ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 51036— 2021

Оптика и фотоника

ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ

Методы измерений электрооптических параметров

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

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») и Акционерным обществом «Научно-исследовательским институтом «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха» (АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха»)

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 8 сентября 2021 г. № 924-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 51036—97

*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 «РСТ», 2021

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 и определения . . . 2
4 Общие положения . . . 2
4.1 Требования к образцам элементов . . . 2
4.2 Условия измерений . . . 3
4.3 Средства измерений и вспомогательные устройства . . . 3
4.4 Требования безопасности . . . 3
5 Метод измерения статического полуволнового напряжения . . . 4
5.1 Сущность метода . . . 4
5.2 Средства измерений и вспомогательные устройства . . . 4
5.3 Подготовка к измерениям . . . 5
5.4 Проведение измерений . . . 6
5.5 Обработка результатов . . . 6
5.6 Погрешность измерений . . . 6
6 Метод измерения коэффициента контрастности . . . 7
6.1 Сущность метода . . . 7
6.2 Средства измерений и вспомогательные устройства . . . 7
6.3 Подготовка к измерениям . . . 7
6.4 Проведение измерений . . . 7
6.5 Обработка результатов . . . 7
6.6 Погрешность измерений . . . 7
7 Метод измерения коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в минимуме характеристики пропускания . . . 8
7.1 Сущность метода . . . 8
7.2 Средства измерений и вспомогательные устройства . . . 8
7.3 Подготовка к измерениям . . . 8
7.4 Проведение измерений . . . 8
7.5 Обработка результатов . . . 8
7.6 Погрешность измерений . . . 8
8 Метод измерения коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в максимуме характеристики пропускания . . . 9
8.1 Сущность метода . . . 9
8.2 Средства измерений и вспомогательные устройства . . . 9
8.3 Подготовка к измерениям . . . 9
8.4 Проведение измерений . . . 9
8.5 Обработка результатов . . . 9
8.6 Погрешность измерений . . . 10
9 Оформление результатов измерений . . . 10
Приложение А (рекомендуемое) Перечень рекомендуемых средств измерений и вспомогательных устройств . . . 11
Приложение Б (справочное) Расчет погрешности измерений . . . 12
Приложение В (справочное) Метод измерения коэффициента эллиптичности системы поляризаторов . . . 14
Приложение Г (справочное) Метод измерения коэффициента эллиптичности фазовой пластины . . . 15
Библиография . . . 16

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Оптика и фотоника

ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ

Методы измерений электрооптических параметров

Optics and photonics. Electrooptical elements. Methods for measurements of electrooptical parameters

Дата введения — 2022—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на электрооптические лазерные элементы, включая затворы, модуляторы и кристаллические заготовки (далее — элементы), действие которых основано на использовании электрооптического эффекта. Настоящий стандарт распространяется на элементы, предназначенные для модуляции добротности резонаторов твердотельных лазеров.

Настоящий стандарт устанавливает методы измерений следующих параметров элементов:

- статического полуволнового напряжения;
- коэффициента контрастности при параллельном положении поляризатора к поляризатору-анализатору (далее — коэффициент контрастности);
- коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в минимуме характеристики пропускания;
- коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в максимуме характеристики пропускания.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.004 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

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 12.1.040 Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения

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

ГОСТ 3514 Стекло оптическое бесцветное. Технические условия

ГОСТ 15093 Лазеры и устройства управления лазерным излучением. Термины и определения

ГОСТ 15130 Стекло кварцевое оптическое. Общие технические условия

ГОСТ 22261 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ 23778 Измерения оптические поляризационные. Термины и определения

ГОСТ Р 8.568 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

Издание официальное

ГОСТ Р 58373 (ИСО 11145:2018) Оптика и фотоника. Лазеры и лазерное оборудование. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов 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 стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 15093, ГОСТ 23778, ГОСТ Р 58373, [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **электрооптический элемент:** Функционально и технологически завершенное изделие, выполненное на основе кристаллического элемента, предназначенное для управления световым пучком в устройствах управления лазерным излучением, действие которого основано на использовании электрооптического эффекта.

3.2 **параметр лазерного излучения:** Параметр лазерного излучения, падающего на кристаллический элемент, при поддержании которого в заданных пределах обеспечивается выполнение требований к оптическим и модуляционным параметрам элемента.

3.3 **коэффициент эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в минимуме характеристики пропускания, $K_{э\ min}$:** Отношение максимального пропускания в параллельном положении поляризаторов к минимальному пропусканию при скрещенном положении поляризаторов.

3.4 **коэффициент эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в максимуме характеристики пропускания, $K_{э\ max}$:** Отношение интенсивностей пучка лазерного излучения, прошедшего через систему «поляризатор—элемент—анализатор» при скрещенном и параллельном положениях поляризаторов при приложении к элементу статического полуволнового напряжения.

4 Общие положения

4.1 Требования к образцам элементов

Отбор и подготовку образцов элементов выполняют в соответствии с технической документацией (ТД) на элементы конкретного типа или с требованиями нормативных документов.

Номенклатура параметров элементов, их условные обозначения и способы задания норм должны соответствовать требованиям, представленным в таблице 1.

Таблица 1 — Требования к параметрам элементов, их условные обозначения и способы задания норм

Наименование и обозначение параметра	Способ задания норм
Статическое полуволновое напряжение $U_{ст\ \lambda/2}$, кВ	НР
Коэффициент контрастности $K_к$	ОП
Коэффициент эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент:	
- в минимуме характеристики пропускания $K_{э\ min}$	ОП
- в максимуме характеристики пропускания $K_{э\ max}$	ОП
Примечание — Для указания способа задания норм на параметры приняты следующие обозначения: НР — номинальное значение параметра с двухсторонним допускаемым отклонением (разбросом); ОП — односторонний предел значения параметра без указания номинального значения.	

4.2 Условия измерений

4.2.1 Измерения параметров элементов проводят в нормальных климатических условиях:
- температура окружающей среды — плюс (25 ± 10) °С;
- относительная влажность — от 45 % до 75 %;
- атмосферное давление — от 86,0 до 106,0 кПа (от 630 до 795,1 мм рт. ст.);
- или в условиях, установленных в стандартах или ТД на элементы конкретных типов, обусловленные спецификой изделий.

4.2.2 Направление вектора напряженности электрического поля (поляризации) лазерного излучения, падающего на торец элемента, должно соответствовать указанному в ТД на элемент конкретного типа.

4.2.3 При проведении измерений все элементы измерительной системы, на которую падает лазерный пучок, должны быть жестко закреплены на прочном основании, например на станине оптической скамьи или на плите (далее — скамья). При необходимости допускается использовать антивибрационное основание для исключения влияния вибрации на результаты измерений.

4.2.4 Значение максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения должно быть не более предельно допустимого значения, установленного в ТД на элемент, а также на приемное устройство и оптические детали измерительной системы.

4.3 Средства измерений и вспомогательные устройства

4.3.1 Средства измерений и вспомогательное оборудование должны быть поверены, откалиброваны и аттестованы в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.568 и другими нормативными документами, устанавливающими порядок и методы аттестации и поверки (калибровки) конкретных средств измерений и вспомогательного оборудования.

4.3.2 Средства измерений электрических величин должны соответствовать требованиям ГОСТ 22261.

4.3.3 Перечень рекомендуемых средств измерений и вспомогательных устройств приведен в приложении А.

4.4 Требования безопасности

4.4.1 Общие требования безопасности должны соответствовать ГОСТ 12.2.003.

4.4.2 Требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов и предельно допустимые значения их параметров должны соответствовать ГОСТ 12.1.040.

4.4.3 Организационно-технические мероприятия и технические способы защиты для обеспечения электробезопасности должны соответствовать ГОСТ 12.1.019 и ГОСТ 12.1.030. Электрическое сопротивление изоляции между выводами и корпусом элемента должно быть не менее 10^{10} Ом.

4.4.4 К проведению измерений должны быть допущены операторы, прошедшие инструктаж в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

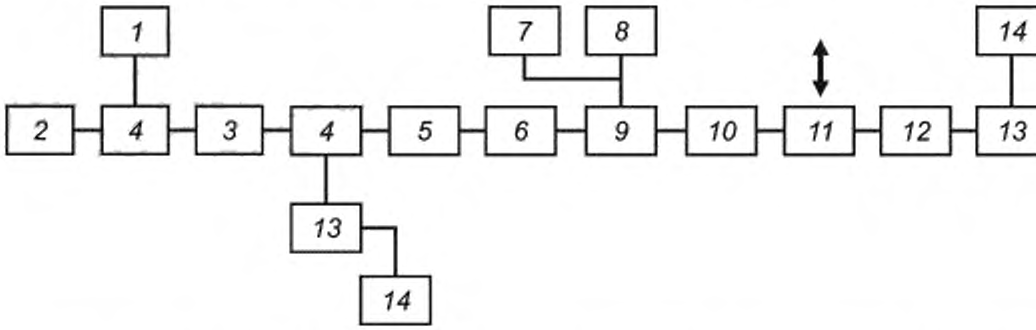
5 Метод измерения статического полуволнового напряжения

5.1 Сущность метода

Метод измерения статического полуволнового напряжения основан на определении минимального статического напряжения, подаваемого на элемент, при котором фазовая задержка изменяется на π радиан ($\lambda/2$), или в том случае, при котором коэффициент пропускания элемента изменяет свое значение от максимального до минимального.

5.2 Средства измерений и вспомогательные устройства

5.2.1 Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств приведена на рисунке 1.



1 — юстировочный лазер; *2* — лазер; *3* — телескопическая трубка; *4* — делительная пластина; *5* — поляризатор; *6* — диафрагма; *7* — источник питания элемента; *8* — вольтметр. *9* — элемент (на юстировочном столике); *10* — анализатор; *11* — экран; *12* — ослабитель (светофильтры), *13* — приемник излучения; *14* — регистрирующее устройство

Рисунок 1 — Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств

5.2.2 Параметры лазерного излучения измерительной системы должны соответствовать требованиям, указанным в ТД на элемент.

Допускается использовать лазер, работающий в многомодовом режиме, если иное не указано в требованиях ТД на элемент.

Нестабильность средней мощности (энергии) лазерного излучения не должна превышать ±3 %.

Примечания

1 В случае применения лазера, работающего в непрерывном режиме со стабилизацией выходной энергии (мощности), допускается использовать прямую схему измерений, удалив делительную пластину или перекрыв второй канал с опорным сигналом лазерного излучения.

2 В качестве юстировочного лазера допускается применять полупроводниковый лазер.

5.2.3 Телескопическая трубка должна обеспечивать формирование лазерного пучка диаметром не менее указанного в ТД на элемент.

5.2.4 Спектральный и энергетический диапазоны приемника излучения должны обеспечивать линейность преобразования мощности лазерного излучения в электрический сигнал.

5.2.5 В качестве устройства, регистрирующего выходной сигнал, прошедший через элемент (далее — приемник излучения), допускается применять фотоприемник с источником питания и микровольтметром или средство измерения средней мощности (энергии) излучения.

Применяемое средство измерений обуславливает тип параметра регистрируемого сигнала на выходе элемента (напряжение, сила тока, мощность, энергия).

Погрешность приемника излучения — не более ±5 %.

5.2.6 Применяют двухкоординатный юстировочный столик, обеспечивающий фиксацию, плавный поворот и перемещение элемента в двух направлениях, взаимно перпендикулярных к направлению распространения лазерного излучения.

5.2.7 Для юстировки измерительной системы и элемента рекомендуется использовать юстировочный лазер, работающий в видимой области спектра, визуализатор, поворотные призмы, экран и другие вспомогательные устройства.

5.2.8 Для наблюдения лазерного излучения в инфракрасном диапазоне рекомендуется использовать визуализатор или прибор ночного видения (ПНВ).

5.2.9 Диафрагма должна иметь отверстие, диаметр которого соответствует требованиям апертуры элемента, указанной в ТД.

5.2.10 Ослабитель мощности (энергии) лазерного излучения должен обеспечивать пропускание лазерного излучения, средняя мощность (энергия) которого не превышает верхний предел энергетического диапазона регистрирующего устройства излучения.

В качестве ослабителя мощности (энергии) лазерного излучения рекомендуется использовать ослабляющие светофильтры соответствующего спектрального диапазона.

5.2.11 Источник питания элемента должен обеспечивать подачу на элемент статического электрического напряжения и плавное изменение его значений в диапазоне, указанном в ТД на элемент.

Нестабильность напряжения источника питания элемента — не более ±1 %.

5.2.12 Погрешность вольтметра — не более ±1 %.

5.2.13 Фазовая пластина должна представлять собой плоскопараллельную кристаллическую пластину толщиной не более 2 мм, в которой наблюдается явление двулучепреломления.

5.2.14 Линейный поляризатор и линейный анализатор должны иметь градуированную шкалу, с помощью которой определяют направление вектора напряженности электрического поля лазерного излучения. Точность установки поляризаторов и определения направления вектора поляризации излучения по шкале — не более ±1 град.

5.3 Подготовка к измерениям

5.3.1 Устанавливают лазер на рельс скамьи и подготовляют его к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

Юстируют лазер, с этой целью устанавливают две диафрагмы на рельс таким образом, чтобы их отверстия находились на одинаковой высоте от горизонтальной плоскости основания скамьи, расстояние между ними — не менее 1 м. Добиваются того, чтобы излучение лазера проходило через отверстия диафрагм.

Юстировку лазера и контроль измерения проводят с помощью средств визуализации излучения.

5.3.2 Устанавливают телескопическую трубку на рельс скамьи таким образом, чтобы лазерный пучок, прошедший через нее, попадал в отверстие диафрагмы.

Кратность телескопической трубки должна обеспечивать расширение лазерного пучка до диаметра, не менее указанного в ТД на элемент.

5.3.3 Устанавливают приемник излучения таким образом, чтобы лазерный пучок попадал в центр приемного окна. В случае необходимости перед приемником располагают светофильтры для обеспечения работы приемника излучения в линейном режиме преобразования сигнала.

5.3.4 Подготавливают приемник излучения к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

Перемещают приемник в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения лазерного пучка, добиваясь максимального значения сигнала на регистрирующем устройстве.

5.3.5 Устанавливают поляризатор таким образом, чтобы направление вектора поляризации лазерного излучения соответствовало указанному в ТД на элемент.

5.3.6 Размещают анализатор на рельс скамьи. Вращая анализатор, устанавливают его в скрещенное положение относительно поляризатора, добиваясь минимального значения сигнала на регистрирующем устройстве приемника излучения.

5.3.7 Для юстировки элемента по коноскопической картине используют рассеивающее диффузно-отражающее стекло (далее — матовое стекло), которое устанавливают перед элементом. Коноскопическую картинку наблюдают на экране, который размещают за анализатором.

5.3.8 Проводят юстировку элемента относительно лазерного пучка в видимом диапазоне с помощью юстировочного лазера по коноскопической картине в соответствии с 5.3.8.1—5.3.8.3, если иное не указано в ТД на элемент.

5.3.8.1 Если лазерное излучение падает нормально к поверхности элемента и проходит вдоль его оптической оси, то применяют следующий способ юстировки:

- устанавливают экран за анализатором таким образом, чтобы лазерный пучок попадал в центр перекрестия экрана;
- перед торцом элемента устанавливают матовое стекло;

- с помощью винтов юстировочного столика устанавливают элемент в такое положение, при котором центр наблюдаемой коноскопической картины совпадает с центром экрана;

- убирают матовое стекло и экран.

5.3.8.2 Если лазерный пучок падает под углом на поверхность элемента и проходит вдоль оптической оси, а измерение параметров производится в невидимой области спектра, то при юстировке элемента по коноскопической картине в видимом диапазоне спектра следует учитывать смещение центра коноскопической картины от перекрестия экрана. Значение смещения центра коноскопической картины от перекрестия экрана должно быть указано в ТД на элемент.

5.3.8.3 Если лазерный пучок проходит перпендикулярно к оптической оси элемента или под углом к ней, то применяют следующий способ юстировки:

- устанавливают перед элементом фазовую пластину, закрепленную в карданной оправе, таким образом, чтобы лазерный пучок, отраженный от фазовой пластины, проходил через отверстие диафрагмы;

- поворачивая фазовую пластину вокруг горизонтальной или вертикальной осей, перпендикулярных к направлению распространения лазерного пучка, и меняя угол наклона между плоскостью пластины и направлением распространения лазерного пучка, добиваются минимального значения электрического сигнала на регистрирующем устройстве приемника излучения.

5.3.9 Подсоединяют к элементу источник питания.

5.3.10 Вращая анализатор, устанавливают его в параллельное положение относительно поляризатора.

5.4 Проведение измерений

5.4.1 Изменяя от нуля электрическое напряжение на элементе, подаваемое от источника питания, фиксируют такое значение U_1, В, при котором электрический сигнал на регистрирующем устройстве минимален.

5.4.2 Вращая анализатор, устанавливают его в скрещенное положение относительно поляризатора.

5.4.3 Изменяя электрическое напряжение на элементе, фиксируют вольтметром значение напряжения U_2, В, соответствующее минимальному электрическому сигналу на регистрирующем устройстве.

5.4.4 Уменьшают значение напряжения на источнике питания элемента до нуля и выключают приборы.

5.5 Обработка результатов

Статическое полуволновое напряжение $U_{ст\ \lambda/2}$, В, вычисляют по формуле

$$U_{ст\ \lambda/2} = |U_1 - U_2|, \quad (1)$$

где U_1 — электрическое напряжение на элементе, соответствующее минимальному электрическому сигналу на выходе приемника (при параллельном положении анализатора по отношению к поляризатору), измеренное по 5.4.1, В;

U_2 — электрическое напряжение на элементе, соответствующее минимальному электрическому сигналу на выходе приемника (при скрещенном положении анализатора по отношению к поляризатору), измеренное по 5.4.3, В.

5.6 Погрешность измерений

5.6.1 Погрешность измерений статического полуволнового напряжения $U_{ст\ \lambda/2}$ должна соответствовать установленной в ТД на элементы конкретных типов.

5.6.2 Пределы допускаемой погрешности измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$ должны быть установлены в ТД на элементы конкретных типов.

Расчет погрешности измерений приведен в приложении Б.

6 Метод измерения коэффициента контрастности

6.1 Сущность метода

Метод измерения коэффициента контрастности $K_к$ элемента основан на определении отношения максимального пропускания к минимальному при прохождении лазерного излучения через элемент без подачи напряжения и при подаче статического полуволнового электрического напряжения.

Коэффициент контрастности элемента $K_к$ определяют при параллельном положении поляризатора к поляризатору-анализатору (далее — анализатор) или в соответствии с требованиями, указанными в ТД на элемент.

6.2 Средства измерений и вспомогательные устройства

Для измерений применяют приборы и вспомогательные устройства по 5.2. Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств — по 5.2.1.

6.3 Подготовка к измерениям

6.3.1 Подготовку к измерениям выполняют по 5.3.

6.3.2 Устанавливают анализатор относительно поляризатора в параллельное положение согласно техническим требованиям на элемент конкретного типа.

6.4 Проведение измерений

Измерения коэффициента контрастности $K_к$ выполняют с помощью приемника излучения и регистрирующего устройства. Для этого:

- фиксируют значение начального (максимального) сигнала без подачи электрического напряжения;
- плавно изменяют напряжение на элементе, подаваемое от источника питания;
- фиксируют значение минимального сигнала на выходе приемника излучения.

Отношение максимального сигнала к минимальному сигналу на выходе приемника излучения принимают за коэффициент контрастности $K_к$ при параллельном положении поляризатора к анализатору соответственно.

Уменьшают напряжение на элементе до нуля, выключают приборы.

6.5 Обработка результатов

Коэффициент контрастности $K_к$ элемента вычисляют по формуле

$$K_к = \frac{S_1}{S_2}, \qquad (2)$$

где S_1 — начальное (максимальное) значение сигнала на выходе приемника излучения, измеренное по 6.4;

S_2 — минимальное значение сигнала на выходе приемника излучения, измеренное по 6.4.

Примечание — При использовании фотоприемника и вольтметра следует учитывать темновой сигнал фотоприемника так, чтобы он не влиял на результаты измерений.

6.6 Погрешность измерений

6.6.1 Пределы допускаемой погрешности измерений — не более ±10 % при доверительной вероятности $P = 0,95$.

6.6.2 Расчет погрешности измерений приведен в приложении Б.

7 Метод измерения коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в минимуме характеристики пропускания

7.1 Сущность метода

Метод измерения коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в минимуме характеристики пропускания, без приложения к элементу электрического напряжения (далее — коэффициент эллиптичности $K_{э\ min}$) основан на определении отношения максимального пропускания к минимальному при прохождении лазерного излучения через элемент, помещенный между поляризаторами в параллельном и скрещенном положениях.

Метод измерения применяют к элементам с коэффициентом эллиптичности $K_{э\ min}$ до 500.

Максимальное пропускание соответствует параллельному положению поляризаторов относительно друг друга, а минимальное — скрещенному.

7.2 Средства измерений и вспомогательные устройства

7.2.1 Для измерений применяют приборы и вспомогательные устройства по 5.2. Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств — по 5.2.1.

Источник питания элемента и вольтметр, указанные в схеме на рисунке 1, не используют.

7.2.2 Коэффициент эллиптичности $K_{э\ min}$, прошедшего только через систему поляризаторов, должен превышать коэффициент эллиптичности $K_{э\ min}$, указанный в ТД на элемент, не менее чем в 10 раз.

Метод измерения коэффициента эллиптичности $K_{э\ min}$ системы поляризаторов приведен в приложении В.

Метод измерения коэффициента эллиптичности $K_{э\ min}$ фазовой пластины приведен в приложении Г.

7.3 Подготовка к измерениям

Подготовку к измерениям выполняют по 5.3.1—5.3.8.3.

7.4 Проведение измерений

Измерение коэффициента эллиптичности $K_{э\ min}$ проводят следующим образом:

- регистрируют значение сигнала на выходе приемника излучения при скрещенном положении поляризатора и анализатора;
- поворачивают анализатор на 90° относительно его первоначального положения, что соответствует параллельному положению поляризатора;
- регистрируют значение сигнала на выходе приемника излучения при параллельном положении поляризатора и анализатора.

7.5 Обработка результатов

Коэффициент эллиптичности $K_{э\ min}$ вычисляют по формуле

$$K_{э\ min} = \frac{S_1}{S_2}, \tag{3}$$

где S_1 — значение сигнала на выходе приемника излучения при параллельном положении анализатора относительно поляризатора, измеренное по 7.4,

S_2 — значение сигнала на выходе приемника излучения при скрещенном положении поляризаторов, измеренное по 7.4.

Примечание — При использовании фотоприемника следует учитывать темновой сигнал фотоприемника таким образом, чтобы он не влиял на результаты измерений.

7.6 Погрешность измерений

7.6.1 Пределы допускаемой погрешности измерений — не более ±10 % при доверительной вероятности $P = 0,95$.

7.6.2 Расчет погрешности измерения приведен в приложении Б.

8 Метод измерения коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в максимуме характеристики пропускания

8.1 Сущность метода

Метод измерения коэффициента эллиптичности поляризации пучка лазерного излучения, прошедшего через элемент в максимуме характеристики пропускания, $K_{э\,max}$ при приложении к элементу электрического напряжения (далее — коэффициент эллиптичности $K_{э\,max}$) основан на определении отношения максимального пропускания к минимальному при прохождении лазерного излучения через элемент, помещенный между поляризаторами в скрещенном и параллельном положении, и при подаче на него статического полуволнового напряжения.

Метод распространяется на элементы с коэффициентом эллиптичности $K_{э\,max}$ в максимуме характеристики пропускания до 500.

Максимальное значение мощности лазерного излучения соответствует скрещенному положению анализатора относительно поляризатора (при подаче на элемент управляющего напряжения), минимальное — параллельному.

Напряжение на элементе должно соответствовать статическому полуволновому напряжению или в соответствии с указанным в ТД.

Коэффициент эллиптичности $K_{э\,max}$ измеряют в многомодовом режиме работы лазера, если одномодовый режим не установлен в ТД на элемент.

8.2 Средства измерений и вспомогательные устройства

8.2.1 Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств — по 5.2.1.

8.2.2 Требования к приборам и вспомогательным устройствам — согласно 5.2.1—5.2.14.

8.3 Подготовка к измерениям

Подготовку к измерениям выполняют по 5.3.1—5.3.9.

8.4 Проведение измерений

Измерение коэффициента эллиптичности $K_{э\,max}$ проводят следующим образом:

- вращая анализатор, устанавливают его в скрещенное положение по отношению к поляризатору;
- подают на элемент напряжение, равное статическому полуволновому напряжению в соответствии с техническими требованиями на элемент, если не указано иное;
- измеряют значение сигнала S_1 на выходе регистрирующего устройства при скрещенном положении анализатора относительно поляризатора;
- поворачивают анализатор на 90°, что соответствует его параллельному положению относительно поляризатора;
- измеряют значение сигнала S_2 на выходе регистрирующего устройства при параллельном положении анализатора относительно поляризатора;
- выключают источник напряжения.

8.5 Обработка результатов

Коэффициент эллиптичности $K_{э\,max}$ вычисляют по формуле

$$K_{э\,max} = \frac{S_1}{S_2}, \quad (4)$$

где S_1 — значение сигнала на выходе приемника излучателя при скрещенном положении поляризаторов, измеренное по 8.4;

S_2 — значение сигнала на выходе приемника излучателя при параллельном положении поляризаторов, измеренное по 8.4.

8.6 Погрешность измерений

8.6.1 Пределы допускаемой погрешности измерений — не более ±10 % при доверительной вероятности $P = 0,95$.

8.6.2 Расчет погрешности измерения приведен в приложении Б.

9 Оформление результатов измерений

9.1 Результаты измерений оформляют в виде протокола по форме, принятой на предприятии, проводившем измерения.

9.2 В протоколе указывают следующие сведения:

- полное и сокращенное наименование предприятия, проводившего измерения;
- дата проведения измерений;
- основание и цель проведения измерений;
- тип и номер основных средств измерений и вспомогательных устройств;
- данные об условиях проведения измерений (параметрах окружающей среды или другие параметры, указанные в ТД);
- идентификационные данные образцов, характеристики которых подвергались измерениям.

В конце протокола должны быть указаны должности, фамилии, инициалы, а также должны быть подписи всех сотрудников, проводивших измерения и обработку их результатов.

Приложение А
(рекомендуемое)

Перечень рекомендуемых средств измерений и вспомогательных устройств

Таблица А.1

Наименование	Тип	Характеристика
Визуализатор инфракрасного излучения	ABRIS-M	Спектральный диапазон от 350 до 2000 нм
Визуализатор лазерного излучения	ИКВ	Диапазон визуализации — от 250 до 1750 нм; чувствительность — не менее 1 мВт/мм^2
Вольтметр	GDM-8135	Основная погрешность — не более 0,1 %; диапазон напряжений — от 100 мкВ до 1000 В
Газовый лазер	ГП-2П-1	Длина волны — 0,63 мкм; мощность — не менее 2,0 мВт; поляризация — 100:1
Вольтметр универсальный цифровой	В7-40/1	Основная погрешность — 0,1 %
Делитель высоковольтный напряжений	ДВН 1:1000	Диапазон напряжений — от 10 мкВ до 1000 В
Источник питания	HY 3005D	Выходное напряжение — от 0 до 30 В; сила тока — от 0 до 5 А
Источник постоянного напряжения	SH 0105	Управляемый блок питания — стабилизатор напряжения. Диапазон регулирования напряжения от 0 до +3,0 (5,0) кВ; стабильность среднего напряжения в режиме стабилизации — от 0,2 % до 3,0 (5,0) кВ
Лазер	DTL-322	Режим работы — непрерывный; длина волны — 1,064 мкм; выходная мощность — от 30 до 300 мВт; стабильность уровня мощности — не более ±2 %
Пленочный поляризатор	—	Рабочий диапазон — от 400 до 700 нм
Поляризатор «призма Глана»	Марка ИШИ сорт «Экстра»	Материал призмы — исландский шпат; рабочий диапазон — от 600 до 2300 нм
Призма поворотная	Стендовая оснастка	Материал призмы — стекло КУ по ГОСТ 15130 или стекло К8, К108 по ГОСТ 3514
Средство измерения средней мощности лазерного излучения	Преобразователь измерительный типа PD300 фотоэлектрический с дисплеем типа NOVA, VEGA, Centauri	Основная погрешность — не более ±5 %
Примечание — Допускается применение других средств измерений и вспомогательных устройств, технические характеристики которых соответствуют требованиям настоящего стандарта и обеспечивают заданную точность и воспроизводимость результатов измерений.		

Приложение Б
(справочное)

Расчет погрешности измерений

Б.1 Погрешность измерения статического полуволнового напряжения элемента $\delta U_{ст\ \lambda/2}$ вычисляют по формуле

$$\delta U_{ст\lambda/2} = \pm 1{,}96\sqrt{\frac{U_2^2 + U_1^2}{(U_1 - U_2)^2}\left[\sigma^2[\delta_1] + a_1\left(\sigma^2[\delta_2] + \frac{\delta_3^2}{3}\right)\right]}, \quad (Б.1)$$

где $\sigma[\delta_1]$ — среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности вольтметра;

a_1 — коэффициент влияния выходной мощности на измеряемое напряжение (a_1=1);

$\sigma[\delta_2]$ — среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности регистрирующего устройства;

δ_3 — погрешность, обусловленная нестабильностью мощности лазерного излучения (находится в пределах ±5 %).

Б.2 Погрешность измерения коэффициента контрастности элемента $\delta K_к$ вычисляют по формуле

$$\delta K_к = \pm 1{,}96\sqrt{\frac{\delta_1^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_2^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_3^2}{3^2} + \frac{\delta_4^2}{1{,}73^2}}, \quad (Б.2)$$

где δ_1 — погрешность регистрирующего устройства [находится в пределах: для измерителя отношений напряжений — ±6 %, для микровольтметра (микроамперметра) — ± 2%];

δ_2 — погрешность, обусловленная нелинейностью характеристики преобразования приемника (находится в пределах ±3 %);

δ_3 — погрешность, обусловленная нестабильностью мощности лазерного излучения (находится в пределах ±5 %);

δ_4 — погрешность, обусловленная неточностью юстировки (находится в пределах ±2 %);

1,96; 1,73; 3 — коэффициенты, зависящие от распределения погрешности измерений и установленной вероятности.

Б.3 Погрешность измерения коэффициента эллиптичности элемента $\delta K_{э\ min}$ вычисляют по формуле

$$\delta K_{э\ min} = \pm 1{,}96\sqrt{\frac{\delta_1^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_2^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_3^2}{3^2} + \frac{\delta_4^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_5^2}{1{,}73^2}}, \quad (Б.3)$$

где δ_1 — погрешность регистрирующего устройства [находится в пределах: для измерителя отношений напряжений — ±6 %, для микровольтметра (микроамперметра) — ±2 %];

δ_2 — погрешность, обусловленная нелинейностью характеристики преобразования приемника (находится в пределах ±3 %);

δ_3 — погрешность, обусловленная нестабильностью мощности лазерного излучения (находится в пределах ±5 %);

δ_4 — погрешность, обусловленная неточностью юстировки (находится в пределах ±2 %);

δ_5 — погрешность, обусловленная несоответствием коэффициента эллиптичности системы поляризаторов установленным требованиям;

1,96; 1,73; 3 — коэффициенты, зависящие от распределения погрешности измерений и установленной вероятности.

Б.4 Погрешность измерения коэффициента эллиптичности в максимуме характеристики пропускания $\delta K_{э\ max}$ вычисляют по формуле

$$\delta K_{э\ max} = \pm 1{,}96 \sqrt{\frac{\delta_1^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_2^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_3^2}{3^2} + \frac{\delta_4^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_5^2}{1{,}73^2} + \frac{\delta_6^2}{1{,}73^2}}, \quad (Б.4)$$

где δ_1 — погрешность регистрирующего устройства [находится в пределах: для измерителя отношений напряжений — ±3 %, для микровольтметра (микроамперметра) — ±2 %];

δ_2 — погрешность, обусловленная нелинейностью характеристики преобразования приемника (находится в пределах ±3 %);

δ_3 — погрешность, обусловленная нестабильностью мощности лазерного излучения (находится в пределах ±5 %);

δ_4 — погрешность, обусловленная неточностью юстировки (находится в пределах ±2 %);

δ_5 — погрешность вольтметра (находится в пределах ±1 %);

δ_6 — погрешность, обусловленная несоответствием коэффициента эллиптичности системы поляризаторов установленным требованиям;

1,96; 1,73; 3 — коэффициенты, зависящие от распределения погрешности измерений и установленной вероятности.

Приложение В
(справочное)

Метод измерения коэффициента эллиптичности системы поляризаторов

В.1 Проводят подготовку к измерениям по 5.3.1—5.3.5.

В.2 Ставят на рельс анализатор, вращая устанавливают его в параллельное положение по отношению к поляризатору и добиваются максимального значения сигнала на выходе приемника по регистрирующему устройству.

В.3 Фиксируют полученное значение электрического сигнала.

В.4 Поворачивают анализатор, устанавливая его в скрещенное положение по отношению к поляризатору, и добиваются минимального значения сигнала на выходе приемника по регистрирующему устройству.

В.5 Определяют отношение значений величин при параллельном и скрещенном положениях поляризаторов.

В.6 Полученное отношение принимают за коэффициент эллиптичности $K_{э\ min}$ системы поляризаторов.

В.7 Для контроля нестабильности лазерного излучения рекомендуется использовать делительную пластину, приемник и регистрирующее устройство (см. рисунок 1).

Приложение Г
(справочное)

Метод измерения коэффициента эллиптичности фазовой пластины

Г.1 Проводят подготовку к измерениям по 5.3.1—5.3.5.

Г.2 Устанавливают перед столиком фазовую пластину, закрепленную в карданной оправе таким образом, чтобы пучок лазерного излучения, отраженный от пластины, проходил через отверстие диафрагмы.

Г.3 Ставят на рельс анализатор, вращая, устанавливают его в параллельное положение по отношению к поляризатору и добиваются максимального значения сигнала на выходе приемника по регистрирующему устройству.

Г.4 Поворачивая анализатор, устанавливают его в скрещенное положение по отношению к поляризатору и добиваются минимального значения сигнала на выходе приемника по регистрирующему устройству.

Г.5 Отношение измеренных значений сигналов (при параллельном и скрещенном положениях анализатора и поляризатора) принимают за коэффициент эллиптичности $K_{э\,min}$ фазовой пластины.

Библиография

[1] РМГ 29—2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

УДК 621.372.632.029.7.083:006.354 ОКС 31.260

Ключевые слова: оптика и фотоника, элементы электрооптические, методы измерений электрооптических параметров

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Г.Д. Мухиной*

Сдано в набор 09.09.2021. Подписано в печать 04.10.2021. Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,10.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
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