ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71401— 2024

ЗЕРКАЛА ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Метод измерения коэффициента диффузного отражения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Российский научно-исследовательский институт «Электронстандарт» (АО «РНИИ «Электронстандарт»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 303 «Электронная компонентная база, материалы и оборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 мая 2024 г. № 645-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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗЕРКАЛА ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Метод измерения коэффициента диффузного отражения

Mirrors of gas lasers. Scattering coefficient measurement method

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на зеркала, применяемые в оптических резонаторах газовых лазеров, работающих в диапазоне длин волн от 0,25 до 12 мкм и устанавливает метод измерения коэффициента диффузного отражения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.654 Государственная система обеспечения единства измерений. Фотометрия. Термины и определения

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

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

ГОСТ 12.3.019 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

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

ГОСТ 24453 Измерение параметров и характеристик лазерного излучения. Термины, определения и буквенные обозначения величин

ГОСТ 31581 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий

ГОСТ IEC 60825-1 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования и требования

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

ГОСТ Р ИСО 14644-1 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц

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.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 8.654, ГОСТ 15093, ГОСТ 24453.

4 Общие положения

Метод измерения основан на сравнении значений мощности лазерного излучения, рассеянной зеркалом, и мощности рассеянной мерой диффузного отражения.

Диаметр пучка лазерного излучения на поверхности зеркала должен занимать не менее 0,9 рабочей апертуры зеркала и полностью проходить в окна фотометрического шара. Если диаметр пучка менее чем 0,9 рабочей апертуры зеркала, то измерение рассеивания проводят в нескольких положениях пучка на поверхности зеркала. Рекомендуемое перекрытие двух последовательных положений должно составлять 30 %. В этом случае величину рассеивания света определяют как среднее арифметическое из измеренных значений.

5 Требования безопасности

5.1 Применяемое при выполнении измерений оборудование, должно соответствовать общим требованиям безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.003.

5.2 При выполнении электрических измерений должны быть соблюдены общие требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019.

5.3 Производственные помещения, в которых проводят измерения, должны соответствовать общим требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004.

5.4 Помещения и условия, в которых проводят измерения, должны соответствовать требованиям лазерной безопасности по ГОСТ IEC 60825-1 и ГОСТ 31581.

Класс чистых помещений для измерения рассеивания не ниже 3-го по ГОСТ Р ИСО 14644-1.

6 Общие требования к проведению измерений

Измерения проводят при нормальных климатических условиях, если другие требования не установлены в стандартах и технических условиях (ТУ) на зеркала газовых лазеров конкретного типа:

- температура воздуха от 15 °С до 35 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 80 %;
- атмосферное давление от 86 до 116 кПа (от 645 до 795 мм рт. ст.).

7 Требования к средствам измерения и оборудованию

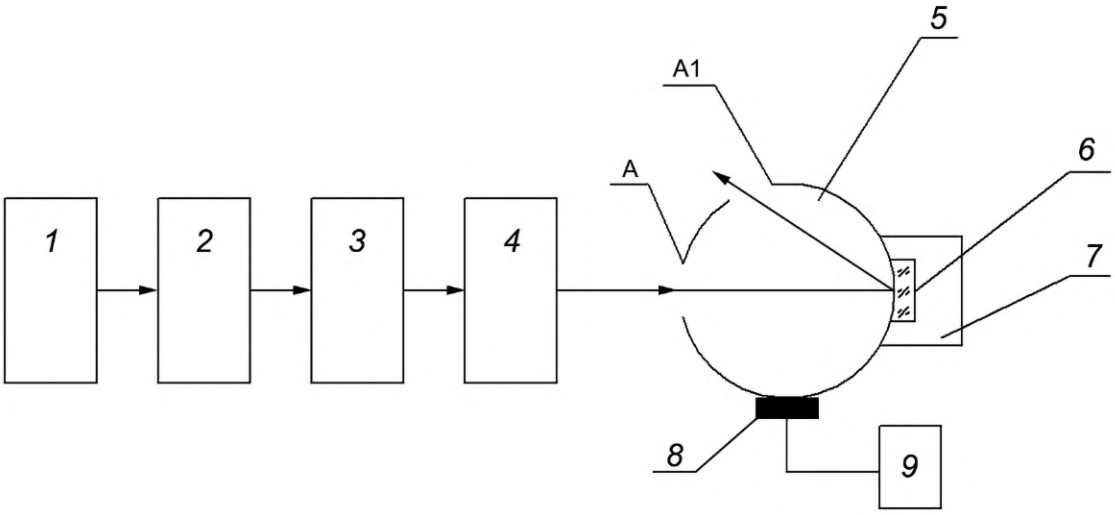
7.1 Все используемые средства измерений, в том числе используемые в составе испытательного оборудования, должны быть поверены или откалиброваны в соответствии с нормативными документами, устанавливающими порядок и методы поверки или калибровки конкретных средств измерений.

Испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568.

Диапазон измерений, типы и точность средств измерений, а также характеристики испытательного оборудования и состав вспомогательных устройств устанавливают в ТУ.

7.2 При измерении коэффициента диффузного отражения зеркал используют установку, структурная схема которой приведена на рисунке 1.

7.3 Лазер генерирует излучения. Используемый источник излучения может работать как в режиме непрерывного излучения, так и в импульсном режиме. При использовании источника излучения, работающего в импульсном режиме, проводят измерение доли, рассеянной от образца энергии, с последующим пересчетом в мощность. При использовании импульсного источника излучения вносят информацию о длительности и форме импульса. Источник излучения, работающий в импульсном режиме, должен обеспечивать не только стабильность средней за краткосрочный и долгосрочный интервал времени мощности излучения, но и обеспечивать стабильность мощности от импульса к импульсу за время проведения измерения в пределах 5 % (следует оценивать стабильность энергии и длительности импульса излучения).



1 — лазер; *2* — модулятор; *3* — оптическая система; *4* — ослабитель (нейтральный светофильтр); *5* — фотометрический шар; *6* — зеркало (мера диффузного отражения); *7* — держатель оптики; *8* — измерительный преобразователь; *9* — регистрирующий прибор; А — входное окно фотометрического шара; А1 — выходное окно фотометрического шара

Рисунок 1 — Структурная схема измерения коэффициента диффузионного отражения зеркала

Если относительная нестабильность мощности лазерного излучения более 5 %, измерение коэффициента диффузного отражения проводят в соответствии с приложением А.

7.4 Модулятор должен обеспечивать амплитудную модуляцию лазерного излучения с частотой, находящейся в пределах, установленных для приемника излучения.

Необходимость применения модулятора, обеспечивающего амплитудную модуляцию лазерного излучения с заданной частотой, определяется в соответствии с паспортными характеристиками приемника излучения.

7.5 Оптическая система (диафрагмы, линзы, поворотные зеркала) должна обеспечивать распространение лазерного излучения в таком телесном угле, чтобы диаметр пучка лазерного излучения в плоскостях расположения зеркала, входного и выходного окон фотометрического шара находился в пределах от 0,5 до 3 мм.

Если диаметр пучка лазерного излучения находится в указанных пределах, то оптическую систему допускается не применять.

7.6 Ослабитель (нейтральный светофильтр) должен обеспечивать ослабление лазерного излучения, падающего на диффузионную меру (калибровочную пластину).

Нейтральный светофильтр используют:

- если энергия или средняя мощность лазерного излучения превышает динамический диапазон приемника излучения;
- при измерении малых значений коэффициента диффузного отражения.

Коэффициент пропускания нейтрального светофильтра должен обеспечивать попадание сигнала от лазера в динамический диапазон приемника излучения.

При измерении малых значений коэффициента диффузного отражения нейтральный светофильтр должен быть поверен, откалиброван или его коэффициент пропускания должен быть измерен на спектрометре или спектрофотометре, являющимися средствами измерений утвержденного типа.

Коэффициент пропускания нейтрального светофильтра определяется ТУ на испытуемое зеркало или установку. Погрешность измерений коэффициента пропускания нейтрального светофильтра не должна превышать ±0,01 отн.ед.

7.7 Фотометрический шар должен обеспечивать вывод излучения, отраженного зеркалом, интегрирование излучения, рассеянного зеркалом и направлять проинтегрированное излучение на приемную площадку измерительного преобразователя. Внутренняя поверхность шара должна иметь коэффициент диффузного отражения не менее 0,8. Диаметр входного и выходного окон А, А1 шара должен быть не более 6 мм. Внутренний диаметр шара должен быть не менее 100 мм.

7.8 Держатель оптики должен обеспечивать крепление зеркала и калибровочной пластины, изменение положения зеркала в пространстве относительно лазерного пучка в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

7.9 Спектральный и динамический диапазоны приемника излучения должны быть такими, чтобы обеспечивать преобразование рассеянного лазерного излучения в электрические сигналы. Нелинейность характеристики преобразования преобразователя должна быть не более 3 %.

7.10 Регистрирующая аппаратура должна обеспечивать измерение электрических сигналов на выходе измерительного преобразователя с погрешностью, находящейся в пределах ±1 %.

7.11 Мера диффузного отражения должна быть изготовлена из молочного стекла МС-20. Толщина меры должна быть не менее 7 мм.

Мера диффузного отражения должна быть поверена, откалибрована или ее коэффициент диффузного отражения должен быть измерен на спектрометре или спектрофотометре с приставкой диффузного отражения, являющимися средствами измерений утвержденного типа.

Погрешность определения коэффициента диффузного отражения должна быть в пределах ±1 %.

8 Метод измерения коэффициента диффузного отражения

8.1 Включают лазер, приемник излучения, регистрирующую аппаратуру не менее чем за 30 мин до начала измерения и подготавливают их к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

8.2 Проводят юстировку элементов установки относительно лазерного луча таким образом, чтобы лазерный луч свободно проходил через входное А и выходное А1 окна шара, не попадая на его стенки.

8.3 Устанавливают ослабитель (нейтральный светофильтр) на пути лазерного луча.

8.4 Устанавливают меру диффузного отражения в держатель оптики.

8.5 По регистрирующему прибору определяют значение напряжения $U_к$.

8.6 Убирают меру диффузного отражения и устанавливают зеркало в держатель оптики.

8.7 Юстируют зеркало таким образом, чтобы зеркально отраженный пучок излучения выходил из фотометрического шара через выходное окно А1.

8.8 Убирают ослабитель (нейтральный светофильтр).

8.9 По регистрирующему прибору определяют значение напряжения $U_и$.

9 Обработка результатов измерений

Коэффициент диффузного отражения зеркала r_d рассчитывают по формуле

$$r_d = \sigma_{п1}\tau_ф \frac{U_и}{U_к}, \quad (1)$$

где $\sigma_{п1}$ — коэффициент рассеяния меры диффузного отражения;

$U_и$ — напряжение, измеренное по 8.9, В;

$U_к$ — напряжение, измеренное по 8.5, В;

$\tau_ф$ — коэффициент пропускания ослабителя (нейтрального светофильтра).

10 Погрешность измерений

10.1 Погрешность измерения коэффициента диффузного отражения находится в интервале ±20 % с установленной вероятностью 0,95.

10.2 Расчет погрешности (показателей точности) измерений приведен в приложении Б.

11 Оформление результатов измерений

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

В протоколе указывают следующие сведения:

- полное и сокращенное наименование предприятия, проводившего измерения;

- дату проведения измерений;
- основание и цель проведения измерений;
- тип и номер основных средств измерений и вспомогательных устройств;
- данные об условиях проведения измерений (параметры окружающей среды или другие параметры, указанные в технической документации);
- идентификационные данные образцов, характеристики которых подвергались измерениям;
- результаты измерений.

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

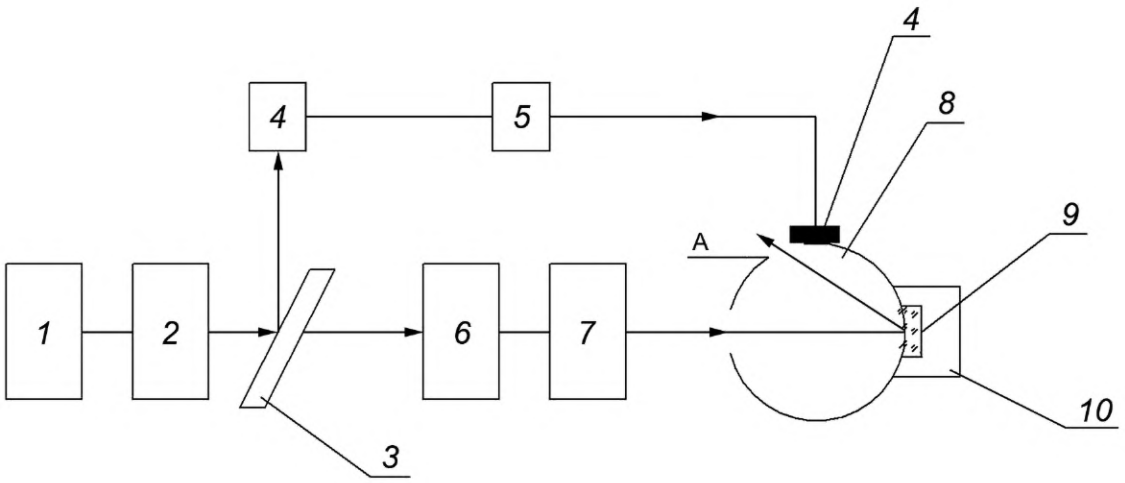
Приложение А
(обязательное)

Метод измерения коэффициента диффузного отражения зеркал при относительной нестабильности мощности лазерного излучения более 5 %

А.1 Требования к проведению измерений

А.1.1 Требования к проведению измерений приведены в разделе 6, средствам измерений и оборудованию — в соответствии с разделом 7.

Измерение коэффициента диффузного отражения зеркал следует проводить на установке, структурная схема которой приведена на рисунке А.1.



1 — лазер; *2* — регулятор; *3* — делительная пластина; *4* — измерительные преобразователи; *5* — измерительный блок; *6* — оптическая система; 7 — ослабитель; *8* — фотометрический шар; *9* — зеркало; *10* — держатель оптики; А — выходное окно фотометрического шара

Рисунок А.1 — Структурная схема установки для измерения коэффициента диффузного отражения зеркал

А.1.2 Лазер генерирует излучение на длине волны 0,63 мкм. Расходимость пучка излучения не должна быть более $7 \cdot 10^{-3}$ рад.

А.1.3 Требования к модулятору — по 7.4.

А.1.4 Делительная пластина должна обеспечивать разделение лазерного пучка на две части. Делительная пластина должна быть изготовлена из материала, оптически прозрачного на длине волны излучения лазера. Коэффициент пропускания делительной пластины должен быть не менее 0,9.

А.1.5 Требования к приемнику излучения по — 7.9.

А.1.6 Измерительный блок должен обеспечивать усиление и измерение отношений электрических сигналов, поступающих с преобразователей *4*.

А.1.7 Требования к оптической системе, ослабителю, фотометрическому шару, мере диффузионного отражения и держателю оптики по 7.5—7.7, 7.11.

А.2 Метод измерения коэффициента диффузного отражения зеркал

А.2.1 Включают лазер, измерительные преобразователи, измерительный блок и подготавливают к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

А.2.2 Проводят операции по 8.1—8.3.

А.2.3 По регистрирующему прибору измерительного блока определяют значение напряжение $U'_к$.

А.2.4 Проводят операции по 8.4—8.8.

А.2.5 По регистрирующему прибору измерительного блока определяют значение напряжения $U'_и$.

Примечание — Измерительный блок может быть выполнен с регулировкой значения напряжения $U'_к$. В этом случае значение коэффициента рассеяния зеркал может быть определено непосредственно по регистрирующему прибору измерительного блока.

А.3 Обработка результатов измерений

Коэффициент диффузного отражения зеркал $\sigma_з$ рассчитывают по формуле

$$\sigma_з = \sigma_{пл} \cdot \tau_ф \frac{U'_и}{U'_к}, \quad (А.1)$$

где $\sigma_{пл}$ — коэффициент рассеяния калибровочной пластины;

$\tau_ф$ — коэффициент пропускания ослабителя;

$U'_и$ — напряжение, измеренное по А.2.4, В;

$U'_к$ — напряжение, измеренное по А.2.3, В.

А.4 Показатели точности измерения

А.4.1 Погрешность измерения коэффициента рассеяния зеркал находится в интервале ±20 % с установленной вероятностью 0,95.

А.4.2 Расчет показателей точности измерения приведен в приложении Б.

Приложение Б
(справочное)

Расчет погрешности измерений

Интервал δ_Σ, в котором с установленной вероятностью 0,95 находится погрешность измерения коэффициента диффузионного отражения зеркал, вычисляют по формуле

$$\delta_\Sigma = \delta_1 \pm K_\Sigma \sqrt{\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + 2\delta_5^2 + \delta_6^2}, \quad (Б.1)$$

где δ_1 = ±11 % — погрешность, обусловленная несовпадением диаграммы рассеяния зеркала и меры диффузионного отражения;

K_Σ = 1,1 — коэффициент, зависящий от закона распределения погрешности измерения;

δ_2 = ±1 % — погрешность определения коэффициента рассеяния меры диффузионного отражения;

δ_3 = ±5 % — погрешность определения коэффициента пропускания ослабителя (нейтрального светофильтра);

δ_4 = ±3 % — погрешность, обусловленная нелинейностью характеристики преобразования приемника излучения;

δ_5 = ±1 % — погрешность регистрирующего прибора;

δ_6 — относительная нестабильность мощности лазерного излучения (не более 5 %).

$$\delta_\Sigma = 11 \pm 1{,}1\sqrt{1^2 + 5^2 + 3^2 + 2 \cdot 1^2 + 5^2} = 11 \pm 8{,}7\ \%.$$

Интервал δ_Σ, в котором с установленной вероятностью 0,95 находится погрешность измерения коэффициента диффузного отражения зеркал при относительной нестабильности мощности лазерного излучения более 5 %, вычисляют по формуле

$$\delta_\Sigma = \delta_1 \pm K_\Sigma \sqrt{\delta_2^2 + \delta_3^2 + 2\delta_4^2 + 2\delta_0^2}, \quad (Б.2)$$

где δ_0 = ±2 % — погрешность измерения отношений напряжений.

УДК 621.3.038.825.3.083:006.354 ОКС 17.180.20

Ключевые слова: зеркала газовых лазеров, коэффициент диффузионного отражения, метод измерения

Редактор *Е.В. Якубова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 24.05.2024. Подписано в печать 03.06.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,18.

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