ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71904— 2024

ЛАЗЕРЫ И ИЗЛУЧАТЕЛИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НА АЛЮМОИТТРИЕВОМ ГРАНАТЕ

Методы измерения поляризационных характеристик лазерного излучения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоэлектроники» (ФГБУ «ВНИИР»)

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 24 декабря 2024 г. № 1975-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», 2025

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

ЛАЗЕРЫ И ИЗЛУЧАТЕЛИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НА АЛЮМОИТТРИЕВОМ ГРАНАТЕ

Методы измерения поляризационных характеристик лазерного излучения

Solid-state lasers and emitters on alumina-yttrium garnet. Methods for measuring the polarization characteristics of laser radiation

Дата введения — 2025—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на твердотельные лазеры и излучатели (на алюмоиттриевом гранате) импульсного режима с модуляцией добротности (далее — лазеры) и устанавливает методы измерения параметров, определяющих состояние поляризации лазерного излучения: параметров Стокса, степени поляризации, азимута эллиптически-поляризованного излучения, эллиптичности поляризации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9411 Стекло оптическое цветное. Технические условия

ГОСТ 17435 Линейки чертежные. Технические условия

ГОСТ 25786 Лазеры. Методы измерений средней мощности, средней мощности импульса, относительной нестабильности средней мощности лазерного излучения

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 Общие положения

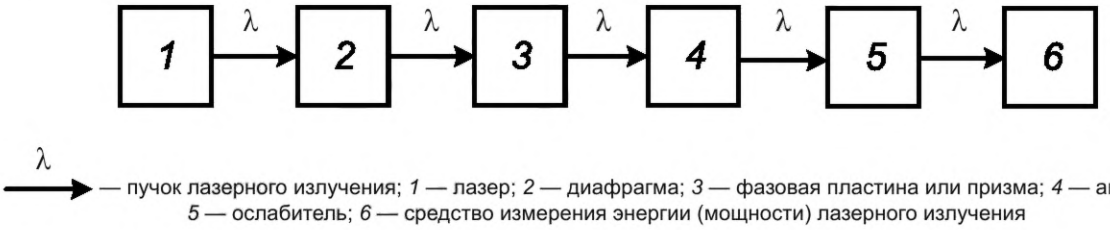
Измерение параметров, определяющих состояние поляризации лазерного излучения, основано на измерении мощности лазерного излучения, прошедшего через анализатор, плоскость пропускания которого образует определенные углы с горизонтальным направлением или прошедшего через призму или четвертьволновую фазовую пластину (далее — фазовую пластину) и анализатор, плоскости пропускания которых имеют определенную относительную ориентацию.

Поляризационные характеристики лазерного излучения измеряют в многомодовом режиме работы лазера, если одномодовый режим не оговорен в эксплуатационной документации на лазер.

Издание официальное

4 Аппаратура

4.1 Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств, применяемых при измерении поляризационных характеристик лазерного излучения, должна соответствовать приведенной на рисунке 1.



λ — пучок лазерного излучения; *1* — лазер; *2* — диафрагма; *3* — фазовая пластина или призма; *4* — анализатор; *5* — ослабитель; *6* — средство измерения энергии (мощности) лазерного излучения

Рисунок 1

4.2 Перечень средств измерений и вспомогательных устройств приведен в приложении А.

4.3 Диафрагма должна иметь отверстие диаметром не более 1 мм.

4.4 Фазовая пластина или призма должны обеспечивать преобразование линейно-поляризационного лазерного излучения в излучение с циркулярной поляризацией.

Погрешность измерения коэффициента пропускания фазовой пластины или призмы должна находиться в интервале ±5 %.

4.5 Анализатор должен быть установлен в поворотном устройстве, позволяющем фиксировать его положение таким образом, чтобы плоскость пропускания располагалась горизонтально, вертикально, под углом 45° и 135° к горизонтали.

Погрешность, обусловленная неточностью определения угла поворота, должна находиться в интервале ±1 %.

4.6 Ослабитель должен обеспечивать пропускание энергии (мощности) импульса лазерного излучения, значение которой не превышает верхний предел энергетического диапазона применяемого средства измерения.

4.7 Средства измерений энергии (мощности) лазерного излучения (далее — средства измерений) должны соответствовать ГОСТ 25786.

Погрешность средств измерений должна находиться в интервале ±8 %.

5 Подготовка и проведение измерений

5.1 Устанавливают лазер на рельс и подготавливают его к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.2 Проводят юстировку, добиваясь, чтобы лазерное излучение проходило через отверстие диафрагмы диаметром не более 1 мм, которую сначала устанавливают на расстоянии 300 мм, а затем на расстоянии 1300 мм от входного экрана лазера.

Убирают диафрагму.

5.3 Лазерное излучение при подготовке измерений наблюдают с помощью визуализатора. Измерение расстояний проводят с помощью линейки.

5.4 Устанавливают ослабитель так, чтобы лазерное излучение проходило через его центральную часть.

5.5 Устанавливают средство измерений так, чтобы лазерное излучение попадало в его приемное окно и включают в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.6 Устанавливают анализатор так, чтобы плоскость входной грани анализатора была перпендикулярна направлению распространения лазерного излучения, а направление пропускания было горизонтально.

5.7 Измеряют значение сигнала I_1 с помощью средства измерения в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.8 Устанавливают анализатор так, чтобы плоскость пропускания была вертикальна, и измеряют значение сигнала I_2 с помощью средства измерения в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.9 Вращая анализатор в плоскости, перпендикулярной направлению распространения лазерного излучения, устанавливают его так, чтобы направление пропускания составляло угол 45° с горизонталью, и измеряют значение сигнала I_3 с помощью средства измерения в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.10 Вращая анализатор в плоскости, перпендикулярной направлению распространения лазерного излучения, устанавливают его так, чтобы направление пропускания составляло угол 135° с горизонталью, и измеряют значение сигнала I_4 с помощью средства измерения в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.11 Устанавливают фазовую пластину или призму перед анализатором так, чтобы входная грань была перпендикулярна направлению распространения лазерного излучения.

5.12 Вращая анализатор, устанавливают его в положение, указанное в 5.9, и измеряют значение сигнала I_5 с помощью средства измерения в соответствии с эксплуатационной документацией.

5.13 Вращая анализатор, устанавливают его в положение, указанное в 5.10, и измеряют значение сигнала I_6 с помощью средства измерения в соответствии с эксплуатационной документацией.

6 Обработка результатов

6.1 Полную энергию (мощность) лазерного излучения *W*, Дж (Вт), и параметры Стокса *M, C, S* вычисляют по формулам:

$$W = \frac{(I_1 + I_2)}{K_1}, \tag{1}$$

$$M = \frac{(I_1 - I_2)}{K_1}, \tag{2}$$

$$C = \frac{(I_3 - I_4)}{K_1}, \tag{3}$$

$$S = \frac{(I_5 - I_6)}{K_1 \cdot K_2}, \tag{4}$$

где I_1 — значение сигнала, измеренное по 5.7, Дж (Вт);

I_2 — значение сигнала, измеренное по 5.8, Дж (Вт);

K_1 — коэффициент пропускания ослабителя;

M — компонента горизонтальной поляризации вектора Стокса лазерного излучения, Дж (Вт);

C — компонента поляризации под углом 45° вектора Стокса лазерного излучения, Дж (Вт);

I_3 — значение сигнала, измеренное по 5.9, Дж (Вт);

I_4 — значение сигнала, измеренное по 5.10, Дж (Вт);

S — компонента правоциркулярной поляризации вектора Стокса лазерного излучения, Дж (Вт);

I_5 — значение сигнала, измеренное по 5.12, Дж (Вт);

I_6 — значение сигнала, измеренное по 5.13, Дж (Вт);

K_2 — коэффициент пропускания фазовой пластины или призмы.

6.2 Степень поляризации лазерного излучения *P* вычисляют по формуле

$$P = \frac{\sqrt{M^2 + C^2 + S^2}}{W}. \tag{5}$$

6.3 Азимут эллиптически-поляризованного излучения φ вычисляют по формуле

$$\varphi = \frac{1}{2}\operatorname{arctg}\frac{C}{M}. \tag{6}$$

6.4 Эллиптичность поляризации лазерного излучения $\left(\frac{a}{b}\right)$ вычисляют по формуле

$$\frac{a}{b}=\sqrt{\frac{W-\sqrt{M^2+C^2}}{W+\sqrt{M^2+C^2}}}, \tag{7}$$

где a — малая ось эллипса поляризации лазерного излучения;

b — большая ось эллипса поляризации лазерного излучения.

7 Показатели точности измерений

7.1 Показатели точности измерений параметров Стокса, степени поляризации лазерного излучения, азимута эллиптически-поляризованного излучения и эллиптичности поляризации должны соответствовать установленным в эксплуатационной документации на лазер.

Границы интервалов δ_M, δ_C, δ_S, δ_P, δ_φ, $\delta_{\frac{a}{b}}$, в которых с установленной вероятностью 0,95 находятся относительные погрешности измерений параметров Стокса, степени поляризации лазерного излучения, азимута эллиптически-поляризованного излучения и эллиптичности поляризации определяют расчетным путем по формулам:

$$\delta_M=\pm 1{,}1\sqrt{32{,}5\cdot\frac{I_1^2+I_2^2}{\left(I_1-I_2\right)^2}+29}, \tag{8}$$

$$\delta_C=\pm 1{,}1\sqrt{32{,}5\cdot\frac{I_3^2+I_4^2}{\left(I_3-I_4\right)^2}+29}, \tag{9}$$

$$\delta_S=\pm 1{,}1\sqrt{32{,}5\cdot\frac{I_5^2+I_6^2}{\left(I_5-I_6\right)^2}+54}, \tag{10}$$

$$\delta_P=\pm 1{,}1\sqrt{65\cdot\frac{I_1^2+I_2^2}{\left(I_1+I_2\right)^2}+\frac{M^4\delta_M^2+C^4\delta_C^2+S^4\delta_S^2}{\left(M^2+C^2+S^2\right)^2}}, \tag{11}$$

$$\delta_\varphi=\pm 1{,}1\frac{C}{2M\varphi\left[1+\left(\frac{C^2}{M^2}\right)\right]}\sqrt{\delta_C^2+\delta_M^2}, \tag{12}$$

$$\delta_{\frac{a}{b}}=\pm 1{,}1\frac{W}{\left(\frac{a}{b}\right)^2\left(W+\sqrt{M^2+C^2}\right)}\sqrt{\frac{M^4\delta_M^2+C^4\delta_C^2}{M^2+C^2}+65\left(M^2+C^2\right)}. \tag{13}$$

7.2 Расчет относительных погрешностей измерений приведен в приложении Б.

Приложение А
(рекомендуемое)

Перечень средств измерений и вспомогательных устройств

Таблица А.1

Наименование	Тип	Обозначение документа	Количество, шт.
Анализатор	Поляризатор	—	1
Призма	—	—	1
Ослабитель	Стекло цветное оптическое 40×40	ГОСТ 9411	1
Средство измерения	Измеритель калориметрический твердотельный ИКТ-1М	[1]	1
	Дозиметр для контроля лазерного излучения ЛАДИН	[2]	1
Визуализатор	—	—	1
Линейка	—	ГОСТ 17435	1
Диафрагма	—	—	1
Рейтер	—	—	5
Направляющая	—	—	7
Рельс (оптической скамьи станочного профиля)	Стенд лабораторный	—	1
Фазовая пластина	Пластина	—	1

Примечание — Допускается замена на аналогичные средства измерения и вспомогательные устройства с техническими характеристиками, соответствующими требованиям, указанным в разделе 4. Средства измерений внесены в Госреестр.

Приложение Б
(справочное)

Расчет относительных погрешностей измерений

Относительные погрешности измерений параметров Стокса δ_M, δ_C, δ_S, степени поляризации лазерного излучения δ_P, азимута эллиптически-поляризованного излучения δ_φ, и эллиптичности поляризации $\delta_{\frac{a}{b}}$ определяют по формулам:

$$\delta_M = \pm 1{,}1\sqrt{A\frac{I_1^2 + I_2^2}{\left(I_1 - I_2\right)^2}\left(\delta_1^2 + \delta_2^2\right) + \delta_3^2 + \delta_4^2}, \quad (Б.1)$$

$$\delta_C = \pm 1{,}1\sqrt{A\frac{I_3^2 + I_4^2}{\left(I_3 - I_4\right)^2}\left(\delta_1^2 + \delta_2^2\right) + \delta_3^2 + \delta_4^2}, \quad (Б.2)$$

$$\delta_S = \pm 1{,}1\sqrt{A\frac{I_5^2 + I_6^2}{\left(I_5 - I_6\right)^2}\left(\delta_1^2 + \delta_2^2\right) + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2}, \quad (Б.3)$$

$$\delta_P = \pm 1{,}1\sqrt{\frac{M^4\delta_M^2 + C^4\delta_C^2 + S^4\delta_S^2}{M^2 + C^2 + S^2} + \frac{I_1^2 + I_2^2}{\left(I_1 + I_2\right)^2}\left(\delta_1^2 + \delta_2^2\right)}, \quad (Б.4)$$

$$\delta_\varphi = \pm 1{,}1\frac{C}{2M\varphi\left(1 + \frac{C^2}{M^2}\right)}\sqrt{\delta_C^2 + \delta_M^2}, \quad (Б.5)$$

$$\delta_{\frac{a}{b}} = \pm 1{,}1\frac{W}{\frac{a^2}{b^2}\left(W + \sqrt{M^2 + C^2}\right)}\sqrt{\frac{M^4\delta_M^2 + C^4\delta_C^2}{M^2 + C^2} + \left(M^2 + C^2\right)\left(\delta_1^2 + \delta_2^2\right)}, \quad (Б.6)$$

где A — коэффициент, обусловленный исключением в процессе их измерения систематических составляющих относительных погрешностей средств измерений, так как при измерении I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6 используется один и тот же экземпляр средства измерения, относительная погрешность которого не зависит от измеряемой величины ($A \le 0{,}5$);

δ_1 — относительная погрешность средства измерения (находится в интервале ±8 %);

δ_2 — относительная погрешность, обусловленная неточностью градуировки шкалы анализатора (находится в интервале ±1 %);

δ_3 — относительная погрешность, вносимая ослабителем (находится в интервале ±2 %);

δ_4 — относительная погрешность, обусловленная нестабильностью энергии (мощности) лазерного излучения (находится в интервале ±5 %);

δ_5 — относительная погрешность, вносимая призмой (находится в интервале ±5 %).

Библиография

[1] ТУ 4431-008-18446736-013 Дозиметры лазерные ЛД-07

[2] ТУ 50-685-96 Дозиметр лазерный автоматизированный для контроля уровней импульсного и непрерывного излучения «Ладин». Технические условия

УДК 621.382:006.354

ОКС 17.080
17.220.20
31.080

Ключевые слова: лазеры, излучатели твердотельные, поляризационные характеристики лазерного излучения

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 25.12.2024. Подписано в печать 21.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,12.

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