быть минимальным во избежание ухудшения их чистоты.

После нанесения слоя, не снимая детали со станка, проверяют его цвет визуально. После нанесения 3-го слоя проводят контроль чистоты поверхности и цвета сырого покрытия.

Детали с сырыми трехслойными покрытиями укладывают на подставки для переноса их в электропечь для термообработки, имеющие автоматические устройства для регулировки температуры. Время между операцией нанесения покрытия и операцией прогревания не должно быть более 45 мин.

7.14.5.19 Детали помещают в электропечь, нагретую до температуры не выше 45 °С, затем температуру повышают от 250 °С до 350 °С руководствуясь данными, приведенными в таблице 13. При максимальной температуре детали выдерживают в течение 2 ч. Детали вынимают после охлаждения электропечи до температуры (25 ± 5) °С.

7.14.5.20 Режимы ускоренного способа нанесения трехслойных просветляющих покрытий при температуре от 23 °С до 25 °С и влажности от 50 % до 55 % окружающей среды, а также цвет отдельных слоев без промежуточного прогревания и после прогревания нанесенного трехслойного покрытия при температуре от 250 °С до 350 °С приведены в таблице 43.

Таблица 43

Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Цвет сырого покрытия	Цвет трехслойного покрытия после термообработки при 250—350 °С	Спектральный коэффициент отражения с трехслойным просветляющим покрытием $\rho(\lambda)$, %, не более
1	Смесь 7 %-ных растворов тетраэтоксититана в 97,5 %-ном этиловом спирте с 0,3 %-ной соляной кислотой и тетраэтоксисилана в 98 %-ном спирте без соляной кислоты в соотношении 1:1 (в объемных долях, %)	3000	Цвета не имеет	Темно-зеленый	0,8
2	10 %-ный раствор тетраэтоксититана в 97,5 %-ном этиловом спирте с 0,3 %-ной соляной кислотой	1800	Желтоватый		
3	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана в 91 %-ном этиловом спирте с 0,05—0,06 %-ной соляной кислотой	3000	Фиолетовый		
1	Смесь 7 %-ных растворов тетраэтоксититана в 99,5 %-ном этиловом спирте с 0,3 %-ной соляной кислоты и тетраэтоксисилана в 98 %-ном этиловом спирте без соляной кислоты в соотношении 1,1:1,0 (в объемных долях, %)	3000	Цвета не имеет	Темно-зеленый	0,8
2	15 %-ный раствор тетраэтоксититана в 98 %-ном этиловом спирте с 0,3 %-ной соляной кислотой	3000	Сиренево-синий	Темно-зеленый	0,8
3	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана в 91 %-ном этиловом спирте с 0,05—0,06 %-ной соляной кислотой	3000	Фиолетовый		

7.14.6 Ускоренный способ нанесения трехслойного просветляющего покрытия 45Р.44Р.43Р на крупногабаритные детали

7.14.6.1 Ускоренный способ просветления крупногабаритных деталей заключается в нанесении трехслойного просветляющего покрытия без термообработки 2-го слоя. После нанесения 2-го слоя деталь диаметром до 500 мм медленно вращают в течение 1—2 мин до установления постоянного цвета,

затем сразу наносят 3-ий слой. Детали помещают в электропечь в специальных кассетах для окончательного прогревания по заданной программе.

7.14.6.2 Режимы ускоренного способа нанесения трехслойного просветляющего покрытия на крупногабаритные детали диаметром от 300 до 500 мм из стекол марок К8, ТФ1, ТК16, ТК21 и других, а также и кварцевого стекла без термообработки 2-го слоя приведены в таблице 44.

7.14.6.3 Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ трехслойного просветляющего покрытия в областях спектра, указанных в таблице 44, составляет от 0,5 % до 0,8 % независимо от показателя преломления стекла.

Таблица 44

Номер режима	Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Этиловый спирт, массовая доля, %	Количество соляной кислоты, $см^3$ (на 100 $см^3$ раствора)	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Спектральный диапазон просветления, λ_1— λ_2, нм
I	1	Смесь 3 %-ных растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана в соотношении 1,0:1,7 (объемная доля, %)	97,5—98,0	0,075—0,10	300	400—680
	2	5 %-ный раствор тетраэтоксититана	97,5	0,10	300	
	3	4 %-ный раствор тетраэтоксисилана	98,0	0,05	550	
II	1	Смесь 3 %-ных растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	97,5—98,0	0,075—0,10	300	460—880
	2	5 %-ный раствор тетраэтоксититана	97,5	0,10	300	
	3	3 %-ный раствор тетраэтоксисилана	98,0	0,05	400	
III	1	Смесь 3 %-ных растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	97,5—98,0	0,07	250	530—1020
	2	7 %-ный раствор тетраэтоксититана	97,5	0,02	300	
	3	4 %-ный раствор тетраэтоксисилана	98,0	0,05	300	

7.14.7 Нанесение трехслойного просветляющего покрытия для коротковолнового и видимого излучения 51/43Р.46Р.43Р.350 и 45Р.46Р.43Р.250—300

7.14.7.1 Трехслойное просветление, основанное на использовании окислов гафния, циркония и кремния 51/43Р.46Р.43Р.300 и предназначенное для деталей приборов, работающих в коротковолновой и видимой областях спектра от 400 до 660 нм, приборов с большим числом преломляющих поверхностей, граничащих с воздухом (более 30 поверхностей), фото- и кинообъективов, объективов цветных телевизионных камер и др.

Просветляющие покрытия двуокисей гафния и кремния 51/43Р получают из смеси спиртовых пленкообразующих растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана; просветляющие покрытия двуокиси циркония 46Р — из спиртовых пленкообразующих растворов хлорокиси циркония.

Растворы хлорокиси циркония следует наносить охлажденными до температуры от 5 °С до 10 °С.

7.14.7.2 На детали из легко пятнающихся стекол марок ТФ4, ТФ5, ТФ7, ТФ8, БФ16 и других — 1-ый слой 45Р наносят из смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана. Температуру термообработки подбирают в соответствии с таблицами 5—7.

7.14.7.3 Режимы просветления — по 7.10, таблицы 8, 9 и 45—47.

7.14.7.4 Показатель преломления 1-го слоя, зависящий от показателя преломления стекла n_D, должен иметь значения, указанные в таблицах Д.4 и Д.5.

Оптические толщины *nh* отдельных слоев должны быть равны:

- n_1h_1 _ от 110 до 120 нм;
- n_2h_2 — от 230 до 240 нм;
- n_3h_3 — от 120 до 125 нм.

Подбор толщины каждого слоя проводят раздельно (см. приложение Е).

Оптическую толщину слоев определяют по данным спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$.

7.14.7.5 Режимы нанесения трехслойного просветляющего покрытия 45Р.46Р.43Р.250—300 для области спектра от 430 до 660 нм приведены в таблице 45.

Таблица 45

Марка стекла	Время термообработки каждого слоя при температуре 280°С, ч	1-ый слой 45Р, n_1h_1 = 100—120 нм		2-ой слой 46Р, n_2h_2 = 240—245 нм		3-ий слой 43Р, n_3h_3 = 120—125 нм	
		Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения, мин$^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, мин$^{-1}$
ТФ7	1,0	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	3700—3800	22 %-ный раствор хлорокиси циркония	4000—4200	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2700—3000
ТФ8	1,0	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	3700—3800	22 %-ный раствор хлорокиси циркония	3700—3800	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2700—3000
БФ16	1,0	Смесь 7 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	1600—1900	17—18 %-ный раствор хлорокиси циркония	1700—2000	7—8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	1500—1800
ТФ5	1,0	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1,0:1,0 (объемная доля, %)	3500—4000	10 %-ный раствор хлорокиси циркония (два технологических слоя с промежуточным прогреванием)	2200—2400	8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2700

7.14.7.6 Режимы нанесения трехслойного просветляющего покрытия 51/43Р.46Р.43Р.350 на детали, нагрев которых допускается до температуры 350 °С, для области спектра от 430 до 660 нм приведены в таблицах 46 и 47.

Таблица 46

Марка стекла	Время термообработки после каждого слоя при температуре 350°С, ч	1-ый слой 51Р/43Р		2-ой слой 46Р		3-ий слой 43Р	
		Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$
ТК16	1,0	Смесь 14 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 3:1 (объемная доля, %)	2700—3000	22 %-ный или 13—14 %-ный (два технологических слоя) раствор хлорокиси циркония	3300—3500	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2700—3000
ТК16	1,0	Смесь 14 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотошении 3:1 (объемная доля, %)	2700—3000	22 %-ный или 13—14 %-ный (два технологических слоя) раствор хлорокиси циркония	3300—3500	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2700—3000
ТК16	1,0	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 7:3 (объемная доля, %)	1600—1800	17—18 %-ный или 9—10 %-ный (два технологических слоя) раствор хлорокиси циркония	1600—1800	7—8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	1500—1800

Таблица 47

Марка стекла	Время термообработки после каждого слоя при температуре 350°С, ч	1-ый слой 51Р/43Р		2-ой слой 46Р		3-ий слой 43Р	
		Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$
БК8	1,0	Смесь 14 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 7:3 (объемная доля, %)	2800—3200	22 %-ный раствор хлорокиси циркония	3300—3500	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	2700—3000
БК10	1,0	Смесь 12 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 7:3 (объемная доля, %)	1600—1800	17—19 %-ный или 8—10%-ный (два технологических слоя) раствор хлорокиси циркония	1900—2000	7—8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	1500—1800

Окончание таблицы 47

Марка стекла	Время термообработки после каждого слоя при температуре 350°С, ч	1-ый слой 51Р/43Р		2-ой слой 46Р		3-ий слой 43Р	
		Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$
К8	1,0	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 6,5:3,5 (объемная доля, %)	1500—1700	10 %-ный раствор хлорокиси циркония (два технологических слоя)	1800—2000	8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	1800—2000

7.14.7.7 2-ой слой двуокиси циркония 46Р наносят одним слоем или в два приема (два технологических слоя) с прогреванием каждого технологического слоя в соответствии с таблицами 45—47.

7.14.7.8 3-й слой двуокиси кремния 43Р наносят из спиртовых пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана по таблицам 45—47.

7.14.7.9 Кривые спектральных коэффициентов отражения при трехслойном просветлении деталей для коротковолнового и видимого излучения приведены в приложении Л.

7.14.7.10 Пленкообразующие растворы готовят по 7.6.

7.14.7.11 Подготовка деталей к просветлению — по 7.9.

7.14.7.12 Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ трехслойного просветляющего покрытия для длин волн от 430 до 660 нм должен быть в пределах от 0,4 % до 0,8 %.

7.14.7.13 Цвет поверхности детали с трехслойным просветляющим покрытием должен быть глубоким темно-зеленым или глубоким темно-красным.

7.14.8 Нанесение трехслойного просветляющего покрытия 51/43Р.51Р.43Р.350

7.14.8.1 Трехслойные просветляющие покрытия из смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния, растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана, наносимые на поверхности деталей, прозрачных в ультрафиолетовой области спектра, обеспечивают уменьшение отражения света в областях спектра от 220 до 400 нм, от 300 до 540 нм, от 365 до 580 нм, от 400 до 640 нм и от 500 до 900 нм до (0,6 ± 0,2) %.

7.14.8.2 При визуальном контроле пленкообразующие растворы должны быть абсолютно прозрачными. При наличии опалесценции их утилизируют.

Если при нанесении пленкообразующего раствора образуется неравномерное «муаристое» с лучиками покрытие, то раствор выдерживают дополнительно в течение 5—10 сут, периодически проверяя его годность.

7.14.8.3 При подборе режимов нанесения трехслойного просветляющего покрытия 51/43Р.51Р.43Р.350 руководствуются таблицами 8, 9, 48 и 49.

7.14.8.4 Концентрации пленкообразующих растворов для нанесения трехслойного просветляющего покрытия 51/43Р.51Р.43Р.350 для ультрафиолетовой и видимой областей спектра приведены в таблице 48.

7.14.8.5 При трехслойном просветлении 51/43Р.51Р.43Р.350 для ультрафиолетовой и видимой областей спектра 1-ый слой наносят из смеси 4—10 %-ных пленкообразующих растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана, состав которых указан в таблице 48; 2-ой слой — из 14—20 %-ных спиртовых пленкообразующих растворов хлорокиси гафния; 3-ий слой — из 5—15 %-ных пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана, составы которых указаны в таблице 48.

Таблица 48

Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Массовая доля тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния, %, при диаметре или диагонали детали, мм				Оптическая толщина nh, нм	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм
		8—20	20—40	40—60	60—100		
1	Смесь спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния в соотношении 1:1 (объемная доля, %) при n_D < 1,52 и 1,0:1,5 при n_D > 1,52	9—8	8—6	6—5	5—4	70	220—440
		10—9	9—8	9—8	8—6	80	250—520
		10—9	9—8	9—8	8—7	100	320—580
2	Спиртовый раствор хлорокиси гафния	18—16	16	16—14	14	140	220—440
		20	20	20—18	18	160	250—520
		20	20	20—18	18	200	320—580
3	Спиртовый раствор тетраэтоксисилана	8—7	7—6	6—5	5—4	70	220—440
		15—10	9	9—8	8—7	80	250—520
		15—10	9	9—8	8—7	100	320—580

7.14.8.6 Режимы нанесения трехслойного просветляющего покрытия 51/43Р.51Р.43Р.350 для ультрафиолетовой и видимой областей спектра приведены в таблице 49.

Таблица 49

Номер режима	Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$, диаметром или диагональю, мм			Оптическая толщина nh, нм	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм
			8—20	30—45	60—100		
1	1	Смесь 6 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	6000	5400	—	60	210—400
	2	16 %-ный раствор хлорокиси гафния	5500	4600	—	120	
	3	5 %-ный раствор тетраэтоксисилана	5800	5600	—	60	
2	1	Смесь 6 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	—	3800	—	70	220—420
	2	16 %-ный раствор хлорокиси гафния	—	3800	—	140	
	3	5 %-ный раствор тетраэтоксисилана	—	5000	—	70	
3	1	Смесь 6 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	—	—	2900	80	250—520
	2	18 %-ный раствор хлорокиси гафния	—	—	3400	160	
	3	6 %-ный раствор тетраэтоксисилана	—	—	4200	80	

Окончание таблицы 49

Номер режима	Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$, диаметром или диагональю, мм			Оптическая толщина *nh*, нм	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм
			8—20	30—45	60—100		
4	1	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	—	—	4000	110	365—580
	2	20 %-ный раствор хлорокиси гафния	—	—	4000	220	
	3	9 %-ный раствор тетраэтоксисилана	—	—	4000	110	
5	1	Смесь 10 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси гафния в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	7000	7000	—	110	360—580
	2	20 %-ный раствор хлорокиси гафния	6500	6500	—	220	
	3	12 %-ный раствор тетраэтоксисилана	7000	7000	—	110	

7.14.8.7 При трехслойном просветлении из пленкообразующих растворов хлорокиси гафния, тетраэтоксисилана и их смесей прогревание деталей проводят после нанесения каждого слоя при температуре от 300 °С до 350 °С в течение 1—2 ч.

7.14.8.8 Перед нанесением 2-го слоя 51Р поверхности деталей из кварцевого стекла, флюорита и других марок силикатного стекла промывают 1,5—3 %-ным спиртовым раствором щелочи (в 80—94 %-ном этиловом спирте) и вытирают насухо салфеткой.

7.14.8.9 Перед нанесением 3-го слоя из раствора тетраэтоксисилана 43Р поверхности деталей промывают 1,5—3 %-ным спиртовым раствором щелочи и вытирают насухо салфеткой или ватным тампоном, затем промывают спиртом и опять вытирают насухо салфеткой.

7.14.8.10 Во избежание появления налетов на поверхностях деталей из химически неустойчивых стекол последние предварительно прогревают при температуре от 250 °С до 300 °С в течение 1 ч (режимы прогрева и охлаждения до температуры от 23 °С до 25 °С приведены в таблице 13), а затем наносят на них слои, как указано выше.

7.14.8.11 Детали с нанесенным 1-ым слоем 51/43Р из смеси пленкообразующих растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана до и после термообработки должны быть бесцветными.

7.14.8.12 Цвет детали сразу же после нанесения 2-го 51Р слоя до и после термообработки для различных областей спектра приведен в таблице 50.

Таблица 50

Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм	Цвет детали с двумя нанесенными слоями 51/43Р.51Р		Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, %, в пределах
	до термообработки	после термообработки	
210—400	Голубоватый	Бледно-желтый, переходящий в бесцветный	8—10
230—480	Золотисто-зеленоватый	Бледно-розовый с коричневатым оттенком	8—10
250—520	Золотисто-зеленый	Бледно-розовый	8—10
360—580	Малиново-розовый	Серо-розовый	8—12

7.14.8.13 Цвет детали сразу после нанесения 3-го слоя 43Р до и после термообработки для различных областей спектра приведен в таблице 51.

Таблица 51

Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм	Цвет детали с тремя нанесенными слоями 51/43Р.51Р.43Р		Спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$, %, в пределах
	до термообработки	после термообработки	
210—400	Коричнево-желтый	Бледно-желтый	0,5—0,8
230—480	Оранжево-желтый	Коричнево-желтый	0,5—0,8
250—520	Оранжево-красный (ярко-желтый)	Оранжевый (темно-желтый)	0,5—0,8
360—580	Малиново-красный	Коричнево-красный	0,5—0,8

7.14.8.14 Режим просветления считается окончательно подобранным при условии, что полученные на опытных деталях просветляющие покрытия по цвету и спектральному коэффициенту отражения $\rho(\lambda)$ соответствуют таблицам 50 и 51.

7.14.9 Нанесение трехслойного просветляющего покрытия 43/46Р.46Р.43Р

7.14.9.1 Трехслойные просветляющие покрытия, наносимые на детали из смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси циркония, растворов хлорокиси циркония и тетраэтоксисилана, уменьшают спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ в области спектра от 280 до 400 нм, от 360 до 580 нм, от 400 до 640 нм, от 500 до 900 нм до (0,6 ± 0,2) %.

7.14.9.2 При подборе режимов нанесения трехслойных просветляющих покрытий следует руководствоваться таблицами 8, 9, 52 и 53.

7.14.9.3 Режимы трехслойного просветления 43/46Р.46Р.43Р для ультрафиолетовой области спектра приведены в таблице 52.

Таблица 52

Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Массовая доля тетраэтоксисилана и хлорокиси циркония, %, при диаметре или диагонали детали, мм		Оптическая толщина *nh*, нм
		8—20	20—60	
1	Смесь спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси циркония в соотношении 1,5:1,0 или 1:1 (объемная доля, %)	8—10	6—8	50—80 50—100
2	Раствор хлорокиси циркония	16—14 25—18	12—10 16—12	100—160 100—200
3	Раствор тетраэтоксисилана	8	6	50—80

7.14.9.4 Режимы нанесения трехслойного просветляющего покрытия 43/46Р.46Р.43Р для различных спектральных диапазонов просветления λ_1— λ_2 приведены в таблице 53.

Таблица 53

Номер режима	Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$, диаметром или диагональю, мм			Оптическая толщина *nh*, нм	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм
			20—40	40—60	60—100		
I	1	Смесь 6 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси циркония в соотношении 1,5:1,0 (объемная доля, %)	—	4265	—	75	250—440

Окончание таблицы 53

Номер режима	Номер слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$, диаметром или диагональю, мм			Оптическая толщина nh, нм	Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм
			20—40	40—60	60—100		
I	2а 2 2б	10 %-ный раствор хлорокиси циркония	—	3280	—	150	250—440
	3	6 %-ный раствор тетраэтоксисилана	—	3770	—	75	
II	1	Смесь 8 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси циркония в соотношении 1,5:1,0 (объемная доля, %)	—	3600	3600	100	320—580
	2а 2 2б	12 %-ный раствор хлорокиси циркония	—	3600—3400	3400	200	
	3	8 %-ный раствор тетраэтоксисилана	—	3800—3600	3600	100	
III	1	Смесь 10 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и хлорокиси циркония в соотношении 1:1 (объемная доля, %)	4500—4000	—	—	100	320—580
	2	20 %-ный раствор хлорокиси циркония	5500—5000	—	—	200	
	3	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана	4500—4000	—	—	100	

7.14.9.5 При трехслойном просветлении из пленкообразующих растворов хлорокиси циркония и тетраэтоксисилана термообработку деталей проводят после нанесения каждого слоя.

После нанесения 1-го слоя 43/46Р детали переносят в электропечь, предварительно нагретую до температуры 50 °С, затем электропечь нагревают до температуры от 200 °С до 350 °С и при этой температуре выдерживают в течение 1 ч.

Детали из кварцевого стекла вынимают после охлаждения электропечи до температуры 100 °С, детали из флюорита — до температуры 30 °С, но не выше указанных температур.

7.14.9.6 При просветлении деталей из кварцевого стекла значение коэффициента отражения ρ белого света после несения 1-го слоя 43/46Р должно находиться в пределах от 6 % до 7 %.

7.14.9.7 При трехслойном просветлении из пленкообразующих растворов хлорокиси циркония и тетраэтоксисилана термообработку деталей проводят после нанесения каждого слоя.

После нанесения 1-го слоя 43/46Р детали переносят в электропечь, предварительно нагретую до температуры 50 °С, затем электропечь нагревают до температуры от 200 °С до 350 °С и при этой температуре выдерживают в течение 1 ч.

Детали из кварцевого стекла вынимают после охлаждения электропечи до температуры 100 °С, детали из флюорита — до температуры 30 °С.

7.14.9.8 При просветлении деталей из кварцевого стекла значение коэффициента отражения ρ белого света после несения 1-го слоя 43/46Р должно находиться в пределах от 6 % до 7 %.

7.14.9.9 Термообработку 2-го слоя 46Р, наносимого из пленкообразующего раствора хлорокиси циркония, проводят при температуре от 180 °С до 200 °С в течение 1 ч для просветления в ультрафиолетовой области спектра.

7.14.9.10 Значение коэффициента отражения ρ белого света после нанесения 2-го слоя 46Р должно находиться в пределах от 10 % до 14 %.

7.14.9.11 Цвет деталей после прогрева 1-го и 2-го нанесенных слоев должен быть бесцветным для области спектра от 280 до 400 нм и бледно-розовым для области спектра от 360 до 580 нм.

7.14.9.12 Перед нанесением 2-го и 3-го слоев детали промывают этиловым спиртом, протирают салфеткой и просматривают качество покрытия. Затем детали чистят 1,5—3,0 %-ным спиртовым раствором щелочи, этиловым спиртом и вытирают насухо салфеткой.

7.14.9.13 После нанесения 3-го слоя 43Р из пленкообразующего раствора тетраэтоксисилана детали прогревают в электропечи при температуре от 200 °С до 350 °С в течение 2 ч.

7.14.9.14 Минимальное значение спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхностей деталей из кварцевого стекла с трехслойным просветляющим покрытием должно находиться в пределах от 0,5 % до 0,7 % для области спектра от 280 до 400 нм, цвет детали с покрытием — бледно-желтый.

Минимальное значение спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхностей деталей из кварцевого стекла с трехслойным просветляющим покрытием должно находиться в пределах от 0,5 % до 0,7 % для области спектра от 360 до 580 нм, цвет детали с покрытием — желто-красный.

7.14.10 Нанесение трехслойного просветляющего покрытия 30/43Р.30Р.43Р

7.14.10.1 Трехслойные просветляющие покрытия, наносимые на детали из кварцевого стекла из смеси пленкообразующих растворов азотнокислого тория и тетраэтоксисилана и растворов азотнокислого тория и тетраэтоксисилана, уменьшают спектральный коэффициент отражения $\rho(\lambda)$ в области спектра от 220 до 400 нм до (0,6 ± 0,1) % от каждой просветляемой поверхности.

7.14.10.2 При трехслойном просветлении из пленкообразующих растворов азотнокислого тория и тетраэтоксисилана термообработку деталей проводят после нанесения каждого слоя.

7.14.10.3 1-ый слой 30/43Р наносят из смеси пленкообразующих растворов азотнокислого тория и тетраэтоксисилана. Не позднее чем через 5 мин после нанесения 1-го слоя детали переносят в электропечь, предварительно нагретую до температуры 50 °С. Затем электропечь нагревают до температуры 200 °С и при этой температуре выдерживают в течение 20—30 мин. Вынимают детали из электропечи примерно при температуре 100 °С, так как при дальнейшем быстром охлаждении кварцевые детали не растрескиваются.

7.14.10.4 При просветлении деталей из кварцевого стекла значение коэффициента отражения ρ белого света после нанесения 1-го слоя 30/43Р должно находиться в пределах от 4,5 % до 5,3 %.

7.14.10.5 Термообработку 2-го слоя 30Р, наносимого из пленкообразующего раствора азотнокислого тория, проводят при температуре 200 °С в течение 30 мин.

7.14.10.6 Значение коэффициента отражения ρ белого света после нанесения 2-го слоя должно находиться в пределах от 14,0 % до 15,6 %.

7.14.10.7 После нанесения 3-го слоя 43Р из пленкообразующего раствора тетраэтоксисилана детали прогревают в электропечи. Электропечь предварительно нагревают до температуры приблизительно 50 °С, помещают в нее детали и повышают температуру до 400 °С, при которой детали выдерживают в течение 30 мин. Вынимают детали из электропечи при температуре около 100 °С. Нагрев деталей до температуры 400 °С требуется для получения максимального значения показателя преломления слоя двуокиси тория.

7.14.10.8 Цвет детали после прогрева нанесенного 3-го слоя должен быть бледно-желтым. Спектральный коэффициент отражения ρ(λ) от поверхности деталей из кварцевого стекла с трехслойным просветляющим покрытием должен находиться в пределах от 0,5 % до 0,7 % для области спектра от 220 до 400 нм.

7.15 Нанесение просветляющих покрытий для видимой и инфракрасной областей спектра от 0,4 до 2,0 мкм на детали из кристаллов фтористого кальция и фтористого бария

7.15.1 Просветляющие покрытия, снижающие отражения в различных областях спектра, могут быть получены на деталях диаметром от 4 до 250 мм из фтористого кальция для интервала длин волн от 0,4 до 2,0 мкм и на деталях из фтористого бария для интервала длин волн от 0,4 до 1,0 мкм.

7.15.2 Снижение отражения от поверхностей деталей из фтористого кальция и фтористого бария в зависимости от назначения прибора может быть осуществлено нанесением:

- двухслойного просветляющего покрытия 49/54Р.51Р.43Р.350 из двуокисей гафния и кремния для видимой и близкой инфракрасной областей спектра;

- трехслойного просветляющего покрытия 49/54Р.51/43Р.46Р.43Р.350 из двуокисей гафния, кремния и циркония для области спектра от 0,4 до 0,7 мкм;

- трехслойного просветляющего покрытия 49/54Р.51/43Р.44Р.43Р.350 из двуокисей гафния, титана и кремния для различных областей спектра от 0,5 до 2,0 мкм.

7.15.3 Для повышения адгезии слоя просветляющего покрытия к поверхности кристаллов наносят подслой 49/54Р из смеси растворов хлористого алюминия $AlCl_3 \times 6H_2O$ и пятиокиси фосфора P_2O_5.

7.15.4 Растворы для подслоя из хлористого алюминия и пятиокиси фосфора готовят в 99,5 %-ном этиловом спирте.

Приготовление растворов хлористого алюминия аналогично приготовлению пленкообразующего раствора хлорокиси гафния по 7.6.13.

Растворение пятиокиси фосфора в этиловом спирте сопровождается выделением тепла, поэтому при приготовлении раствора сначала в мерную колбу наливают этиловый спирт объемом приблизительно 3/4 от необходимого, затем к нему малыми порциями добавляют пятиокись фосфора заданного количества. После растворения пятиокиси фосфора спирт доливают до необходимого объема.

7.15.5 Смеси для подслоя готовят из равнопроцентных растворов хлористого алюминия и пятиокиси фосфора в соотношении 1:1.

7.15.6 Растворы смешивают через 3—4 ч после их приготовления. Смесь растворов готова к употреблению через 1—2 сут. Срок годности смеси — 30—45 сут.

7.15.7 В зависимости от размеров детали используют следующие растворы:

- смесь 1 %-ных растворов хлористого алюминия и пятиокиси фосфора — для деталей диаметром более 50 мм;

- смесь 2 %-ных растворов хлористого алюминия и пятиокиси фосфора — для деталей диаметром менее 50 мм.

7.15.8 Термообработку подслоя и просветляющих покрытий следует проводить при температуре 350 °С после нанесения каждого слоя по 7.9.8.

7.15.9 При подборе режимов нанесения просветляющих покрытий следует руководствоваться 7.10, 7.14.4.2, таблицами 8, 9 и 54—57.

7.15.10 Смесь пленкообразующих растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана 51/43Р для 1-го слоя при трехслойном просветлении составляют в соотношении 1,5:1,0 соответственно.

7.15.11 Детали из кристаллов и химически неустойчивых стекол с просветляющими покрытиями должны быть обязательно защищены гидрофобными пленками (независимо от назначения деталей) по ТД.

7.15.12 Оптические толщины слоев при нанесении двухслойных просветляющих покрытий 49/54Р.51Р.43Р.350, снижающих отражение света для различных длин волн, приведены в таблице 54.

Таблица 54

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Оптическая толщина *nh*, нм	
	1-го слоя 51Р	2-го слоя 43Р
500—600	40—60	160—195
600—700	60—70	195—230
700—1000	70—100	230—320
1000—1500	100—150	320—480
1500—2000	150—200	480—640

7.15.13 Концентрации растворов при несении двухслойных просветляющих покрытий 49/54Р.51Р.43Р.350 для различных длин волн, соответствующих минимуму спектрального коэффициента отражения $\lambda(\rho_{min})$, приведены в таблице 55.

Таблица 55

Длина волны $\lambda(\rho_{min})$, нм	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	1-ый слой 51Р		2-ой слой 43Р	
		массовая доля хлорокиси гафния, %	число технологических слоев	массовая доля тетраэтоксисилана, %	число технологических слоев
600	1300	5	1	9	1
660	900	5	1	9	1
900	2000	10	1	11	2
1100	2000	8	2	11	3
1500	2000	10	2	13	3

7.15.14 Режимы нанесения двухслойных и трехслойных просветляющих покрытий, снижающих отражение в видимой области спектра, приведены в таблице 56.

Таблица 56

Диаметр или диагональ детали, мм	Двухслойное просветление			Трехслойное просветление			
	Частота вращения, мин$^{-1}$	1-ый слой	2-ой слой	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	1-ый слой	2-ой слой	3-ий слой
		массовая доля хлорокиси гафния, %	массовая доля тетраэтоксисилана, %		смесь пленкообразующих растворов, в соотношении 1:1, объемная доля, %	массовая доля тетраэтоксититана, % (два технологических слоя)	массовая доля тетраэтоксисилана, %
4—6	18000—14000	18—16	28—26	18000—16000	Смесь 27—26 %-ных растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана	34—32 или 19—17	20—22
6—10	14000—10000	16—14	26—24	16000—14000	Смесь 26—25 %-ных растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана	32—30 или 17—16	20—18
10—15	10000—8000	14—12	24—22	14000—10000	Смесь 24—22 %-ных растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана	30—28 или 16—15	18—16
15—20	8000—6000	12—10	22—20	10000—6000	Смесь 22—20 %-ных растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана	28—26 или 15—14	16—15

7.15.15 Режимы нанесения трехслойных просветляющих покрытий, снижающих отражение в различных спектральных диапазонах просветления λ_1— λ_2, приведены в таблице 57.

Таблица 57

Спектральный диапазон просветления λ_1— λ_2, нм	Частота вращения детали, мин$^{-1}$	Пленкообразующий раствор		
		1-ый слой	2-ой слой	3-ий слой
450—720	1400—1600	Смесь 10 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 1,5:1,0 (объемная доля, %)	13 %-ный раствор тетраэтоксититана	21 %-ный раствор тетраэтоксисилана
450—720	10000—12000	Смесь 21 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 1,5:1,0 (объемная доля,%)	30 %-ный раствор тетраэтоксититана или 16 %-ный раствор тетраэтоксититана (два технологических слоя)	21 %-ный раствор тетраэтоксисилана
500—950	2800—3000	Смесь 15 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 1,5:1,0 (объемная доля, %)	12 %-ный раствор тетраэтоксититана (два технологических слоя)	14 %-ный раствор тетраэтоксисилана
600—1100	1400—1600	Смесь 10 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 1,5:1,0 (два технологических слоя) (объемная доля, %)	13 %-ный раствор тетраэтоксититана (два технологических слоя)	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана (два технологических слоя)
400—680	1800—2000	Смесь 10 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 1,5:1,0 (объемная доля, %)	19 %-ный раствор хлорокиси циркония или 10 %-ный раствор хлорокиси циркония (два технологических слоя)	8 %-ный раствор тетраэтоксисилана
400—680	2800—3200	Смесь 14 %-ных спиртовых растворов хлорокиси гафния и тетраэтоксисилана в соотношении 1,5:1,0 (объемная доля, %)	22 %-ный раствор хлорокиси циркония или 13 %-ный раствор хлорокиси циркония (два технологических слоя)	10 %-ный раствор тетраэтоксисилана

7.16 Нанесение просветляющих покрытий с неоднородным средним слоем для длин волн 0,53 и 1,06 нм 45Р.[44Р.45Р1.45Р2].43Р.350 и 45Р.[44Р.45Р1.45Р2].43Р.450

7.16.1 Просветляющие трехслойные покрытия обеспечивают снижение спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности детали одновременно для двух длин волн 0,53 мкм и 1,06 мкм до 1 %.

7.16.2 Оптические толщины и показатели преломления слоев просветляющих покрытий должны соответствовать указанным в таблице 58.

Таблица 58

Номер оптического слоя	Номер технологического слоя	Оптическая толщина *nh*, нм	Показатель преломления слоев *n*
1	1 [45Р]	180	1,8—1,9
2	2а [44Р]	120	2,2
	2б [$45Р_1$]	120	2,1
	2в [$45Р_2$]	120	2,0
3	3 [43Р]	180	1,45

7.16.3 Расширение спектрального интервала с низким спектральным коэффициентом отражения $\rho(\lambda)$ для длин волн λ_1 и λ_2, удовлетворяющих соотношению $\lambda_2 = 2\lambda_1$, должно достигаться за счет изменения показателя преломления среднего слоя в зависимости от его толщины.

7.16.4 При нанесении просветляющих покрытий для длин волн 0,53 мкм и 1,06 мкм используют:

- 8—14 %-ный спиртовой пленкообразующий раствор тетраэтоксисилана;
- 5—14 %-ный спиртовой пленкообразующий раствор тетраэтоксититана.

7.16.5 Растворы тетраэтоксисилана готовят в 94—96 %-ном этиловом спирте с добавлением соляной кислоты в количестве 0,3 % от объема раствора.

7.16.6 Растворы тетраэтоксититана готовят в 99,5 %-ном этиловом спирте с добавлением соляной кислоты в количестве от 0,5 % до 0,7 % от объема раствора.

Срок созревания раствора — 1 сут.

Срок хранения растворов в колбах или пробирках с притертыми пробками в холодильнике — не более 30 сут.

7.16.7 Режим нанесения просветляющих покрытий подбирают на 3—5 опытных образцах (пластины клиновидной формы, толщиной не менее 2 мм, из стекла марки К8, близкие по размеру к рабочим деталям).

Предварительно проводят подбор оптических толщин отдельных слоев покрытий на опытных образцах измерением спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ на спектрофотометрах по 7.10.2.

7.16.8 Режимы нанесения трехслойных просветляющих покрытий на детали из стекла марки К8, снижающих отражение в областях спектра 0,53 мкм и 1,06 мкм одновременно, приведены в таблице 59.

Таблица 59

Номер оптического слоя	Номер технологического слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Температура термообработки каждого слоя в течение 1 ч, °С
Детали диаметром или диагональю 45—65 мм				
1	1 [45Р]	Смесь 12 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении (объемная доля, %) 1:1 (n_D = 1,46 – 1,52) или 1,0:1,5 (n_D = 1,53 – 1,78)	1600—2000	350 или 450
2	2а [44Р]	9 %-ный спиртовой раствор тетраэтоксититана	2500	350 или 450
	2б [$45Р_1$]	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:9 (объемная доля, %)		
	2в [$45Р_2$]	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 3:7 (объемная доля, %)		
3	3 [43Р]	12 %-ный раствор тетраэтоксисилана	1600—2000	

Окончание таблицы 59

Номер оптического слоя	Номер технологического слоя	Пленкообразующий раствор	Частота вращения детали, $мин^{-1}$	Температура термообработки каждого слоя в течение 1 ч, °С
Детали диаметром или диагональю до 50 мм				
1	1 [45Р]	Смесь 12 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 6:7 (объемная доля, %)	2000	350
2	2а [44Р]	9 %-ный спиртовой раствор тетраэтоксититана	2700	350
	2б [$45Р_1$]	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:9 (объемная доля, %)		
	2в [$45Р_2$]	Смесь 9 %-ных спиртовых растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 2:8 (объемная доля, %)		
3	3 [43Р]	13 %-ный спиртовой раствор тетраэтоксисилана	3200	350

7.16.9 График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана и частоты вращения детали приведен на рисунках Е.12 и Е.13.

7.16.10 Просветленные детали сдают на контроль не ранее чем через 20 ч после последней операции просветления.

7.16.11 Прогревание слоев просветляющего покрытия, в том числе технологических слоев, проводят в электропечи при температуре 350 или 450 °С. Для равномерного прогревания рекомендуется детали помещать в электропечь в металлическом кожухе, например из алюминиевого сплава марки Д16 по ГОСТ 4784, выравнивающем градиент температуры электропечи. Материал кожуха должен быть термостойким и не подвергаться коррозии от воздействия испаряющихся продуктов реакции гидролиза.

Детали помещают в холодную или нагретую до температуры не выше 50 °С электропечь. Температуру электропечи доводят до нужного значения, после чего ее выключают. Скорость нагрева — от 10 °С до 15 °С в мин, остывание электропечи —произвольное.

7.16.12 Режим считают подобранным, если получено равномерное чистое просветляющее покрытие и кривая спектрального коэффициента отражения соответствует рисунку Е.14.

8 Контроль характеристик просветляющих покрытий

8.1 Контроль соответствия требованиям чертежа характеристик просветляющих покрытий, указанных по ГОСТ Р ИСО 9211-2, проводят на спектрофотометрах.

Контроль проводят по спектральному коэффициенту отражения $\rho(\lambda)$ или спектральному коэффициенту пропускания $\tau(\lambda)$ в зависимости от требований, указанных на чертеже.

Погрешность определения спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ и пропускания $\tau(\lambda)$ принимают равной погрешности спектрофотометра, установленной при его метрологической аттестации или поверке.

8.2 Контроль механической прочности (испытание на сопротивление истиранию), адгезию деталей с одно-, двух- и трехслойными просветляющими покрытиями проводят по ГОСТ Р ИСО 9211-4 согласно требованиям, указанным на чертеже в соответствии с ГОСТ Р 59608.3 для категорий А, В.

8.3 Контроль качества просветления крупногабаритных деталей проводят с помощью контрольных образцов диаметром до 200 мм.

8.4 Цвет просветляющего покрытия определяют в отраженном свете на темном фоне путем сравнения с контрольными образцами. Детали укладывают таким образом, чтобы свет падал на их поверхность под одинаковым углом (от 7° до 10°) при освещении электролампой с силой света от 720 до 950 кд.

8.5 Операционный (промежуточный технологический) контроль просветляющего покрытия проводят сравнением цвета слоев с цветом контрольных образцов и выборочным измерением спектральных характеристик.

8.6 Чистоту оценивают путем просмотра деталей с покрытием в косом пучке света на темном фоне при освещении электролампой с силой света от 720 до 950 кд.

8.7 Качество поверхности деталей с просветляющими покрытиями на соответствие требованиям чертежа контролируют по ГОСТ 11141.

9 Требования безопасности

9.1 Организация и проведение работ по нанесению одно-, двух- и трехслойных просветляющих покрытий на оптические детали

9.1.1 Работы по нанесению просветляющих покрытий на детали химическим методом проводят в соответствии с ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.3.043, ГОСТ Р 12.0.001.

9.1.2 При организации и проведении работ по нанесению просветляющих покрытий на детали в соответствии с настоящим стандартом административно-технический персонал подразделений в установленном на предприятии порядке обязан:

- установить все опасные и вредные факторы и допустимые нормы их воздействия при проведении конкретных работ, процессов и операций;
- разработать и осуществить мероприятия, направленные на исключение или уменьшение воздействия опасных и вредных факторов;
- обеспечивать безопасность труда на рабочих местах, исправное состояние и безопасную эксплуатацию оборудования, приспособлений, инструмента, защитных и оградительных средств, грузоподъемных средств, безопасную организацию рабочих мест, проходов;
- осуществлять постоянный контроль за соблюдением установленных в настоящем разделе требований безопасности;
- обеспечивать контроль воздушной среды;
- разработать инструкции по технике безопасности, определить наименования и число сред пожаротушения во всех помещениях и на рабочих местах и утвердить суточные и сменные нормы хранения растворителей, кислот, щелочей, пленкообразующих растворов и их смесей;
- организовать безопасное хранение и транспортирование вредных и легковоспламеняющихся жидкостей и своевременное обеспечение работников защитной одеждой и предохранительными приспособлениями.

9.1.3 Все работы с тетраэтоксисиланом, тетраэтоксититаном, хлорокисями гафния и циркония следует проводить в условиях эффективной вытяжки вентиляции, при систематическом лабораторном контроле за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.007 и ГОСТ Р 59670.

9.1.4 Работы с кислотой и щелочью следует проводить с соблюдением требований техники безопасности и промышленной санитарии при работе с агрессивными жидкостями, а также инструкций, действующими на предприятии.

При приготовлении щелочных растворов необходимо добавлять в холодную воду щелочь, не допуская введения крупных кусков.

При работе с кислотами необходимо:

- переливать кислоты с помощью сифона, используя для заполнения вакуума резиновую грушу или насос, изготовленный из кислотоустойчивых материалов;
- приготовлять растворы с постепенным переливанием небольших порций кислот в холодную воду, а не наоборот.

9.1.5 Работы с азотнокислым торием проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.120.

9.1.6 При ожогах щелочами и кислотами кожных покровов и особенно глаз следует оказать срочную первую помощь на рабочем месте, даже если пострадавший не испытывает болевых ощущений:

- пораженные щелочью кожные покровы немедленно обильно промыть струей воды в течение 15—20 мин, затем обработать 2 %-ным раствором борной кислоты;
- пораженные кислотой кожные покровы немедленно (не более чем через 10 с после ожога) промыть струей в течение 15—20 мин, затем обработать 5 %-ным раствором питьевой соды;

- пораженные щелочью или кислотой глаза немедленно промыть направленной струей воды в течение 15—20 мин.

Во всех случаях после оказания первой помощи пострадавшего необходимо срочно доставить в медицинское учреждение.

9.2 Предельно допустимые концентрации вредных веществ

9.2.1 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должны превышать норм, установленных в ГОСТ 12.1.007. Допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне — по ГОСТ 12.1.005.

9.2.2 ПДК вредных веществ, применяемых при нанесении просветляющих покрытий из растворов:

- тетраэтоксисилана — 20 мг/м^3; при концентрации 2,1 мг/м^3 вызывает раздражение слизистой оболочки носа; при концентрации 10 мг/м^3 — резкое жжение в глазах и носу при кратковременном воздействии;
- тетраэтоксититана (ПДК для окислов титана) — 10 мг/м^3;
- хлорокиси циркония (ПДК циркония и его нерастворимых соединений) — 6 мг/м^3;
- спиртов изоамилового и изобутилового — 10 мг/м^3;
- спирта этилового — 1000 мг/м^3; температура вспышки — 13 °С, температура самовоспламенения — 404 °С, предел взрывоопасности в смеси с воздухом при объемной концентрации от 3,6 % до 19,0 %; наркотик, вызывает сначала возбуждение, затем паралич центральной нервной системы, а также заболевание сердечнососудистой системы, печени, желудка;
- ацетона — 200 мг/м^3, температура вспышки — минус 18 °С, предел взрывоопасности в смеси с воздухом при объемной концентрации от 2,2 % до 13,0 %, при вдыхании раздражающе действует на слизистые оболочки глаз, носа, горла, оказывает влияние на нервную систему.

9.2.3 Все работы с химическими веществами, в том числе процессы нагревания, следует проводить в вытяжном шкафу (через проемы рук или манипуляторами) при исправно действующей вентиляции.

9.2.4 Производство должно быть обеспечено техническими средствами контроля воздушной среды. Контроль состояния воздушной среды помещения надлежит проводить по графику, утвержденному в установленном порядке.

9.3 Помещения и технологическое оборудование

9.3.1 Требования безопасности к помещениям и технологическому оборудованию — по ГОСТ 12.3.002, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ Р 12.0.001.

9.3.2 Требования пожарной безопасности — по ГОСТ 12.1.004 и СП 112.13330, правила противопожарного режима в производственном помещении — в соответствии с [1].

При работе с легковоспламеняющимися веществами следует соблюдать требования пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004.

Не допускается применение искрообразующих инструментов, открытого огня, оголенных токоведущих инструментов, накопление статического электричества.

9.3.3 Требования электробезопасности к помещениям, применяемому технологическому оборудованию и оснастке — по ГОСТ 12.1.019 и в соответствии с [2], правила безопасности при эксплуатации электроустановок — по [3]. Технологическое оборудование должно быть заземлено. Требования безопасности к защитному заземлению, занулению производственного оборудования — по ГОСТ 12.1.030.

9.3.4 Уровни шума и нормы вибрации на рабочем месте не должны превышать предельно допустимых значений по ГОСТ 12.1.003 и ГОСТ 12.1.012 соответственно.

9.3.5 Станки для нанесения просветляющих покрытий при обращении с ними не должны причинять травмы и вред здоровью работающего персонала.

Крепежные приспособления (патроны, планшайбы и т. п.) должны быть закрыты защитным кожухом, снабженным блокировочным устройством, не допускающим открытие или снятие кожуха во время работы механизмов станка, и соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.062.

Защитный кожух должен иметь:

- смотровое окно для контроля обрабатываемой детали;
- подсветку на обрабатываемую деталь;
- совмещенное с осью шпинделя станка отверстие диаметром 100 мм, для нанесения через него капли раствора на установленную деталь;

- вентиляционное устройство (желательно кругового отсоса), полностью отсасывающее аэрозоли и вредные вещества и удаляющее их с места образования в вытяжную систему.

На шпинделе станка должно быть оборудовано автоматическое тормозное устройство, прекращающее его инерционное вращение при выключении энергопитания.

9.4 Персонал

9.4.1 К работе с агрессивными жидкостями допускаются лица не моложе 18-ти лет, прошедшие медосмотр, обучение и аттестацию на право работы с агрессивными жидкостями.

9.4.2 Персонал, непосредственно работающий с агрессивными жидкостями, должен быть обеспечен спецодеждой и другими средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.011, ГОСТ 12.4.103, соответствующими требованиям [4], с учетом условий проведения работ.

9.4.3 Хранение, использование, периодический ремонт, чистка и другие виды профилактической обработки средств индивидуальной защиты персонала следует проводить в соответствии со стандартами и техническими условиями на эти средства защиты.

9.4.4 К работе с электрооборудованием допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и имеющие допуск к работе согласно [3].

9.4.5 На рабочих местах должны находиться инструкции по охране труда, разработанные в соответствии с положением о разработке инструкций по охране труда предприятия и требованиями настоящего стандарта.

9.4.6 При изменении технологического процесса, применяемого оборудования, условий труда, а также в случае нарушения требований безопасности труда необходимо проводить внеплановый инструктаж и проверку знаний по безопасности труда и правилам пожарной безопасности.

9.4.7 Все вновь поступающие на работу должны проходить первичный инструктаж по безопасности труда, а работающие — периодический, согласно утвержденной инструкции.

9.5 Хранение и транспортирование химических веществ

9.5.1 Хранение и транспортирование исходных материалов и готовой продукции следует осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.002 и настоящего стандарта.

9.5.2 Тара, используемая для хранения и транспортирования химических веществ, должна соответствовать ГОСТ 12.3.010.

9.5.3 Тара с химическими веществами должна иметь этикетки с наименованием и краткой характеристикой ее содержимого. Транспортирование необходимо проводить в небьющейся таре или толстостенной стеклянной таре с притертой пробкой, устанавливаемой в корзину или пластмассовую оболочку с надежными ручками.

9.5.4 Отработанные растворители необходимо сливать в общие емкости и передавать на регенерацию.

Слив отработанных растворов следует проводить в производственные емкости с системой отстойников.

9.5.5 Стеклянную посуду для химических веществ необходимо ежедневно проверять. Битую посуду следует изымать и сдавать в утиль, а с поврежденными кромками — направлять в стеклодувную мастерскую на оплавление острых кромок.

9.5.6 Кислоты следует транспортировать со склада в производственное помещение в бутылях, вставленных в корзины или ящики, на изготовленных для этой цели тележках.

Кислоты в небольших количествах допускается переносить в небьющейся или толстостенной стеклянной с притертой пробкой таре, устанавливаемой в полиэтиленовые ведра с ручкой и мягкой прокладкой на дне.

Кислоты следует хранить в вытяжном шкафу с этикетками на таре.

Приложение А
(обязательное)

Условные обозначения просветляющих покрытий

Общая запись условных обозначения просветляющих покрытий должна соответствовать указанному ниже виду. Допускается использование сокращений и замещений по принятым видам записи математических формул, физических выражений и химических формул веществ.

При указании на чертеже условное обозначение просветляющего покрытия должно начинаться с буквенного обозначения поверхности детали, на которую его наносят, и графического обозначения типа покрытия по ГОСТ 2.412 развернутым к поверхности либо с указанием относительного положения к поверхности в виде черты (в текстовых документах допускается не указывать).

Далее указывают последовательность слоев, начиная от поверхности детали.

Каждый слой записывают в виде (*n*O*h*), где *n* — показатель преломления или химическая формула вещества, или номер сноски на расшифровку, О — метод нанесения, *h* — толщина слоя в виде множителя (толщину слоя *h* = 1 не указывают). К показателю преломления *n* и толщине слоя *h* рекомендуется указывать допуск. Слой, состоящие из смеси, рекомендуется записывать обозначением составляющих компонентов смеси с разделением их обозначений косой чертой «/», например «46Р/51Р».

После записи слоя указывают технологические особенности нанесения просветляющего покрытия *t*. При одинаковых технологических требованиях ко всем слоям конструкции просветляющего покрытия указание технологических особенностей *t* допускается приводить после записи всей конструкции. В конце обозначения просветляющего покрытия допускается указывать примечание, например для ахроматического просветляющего покрытия — «44Р.43Р.250-350.ахромат.»

Обозначение технологических особенностей нанесения просветляющего покрытия *t*, таких как прогрев после нанесения, выдержка в вакууме и прочие допускается указывать отдельно.

Обозначение заканчивают указанием размера толщины слоев в квадратных скобках [нм], или [λ_0 = … нм] для оптической толщины, кратной $\lambda_0/4$ (в текстовых документах допускается не указывать, если значение указано по тексту).

К обозначению метода или технологических особенностей нанесения просветляющего покрытия *t* допускается добавлять подстрочный индекс, если используют несколько однотипных методов осаждения для различных слоев.

В условном обозначении просветляющего покрытия показатель преломления допускается заменять на обозначение (Н) для показателя преломления меньше показателя преломления материала детали или (В) для показателя преломления меньше показателя преломления материала детали.

К обозначению слоев с оптической толщиной, не кратной $\lambda_0/4$, перед обозначением записывают множитель согласующий толщину с $\lambda_0/4$.

Повторяющиеся части конструкции просветляющего покрытия допускается объединять в скобки, перед которыми указывают число повторений объединенной части слоев, например ВНВНВНВН соответствует 4(ВН).

В обозначениях многослойных просветляющих покрытий между слоями рекомендуется устанавливать разделитель в виде точки или двоеточия.

Неоднородные слои указывают в квадратных скобках.

Допускается объединять обозначения сходных или повторяющихся частей конструкции просветляющего покрытия, используя общепринятые математические методы написания, например ①:4В:② с последующим раскрытием:

- ① — ВНВНВНВН [λ_0= 750нм];
- ② — 2Н:В:2Н:В:2Н:В:Н.

При использовании более одного материала с высоким или низким показателем преломления к обозначению добавляют подстрочный индекс. После обозначения приводят раскрытое описание показателей преломления слоев с указанием химической формулы или наименования материала и требований к нему (или ссылку на НД). Также приводят параметры метода нанесения слоев просветляющего покрытия, такие как скорость вращения детали, температура прогрева, скорость/время осаждения, остаточное давление в камере.

Пример — H_1 — MgF_2 и [λ_0 = 600 нм], температура подложки $t_п$ = 300 °С, MgF_2 — фтористый магний ТУ(…….).

Обозначение метода нанесения слоя:

- А — анодное осаждение;
- АН —анодирование;
- АГ — газовое анодирование;
- Г — осаждение из газовой фазы;
- Е — электрохимическое осаждение (электролиз);
- И* — резистивный метод;

- ИП* — метод ионных пучков (ионно-плазменное осаждение);
- ИПВ* — ионно-плазменное высокочастотное распыление;
- ЭИ — электронный нагрев;
- К — катодное распыление;
- Л — лазерный метод;
- В — метод вспышки (пиролиз);
- Р — осаждение из растворов;
- Н — осаждение сплавов (нагревом в расплаве);
- РА — радиационный метод;
- ЗГ — золь-гель технология;
- П — распыление пульверизатором, центрифугирование или нанесение кистью;
- ИЭ* — электронно-лучевой метод;
- С — специальный метод, не попадающий под типовое обозначение.

При нанесении просветляющего покрытия в среде определенного газа дополнительно в обозначении метода указывают «*» и приводят сноску с указанием химической формулы, регистрационного номера CAS[1)] или техническое обозначение с указанием соответствующего стандарта. Допускается в индексе указывать символ соответствующего химического элемента.

Обозначение технологических особенностей *t*, таких как прогрев после нанесения, выдержка в вакууме и другие также допускается указывать отдельно.

Допускается при обозначении слоев (Н) и (В) указывать метод нанесения не в самой конструкции, а приводить при последующем раскрытом описании слоя.

Пример условного обозначения просветляющего покрытия:

45Р:44Р×2:43Р:350,

где 45Р — 1-ый слой от детали, наносимый из раствора смеси тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана с оптической толщиной $\lambda_0/4$;

44Р×2 — 2-ой слой, наносимый из раствора тетраэтоксититана с оптической толщиной $\lambda_0/2$ (для большей наглядности допускается применять знак «×» или « · »);

43Р — 3-ий слой, наносимый из раствора тетраэтоксисилана с оптической толщиной $\lambda_0/4$;

350 — температура прогрева, °С.

[1)] Регистрационный номер CAS, присвоенный Химической реферативной службой (Chemical Abstracts Service).

Приложение Б
(рекомендуемое)

Оборудование, приборы и материалы

Б.1 Оборудование и материалы

В ТТП нанесения просветляющих покрытий применяют следующие материалы и оборудование:

- баню водяную лабораторную;
- баню песчаную или металлическую (сплав Вуда);
- бензин или петролейный эфир;
- бумагу папиросную по ГОСТ 3479;
- бумагу фильтровальную лабораторную по ГОСТ 12026;
- вату по ГОСТ 5556;
- весы технические I класса по ГОСТ Р 53228;
- воду дистиллированную по ГОСТ Р 58144;
- гильзу экстракционную;
- кисти беличьи или из любого другого мягкого меха;
- крошку мраморную по ГОСТ 16426 или известь по ГОСТ 23671;
- колбы стеклянные по ГОСТ 1770;
- лак защитный для оптических стекол;
- лампу инфракрасную;
- мешки из полимерных пленок по ГОСТ 32521;
- мыло хозяйственное по ГОСТ 30266 или моющие средства по ГОСТ 32479;
- насос водоструйный;
- печь, обеспечивающую требуемый режим нагревания и охлаждения детали с заданным градиентом температур;
- пипетки вместимостью от 1 до 2 $см^3$ с ценой деления 0,05 $см^3$ по ГОСТ 29227;
- пластины плоскопараллельные или клиновидные, изготовленные из той же марки стекла, что и детали, предназначенные для просветления, и размерами, близкими к размерам деталей;
- пленку полиэтиленовую по ГОСТ 10354;
- салфетки безворсовые по ГОСТ 29250;
- салфетки хлопчатобумажные из отбеленного мадаполама, отеленного батиста и белой ворсованной фланели по ГОСТ 29298;
- спектрофотометр с соответствующими насадками для измерения спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$;
- стаканчики и бюксы по ГОСТ 25336;
- станок для просветления деталей;
- термостат;
- тигли платиновые по ГОСТ 6563 или фарфоровые по ГОСТ 9147;
- установку для перегонки с дефлегматором;
- фильтр стеклянный с порами размером от 16 до 40 мкм по ГОСТ 25336;
- холодильник Либиха;
- центрифугу отжимную;
- цилиндры и бюретки мерные с ценой деления 0,1$см^3$ по ГОСТ 1770;
- шкаф сушильный;
- шпатели;
- эксикаторы;
- электропечь с автоматическим терморегулированием, обеспечивающую скорость нагревания и охлаждения детали по заданной программе;

Вату и салфетки применяют в качестве протирочных материалов для очистки и протирки деталей. Салфетки и вата должны быть обезжиренными и не иметь узлов.

Примечание — Для очистки поверхности детали площадью 1 $м^2$ и диаметром не более 500 мм до нанесения просветляющего покрытия и для снятия неудачно нанесенного слоя просветляющего покрытия рекомендуется применять 5—6 батистовых салфеток и 0,8 $дм^3$ этилового спирта.

Б.2 Реактивы, применяемые при нанесении просветляющих покрытий

В ТТП нанесения просветляющих покрытий применяют следующие реактивы:

- алюминий хлористый по ГОСТ 3759;
- амилацетат пищевой;

- аммиак водный по ГОСТ 3760;
- ацетон по ГОСТ 2603;
- бутилацетат по ГОСТ 8981;
- гидроокись натрия по ГОСТ 4328;
- калий роданистый по ГОСТ 4139;
- калий углекислый ГОСТ 4143;
- калий хлористый по ГОСТ 4234;
- кальций хлористый по ГОСТ 450;
- кислоту соляную плотностью 1,19 г/см^3 по ГОСТ 3118, х. ч. и ос. ч. или марки А по ГОСТ 857;
- медь сернокислую по ГОСТ 4165;
- натр едкий по ГОСТ Р 55064 или калий едкий по ГОСТ 9285;
- натрий металлический технический по ГОСТ 3273;
- натрий сернокислый по ГОСТ 4166;
- натрий хлористый по ГОСТ 4233;
- полимер фторорганический Ф42-В по ГОСТ 25428 или Ф3-А по ГОСТ 13744;
- раствор спиртовый массовой долей 1,0—1,5 % ч., х.ч.;
- полирит оптический;
- серебро азотнокислое по ГОСТ 1277;
- смесь хромовую, приготовленную по ГОСТ 4517;
- спирт изоамиловый по ГОСТ 5830;
- спирт изобутиловый по ГОСТ 6016;
- спирт изобутиловый технический по ГОСТ 9536;
- спирт этиловый технический гидролизный ректификованный высшего сорта по ГОСТ Р 55878;
- спирт этиловый технический марки Б по ГОСТ Р 52574;
- суспензию спиртовую (в 94 %-ном этиловом спирте) из оксида церия;
- толуол по ГОСТ 9880;
- фосфора пятиокись х. ч. или ч. д. а.;
- цеолит;
- этилацетат по ГОСТ 8981.
- эфир этиловый.

Б.3 Реактивы, применяемые для приготовления пленкообразующих растворов

Для приготовления пленкообразующих растворов применяют следующие реактивы:

- тетраэтоксисилан ос. ч. (не допускается желтая окраска слабой интенсивности и кислая реакция; при наличии желтой окраски и кислой реакции следует провести перегонку и нейтрализацию);
- тетраэтоксититан ос. ч. (допускается желтая окраска слабой интенсивности; при более интенсивной окраске следует провести перегонку);
- гафния хлорокись 8-водную х. ч., ч. (при ограниченной растворимости следует провести перекристаллизацию);
- циркония хлорокись 8-водную х. ч., ч. (при ограниченной растворимости следует провести перекристаллизацию);
- торий азотнокислый ч. или ч. д. а.;
- спирт этиловый ректификованный технический высший сорт по ГОСТ Р 55878;
- спирт этиловый технический марки Б по ГОСТ Р 52574;
- спирт изоамиловый по ГОСТ 5830;
- спирт изобутиловый по ГОСТ 6016;
- кислоту соляную плотностью 1,19 г/см^3 по ГОСТ 3118, х. ч. и ос. ч. или марки А по ГОСТ 857.

Приложение В
(рекомендуемое)

Подготовка посуды и протирочных материалов

В.1 Подготовка посуды

Новую посуду для приготовления и хранения растворов перед употреблением тщательно моют хромовой смесью, затем споласкивают последовательно проточной и дистиллированной водой. Затем выдерживают в сушильном шкафу при температуре от 120 °С до 150 °С.

Посуду, бывшую в употреблении, помещают в водный раствор едкого натра концентрацией от 5 % до 10 % и выдерживают от 2 до 3 ч, затем промывают от щелочи горячей водой и споласкивают дистиллированной водой. Затем выдерживают в сушильном шкафу при температуре от 120 °С до 150 °С.

В.2 Обезжиривание и стирка новых салфеток

Салфетки, применяемые для чистки деталей перед и после нанесения просветляющих покрытий и контроля, помещают в емкость с 0,5 %-ным водным раствором щелочи по ГОСТ 4328, кипятят в течение 1 ч, прополаскивают в проточной воде и стирают с применением хозяйственного мыла или моющих средств.

Обезжиренные и выстиранные салфетки прополаскивают в теплой проточной воде (не менее восьми раз), отжимают в центрифуге и сушат в сушильном шкафу. Сухие салфетки проглаживают, складывают рабочей стороной внутрь и убирают в шкаф.

В.3 Обезжиривание и стирка салфеток, бывших в употреблении

Салфетки, применяемые для чистки деталей перед и после нанесения просветляющих покрытий и контроля, стирают хозяйственным мылом с последующим кипячением в воде с добавлением 25 %-ного раствора аммиака по ГОСТ 3760 (2,5 $см^3$ на 10 л воды). Затем снова кипятят несколько раз в проточной воде и окончательно — в дистиллированной воде.

На всех этапах стирку салфеток осуществляют в смягченной воде с карбонатной жесткостью 0,3.

Обезжиренные и выстиранные салфетки должны быть мягкими на ощупь, хорошо просушены, не содержать пыли.

Содержание жировых и воскообразных веществ должно быть не более:

- 0,2 % массовой доли в обезжиренных салфетках;
- 0,4 % массовой доли в выстиранных салфетках.

В.4 Обезжиривание ваты

Вату, применяемую для чистки деталей перед нанесением просветляющих покрытий и для их окончательной чистки, обезжиривают щелочью.

Вату помещают в емкость с 0,5 %-ным водным раствором щелочи по ГОСТ 4328 и кипятят в течение 1 ч, затем прополаскивают в проточной воде. Далее снова кипятят в воде 4—5 раз, еще один раз в слегка подкисленной проточной воде и прополаскивают. Не отжимая вату, дают стечь воде и высушивают в сушильном шкафу.

Сухую вату расчесывают и расфасовывают в виде тампонов массой (20 + 5) г каждый.

Содержание жира в вате не должно превышать 0,15 %.

Обезжиренную вату перед применением увлажняют. Для этого вату располагают на решетке эксикатора рыхлым слоем к ее поверхности и выдерживают над дистиллированной водой в течение 15—16 ч.

Увлажненную вату упаковывают в чистую полиэтиленовую пленку.

Срок хранения увлажненной и расфасованной ваты — 3 сут.

В.5 Методы контроля

Количество жира в выстиранных салфетках определяют методом экстракции в аппарате Сокслета.

Сухую салфетку массой (15 ± 5) г помещают в экстракционную гильзу. В предварительно взвешенную колбу наливают этиловый эфир в количестве, превышающем на 0,33 объема экстракционной гильзы.

Экстракцию эфиром проводят в водяной бане при температуре от 45 °С до 50 °С в течение 5 ч для гладких тканей и 8 ч для фланели, сливая растворитель 2 — 3 раза в час.

После отгонки растворителя колбу сушат в термостате при температуре от 90 °С до 100 °С.

Количество жира в салфетках рассчитывают по разности масс колбы до и после экстракции. Количество воскообразных веществ в салфетках определяют аналогично, но в качестве растворителя применяют этиловый спирт.

Экстракцию спиртом проводят на водяной бане при температуре 100 °С в течение 10 ч, сливая растворитель 1—2 раза в час.

Контроль качества выстиранных салфеток проводят при установлении технологического режима стирки и при применении новой партии моющих средств.

Приложение Г
(рекомендуемое)

Осушка, перегонка и очистка растворителей и реактивов

Г.1 Осушка и перегонка растворителей

Г.1.1 Перед перегонкой все растворители, за исключением этилового спирта, предварительно сушат в течение 1 сут над прокаленным сернокислым натрием или углекислым калием, затем проводят перегонку при атмосферном давлении на металлической (сплав Вуда) или песчаной бане на установке для перегонки с дефлегматором.

Собирают фракции с температурой кипения:

- от 110,6 °С до 110,8 °С — для толуола;
- от 130 °С до 140 °С — для амилацетата;
- от 122 °С до 127 °С — для бутилацетата.

Перегонку ацетона и этилацетата проводят аналогично, но на водяной бане, собирая фракции с температурой кипения 56 °С — для ацетона и от плюс 74 °С до 80 °С — для этилацетата.

Г.1.2 Осушку и перегонку этилового спирта выполняют следующими методами.

Г.1.2.1 Метод 1. Для приготовления 98 %-ного этилового спирта ректификат сушат в течение 15—18 ч над обезвоженной сернокислой медью, затем проводят перегонку. На 1 л спирта применяют сернокислую медь (прокаленную, в виде белого порошка) массой 200 г.

Г.1.2.2 Метод 2. Осушку этилового спирта проводят над прокаленными при температуре от 800 °С до 900 °С известью или мрамором в круглодонной колбе с обратным холодильником путем кипячения на водяной бане в течение 10 ч.

После осушки этиловый спирт перегоняют в колбе с дефлегматором и холодильником Либиха, после чего получают этиловый спирт концентрацией от 99,7 % до 99,9 %.

Для получения 1000 см³ перегнанного этилового спирта необходимо для перегонки применять 94 %-ный этиловый спирт объемом 1100 см³.

На 1 л этилового спирта применяют прокаленный мрамор или известь массой 500 г.

Для получения абсолютированного этилового спирта остатки воды удаляют металлическим натрием с повторной перегонкой.

Г.1.2.3 Метод 3. Для осушки этилового спирта концентрацией от 99,5 % до 99,7 % объемом 1 л применяют цеолит массой 600 г, предварительно прокаленный при температуре 425 °С в течение 2—3 ч. Цеолит, охлажденный до температуры от 70 °С до 80 °С, небольшими порциями засыпают в колбу с этиловым спиртом. Колбу закрывают пробкой с хлоркальциевой трубкой и выдерживают от 24 до 48 ч в зависимости от того, до какой крепости необходимо осушить этиловый спирт.

Содержимое колбы время от времени перемешивают встряхиванием. По истечении указанного срока этиловый спирт перегоняют.

Цеолит используют многократно после соответствующей термообработки.

Для получения 1000 см³ перегнанного этилового спирта необходимо для перегонки применять 94 %-ный этиловый спирт объемом 1100 см³; для получения 1000 см³ осушенного этилового спирта — 94 %-ный этиловый спирт объемом от 1600 до 1650 см³.

Г.2 Перегонка и очистка реактивов для приготовления пленкообразующих растворов

Г.2.1 Перегонку и очистку (при необходимости) реактивов для приготовления пленкообразующих растворов и их контроль проводят в соответствии с настоящим стандартом и ТД на реактив конкретного вида.

Г.2.2 Перегонка тетраэтоксититана должна быть проведена на заводе-изготовителе.

Г.2.3 Поставку тетраэтоксититана осуществляют в запаянных ампулах с прилагаемым протоколом приемосдаточных испытаний.

Г.2.4 Тетраэтоксисилан, имеющий кислую реакцию (розовый оттенок индикатора), нейтрализуют спиртовым раствором алкоголята натрия до слабощелочной реакции (оранжево-желтоватый оттенок индикатора) по индикатору метиловому оранжевому. Появившийся осадок отфильтровывают, а оставшийся тетраэтоксисилан подвергают разгонке при нормальном давлении с отбором фракций, кипящих при температуре от 164 °С до 170 °С, с содержанием не менее 85 % фракции с температурой кипения от 164 °С до 167 °С.

Г.2.5 При необходимости очистку хлорокисей гафния и циркония путем перекристаллизации и контроль проводят в соответствии с Г.3.

Г.3 Очистка хлорокисей гафния и циркония путем перекристаллизации и контроль

Г.3.1 Очистка хлорокиси гафния и контроль

Г.3.1.1 По внешнему виду хлорокись гафния представляет собой белый кристаллический порошок с массовым содержанием:

- 17,3 % хлора;

- 43,58 % гафния;
- 33,84 % воды.

Г.3.1.2 При наличии хлорокиси гафния с суммарным содержанием примесей, превышающим 0,0634 %, проводят ее перекристаллизацию. Для этого навеску хлорокиси гафния массой приблизительно 200 г растворяют в дистиллированной воде объемом от 350 до 400 см³ и добавляют концентрированную соляную кислоту объемом 250 см³. Раствор фильтруют через двойной плотный бумажный фильтр, затем раствор с избытком соляной кислоты медленно выпаривают на водяной бане до появления плотной пленки на поверхности раствора. Содержимое медленно охлаждают до температуры окружающей среды и выдерживают в течение 8 ч. Выделившиеся кристаллы отфильтровывают через стеклянный фильтр с применением водоструйного насоса. Кристаллы несколько раз промывают концентрированной соляной кислотой, охлажденной до 0°С, при этом соляную кислоту отсасывают до тех пор, пока кристаллы при помешивании перестанут прилипать к шпателю. Затем кристаллическую соль высушивают на воздухе или в эксикаторе над хлористым кальцием до степени сыпучести.

Г.3.1.3 Внешний вид и цвет хлорокиси гафния определяют визуально, рассматривая пробы непосредственно в ампулах.

Массовое содержание хлора в хлорокиси гафния определяют следующим методом.

На весах взвешивают навеску хлорокиси гафния, растворяют дистиллированной водой и осаждают в разбавленном растворе аммиака гидрат окиси гафния. Аммиак в раствор добавляют до тех пор, пока новая порция его не перестанет вызывать помутнение раствора.

После того, как осаждение выполнено полностью, осадок отфильтровывают и промывают дистиллированной водой до тех пор, пока качественная реакция не перестанет обнаруживать в водной вытяжке присутствие хлора. В фильтрате определяют содержание хлора, в осадке — двуокись гафния.

Для определения хлора измеряют объем фильтрата, отбирают из него пипеткой по (25 ± 5) см^3 в 3—4 конические колбы и определяют содержание в них хлора методом аргентометрии.

Испытуемую жидкость подкисляют азотной кислотой в соотношении 1:1, не содержащей хлора, добавляют избыток 0,1 н раствора азотнокислого серебра и отфильтровывают образовавшийся осадок хлористого серебра. Затем вводят индикатор — 40 %-ный раствор железо-аммониевых квасцов объемом от 1 до 2 см³ и проводят обратное титрование 0,1 н раствором роданистого калия. Титрование считают законченным, когда появляющееся от введения роданистого калия окрашивание перестанет исчезать при взбалтывании и раствор станет кирпично-красного цвета.

Для определения титра раствора нитрата серебра применяют 0,1 н раствор хлористого натрия или хлористого калия. Титр роданистого калия определяют по установленному титрованному раствору нитрата серебра.

Массовое содержание хлора X в процентах вычисляют по формуле

$$X = \frac{(aK_1 - bK_2) \cdot A \cdot C \cdot 100}{1000 \cdot d \cdot E}, \qquad (Г.1)$$

где a — количество 0,1 н раствора азотнокислого серебра, см^3;
K_1 — поправочный коэффициент азотнокислого серебра;
b — количество раствора роданистого калия, см^3;
K_2 — поправочный коэффициент раствора роданистого калия;
A — азотная масса хлора 35,5 г,
C — общий объем водной вытяжки, см^3;
d — количество водной вытяжки для титрования, см^3;
E — масса вещества для определения хлора, г.

Пример

После растворения хлорокиси гафния массой 0,1521 г, осаждения и отфильтровывания осадка, объем фильтрата составил 100 см^3.

Для титрования отбирают фильтрат объемом 40 см^3, который подкисляют азотной кислотой, не содержащей хлора, затем добавляют 0,1 н раствора азотнокислого серебра объемом 4 см^3. На обратное титрование избытка ионов серебра затрачено 0,125 н раствора роданистого калия объемом 0,85 см^3.

$K_1 = 0,1$; $K_2 = 0,125$.

Массовое содержание хлора в хлорокиси гафния составляет 17,14 %:

$$X = \frac{(4 \cdot 0,1 - 0,85 \cdot 0,125) \cdot 100 \cdot 35,5 \cdot 100}{0,1521 \cdot 1000 \cdot 40} = 17,14\ \%$$

Массовое содержание гафния X_2 в процентах определяют по двуокиси гафния X_1, последнюю определяют путем прокаливания осадка гидрата окиси гафния до постоянной массы. В предварительно прокаленный до постоянной массы платиновый или фарфоровый тигель помещают фильтр с осадком гидрата окиси гафния и прокаливают до постоянной массы при температуре 1000—1200 °С. Массовое содержание в навеске двуокиси гафния X_1 в процентах вычисляют по формуле

$$X_1 = \frac{(C - a) \cdot 100}{b - a}, \qquad (Г.2)$$

где C — масса тигля с навеской двуокиси гафния после прокаливания, г;

a — масса пустого тигля, г;

b — масса тигля с навеской хлорокиси гафния до прокаливания, г.

Пример

Масса навески двуокиси гафния после прокаливания: C – a = 0,1216 г.; масса навески хлорокиси гафния до прокаливания: b – a = 0,2374 г. Массовое содержание двуокиси гафния составляет 51,22 %.

$$X_1 = \frac{0{,}1216 \cdot 100}{0{,}2374} = 51{,}22\ \%$$

Далее выполняют пересчет на гафний. Молекулярная масса двуокиси гафния HfO_2 = 210,5, атомная масса гафния Hf = 178,5. Массовое содержание гафния в хлорокиси гафния составляет 43,43 %.

$$X_2 = \frac{51{,}22 \cdot 178{,}5}{210{,}5} = 43{,}43\ \%$$

Г.3.2 Очистка хлорокиси циркония и контроль

Г.3.2.1 Очистку хлорокиси циркония проводят путем перекристаллизации.

Имеющуюся хлорокись циркония, содержащую 8 молекул кристаллизационной воды, перекристаллизовывают следующим способом. 25 г вещества растворяют в 100 мл воды, к которой добавлено 6 мл концентрированной соляной кислоты. Раствор нагревают до температуры 70 °С и фильтруют. Фильтрат концентрируют до объема 75 мл и охлаждают без перемешивания. Выпавшие кристаллы отделяют от маточного раствора отсасыванием и промывают на фильтре холодным раствором, состоящим из смеси спирта и концентрированной соляной кислоты (соотношение 1:1). Выход — 10 г очищенного препарата. Дополнительное количество (7 г) можно получить из маточного раствора путем дальнейшего концентрирования и кристаллизации.

Г.3.2.2 Точную массовую концентрацию двуокиси циркония устанавливают гравиметрическим методом.

Подготавливают стандартный раствор циркония, растворяя навеску хлорокиси циркония массой 13—14 г в растворе соляной кислоты 1,5 моль/л объемом 50—80 мл в стакане вместимостью 200 мл. Полученный раствор переводят в мерную колбу вместимостью 1000 мл, доливают этим же раствором соляной кислоты до метки и перемешивают.

Далее в стакан вместимостью 250—300 мл отбирают стандартный раствор объемом 20 мл, разбавляют водой до 100 мл, добавляют 2 г хлористого аммония, нагревают до температуры от 50 °С до 60 °С и осаждают избытком аммиака гидроокись циркония. Раствор с осадком нагревают до кипения, дают осадку осесть и отфильтровывают на фильтр. Осадок промывают горячим раствором азотнокислого аммония с массовой долей 2% до отрицательной реакции на ион хлора (реакция с раствором азотнокислого серебра).

Фильтр с осадком помещают во взвешенный платиновый тигель, подсушивают, озоляют и прокаливают до постоянной массы в электропечи при температуре 1200 °С. Массовую концентрацию двуокиси циркония в 1 $см^3$ стандартного раствора находят делением массы осадка двуокиси циркония в граммах на 20.

Приложение Д
(обязательное)

Составы пленкообразующих растворов

Составы пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана приведены в таблице Д.1.

Таблица Д.1

Тетраэтоксисилан		Спирт этиловый (или ацетон)		Количество соляной кислоты, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	
Массовая доля, %, при температуре 20°С	Количество, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	Количество, $см^3$, не более	Массовая доля, %, при температуре 20°С	для химически устойчивых стекол	для химически неустойчивых стекол
3	3,2	100	98,0	0,05	0,025
4	4,3	100	98,0	0,05	0,025
5	5,3	100	98,0	0,05	0,050
6	6,4	100	97,0	0,10	0,050
7	7,5	100	97,0	0,10	0,050
8	8,6	100	96,0	0,10	0,050
9	9,6	100	96,0	0,15	0,070
10	10,7	100	95,0	0,15	0,070
11	11,8	100	94,0	0,15	0,070
12	12,9	100	94,0	0,15	0,070
13	13,9	100	94,0	0,15	0,070
14	15,0	100	94,0	0,15	0,070
15	16,1	100	94,0	0,15	0,070
16	17,1	100	92,0	0,15	0,070
17	18,2	100	92,0	0,15	0,070
18	19,3	100	92,0	0,15	0,070
19	20,35	100	92,0	0,15	0,070
20	21,4	100	92,0	0,20	0,100
21	22,5	100	92,0	0,20	0,100
22	23,5	100	90,0	0,20	0,100
23	24,6	100	90,0	0,20	0,100
24	25,7	100	90,0	0,20	0,100
25	26,8	100	90,0	0,20	0,100
26	27,9	100	90,0	0,20	0,100
27	28,9	100	88,9	0,20	0,100
28	30,0	100	87,0	0,20	0,100
29	31,1	100	87,0	0,20	0,100
30	32,1	100	85,0	0,20	0,100

Окончание таблицы Д.1

Тетраэтоксисилан		Спирт этиловый (или ацетон)		Количество соляной кислоты, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	
Массовая доля, %, при температуре 20°С	Количество, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	Количество, $см^3$, не более	Массовая доля, %, при температуре 20°С	для химически устойчивых стекол	для химически неустойчивых стекол
32	34,2	100	83,0	0,30	0,150
35	37,3	100	81,0	0,30	0,150
38	40,7	100	78,0	0,30	0,150
40	42,8	100	76,0	0,30	0,150
45	48,2	100	70,0	0,30	0,150
60	64,2	100	70,0	0,40	0,200

Составы пленкообразующих растворов тетраэтоксититана для нанесения 1-го слоя при двухслойном и трехслойном просветлении без промежуточного и с промежуточным прогреванием приведены в таблице Д.2.

Таблица Д.2

Тетраэтоксититан		Спирт этиловый		Количество соляной кислоты, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	
Массовая доля, %, при температуре 20 °С	Количество, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	Количество, $см^3$, не более	Массовая доля, %, при температуре 20 °С	для химически устойчивых стекол	для химически неустойчивых стекол
2	1,8	100	97,5—98,0	0,075—0,10	0,04—0,05
3	2,7	100	97,5—98,2	0,075—0,10	0,04—0,05
4	3,6	100	97,5—98,5	0,10	0,05
5	4,5	100	98,0—98,5	0,10	0,05
6	5,4	100	98,0—98,5	0,10—0,15	0,05
7	6,3	100	98,2—98,5	0,15	0,07
8	7,2	100	98,2—98,5	0,15—0,20	0,07—0,10
9	8,1	100	98,5—98,8	0,15—0,20	0,07—0,10
10	9,0	100	98,8—99,0	0,2—0,4	0,10—0,20
11	9,9	100	98,8—99,0	0,2—0,4	0,10—0,20
12	10,85	100	98,8—99,0	0,2—0,4	0,10—0,20
13	11,7	100	98,8—99,0	0,2—0,5	0,10—0,20
14	12,8	100	98,8—99,0	0,2—0,5	0,10—0,20
15	13,55	100	98,8—99,0	0,2—0,5	0,10—0,20
16	14,4	100	98,0—99,4	0,2—0,5	0,10—0,20
17	15,4	100	99,2—98,8	0,8—0,9	0,40
18	16,3	100	99,0—98,8	0,9—1,0	0,40—0,50
19	17,2	100	99,0—98,8	0,9—1,0	0,40—0,50
20	18,1	100	99,0—98,8	1,0—1,1	0,50
21	19,0	100	99,0—98,8	1,0—1,1	0,50

Окончание таблицы Д.2

Тетраэтоксититан		Спирт этиловый		Количество соляной кислоты, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	
Массовая доля, %, при температуре 20 °С	Количество, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	Количество, $см^3$, не более	Массовая доля, %, при температуре 20 °С	для химически устойчивых стекол	для химически неустойчивых стекол
22	19,9	100	99,0—98,8	1,1—1,2	0,60
23	20,8	100	99,0—98,8	1,1—1,2	0,60
24	21,7	100	99,0—98,8	1,2—1,3	0,65
25	22,6	100	99,0—98,8	1,2—1,3	0,65
26	23,5	100	99,0—98,8	1,3—1,4	0,65
27	24,4	100	99,0—98,8	1,5	0,75

Составы пленкообразующих растворов тетраэтоксититана для нанесения 1-го слоя без промежуточного прогревания при двухслойном и 2-го слоя при трехслойном ахроматическом просветлении приведены в таблице Д.3.

Таблица Д.3

Тетраэтоксититан		Спирт этиловый		Количество соляной кислоты на 100 $см^3$ раствора, $см^3$
Массовая доля, %, при температуре 20 °С	Количество, $см^3$, на 100 $см^3$ раствора	Количество, $см^3$, не более	Массовая доля, %, при температуре 20 °С	
9,0	8,1	100	98,5—98,8	0,15
14,0	12,6	100	98,7—98,9	0,30
18,0	16,3	100	98,7—99,0	0,40
20,0	18,1	100	98,7	1,00
26,0	23,5	100	99,0	1,30
30,0	27,1	100	99,0	1,50

Зависимость показателя преломления 1-го слоя от показателя преломления стекла и соотношения пленкообразующих растворов (равных концентраций) в смеси приведены в таблице Д.4.

Таблица Д.4

Показатель преломления стекла n	Показатель преломления 1-ого слоя n_1	Соотношение растворов в смеси, объемная доля, %	
		тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана	гафния хлорокиси и тетраэтоксисилана
1,46—1,51	1,64—1,65	0,6:1,0	1,3—1,0:1,0
1,52—1,60	1,66—1,72	0,8—1,0:1,0	2,1—2,3:1,0
1,61—1,70	1,73—1,77	1,1:1,0	3,5—4,1:1,0
1,71—1,76	1,78—1,84	1,5:1,0	5,0—8,0:1,0

Значение показателя преломления 1-го слоя и соотношение пленкообразующих растворов (равных концентраций) в смеси, обеспечивающие увеличение прочности слоя двуокиси титана 44Р при двух- и трехслойных ахроматических просветляющих покрытиях, приведены в таблице Д.5.

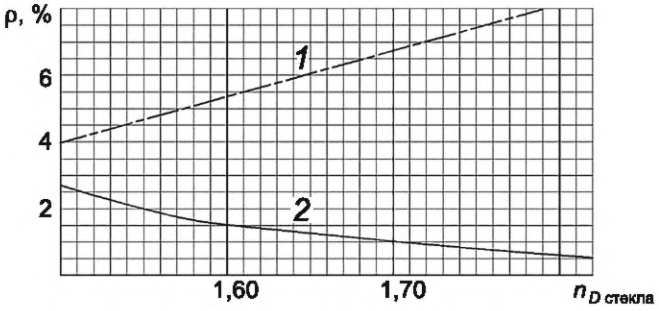
Таблица Д.5

Показатель преломления стекла n	Показатель преломления 1-го слоя n_1	Соотношение пленкообразующих растворов в смеси, объемная доля, %, тетраэтоксититана и тетраэтоксисилана
1,52—1,90	2,12	10:0,5
	2,0—2,09	10:1,0
	2,09—2,10	9,0:1,0

Приложение Е
(рекомендуемое)

Кривые спектральных коэффициентов отражения оптических деталей с одно-, двух- и трехслойными просветляющими покрытиями и графики зависимости показателей преломления смесей пленкообразующих растворов от концентраций

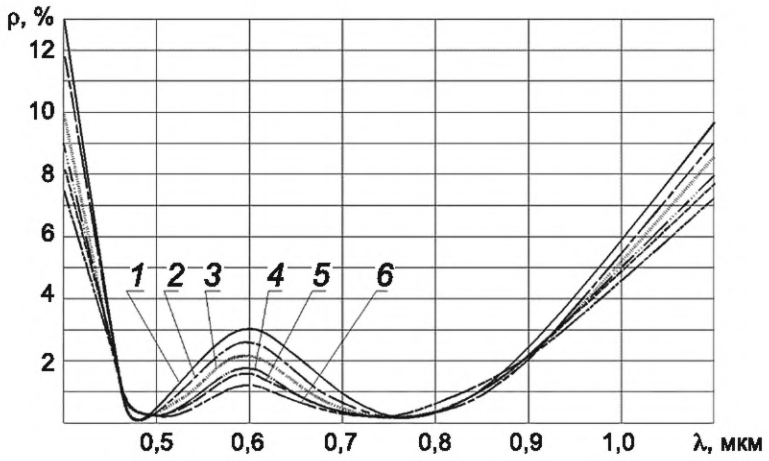
Зависимость спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ однослойного просветляющего покрытия из растворов тетраэтоксисилана от показателя преломления стекла (подложки) приведена на рисунке Е.1.



1 — для стекол без покрытия; *2* — для стекол с покрытием 43Р, n_D = 1,44

Рисунок Е.1 — Зависимость спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ однослойного просветляющего покрытия из растворов тетраэтоксисилана от показателя преломления стекла

Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ двухслойных ахроматических покрытий 44Р.43Р на стеклах марок ЛК5; К8; БК10; ТК-16; БФ12; ТФ8 приведены на рисунке Е.2



1 — для стекла марки ЛК5; *2* — для стекла марки К8; *3* — для стекла марки БК10; *4* — для стекла марки ТК-16; *5* — для стекла марки БФ12; *6* — для стекла марки ТФ8

Рисунок Е.2 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ двухслойных ахроматических покрытий 44Р.43Р на стеклах марок ЛК5; 2-К8; 3-БК10; 4-ТК-16; 5-БФ12; 6-ТФ8

Кривая спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТК21 приведена на рисунке Е.3.

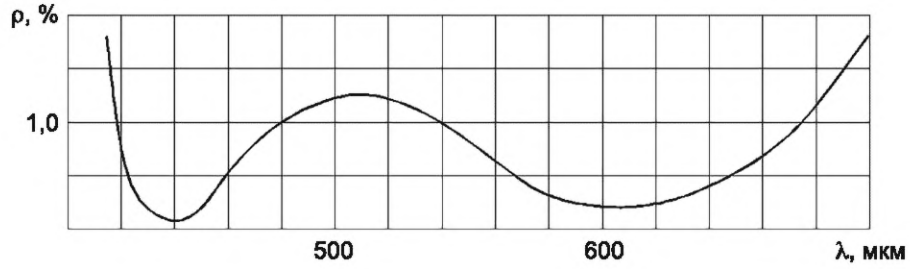


Рисунок Е.3 — Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТК21

Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТФ1 приведена на рисунке Е.4.

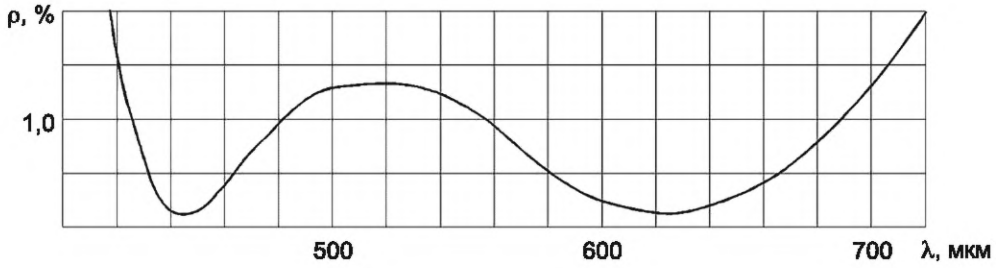


Рисунок Е.4 — Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТФ1

Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТФ3 приведена на рисунке Е.5.

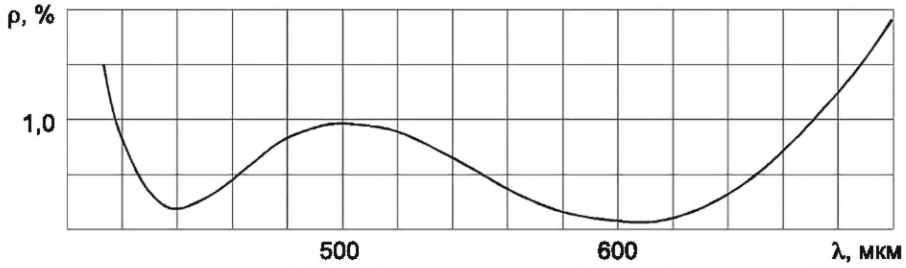


Рисунок Е.5 — Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТФ3

Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТФ10 приведена на рисунке Е.6.

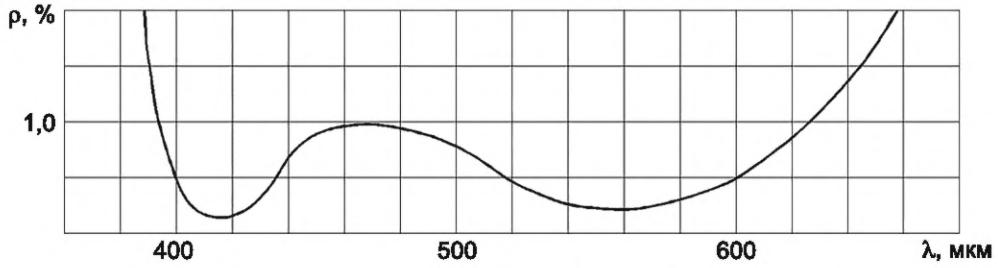
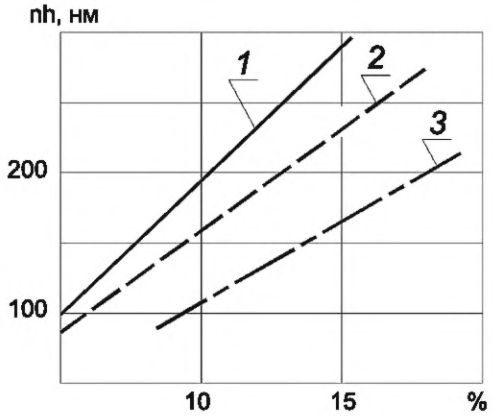


Рисунок Е.6 — Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ)
двухслойного ахроматического покрытия 44Р.43Р на стекле марки ТФ10

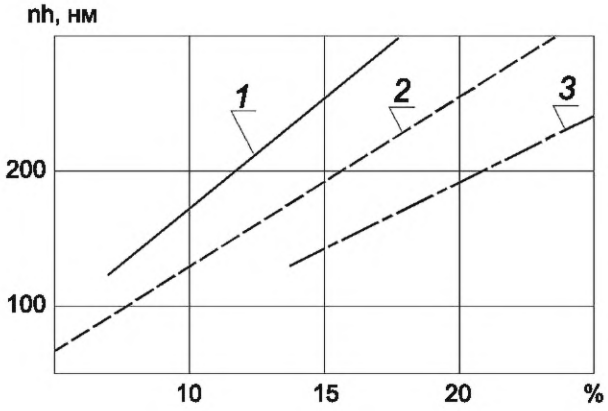
График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана (в соотношении 1:1 или 1,0:0,8, в объемных долях в процентах) и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.7.



1 — частота вращения детали составляет 1000 мин$^{-1}$; *2* — частота вращения детали составляет 2500 мин$^{-1}$;
3 — частота вращения детали составляет 4800 мин$^{-1}$

Рисунок Е.7 — График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия
от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана
(в соотношении 1:1 или 1,0:0,8, в объемных долях в процентах) и частоты вращения детали

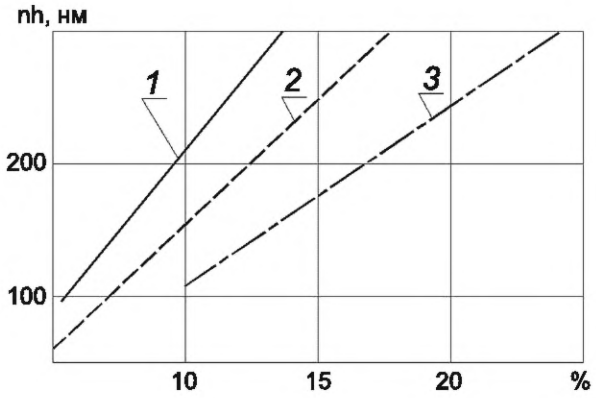
График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентрации пленкообразующего раствора тетраэтоксисилана и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.8.



1 — частота вращения детали составляет 1000 мин$^{-1}$; *2* — частота вращения детали составляет 2500 мин$^{-1}$; *3* — частота вращения детали составляет 4800 мин$^{-1}$

Рисунок Е.8 — График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентрации пленкообразующего раствора тетраэтоксисилана и частоты вращения детали

График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентрации пленкообразующего раствора тетраэтоксититана и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.9.



1 — частота вращения детали составляет 1000 мин$^{-1}$; *2* — частота вращения детали составляет 2500 мин$^{-1}$; *3* — частота вращения детали составляет 4800 мин$^{-1}$

Рисунок Е.9 — График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентрации пленкообразующего раствора тетраэтоксититана и частоты вращения детали

Кривая спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности детали из стекла марки К8 с трехслойным просветляющим ахроматическим покрытием для области спектра от 0,5 до 1,0 мкм приведена на рисунке Е.10.

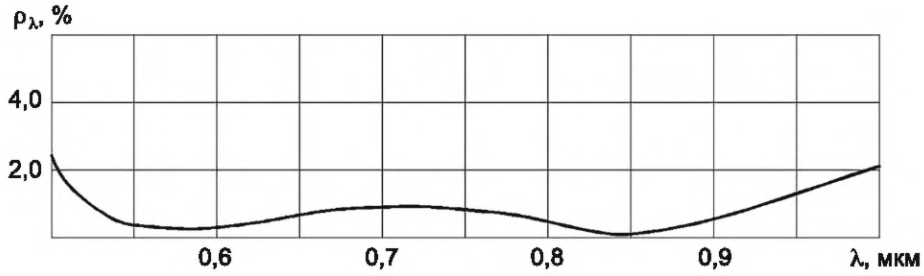
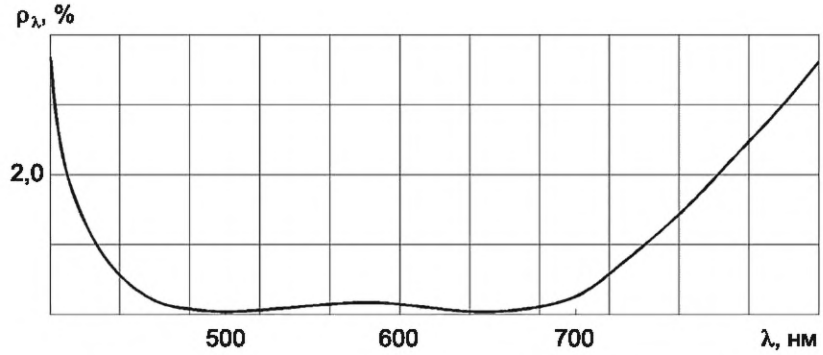
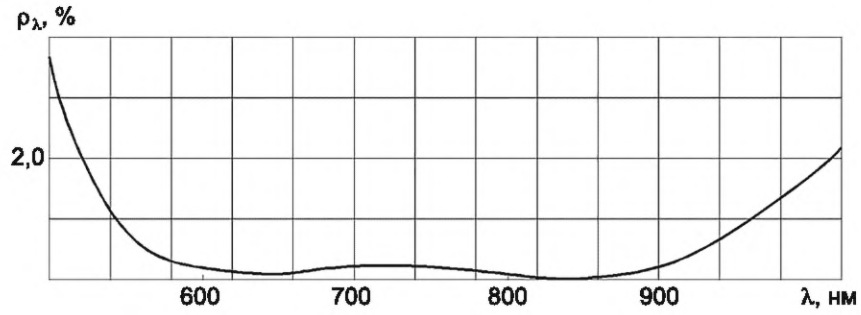


Рисунок Е.10 — Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) от поверхности детали из стекла марки К8 с трехслойным просветляющим ахроматическим покрытием для области спектра от 0,5 до 1,0 мкм

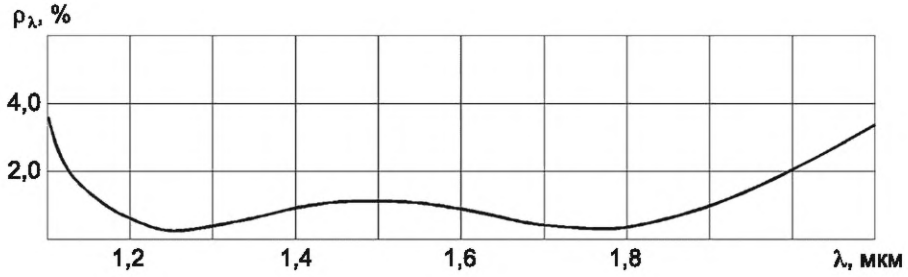
Кривые спектрального коэффициента отражения ρ(λ) от поверхности детали из стекла марки К8 с трехслойным ахроматическим покрытием для области спектра от 0,43 до 2,0 мкм приведены на рисунке Е.11.



а) Спектральный диапазон просветления от 430 до 750 нм



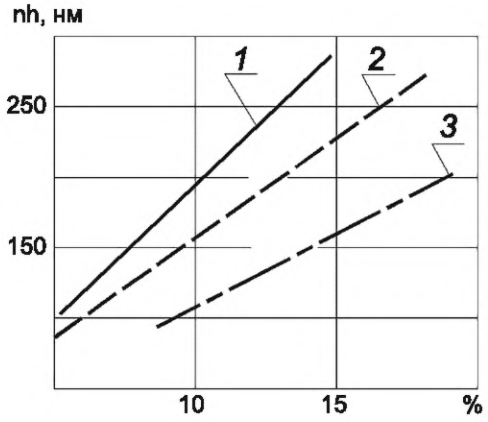
б) Спектральный диапазон просветления от 580 до 920 нм



в) Спектральный диапазон просветления от 1,1 до 2,0 мкм

Рисунок Е.11 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) от поверхности детали из стекла марки К8 с трехслойным ахроматическим покрытием для области спектра от 0,43 до 2,0 мкм

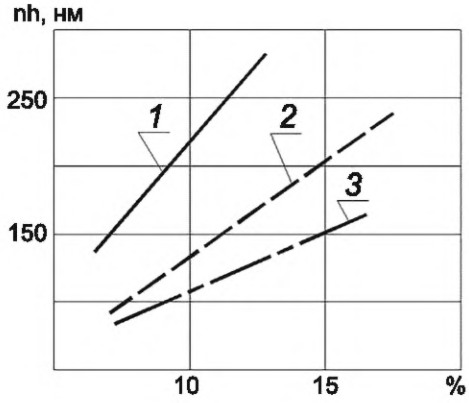
График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:1 и 1,0:1,5 (в объемных долях в процентах) и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.12.



1 — частота вращения детали составляет 1000 мин$^{-1}$; *2* — частота вращения детали составляет 2500 мин$^{-1}$; *3* — частота вращения детали составляет 4800 мин$^{-1}$

Рисунок Е.12 — График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 1:1 и 1,0:1,5 (в объемных долях в процентах) и частоты вращения детали

График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 3:7 и 1:9 (в объемных долях в процентах) и частоты вращения детали приведен на рисунке Е.13.



1 — частота вращения детали составляет 1000 мин$^{-1}$; *2* — частота вращения детали составляет 2500 мин$^{-1}$; *3* — частота вращения детали составляет 4800 мин$^{-1}$

Рисунок Е.13 — График зависимости оптической толщины просветляющего покрытия от концентраций в смеси пленкообразующих растворов тетраэтоксисилана и тетраэтоксититана в соотношении 3:7 и 1:9 (в объемных долях в процентах) и частоты вращения детали

Кривая спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности стекла марки К8 с трехслойным покрытием 45Р.[44Р.45Р1 .45Р2].43Р приведена на рисунке Е.14.

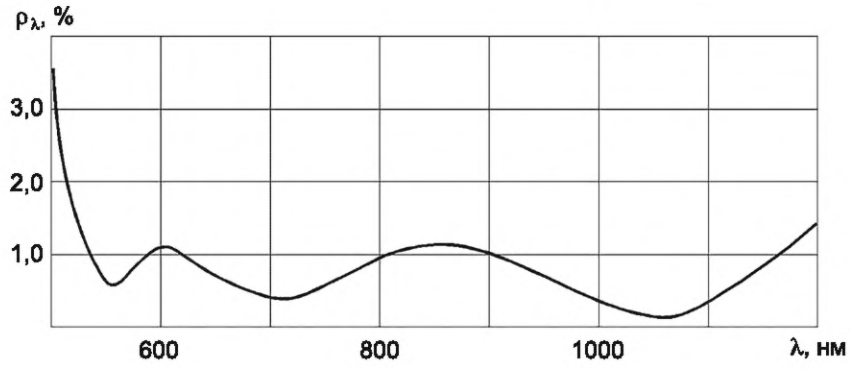
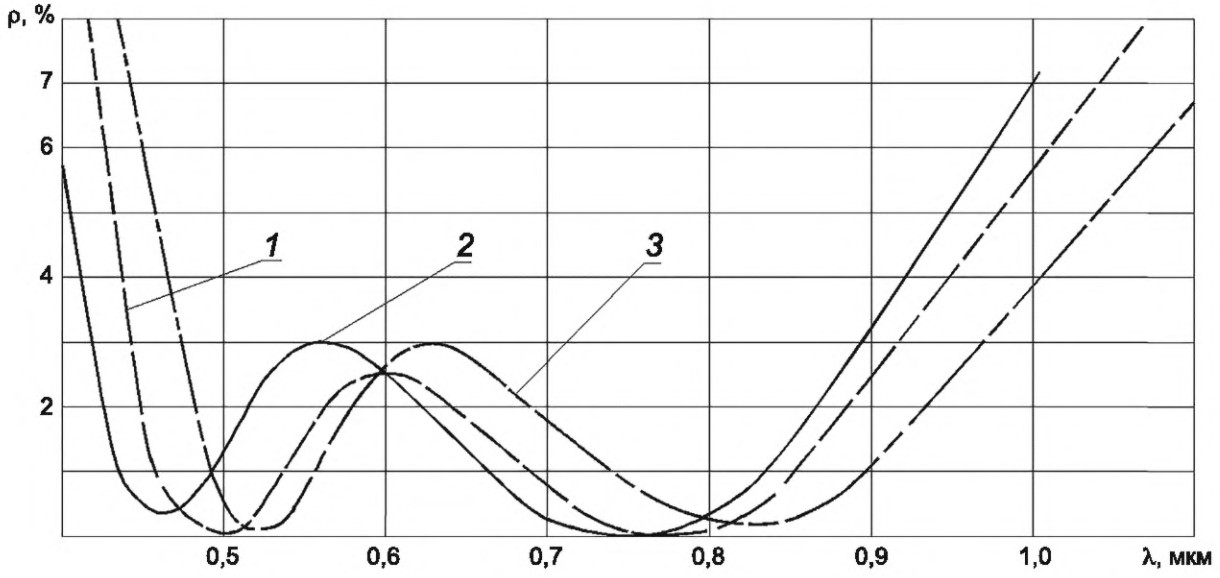


Рисунок Е.14 — Кривая спектрального коэффициента отражения ρ(λ) от поверхности стекла марки К8 с трехслойным покрытием 45Р.[44Р.45Р1 .45Р2].43Р

Приложение Ж
(рекомендуемое)

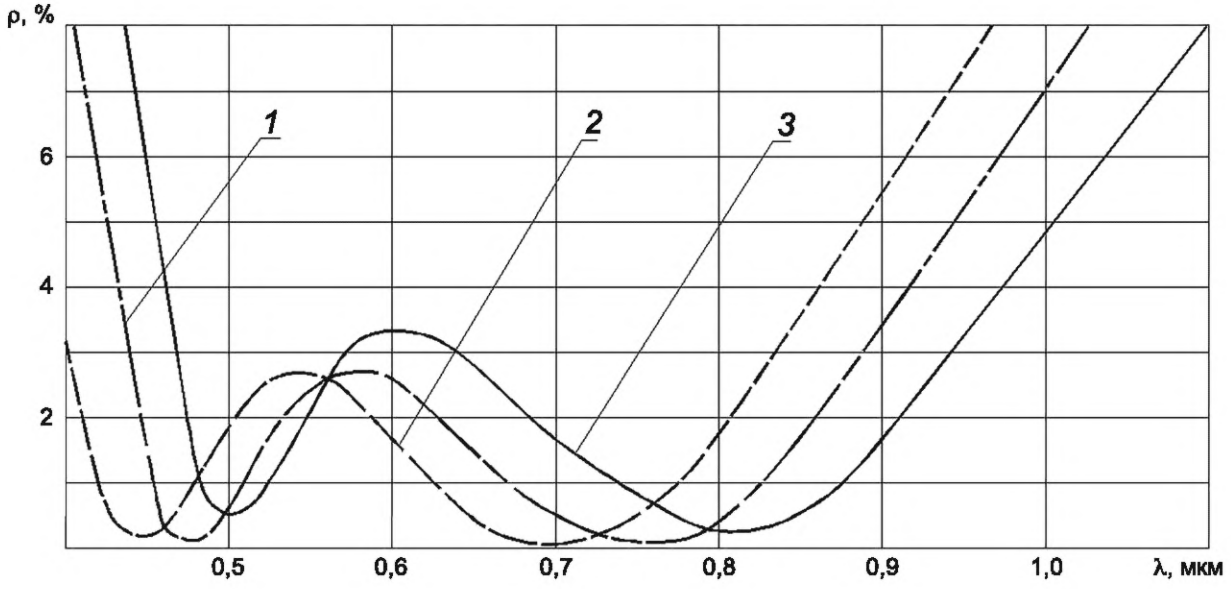
Кривые спектральных коэффициентов отражения стекол марок К8 и ТФ8 с двухслойными ахроматическими покрытиями для длин волн 0,48—0,5 мкм и 0,78—0,82 мкм с ошибками и без ошибок в оптических толщинах слоев

При выборе режимов нанесения двухслойных просветляющих ахроматических покрытий для определения наличия и параметров ошибок в оптических толщинах слоев используют кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ), приведенные на рисунках Ж.1—Ж.6.



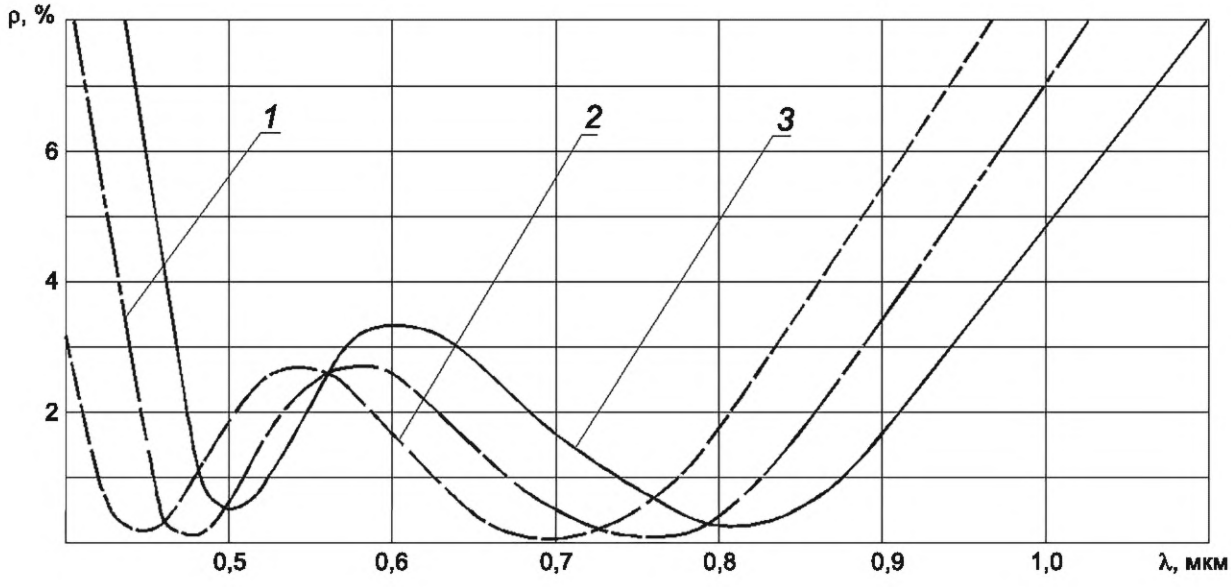
1 — без ошибок в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,3 мкм, n_2h_2 = 0,15 мкм);
2 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,3 мкм, n_2h_2 = 0,13 мкм);
3 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,3 мкм, n_2h_2 = 0,17 мкм)

Рисунок Ж.1 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) от поверхности стекла марки К8 с двухслойным ахроматическим покрытием 44Р.43Р



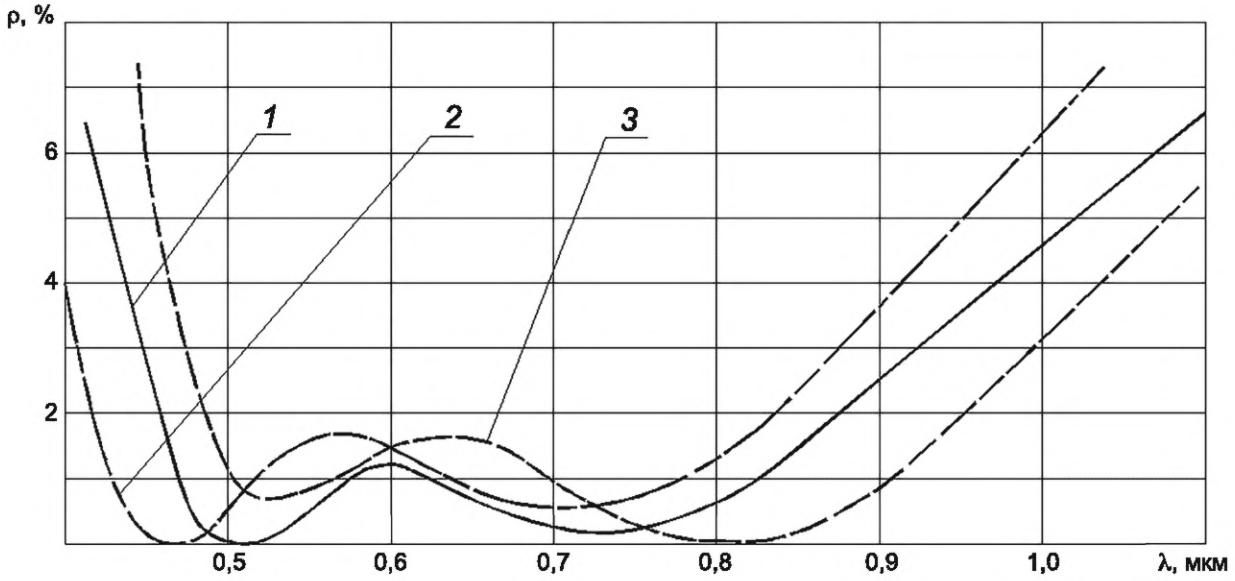
1 — без ошибок в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,32 мкм, n_2h_2 = 0,15 мкм);
2 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,32 мкм, n_2h_2 = 0,13 мкм);
3 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,32 мкм, n_2h_2 = 0,17 мкм)

Рисунок Ж.2 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) от поверхности стекла марки К8 с двухслойным ахроматическим покрытием 44Р.43Р



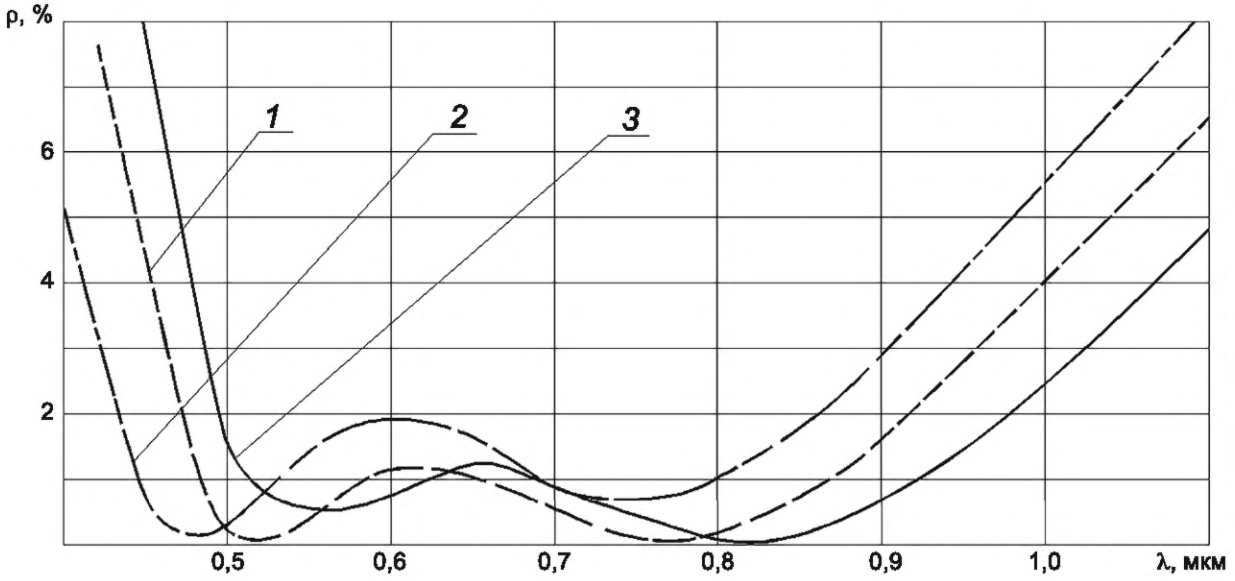
1 — без ошибок в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,28 мкм, n_2h_2 = 0,15 мкм);
2 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,28 мкм, n_2h_2 = 0,13 мкм);
3 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,28 мкм, n_2h_2 = 0,17 мкм)

Рисунок Ж.3 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) от поверхности стекла марки К8 с двухслойным ахроматическим покрытием 44Р.43Р



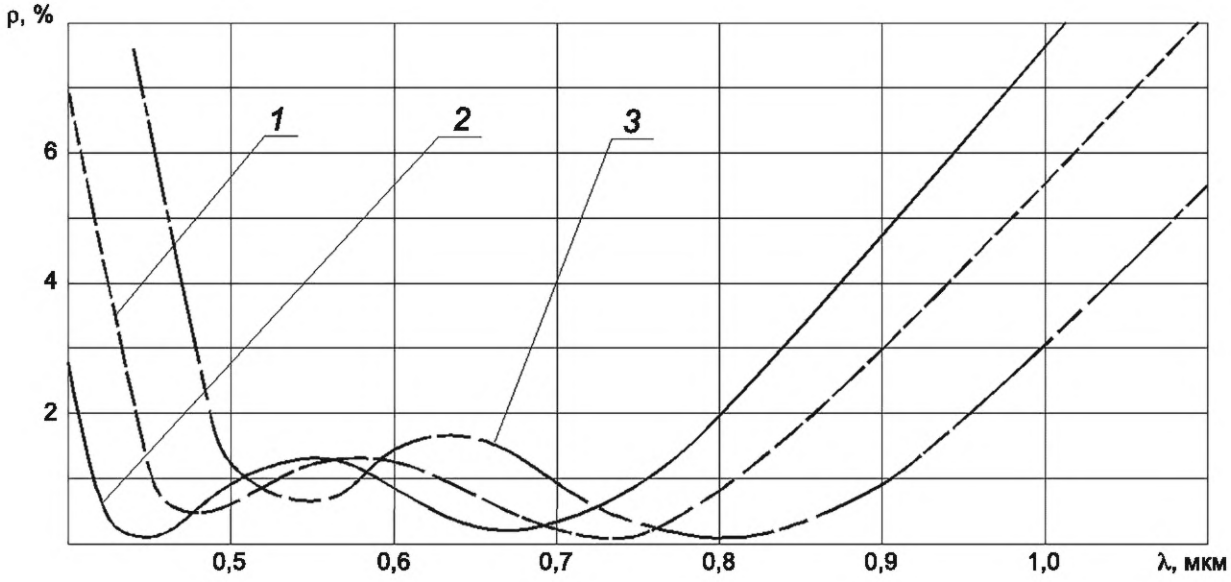
1 — без ошибок в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,3 мкм, n_2h_2 = 0,15 мкм);
2 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,3 мкм, n_2h_2 = 0,13 мкм);
3 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,3 мкм, n_2h_2 = 0,17 мкм)

Рисунок Ж.4 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) от поверхности стекла марки ТФ8 с двухслойным ахроматическим покрытием 44Р.43Р



1 — без ошибок в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,32 мкм, n_2h_2 = 0,15 мкм);
2 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,32 мкм, n_2h_2 = 0,13 мкм);
3 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,32 мкм, n_2h_2 = 0,17 мкм)

Рисунок Ж.5 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) от поверхности стекла марки ТФ8 с двухслойным ахроматическим покрытием 44Р.43Р



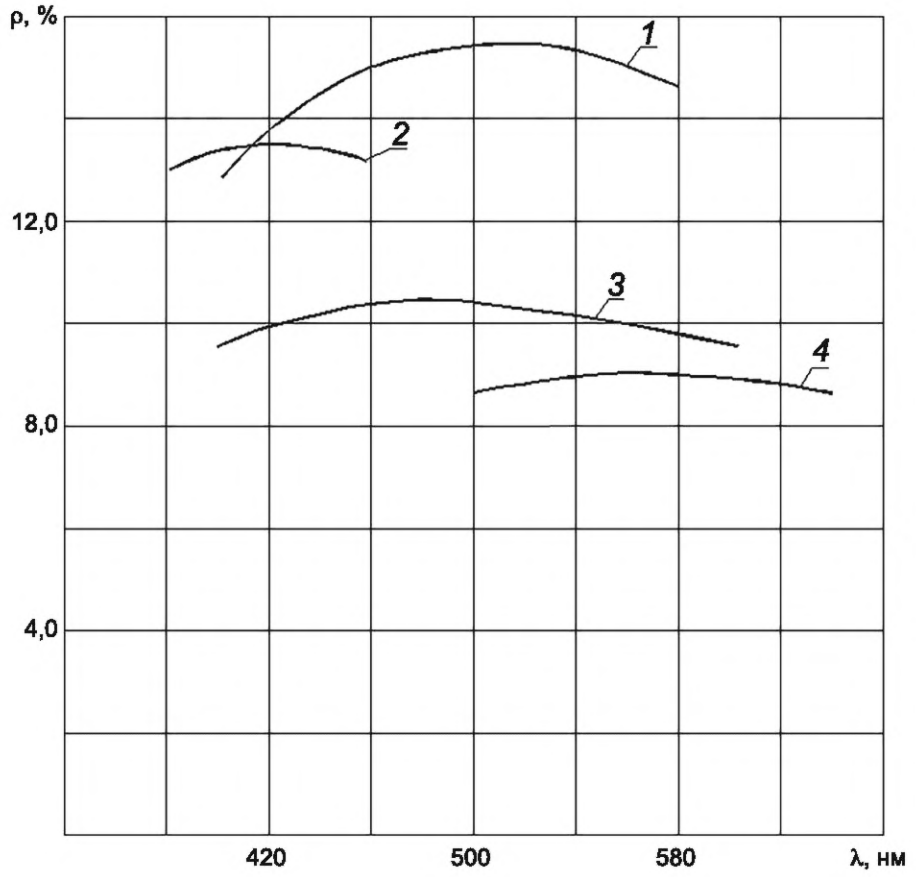
1 — без ошибок в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,28 мкм, n_2h_2 = 0,15 мкм);
2 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,28 мкм, n_2h_2 = 0,13 мкм);
3 — с ошибкой в оптических толщинах слоев (n_1h_1 = 0,28 мкм, n_2h_2 = 0,17 мкм)

Рисунок Ж.6 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности стекла марки ТФ8 с двухслойным ахроматическим покрытием 44Р.43Р

Приложение И
(справочное)

Кривые спектральных коэффициентов отражения раздельно нанесенных слоев при подборе оптических толщин трехслойных покрытий для видимой области спектра

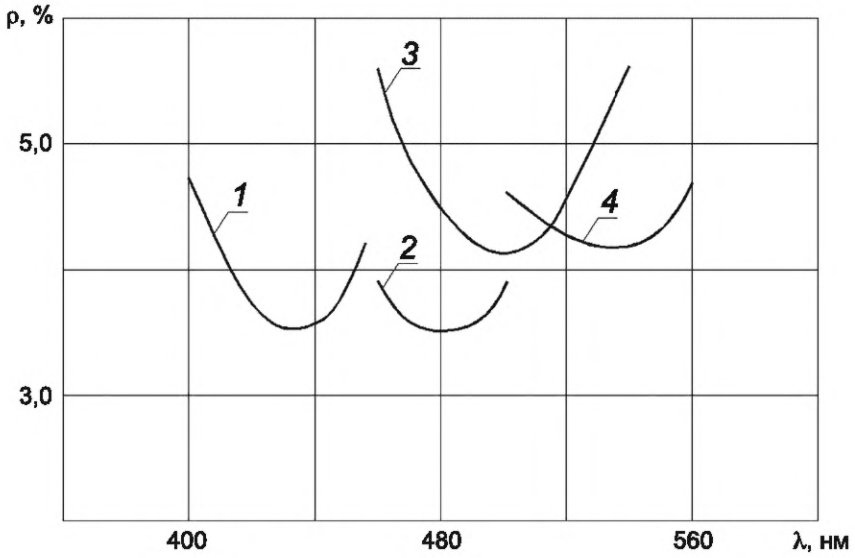
Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности образцов из стекла марки К8 и кварцевого стекла марки КВ с раздельно нанесенными слоями при подборе оптических толщин трехслойных покрытий для видимой области спектра приведены на рисунке И.1.



1 — образцы из кварцевого стекла марки КВ [$\lambda(\rho_{max})$ = 520 нм, n_1h_1 = 130 нм, n_1 = 1,82, ρ_{max} = 13,4 %];
2 — образцы из кварцевого стекла марки КВ [$\lambda(\rho_{max})$ = 420 нм, n_1h_1 = 105 нм, n_1 = 1,77, ρ_{max} = 13,4 %];
3 — образцы из стекла марки К8 [$\lambda(\rho_{max})$ = 480 нм, n_1h_1 = 120 нм, n_1 = 1,72, ρ_{max} = 10,4 %];
4 — образцы из стекла марки К8 [$\lambda(\rho_{max})$ = 560 нм, n_1h_1 = 143 нм, n_1 = 1,68, ρ_{max} = 8,9 %]

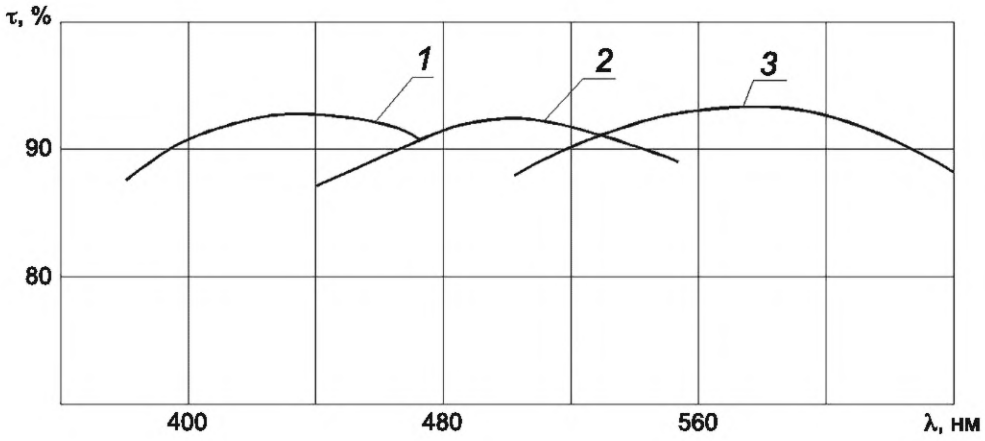
Рисунок И.1 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности образцов из кварцевого стекла марки КВ и стекла марки К8 с раздельно нанесенными слоями (45Р или 51/43Р или 43/46Р) при подборе оптических толщин трехслойных покрытий для видимой области спектра

Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ и пропускания $\tau(\lambda)$ слоев различной оптической толщины приведены на рисунках И.2 и И.3 соответственно.



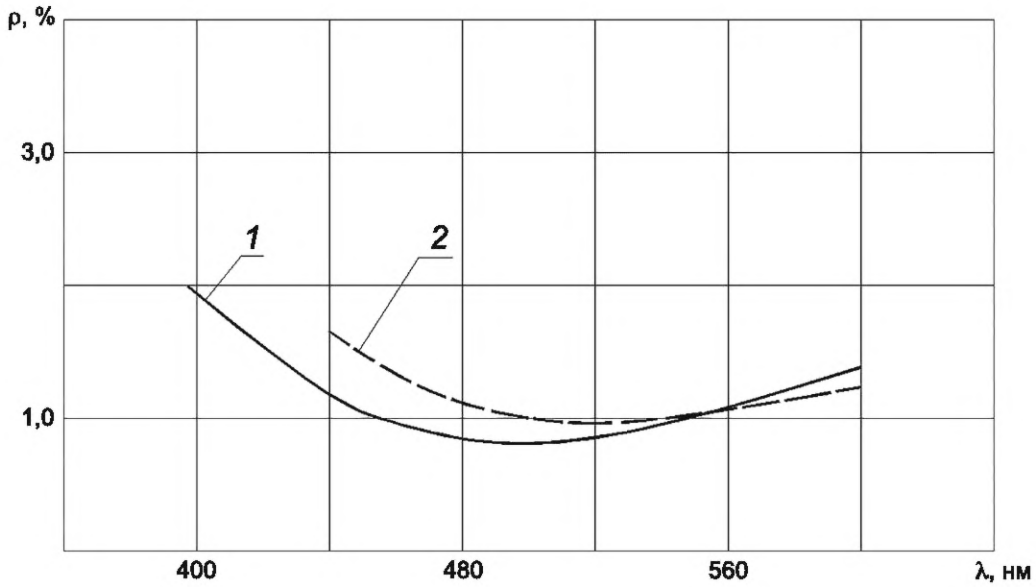
1 — образцы из кварцевого стекла марки КВ [$\lambda(\rho_{min})$ = 435 нм, n_2h_2 = 218 нм];
2 — образцы из кварцевого стекла марки КВ [$\lambda(\rho_{min})$ = 480 нм, n_2h_2 = 240 нм];
3 — образцы из стекла марки К8 [3-$\lambda(\rho_{min})$ = 500 нм, n_2h_2 = 250 нм];
4 — образцы из стекла марки К8 [$\lambda(\rho_{min})$ = 530 нм, n_2h_2 = 265 нм]

Рисунок И.2 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности деталей из кварцевого стекла марки КВ и стекла марки К8 с покрытиями из слоев 44Р или 46Р различной оптической толщины



1 — образцы из стекла марки К8 [$\lambda(\tau_{max})$ = 480 нм, n_2h_2 = 240 нм];
2 — образцы из стекла марки К8 [$\lambda(\tau_{max})$ = 500 нм, n_2h_2 = 250 нм];
3 — образцы из стекла марки К8 [$\lambda(\tau_{max})$ = 570 нм, n_2h_2 = 285 нм]

Рисунок И.3 — Кривые спектральных коэффициентов пропускания $\tau(\lambda)$ образцов из стекла марки К8 с покрытиями из слоев 44Р или 46Р различной оптической толщины



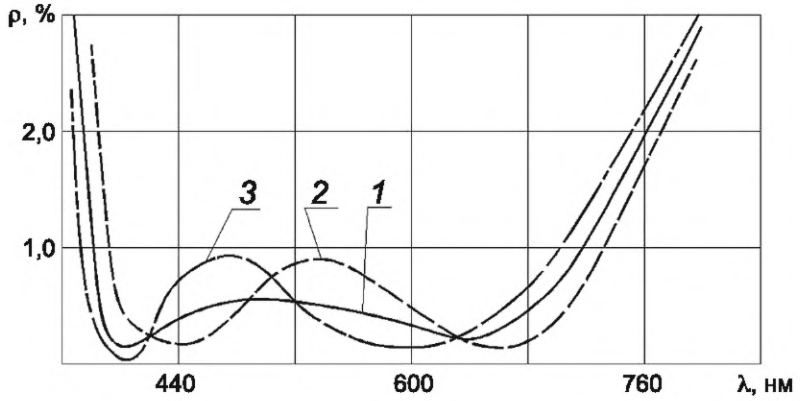
1 — образцы из стекла марки ТФ7 [$\lambda(\rho_{min})$ = 500 нм, n_3h_3 = 125 нм];
2 — образцы из стекла марки ТФ7 [$\lambda(\rho_{min})$ = 520 нм, n_3h_3 = 130 нм]

Рисунок И.4 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности образцов из стекла марки ТФ7 с покрытиями из слоев двуокиси кремния 43Р различной оптической толщины

Приложение К
(рекомендуемое)

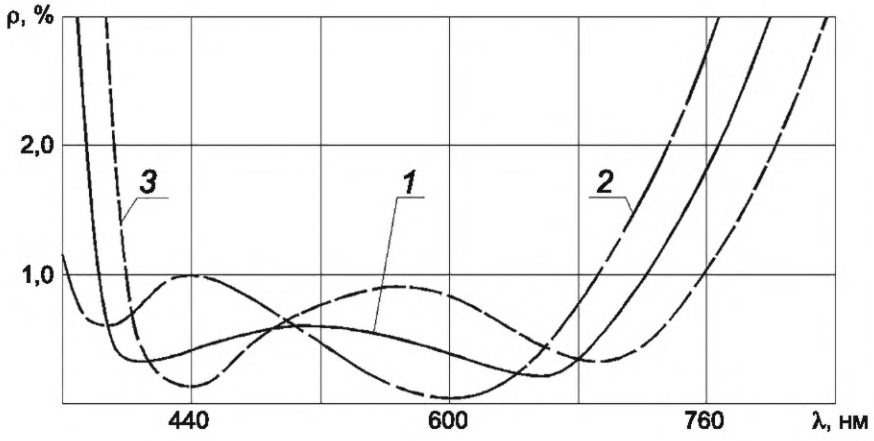
Кривые спектральных коэффициентов отражения трехслойных покрытий с ошибками и без ошибок в оптических толщинах слоев

При выборе режимов нанесения трехслойных просветляющих покрытий на клиновидные пластины для определения наличия и параметров ошибок в оптических толщинах слоев используют кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$, приведенные на рисунках К.1—К.6.



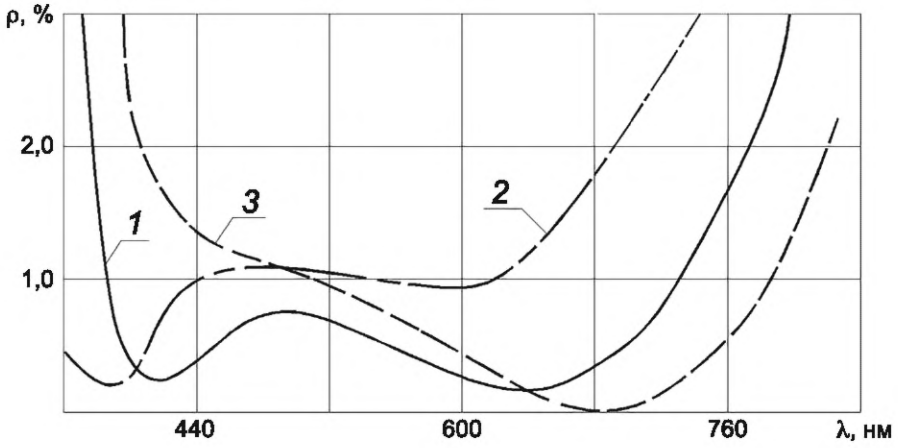
1 — без ошибок в оптической толщине 1-го слоя ($n_1h_1 = n_3h_3$ = 125 нм, n_2h_2 = 250 нм);
2 — с ошибкой минус 20 нм в оптической толщине 1-го слоя;
3 — с ошибкой плюс 20 нм в оптической толщине 1-го слоя

Рисунок К.1 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ трехслойных покрытий с ошибками и без ошибок в оптической толщине 1-го слоя



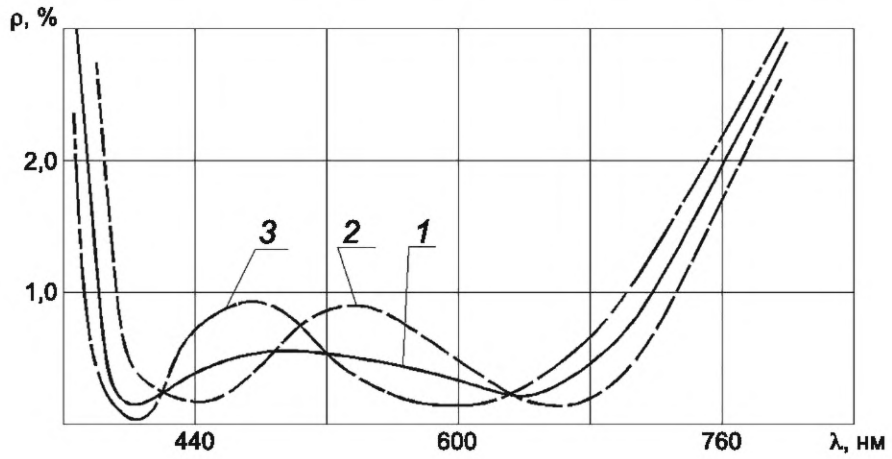
1 — без ошибок в оптической толщине 2-го слоя ($n_1h_1 = n_3h_3$ = 125 нм, n_2h_2 = 250 нм);
2 — с ошибкой минус 20 нм в оптической толщине 2-го слоя;
3 — с ошибкой плюс 20 нм в оптической толщине 2-го слоя

Рисунок К.2 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ трехслойных покрытий с ошибками и без ошибок в оптической толщине 2-го слоя



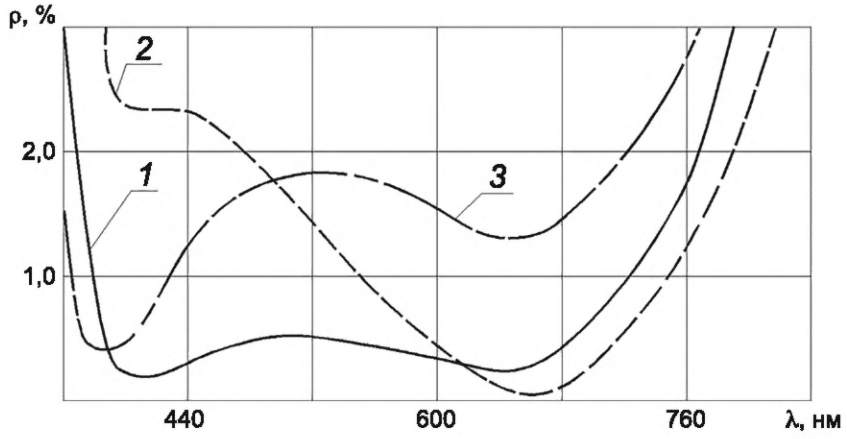
1 — без ошибок в оптической толщине 3-го слоя ($n_1h_1 = n_3h_3$ = 125 нм, n_2h_2 = 250 нм);
2 — с ошибкой минус 20 нм в оптической толщине 3-го слоя;
3 — с ошибкой плюс 20 нм в оптической толщине 3-го слоя

Рисунок К.3 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) трехслойных покрытий с ошибками и без ошибок в оптической толщине 3-го слоя



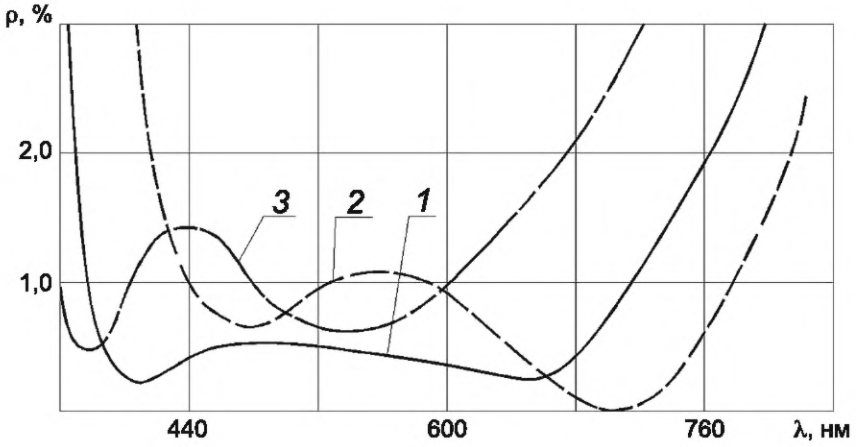
1 — без ошибок в оптической толщине слоев ($n_1h_1 = n_3h_3$ = 125 нм, n_2h_2 = 250 нм);
2, 3 — с разнозначными ошибками (±20 нм) в оптических толщинах 1-го и 2-го слоев

Рисунок К.4 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) трехслойных покрытий без ошибок и с разнозначными ошибками в оптической толщине 1-го и 2-го слоев



1 — без ошибок в оптических толщинах слоев ($n_1h_1 = n_3h_3$ = 125 нм, n_2h_2 = 250 нм);
2, 3 — с разнозначными ошибками (±20 нм) в оптической толщине 2-го и 3-го слоев

Рисунок К.5 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) трехслойных покрытий без ошибок и с разнозначными ошибками в оптической толщине 2-го и 3-го слоев



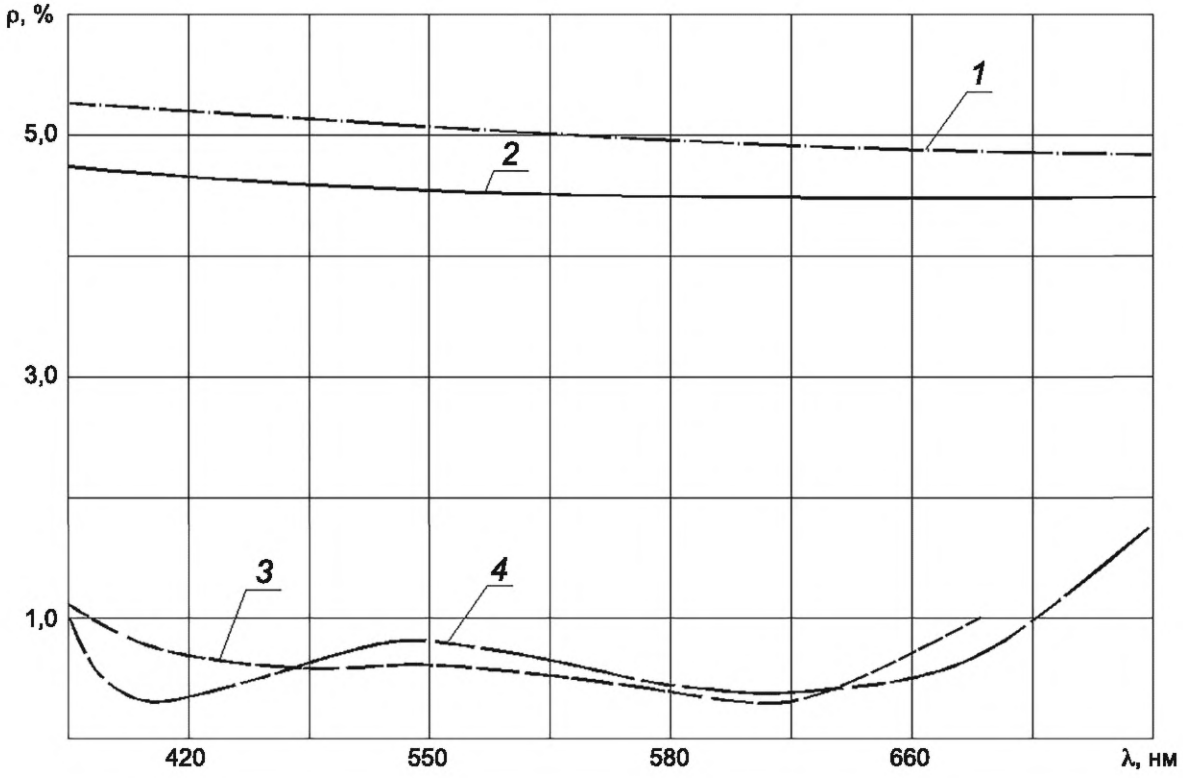
1 — без ошибок в оптических толщинах слоев ($n_1h_1 = n_3h_3$ = 125 нм, n_2h_2 = 250 нм);
2, 3 — с разнозначными ошибками (±20 нм) в оптической толщине 1-го и 3-го слоев

Рисунок К.6 — Кривые спектральных коэффициентов отражения ρ(λ) трехслойных покрытий без ошибок и с разнозначными ошибками в оптической толщине 1-го и 3-го слоев

Приложение Л
(справочное)

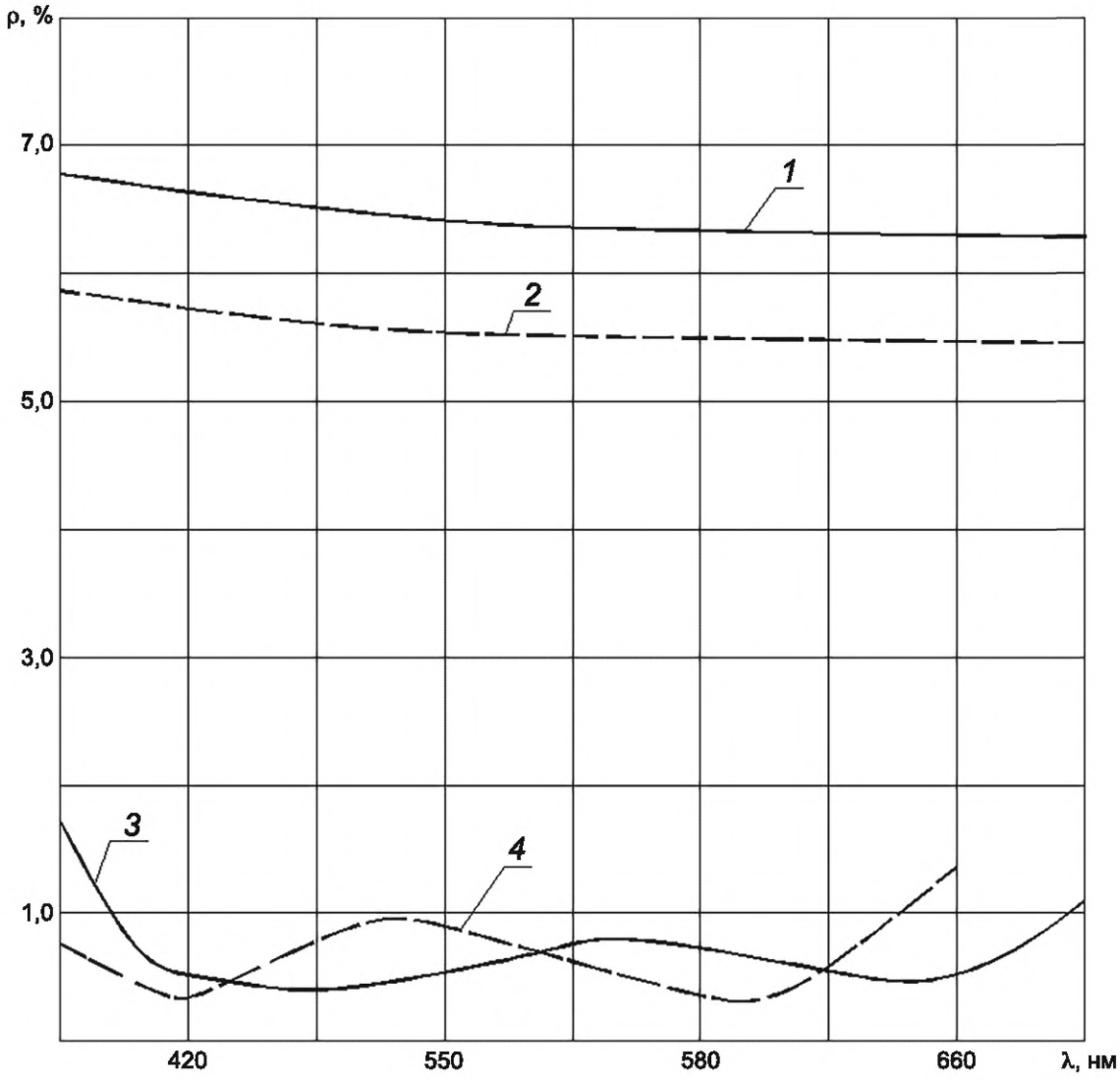
Кривые спектральных коэффициентов отражения при трехслойном просветлении деталей для коротковолнового и видимого излучения

Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ при трехслойном просветлении деталей для коротковолнового и видимого излучения приведены на рисунках Л.1—Л.3.



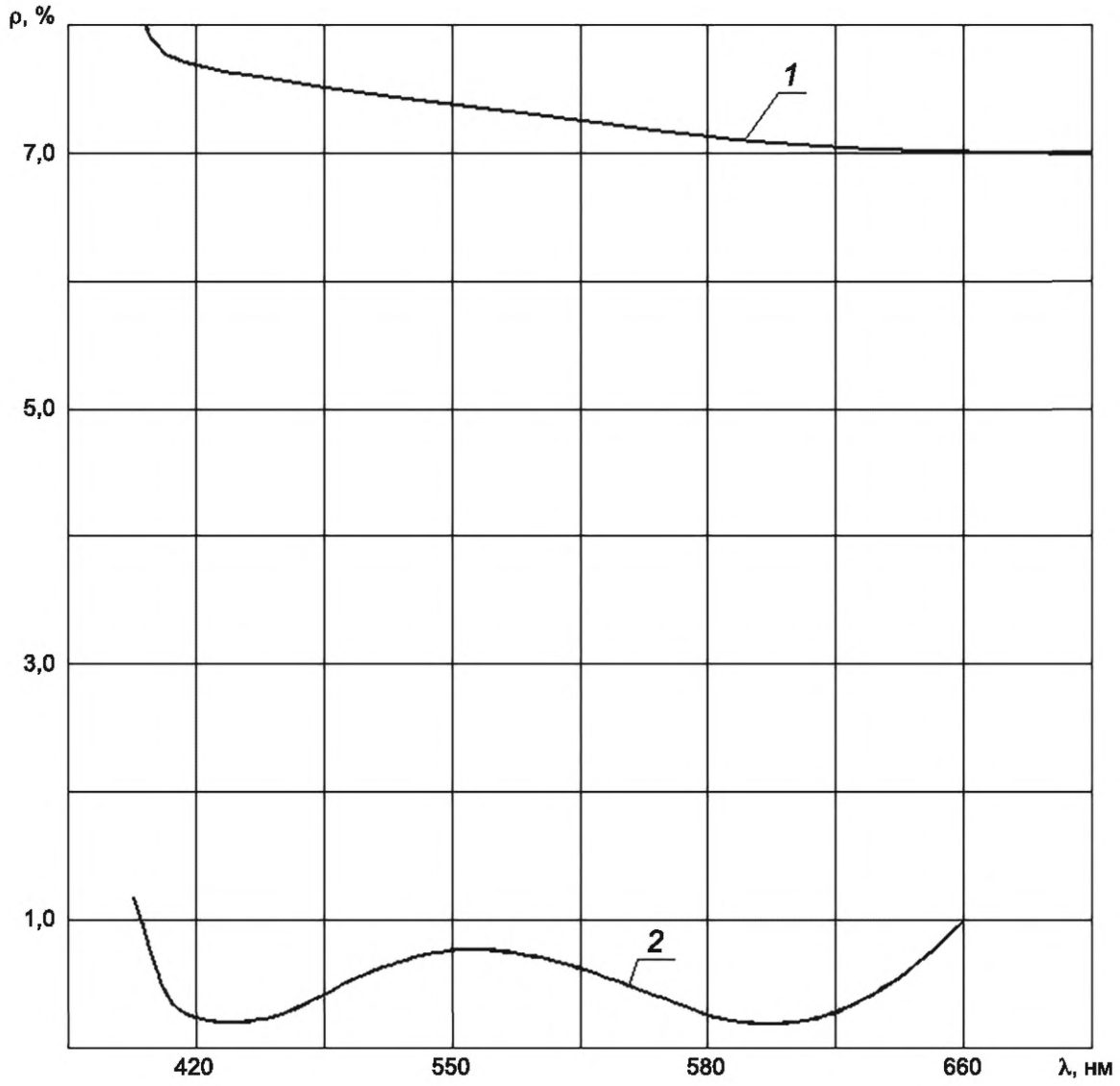
1 — детали из стекол марки БК10 без покрытия; *2* — детали из стекол марки БК8 без покрытия;
3 — детали из стекол марки БК8 с трехслойными просветляющими покрытиями;
4 — детали из стекол марки БК10 с трехслойными просветляющими покрытиями

Рисунок Л.1 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности деталей из стекол марок БК10 и БК8 с трехслойными просветляющими покрытиями 51/43Р.46Р.43Р.350



1 — детали из стекол марки БФ16 без покрытия; *2* — детали из стекол марки ТК16 без покрытия;
3 — детали из стекол марки ТК16 с покрытием 43/51Р.46Р.43Р.350;
4 — детали из стекол марки БФ16 с покрытием 45Р.46Р.43Р350

Рисунок Л.2 — Кривые спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$
от поверхности деталей из стекол марок ТК16 и БФ16
с трехслойными просветляющими покрытиями



1 — детали из стекол марки ТФ7 с покрытием 200.45Р.46Р.43Р.280;
2 — детали из стекол марки ТФ7 без покрытия

Рисунок Л.3 — Кривая спектрального коэффициента отражения $\rho(\lambda)$ от поверхности деталей из стекол марки ТФ7 с трехслойными просветляющими покрытиями 200.45Р.46Р.43Р.280

Библиография

[1] Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479)

[2] Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии (утверждены приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 12 августа 2022 г. № 811)

[3] Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н)

[4] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 О безопасности средств индивидуальной защиты

УДК 681.7.026.6:006.354 ОКС 37.020

Ключевые слова: оптика и фотоника, просветляющие покрытия, оптические покрытия, типовые технологические процессы нанесения одно-, двух- и трехслойных просветляющих покрытий из растворов

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 23.04.2024. Подписано в печать 16.05.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 8,70.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru