ГОСТ Р 50005—92

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЛАЗЕРЫ И ИЗЛУЧАТЕЛИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГИИ (МОЩНОСТИ) ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Издание официальное

БЗ 2—92/174

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.375.826:539.1.05:006.354 Группа Э29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЛАЗЕРЫ И ИЗЛУЧАТЕЛИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ

Методы измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения

Lasers and solid-state laser heads.
Measurement methods of peak local energy (power) density

ГОСТ Р 50005—92

ОКП 63 4200

Дата введения 01.01.93

Настоящий стандарт распространяется на твердотельные лазеры и излучатели (далее — лазеры) и устанавливает два метода измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения:

А — метод измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения, основанный на ослаблении энергии (мощности) лазерного излучения;

Б — метод измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения, основанный на концентрации энергии (мощности) лазерного излучения.

Минимальный диаметр сечения контролируемой области максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения составляет 100 мкм.

Общие положения — по ГОСТ 24714.

Требования радиационной и лазерной безопасности должны соответствовать ГОСТ 12.1.040 и Публикации МЭК 825.*)

Термины, применяемые в стандарте, и их пояснения — по ГОСТ 15093, ГОСТ 24453 и приложению 1 (Табл. 1).

*) До прямого применения стандарта МЭК в качестве государственного стандарта рассылку данного стандарта МЭК на русском языке осуществляет ВНИИ «Электронстандарт».

Издание официальное

★

© Издательство стандартов, 1992

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения Госстандарта России

2 Зак. 1800

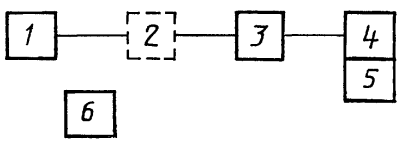
1. МЕТОД А

1.1. Принцип измерений

Метод основан на определении минимального ослабления энергии (мощности) лазерного излучения, при котором не наблюдается повреждение пластины, лазерная стойкость которой известна.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств, должна соответствовать черт. 1.



1 — лазер; *2* — диафрагма; *3* — ослабитель; *4* — пластина; *5* — столик; *6* — средство юстировки

Черт. 1

1.2.2. Перечень рекомендуемых средств измерений и вспомогательных устройств приведен в приложении 2 (табл. 2).

1.2.3. Диафрагма должна обеспечивать плавное или ступенчатое (с интервалом не более 1 мм) изменение диаметра отверстия в диапазоне от 1,0 до 8,0 мм.

1.2.4. Ослабитель энергии (мощности) лазерного излучения (далее — ослабитель) должен обеспечивать возможность ступенчатого ослабления энергии (мощности) лазерного излучения таким образом, чтобы два последовательных значения коэффициентов пропускания ослабителя отличались не более чем на 10 %.

Погрешность, обусловленная отклонением от номинального значения коэффициента пропускания ослабителя, не должна быть более ±5 %.

1.2.5. Пластина используется для контроля максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения. Порог лазерного повреждения пластины на длине волны лазерного излучения должен быть определен с погрешностью ±15 %.

Длительность импульса, для которого приведено значение порога лазерного повреждения пластины, и длительность импульса лазерного излучения не должны отличаться более чем на 10 %.

Порог лазерного повреждения пластины, длина волны и длительность импульса лазерного излучения, при которых он измерен, должны соответствовать значениям, указанным в эксплуатационной документации на пластину.

1.2.6. Столик должен обеспечивать фиксацию, плавный поворот и перемещение пластины в двух направлениях, взаимно перпендикулярных направлению распространения лазерного излучения.

1.2.7. Средство юстировки должно обеспечивать попадание лазерного излучения в центральную часть приемных площадок средств измерений и вспомогательных устройств.

В качестве средств юстировки рекомендуется применять газовый лазер непрерывного режима работы в видимой области спектра с расходимостью не более 10′, визуализатор, экран и другие вспомогательные устройства. Визуализатор должен обеспечивать наблюдение лазерного излучения в невидимой области спектра.

1.3. Подготовка и проведение измерений

1.3.1. Устанавливают средства измерения и вспомогательные устройства, кроме ослабителя, и подготавливают их к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

1.3.2. Включают лазер и прогревают в течение времени готовности, установленного в стандарте или ТУ на лазер конкретного типа.

1.3.3. Проводят юстировку, добиваясь попадания лазерного излучения в центральную часть пластины и диафрагмы.

Допускается выделение наиболее интенсивной части сечения пучка лазерного излучения с помощью диафрагмы.

Прохождение лазерного излучения контролируют визуально с помощью визуализатора или другого средства юстировки.

1.3.4. Подвергают произвольно выбранный участок пластины воздействию не менее 20 импульсов лазерного излучения в установившемся режиме работы лазера.

1.3.5. Если имеет место повреждение пластины, то устанавливают ослабитель таким образом, чтобы лазерное излучение проходило через него, и подвергают испытанию новую область пластины путем ее перемещения в плоскости, перпендикулярной лазерному излучению.

Уменьшая коэффициент пропускания ослабителя, достигают такого его максимального значения, когда повреждение не наблюдается ни в одной из трех произвольно выбранных областей пластины.

Пластину перемещают при выключенном лазере или при перекрытом канале излучения.

1.3.6. Выключают лазер и определяют коэффициент пропускания ослабителя, установленный по п. 1.3.5.

1.3.7. Если при воздействии лазерного излучения в отсутствие ослабителя повреждение не имеет места ни в одной из трех выбранных областей пластины, то измерение проводят по методу Б.

Примечание. Метод контроля максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения на соответствие заданному значению приведен в приложении 3.

1.4. Обработка результатов. Показатели точности измерений

1.4.1. Максимальную локальную плотность энергии (мощности) лазерного излучения $[W_{P_{лок}} (W_{E_{лок}})]$, Вт/см^2 (Дж/см^2), определяют по формуле

$$W_{P\,лок}(W_{E_{лок}}) = \frac{W_P (W_E)}{K}, \qquad (1)$$

где W_P (W_E) — порог лазерного повреждения пластины, указанной в эксплуатационной документации на нее, Вт/см^2 (Дж/см^2);

K — коэффициент пропускания ослабителя, определенный по п. 1.3.6.

1.4.2. Погрешность измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения ±23 % с установленной вероятностью 0,95.

1.4.3. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 4.

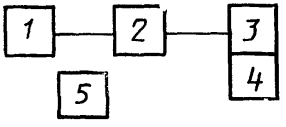
2. МЕТОД Б

2.1. Принцип измерений

Измерение основано на определении максимального линейного увеличения оптического устройства, формирующего на пластине с известной лазерной стойкостью уменьшенное действительное изображение исследуемого сечения лазерного пучка, при котором не наблюдается повреждение пластины.

2.2. Аппаратура

2.2.1. Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств должна соответствовать черт. 2.



1 — лазер; *2* — оптическое устройство; *3* — пластина; *4* — столик; *5* — средство юстировки

Черт. 2

2.2.2. Требования к аппаратуре — по пп. 1.2.2, 1.2.3, 1.2.6, 1.2.7.

2.2.3. Оптическое устройство должно обеспечивать возможность повышения (концентрации) плотности энергии (мощности) лазерного излучения в его плоскости действительного изображения. Повышение плотности энергии (мощности) лазерного излучения должно осуществляться за счет изменения линейного увеличения оптического устройства в диапазоне значений от 0,95 до 0,3. При этом любые два последовательных его значения должны отличаться не более чем на 8 %.

Погрешность, обусловленная неточностью определения линейного увеличения оптического устройства, не должна быть более ±2 %.

Коэффициент пропускания оптического устройства должен быть определен с погрешностью не более ±8 %.

Погрешность, обусловленная неточностью установления расстояния от предметной плоскости оптического устройства до плоскости действительного изображения, не должна быть более ±3 %.

В качестве оптического устройства можно использовать, например, панкратический объектив.

2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Устанавливают средства измерений и вспомогательные устройства и подготавливают их к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

При этом пластину устанавливают в плоскости действительного изображения объектива, положение которой указано в эксплуатационной документации на него, а на объективе устанавливают максимальное значение его увеличения.

2.3.2. Проводят операции по п. 1.3.2.

2.3.3. Проводят юстировку, добиваясь попадания лазерного излучения в центральную часть оптического устройства и пластины. Прохождение лазерного излучения контролируют визуально с помощью визуализатора или другого средства юстировки.

2.3.4. Уменьшая линейное увеличение оптического устройства, достигают такого его максимального значения, при котором хотя бы в одной из произвольно выбранных областей пластины наблюдается повреждение.

Фиксируют предыдущее значение линейного увеличения оптического устройства, при котором повреждение пластины еще не наблюдалось.

Количество облучаемых областей пластины (N), каждую из которых подвергают воздействию не менее 20 импульсов лазерного излучения, определяют по формуле

$$N=1+\left[\frac{3}{\beta^2}\right], \qquad (2)$$

где β — линейное увеличение оптического устройства;

$\left[\frac{3}{\beta^2}\right]$ — квадратные скобки означают целую часть числа.

Перемещение пластины осуществляют при выключенном лазере или при перекрытом канале излучения.

2.3.5. Выключают лазер.

Примечание. Метод контроля максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения на соответствие заданному значению приведен в приложении 3.

2.4. Обработка результатов. Показатели точности измерений

2.4.1. Максимальную локальную плотность энергии (мощности) лазерного излучения [$W_{P_{лок}}$ ($W_{E_{лок}}$)], Вт/см^2 (Дж/см^2), определяют по формуле

$$W_{P_{лок}}(W_{E_{лок}}) = W_P(W_E) \cdot \beta^2 \cdot \frac{1}{\tau}, \quad (3)$$

где W_P (W_E) — порог лазерного повреждения пластины, указанный в эксплуатационной документации на нее, Вт/см^2 (Дж/см^2);

β — линейное увеличение оптического устройства, фиксированное в п. 2.3.4;

τ — коэффициент пропускания оптического устройства, указанный в эксплуатационной документации на него;

2.4.2. Погрешность измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения $\pm 25\%$ с установленной вероятностью 0,95.

2.4.3. Расчет погрешности измерения приведен в приложении 4.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТАНДАРТЕ, И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Таблица 1

Термин	Пояснение
Максимальная локальная плотность энергии (мощности) лазерного излучения	Максимальная плотность энергии (мощности), отнесенная к заданному участку сечения пучка лазерного излучения
Порог лазерного повреждения	Статистически подтвержденнное значение плотности энергии (мощности) лазерного излучения, при котором повреждение материала элемента происходит с заданной вероятностью
Лазерное повреждение	Явление, заключающееся в появлении необратимых изменений структуры или оптических характеристик материалов под действием лазерного излучения
Лазерная стойкость	Свойство материала элемента выдерживать без повреждения заданное число воздействий лазерного излучения

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Таблица 2

Наименование	Тип	Обозначение документа
Пластина	—	ет 7.230.335
Ослабитель	Стекло цветное оптическое 40×40	ГОСТ 9411
Столик	—	ет 4.135.397
Диафрагма	—	ет 3.932.006
Оптическое устройство	Объектив панкратический	ет 3.877.182
Средство юстировки:		
газовый лазер	ЛГ-74	ОДО 397.085 ТУ
визуализатор	—	ет 2.845.001 ТУ

Примечание. Допускается применение других средств измерений и вспомогательных устройств с техническими характеристиками, соответствующими требованиям, указанным в пп. 1.2, 2.2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

МЕТОД КОНТРОЛЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГИИ (МОЩНОСТИ) ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СООТВЕТСТВИЕ ЗАДАННОМУ ЗНАЧЕНИЮ

При необходимости проведения контроля максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения на соответствие заданному значению проводят следующие операции.

1. Предварительно рассчитывают необходимый коэффициент пропускания ослабителя (K) или линейное увеличение оптического устройства (β) по формулам:

$$K = \frac{W_E(W_P)}{W_{E_{лок}}(W_{P_{лок}})} \text{ при } \frac{W_E(W_P)}{W_{E_{лок}}(W_{P_{лок}})} \leqslant 1, \quad (4)$$

$$\beta^2 = \frac{W_{E_{лок}}(W_{P_{лок}})}{W_E(W_P)} \cdot \tau \text{ при } \frac{W_E(W_P)}{W_{E_{лок}}(W_{P_{лок}})} > 1, \quad (5)$$

где $W_E(W_P)$ — порог лазерного повреждения пластины, указанный в эксплуатационной документации на нее, Дж/см² (Вт/см²);

$W_{E_{лок}}(W_{P_{лок}})$ — заданное значение максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения, Дж/см² (Вт/см²);

τ — коэффициент пропускания оптического устройства, указанный в эксплуатационной документации на него.

2. Проводят подготовку к проведению измерений.

2.1. Если $\frac{W_E(W_P)}{W_{E_{лок}}(W_{P_{лок}})} \leqslant 1$, то проводят операции по пп. 1.3.1—1.3.3. настоящего стандарта, устанавливают ослабитель, добиваясь попадания лазерного излучения в центральную часть пластины и ослабителя.

2.2. Если $\frac{W_E(W_P)}{W_{E_{лок}}(W_{P_{лок}})} > 1$, то проводят операции по пп. 2.3.1—2.3.3 настоящего стандарта.

2.3. Устанавливают рассчитанные в п. 1 настоящего приложения значения коэффициента пропускания ослабителя или линейное увеличение оптического устройства, соответствующее ±10 % рассчитанных в п. 1.

3. Подвергают воздействию не менее 20 импульсов лазерного излучения каждую из произвольно выбранных областей пластины. При этом допускается выделение наиболее интенсивной части пучка лазерного излучения с помощью диафрагмы. Минимальное количество областей на пластине (N), получаемых лазерным излучением, определяют из условия

$$N = \begin{cases} 3 \text{ при } \dfrac{W_P(W_E)}{W_{P_{лок}}(W_{E_{лок}})} \leqslant 1 \\ 1 + \left[\dfrac{3}{\beta^2}\right] \text{при } \dfrac{W_P(W_E)}{W_{P_{лок}}(W_{E_{лок}})} > 1, \end{cases} \quad (6)$$

где β — линейное увеличение оптического устройства. Считают, что максимальная локальная плотность мощности лазерного излучения не превышает заданного значения, если ни в одной из испытуемых областей на пластине не наблюдается лазерное повреждение.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

1. Погрешность измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения (δ_A) по методу А определяют по формуле

$$\delta_A = \pm K \sqrt{\frac{\delta_1^2}{K_1^2} + \frac{\delta_3^2}{K_3^2} + a_1\left(\frac{\delta_2^2}{K_2^2} + \frac{\delta_4^2}{K_4^2}\right)}, \qquad (7)$$

где δ_1 — погрешность измерения порога лазерного повреждения пластины, указанная в эксплуатационной документации на пластину (±15 %);

δ_2 — погрешность обусловленная нестабильностью энергии (мощности) лазерного излучения (±10 %);

δ_3 — погрешность, обусловленная отклонением от номинального значения коэффициента пропускания ослабителя (±5 %);

δ_4 — погрешность, обусловленная ступенчатым изменением коэффициента пропускания ослабителя (±10 %);

K, K_1, — коэффициенты, зависящие от распределения суммарной K_2, K_3, и частной погрешностей и установленной вероятности; K_4
$K_1=K_3=K_4=1{,}73$; $K_2=3$; $K=1{,}96$ (для установленной вероятности 0,95);

a_1 — коэффициент влияния неточности определения коэффициента пропускания ослабителя.

2. Погрешность измерения максимальной локальной плотности энергии (мощности) лазерного излучения ($\delta_Б$) по методу Б определяют по формуле

$$\delta_Б = \pm K \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{K_1}\right)^2 + 2a_2\left[\left(\frac{\delta_2}{K_2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_5}{K_5}\right)^2 + \left(\frac{\delta_6}{K_6}\right)^2 + \left(\frac{\delta_7}{K_7}\right)^2\right] + \left(\frac{\delta_8}{K_8}\right)^2}, \qquad (8)$$

где δ_5 — погрешность, обусловленная неточностью определения линейного увеличения оптического устройства (±2 %);

δ_6 — погрешность, обусловленная ступенчатым изменением линейного увеличения оптического устройства (±8 %);

δ_7 — погрешность, обусловленная неточностью установления расстояния от предметной плоскости оптического устройства до плоскости его изображения (±3 %);

δ_8 — погрешность, обусловленная неточностью определения коэффициента пропускания оптического устройства (±8 %);

K_5, K_6, K_7, K_8 — коэффициенты, зависящие от распределения суммарной и частной погрешностей и установленной вероятности;

$K_5=K_6=K_7=K_8=1{,}73$ (для установленной вероятности 0,95);

a_2 — коэффициент влияния неточности определения линейного увеличения оптического устройства ($a_2 \leqslant 1$).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН** Министерством электронной промышленности СССР

РАЗРАБОТЧИКИ:

Н. В. Фролов (руководитель темы); **Г. В. Кудрявцева, Л. А. Медведева; Е. В. Краснова**

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Госстандарта России от 15.07.92 № 695

3. **Срок проверки — 1997 г.**

4. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

5. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 12.1.040—83	Вводная часть
ГОСТ 9411—81	Приложение 2
ГОСТ 15093—90	Вводная часть
ГОСТ 24453—80	Вводная часть
ГОСТ 24714—81	Вводная часть
Публикация МЭК 825	Вводная часть

Редактор *В. М. Лысенкина*
Технический редактор *О. Н. Никитина*
Корректор *Е. И. Морозова*

Сдано в наб. 06.08.92. Подп. в печ. 10.09.92. Усл. п. л. 0,75. Усл. кр.-отт. 0,75. Уч.-изд. л. 0,60. Тир. 157 экз.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новопресненский пер. 3.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256 Зак. 1800

gost.e-ecolog.ru