

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

# ЛАЗЕРЫ

## МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

## ГОСТ 25819—83

Издание официальное

Цена 3 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.375.826.083:006.354 Группа Т35

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

**ЛАЗЕРЫ**

# Методы измерения максимальной мощности импульсного лазерного излучения

Lasers Methods of pulse laser radiation peak power measurement

# ГОСТ 25819—83

ОКСТУ 634100

**Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 6 июня 1983 г. № 2471 срок введения установлен**

**с 01.01.84**

Настоящий стандарт распространяется на лазеры импульсного режима работы и излучатели к ним (далее — лазеры импульсного излучения) и устанавливает два метода измерения максимальной мощности импульсного лазерного излучения (далее — лазерного излучения):

А — метод прямых измерений максимальной мощности,

Б — метод косвенных измерений максимальной мощности.

Методы А и Б по погрешности эквивалентны. Выбор того или другого метода производят в зависимости от наличия соответствующей измерительной аппаратуры.

Стандарт следует применять совместно с ГОСТ 24714—81.

## 1. МЕТОД А

1.1. Принцип измерений

1.1.1. Максимальную мощность измеряют по максимальному значению импульса напряжения, полученного путем преобразования временной зависимости мощности лазерного излучения в электрический сигнал, воспроизводящий эту зависимость.

1.2. Аппаратура

1.2.1. Преобразование импульсов лазерного излучения производят первичным измерительным преобразователем лазерного излучения в электрический сигнал.

1.2.2. Измерение максимального значения импульса напряжения на нагрузке первичного измерительного преобразователя производят приборами для измерения параметров импульсов (импульсные вольтметры, осциллографы).

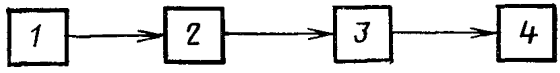
**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

© Издательство стандартов, 1983

Примечание Время нарастания переходной характеристики системы первичный измерительный преобразователь — прибор для измерения параметров импульсов должно быть, по крайней мере, в 3 раза меньше, чем фронт измеряемого импульса

1 2.3 Блок-схема для измерения максимальной мощности импульсного лазерного излучения должна соответствовать указанной на черт. 1




*1*—источник измеряемого лазерного излучения *2*—первичный измерительный преобразователь *3*—нагрузка, *4*—прибор для измерения максимального значения импульса напряжения на нагрузке

Черт 1

1 2 4 Для измерения максимальной мощности могут применяться измерительные приборы, состоящие из измерительного преобразователя и измерителя максимального значения импульса напряжения, аттестованные как единый комплекс

1.2 5 Основная погрешность измерительного прибора не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 8 198—76

Примечание Для средств измерений, динамический, спектральный и временной диапазон которых отличаются от приведенных в ГОСТ 8 198—76, допускается отклонение основной погрешности от указанной в п 1 2 5

1 2 6 Перечень средств измерений по методу А приведен в справочном приложении 1

1 3 Подготовка к измерению

1 3 1 Первичный измерительный преобразователь, измерительные приборы и лазер подготавливают к работе в соответствии с нормативно-технической документацией.

1 4 Проведение измерений и обработка их результатов

1 4 1 Включают лазер, подают лазерное излучение на вход первичного измерительного преобразователя и измеряют максимальное значение импульса напряжения на нагрузке.

1 4 2 Максимальную мощность излучения ($P_м$) в Вт вычисляют по формуле

$$P_м = \frac{U_м}{S \; R_н}, \qquad (1)$$

где $U_м$ — максимальное значение напряжения на нагрузке, В;

$S$ — коэффициент преобразования первичного измерительного преобразователя, А/Вт;

$R_н$ — сопротивление нагрузки, Ом

При измерении максимальной мощности измерительным прибором $P_м$ вычисляют по формуле

$$P_м = \frac{N}{\gamma}, \qquad (2)$$

где $N$ — отсчитываемое значение по шкале измерительного прибора, ед;

$\gamma$ — чувствительность измерительного прибора, ед/Вт.

1.5. Показатели точности

1.5.1. Основную погрешность измерения максимальной мощности ($S_\Sigma$) в % с вероятностью не менее 0,95 в соответствии с ГОСТ 8.207—76 вычисляют по формуле

$$S_\Sigma = 2\sqrt{\frac{\Theta^2_{пип} + \Theta^2_н + \Theta^2_и + \Theta^2_{пр}}{3} + S^2(\widetilde{A})}, \qquad (3)$$

где $\Theta_{пип}$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения коэффициента преобразования первичного измерительного преобразователя, %;

$\Theta_н$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения сопротивления нагрузки, %;

$\Theta_и$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения максимального значения импульса напряжения на нагрузке, %;

$\Theta_{пр}$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения прочих составляющих (например, неточности воспроизведения формы импульса неравномерности зонной характеристики первичного измерительного преобразователя и т. д.), %;

$S(\widetilde{A})$ — оценка среднего квадратического отклонения результата измерения по ГОСТ 8.207—76, %.

1.5.2. Точность измерения максимальной мощности измерительным прибором определяется его основной и дополнительной погрешностями, нормируемых ГОСТ 24469—80.

## 2. МЕТОД Б

2.1. Принцип измерений

2.1.1. Максимальную мощность лазерного излучения определяют путем расчета по известной энергии импульса (или средней мощности и частоте повторения импульсов) и его форме.

2.1.2. При измерении энергии лазерного излучения из импульсной последовательности выделяется один импульс (или известное число импульсов при работе лазера в частотном режиме).

2.2. Аппаратура

2.2.1. Измерение энергии лазерного излучения производится средством измерения энергии (фотоэлектрическим, калориметрическим и т. д.).

При необходимости один импульс из последовательности выделяется затвором (например, механическим).

2.2.2. Погрешность измерения энергии не должна превышать 15%.

2.2.3. Измерение средней мощности лазерного излучения производится средством измерения средней мощности (калориметрическим, фотоэлектрическим и т. д.).

2.2.4. Погрешность измерения средней мощности не должна превышать 10%.

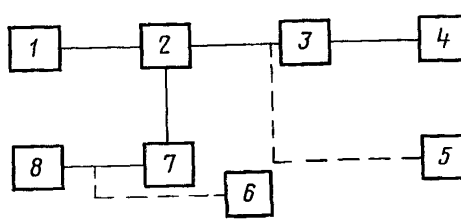
2.2.5. Измерение частоты повторения импульсов лазерного излучения производят частотомером, подключенным к нагрузке фотоэлектрического преобразователя.

2.2.6. Форму импульса лазерного излучения определяют средством измерения параметров лазерного излучения в комплекте с осциллографическим регистратором или осциллографическим регистратором, подключенным к нагрузке фотоэлектрического преобразователя.

2.2.7. Перечень средств измерений по методу Б приведен в справочном приложении 2.

2.3. Подготовка и проведение измерений

2.3.1. Блок-схема для измерения максимальной мощности импульсного излучения должна соответствовать указанной на черт. 2




*1*—источник измеряемого лазерного излучения; *2*—делительная пластина; *3*—затвор; *4*—средство измерения энергии; *5*—средство измерения средней мощности, *6*—частотомер, *7* — фотоэлектрический преобразователь; *8* — регистратор формы импульсов

Черт. 2

2.3.2. При измерении энергии устанавливают средство измерения энергии *4* и, при необходимости, затвор *3* для выделения известного числа импульсов.

2.3.3. При измерении средней мощности устанавливают средство измерения средней мощности *5* вместо затвора *3* и средство

измерения энергии *4*. К выходу фотоэлектрического преобразователя *7* подключают частотомер *6* вместо регистратора формы *8*.

2.3.4. Измерительные приборы и лазер подготавливают к работе в соответствии с нормативно-технической документацией.

2.4. Проведение измерений и обработка результатов измерений

2.4.1. Энергию импульса лазерного излучения ($W$) в Дж измеряют или вычисляют по измеренной средней мощности и частоте по формуле

$$W = \frac{P_{ср}}{f}, \tag{4}$$

где $P_{ср}$ — средняя мощность, Вт;

$f$ — частота повторения импульсов, Гц;

2.4.2. Площадь измеренного импульса ($S$) в мм$^2$ вычисляют по осциллограмме по формуле

$$S = \tau \sum_{i=1}^{n} A_i, \tag{5}$$

где $\tau$ — интервал разбиения по оси времени, мм;

$A_i$ — мгновенные значения амплитуды на каждом интервале разбиения, мм.

2.4.3. Максимальную мощность лазерного излучения ($P_м$) в Вт вычисляют по формуле

$$P_м = \frac{A_{max} \cdot W}{K \cdot S \cdot K_x} \tag{6}$$

где $A_{max} = \max \{ A_i \}$;

$K$ — коэффициент пропускания делительной пластины и затвора;

$W$ — показания средства измерения энергии или значение энергии, рассчитанное по средней мощности и частоте повторения;

$K_x$ — коэффициент развертки, с/мм.

Примечание. Если средство измерения энергии или средней мощности аттестовано вместе с делительной пластиной *2*, то $K$-1.

2.5. Показатели точности

2.5.1. Основную погрешность измерения максимальной мощности ($S_Σ$) в % с вероятностью не менее 0,95 в соответствии с ГОСТ 8.207—76 вычисляют по формуле

$$S_Σ = 2 \sqrt{\frac{\Theta_w^2 + \Theta_д^2 + \Theta_s^2 + \Theta_{пр}^2}{3} + S^2(\tilde{A})}, \tag{7}$$

где $\Theta_w$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения энергии, % или при измерении средней мощности

$$\Theta_w^2 = \Theta_p^2 + \Theta_f^2;$$

$\Theta_р$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения средней мощности, %;

$\Theta_f$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения частоты, %;

$\Theta_д$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения коэффициента пропускания делительной пластины и затвора, %;

$\Theta_s$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения площади импульса, %;

$\Theta_{пр}$ — граница неисключенной систематической погрешности результата измерения прочих составляющих (например, неточности воспроизведения формы импульса, нестабильности значения энергии в импульсе и т. д.), %;

$S(\bar{A})$ — оценка среднего квадратического отклонения результата измерения по ГОСТ 8.207—76, %.

## СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕТОДУ А

| Наименование | Тип | Диапазон измерений (чувствительность на длине волны) | Погрешность, % не более | Спектральный диапазон (диапазон длительностей импульсов) | Номер по Госреестру |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Измерительный фотоэлектрический преобразователь | ФК-2 | $10^4$ Вт | 25 | 0,38—1,3 мкм ($8 \cdot 10^{-10}$ с) | 5940—77 |
| 2 Измерительный фотоэлектрический преобразователь | ФК-15 | $1{,}85 \cdot 10^{-3}$—$0{,}74 \cdot 10^7$ Вт | 25 | 0,38—1,1 мкм ($5 \cdot 10^{-10}$ с) | 4704—75 |
| 3 Измерительный фотоэлектрический преобразователь | ФК-19 | $1{,}85 \cdot 10^{-3}$—$1{,}5 \cdot 10^4$ Вт | 25 | 0,38—1,1 мкм ($7 \cdot 10^{-10}$ с) | 4705—75 |
| 4 Измерительный фотоэлектрический преобразователь | ФК-20 | $1{,}85 \cdot 10^{-3}$—$1{,}9 \cdot 10^4$ Вт | 25 | 0,38—1,1 мкм ($8 \cdot 10^{-10}$ с) | 4706—75 |
| 5 Измерительный фотоэлектрический преобразователь | ФК 26 | $4 \cdot 10^{-5}$ А/Вт (1,06 мкм) | 25 | 0,38—1,1 мкм ($5 \cdot 10^{-10}$ с) | 5941—77 |
| 6 Измерительный фотоэлектрический преобразователь | ФС-20 | $5 \cdot 10^{-3}$—$4 \cdot 10^5$ Вт | 25 | 0,38—0,65 мкм ($5 \cdot 10^{-10}$ с) | 4707—75 |
| 7 Измерительный фотоэлемент | ФЭК 22 СПУ | $5 \cdot 10^{-3}$ А/Вт (0,265 мкм)<br>$1{,}5 \cdot 10^{-2}$ А/Вт (0,53 мкм) | 15 | 0,22—0,45 мкм<br>0,45—0,65 мкм | 6989—79 |
| 8 Измерительный фотоэлектрический преобразователь | ФК-31 | $1 \cdot 10^3$ Вт/см$^2$ | 15 | 0,4—1,2 мкм ($10^{-8}$—$10^{-7}$с) | 8351—81 |
| 9 Измерительный фотоэлемент | ФЭК 29КПУ | $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ А/Вт (0,265 мкм)<br>$5 \cdot 10^{-4}$ А/Вт (0,694 мкм)<br>$5 \cdot 10^{-5}$ А/Вт (1,06 мкм) | 15 | 0,22—1,1 мкм<br>($5 \cdot 10^{-10}$ с) | 6990—79 |
| 10 Фотоэлектронный измерительный умножитель | 28ЭЛУ-Ф15 | $10^5$ А/Вт (0,53 мкм)<br>$5 \cdot 10^4$ Вт | 15 | 0,22—1,1 мкм<br>($3\ 10^{-9}$ с) | 7310—79 |
| 11 Измеритель параметров импульсов | ИЧ-5 | 0,1—9 В | 3—8 | ($10^{-9}$ $5 \cdot 10^{-2}$ с)<br>20 $3 \cdot 10^8$ Гц | |
| 12 Милливольтметры импульсного тока | ВЧ 17<br>ВЧ-14 | 0,1—100 В<br>30—1000 мВ | 5<br>5 | (0,2—1000 мкс)<br>0—100 Гц | |

*Продолжение*

| Наименование | Тип | Диапазон измерений (чувствительность на длине волны) | Погрешность, %, не более | Спектральный диапазон (диапазон длительностей импульсов) | Номер по Госреестру |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 Осциллографы | С1—75 | 250 МГц, чувст 10 мВ/дел | 5 | | |
| | С1—70 | 50 МГц, чувст 10 мВ/дел — 5 В/дел | 5 | | |
| 14 Стробоскопический осциллограф с аналого-цифровым преобразователем | С7—9 | 6 ГГц, чувст 10 мВ/дел — 200 мВ/дел | 5 | | |
| 15 Наносекундный фотометр | ФН | $10^{-3}$—10 Дж | (16—30) | 0,53, 0,69, 1,06 мкм | 6608—78 |
| | | $10^{4}$—$10^{8}$ Вт | (22—35) | [(25—250)·$10^{-9}$ с] | |
| | | $3\cdot10^{6}$—$10^{8}$ Вт | (22—35) | | |
| 16 Частотный фотометр | ФЧ | $10^{-3}$—10 Дж | (17—35) | 0,53, 0,69, 1,06 мкм [(25—250)·$10^{-9}$ с] | 6609—78 |
| 17 Измеритель энергии и максимальной мощности однократного импульса излучения лазера | ИФО | $2,5\cdot10^{5}$—$10^{8}$ Вт | 15 | 0,38—1,3 мкм [(1—20)·$10^{-8}$ с] | 6865—78 |
| 18 Фотометр удаленного расположения | ФУР | $10^{-10}$—$10^{-7}$ Дж | 20 | 0,9 мкм | 8132—81 |
| | | $7\cdot10^{-7}$—$7\cdot10^{-5}$ Дж | 20 | 0,53, 0,69, 1,06 мкм | |
| 19 Лабораторный фотометр общего назначения | ЛФО | $10^{-4}$—10 Дж | (13—22) | 0,69 мкм | 6909—78 |
| | | $10^{-3}$—10 Дж | (13—24) | 0,53, 1,06 мкм | |

Примечание Допускается пользоваться средствами измерения других типов, у которых в пределах заданной в п 1 2 5 погрешности известны значения чувствительности

## СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕТОДУ Б

| Наименование | Тип | Диапазон измерений | Погрешность, %, не более | Спектральный диапазон (диапазон длительностей импульсов) | Номер по Госреестру |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Калориметрический твердотельный измеритель | ИКТ-1М | 0,05—150 (1000) Дж | 10(25) | 0,4—4 мкм ($10^{-8}$—$10^{-3}$ с) | 3556—73 |
| 2 Измеритель энергии излучения | ИЭИ-1К-1М | 0,5—30 Дж | 15 | 0,5—2; 10,6 мкм ($10^{-6}$—1 с) | 6140—77 |
| 3. Переносной малогабаритный фотометр широкого применения для импульсных и непрерывных лазеров | ФПМ-01 | $10^{-3}$—$0{,}5 \cdot 10^{-2}$ Дж | 20 | 0,69; 1,06 мкм ($0{,}2 \cdot 10^{-3}$—$10^{-2}$ с) | 7527—80 |
| 4 Переносной малогабаритный фотометр широкого применения для импульсных лазеров | ФПМ-02 | $5 \cdot 10^{-9}$—$0{,}5 \cdot 10^{-3}$ Дж<br>$5 \cdot 10^{-9}$—$10^{-5}$ Дж | 20 | 0,53; 0,69; 1,06 мкм<br>0,89—0,93 мкм | 7944—80 |
| 5. Измеритель мощности и энергии | М3-49 | $10^{-3}$—$10^{-1}$ Вт<br>$10^{-3}$—1 Дж | 10<br>17 | 0,4—11 мкм | 6862—78 |
| 6. Измеритель средней мощности и энергии | ИСМ-1 | $10^{-2}$—$10^{2}$ Вт<br>0,01—2 Дж | 10 | 0,4—1,1 мкм ($5 \cdot 10^{-9}$—$2 \cdot 10^{-7}$ с) | |
| 7. Измеритель энергии и максимальной мощности однократного импульса излучения лазеров | ИФО | $2 \cdot 10^{-3}$—$5 \cdot 10^{2}$ Дж | 15 | 0,38—1,3 мкм [(1—20) $\cdot 10^{-8}$ с] | 6865—78 |
| 8. Измеритель мощности непрерывного лазерного излучения | ИМН-1 | $10^{-6}$—$10^{-3}$ Вт | 10 | 0,63—1,15 мкм | |
| 9. Электронный счетный частотомер | Ч3-32 | 10 Гц—3,5 МГц<br>10—170 В | 1<br>5 | | 6370—77 |

*Продолжение*

| Наименование | Тип | Диапазон измерений | Погрешность, %, не более | Спектральный диапазон (диапазон длительностей импульсов) | Номер по Госреестру |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 Измеритель наносекундных импульсов | ИНИ 3 | $2 \cdot 10^{-8}$—$10^{-6}$ с | 5 | | |
| 11 Осциллографический измеритель однократных процессов | 6ЛОР-04 | 10—300 В<br>(30—500) $\cdot 10^{-9}$ с | 5<br>5 | | 5961—77 |
| 12 Многоканальный осциллографический измеритель | Лотос | (0,5—100) $\cdot 10^{-9}$ с | 5 | | |

Примечание Допускается пользоваться средствами измерений других типов, у которых в пределах заданной в пп 222 и 224 погрешности известны значения чувствительности

Редактор *Т. В Смыка*
Технический редактор *Н М Ильичева*
Корректор *Н Л Шнайдер*

Сдано в наб 14 06 83 Подп к печ 08 12 83 0 75 п л 0 64 уч изд л Тир 6000 Цена 3 коп

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер , 3
Тип «Московский печатник» Москва Лялин пер , 6 Зак 770

gost.e-ecolog.ru