ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ЛАЗЕРЫ

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И ЧАСТОТЫ ПОВТОРЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

ГОСТ 25213–82

Издание официальное

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 длительности и частоты повторения импульсов излучения

Methods for measurement of the pulse length and the pulse repetition frequency

ГОСТ 25213—82

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12 апреля 1982 г. № 1501 срок введения установлен

с 01.07. 1983 г.

Настоящий стандарт устанавливает два метода измерения длительности и частоты повторения импульсов излучения лазеров, работающих в режиме однократного импульса, серии импульсов и периодической последовательности импульсов (частотном):

А — метод непосредственной оценки;

Б — метод, основанный на воспроизведении формы импульса излучения.

Стандарт следует применять совместно с ГОСТ 24714—81.

1. ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение длительности и частоты повторения импульсов лазерного излучения основано на преобразовании лазерного излучения в электрический сигнал и измерении длительности (частоты повторения) импульса электрического сигнала.

Издание официальное **Перепечатка воспрещена**

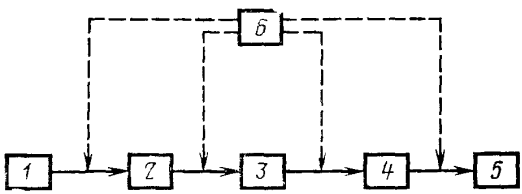
★

© Издательство стандартов, 1982

2. МЕТОД А

2.1. Аппаратура

2.1.1. Схема расположения средств измерений и вспомогательных устройств при измерении приведена на чертеже.



1—исследуемый лазер; *2*—оптическая система; *3*—ослабитель; *4*—измерительный преобразователь; *5*—измеритель временных интервалов (частотомер); *6*—средство юстировки

Перечни рекомендуемых средств измерений и вспомогательных устройств приведены в приложении 1.

2.1.2. Оптическая система должна обеспечивать распространение лазерного излучения в заданном телесном угле и попадание пучка лазерного излучения на измерительный преобразователь. При этом плотность мощности (энергии) излучения на выходе оптической системы не должна превышать предельно допустимую для измерительного преобразователя лазерного излучения.

В качестве элементов оптической системы могут применяться экраны, диафрагмы, линзы и другие вспомогательные устройства.

Погрешность, вносимая оптической системой, обусловленная искажением формы импульса лазерного излучения, не должна превышать 5%.

Если размеры поперечного сечения пучка и плотность мощности (энергии) лазерного излучения не превышают размеров приемной площадки и предельно допустимой плотности мощности (энергии) измерительного преобразователя, оптическую систему не применяют.

2.1.3. Ослабитель должен обеспечивать поглощение или отражение заданной доли энергии лазерного излучения.

Коэффициент ослабления ослабителя (K) определяют из условия

$$K > \frac{W_л}{W_п}, \qquad (1)$$

где $W_л$ — энергия импульса излучения, указанная в стандартах на лазеры, Дж;

$W_{в}$ — верхний предел энергетического диапазона измерительного преобразователя, Дж.

Погрешность, вносимая ослабителем, обусловленная искажением формы импульса лазерного излучения, не должна превышать 5%.

Если энергия импульса (мощность) лазерного излучения не превышает верхнего предела энергетического диапазона измерительного преобразователя, ослабитель не применяют.

2.1.4. Спектральный, энергетический и временной диапазоны измерительного преобразователя должны обеспечивать преобразование лазерного излучения исследуемого лазера. Время нарастания переходной характеристики измерительного преобразователя должно быть не менее чем в три раза меньше длительности импульса лазерного излучения, если иное не установлено в стандартах или ТУ на конкретные типы лазеров.

Примечание. Допускается применять измерительные преобразователи, у которых время нарастания переходной характеристики меньше длительности импульса лазерного излучения менее чем в три раза, но при этом погрешность измерения длительности и частоты повторения импульса излучения должна соответствовать установленной в п. 2.3.

Погрешность измерительного преобразователя, обусловленная нелинейностью характеристики преобразования лазерного излучения, не должна превышать 5%.

2.1.5. Временной и энергетический диапазоны измерителя временных интервалов и частотомера должны обеспечивать измерение длительности и частоты повторения импульса электрического сигнала на выходе измерительного преобразователя.

Допускаемая основная погрешность измерителя временных интервалов не должна превышать 10%, частотомера 1%.

2.1.6. Средство юстировки должно обеспечивать прохождение оси диаграммы направленности лазерного излучения через центры приемных площадок оптической системы, ослабителя, измерительного преобразователя. В качестве средства юстировки рекомендуется применять визуализатор, газовый лазер непрерывного режима работы в видимой области спектра с расходимостью пучка излучения не более 10′ или другие вспомогательные устройства.

2.2. Подготовка и проведение измерений

2.2.1. Устанавливают исследуемый лазер, средства измерения и вспомогательные устройства и готовят их к работе в соответствии с нормативно-технической документацией на них.

2.2.2. Соединяют измерительный преобразователь с измерителем временных интервалов (частотомером).

2.2.3. Включают исследуемый лазер.

2.2.4. Добиваются попадания пучка лазерного излучения в центр приемных площадок оптической системы, ослабителя, измерительного преобразователя. Контроль прохождения лазерного

излучения осуществляют визуально с помощью визуализатора или другого средства юстировки.

Если в качестве средства юстировки используют газовый лазер, то исследуемый лазер включают после процесса юстировки.

2.2.5. Включают измеритель временных интервалов (частотомер) и определяют длительность (частоту повторения) импульса лазерного излучения.

2.3. Показатели точности измерений

2.3.1. Погрешность измерения длительности импульса лазерного излучения находится в пределах ±15% при доверительной вероятности 0,95.

2.3.2. Погрешность измерения частоты повторения импульсов излучения находится в пределах ±10% при доверительной вероятности 0,95.

2.3.3. Расчет погрешности измерения приведен в справочном приложении 2.

3. МЕТОД Б

3.1. Аппаратура

3.1.1. Схема расположения средств измерения и вспомогательных устройств при измерении должна соответствовать указанной на чертеже (п. 2.1.1), где измеритель временных интервалов (частотомер) заменен осциллографом.

3.1.2. Временной и энергетический диапазоны осциллографа должны обеспечивать измерение параметров импульса электрического сигнала на выходе измерительного преобразователя. Допускаемая основная погрешность осциллографа не должна превышать 5%.

3.2. Подготовка и проведение измерений

3.2.1. Подготовка к измерению — по п. 2.2.1.

3.2.2. Соединяют измерительный преобразователь с осциллографом.

3.2.3. Проводят операции по пп. 2.2.3 и 2.2.4.

3.2.4. Включают осциллограф и устанавливают коэффициент *развертки изображения импульса таким, чтобы измеряемый им*пульс занимал не менее половины рабочей части экрана; при измерении частоты повторения импульсов на рабочей части экрана должно помещаться не менее двух импульсов излучения.

3.2.5. Измеряют длительность импульса на уровне 0,5 от максимального значения импульса (если иное не установлено в стандартах или ТУ на лазеры конкретных типов) и период повторения импульсов путем считывания показаний осциллографа по масштабной сетке или калибровочным меткам времени. Допускается проводить измерение по фотографии формы импульса, полученной с экрана осциллографа.

В справочном приложении 3 приведен пример определения длительности импульса и других параметров формы импульса (длительности фронта и среза, амплитуды и др.).

3.3. Обработка результатов измерения

3.3.1. Частоту повторения импульсов лазерного излучения ($F_и$) в герцах вычисляют по формуле

$$F_и = \frac{1}{T}, \qquad (2)$$

где T — период повторения импульсов излучения, с.

3.4. Показатели точности измерений

3.4.1. Погрешность измерения длительности импульса излучения находится в пределах 12% при доверительной вероятности 0,95.

3.4.2. Расчет погрешности измерения приведен в справочном приложении 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

ПЕРЕЧНИ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Таблица 1

Измерители временных интервалов

Наименование	Тип	Диапазон измерений, В	Длительность импульсов, с	Частота повторения импульсов, Гц	Погрешность, не более	Режим работы
Измеритель временных интервалов	И2—23	0,5—150	10^{-6} —1	20—10^7	$1\cdot10^{-4}\ t$—10^{-7} с $0{,}1U_m$+0,1В	Частотный, однократный импульс
Измеритель временных интервалов	И2—26	0,03—150	$10\cdot10^{-9}$ —$10\cdot10^{-3}$	10—10^5	$5\cdot10^{-7}t$+$0{,}8\cdot10^{-9}$с	То же
Измеритель параметров импульсов	И4—3	$0{,}5\cdot10^{-3}$ —10	$5\cdot10^{-9}$ —$3\cdot10^{-6}$ 10^{-8} —$3\cdot10^{-6}$	50—10^5 0—100	±0,15τ+3нс 5%, 10% (по ампл.)	»
Измеритель наносекундных импульсов	ИНИ-3	10—170	$5\cdot10^{-8}$ —10^{-6}	0—10^9	7% (по ампл.) 5% (временная)	Частотный
Измеритель параметров импульсов	И4—5	0,1—900	$1\cdot10^{-9}$ —$5\cdot10^{-2}$	20—$3\cdot10^8$	$\left(1+\frac{U_n}{U_x}\right)$%	»
Электронно-оптическая камера	АГАТ-СФ		$30\cdot10^{-12}$—$50\cdot10^{-9}$	—	$(0{,}25\ t_и+\tau)$ с $(0{,}1\ l+\Delta l)$ мм	Однократный импульс
Измеритель осциллографический однократных процессов	6ЛОР-04	10—300	$(30—500)\cdot10^{-9}$	—	5% (по ампл.) 5% (временная)	То же »

Таблица 2

Электронно-счетные частотомеры

Тип	Диапазон частот, Гц	Уровень входного сигнала, В (Вт)	Пределы измерения длительности		Относительная погрешность по частоте, не более
			периодов (диапазон частот), Гц	импульсов, с	
Ч3-57	$0,1—5\cdot10^{8}$	0,3—10	$10^{6}—10^{-2}$	$10^{-5}—10^{4}$	$1,5\cdot10^{-7}$
Ч3-54	$0,1—3\cdot10^{8}$	0,1—100	$0—10^{6}$	$10^{-7}—10^{5}$	$1,5\cdot10^{-7}$
Ч3-50	$0,01—3,2\cdot10^{8}$	—	$10^{-2}—10^{7}$	$10^{-8}—10^{2}$	$1\cdot10^{-7}$
Ч3-36	$10—5\cdot10^{7}$	Свыше 0,1	$10^{5}—10$	—	$2\cdot10^{-8}$
Ч3-44	$0,1—6\cdot10^{7}$	$10^{-2}—10^{2}$	—	—	$1\cdot10^{-5}$
Ч3-45	$40—2\cdot10^{9}$	$(10^{-4}—5\cdot10^{-3})$	—	—	$1\cdot10^{-5}$
Ч3-51	$8—17\cdot10^{9}$	$(2\cdot10^{-4}—5\cdot10^{-3})$	—	—	$3\cdot10^{-5}$
Ч3-46	$1,5—12\cdot10^{9}$	$(2\cdot10^{-4}—5\cdot10^{-3})$	—	—	$1\cdot10^{-5}$

Таблица 3

Осциллографы

Тип	Предельная частота, МГц	Чувствительность, мВ/дел	Погрешность, %, не более	
			амплитуды	временных параметров
С1—70	0—50	20	—	4
С1—75	0—250	10	—	—
СК1—95	0—100	5	1	$5\cdot10^{-4}$ Т
С9—5	0—5	1	3	2
С7—10А	0—1200	1000	4	4

Таблица 4

Измерительные преобразователи и фотометры лазерного излучения

Тип	Спектральный диапазон, мкм	Напряжение питания, В	Время нарастания переходной характеристики (временное разрешение), нс	Диаметр приемной площадки, мм	Темновой ток, А, не более
Фотоэлементы					
Ф 22	0,4—0,7	300	1	25	10^{-14}
Ф 32	0,215—1,1	2000	0,15	10	10^{-9}
Ф 33	0,215—0,7	2000	0,15	10	10^{-10}
ФЭК-22СПУ	0,22—0,45	1000	0,5	90	10^{-6}
ФЭК-29КПУ	0,22—1,1	1000	0,5	90	10^{-6}
Фотоумножители					
ФЭУ 84—6	0,4—0,83	1900	20	25	$5 \cdot 10^{-10}$
ФЭУ- 100	0,17—0,83	2000	Не более 50	—	$3 \cdot 10^{-9}$
28 ЭЛУ-Ф15	0,22—0,85	3000	3,0	—	10^{-11}
Фотодиоды					
ФПЗ-1	0,4—1,1	6	20*	1,9	10^{-8}
ФПЗ-3	0,4—1,1	10	Не более 3*	2,1	$3 \cdot 10^{-9}$
ФД182(ФД24К)	0,4—1,1	27	200*	10	$5 \cdot 10^{-6}$
ФД156(ФДК-155)	0,4—1,1	—	50—500	4,5	$5 \cdot 10^{-6}$

Продолжение табл. 4

Тип	Спектральный диапазон, мкм	Напряжение питания, В	Время нарастания переходной характеристики (временное разрешение), нс	Диаметр приемной площадки, мм	Темновой ток, А, не более
Фотометры					
ФН	0,4—1,1	—	10	50	—
ЛФО	0,4—1,1	—	0,5	50	—
Преобразователи измерительные фотометрические					
ФК1—2	0,38—1,3	1000	0,8	90	10^{-6}
ФК-15	0,38—1,1	1000	0,5	90	10^{-6}
ФК-19	0,38—1,1	1000	0,7	90	10^{-6}
ФК-20	0,38—1,1	1000	0,8	90	10^{-6}
ФК-26	0,38—1,1	1000	0,5	100	10^{-6}
ФК-30	0,38—1,3	1000	0,8	100	10^{-6}

* В спектральной области 0,4—0,9 мкм.

Таблица 5

Ослабители

Наименование, тип ослабителя	Коэффициент ослабления	Спектральный диапазон, нм	Допустимая плотность энергии, Дж/см²
Плоскопараллельная пластина, толщиной 1—3 мм, изготовленная из нейтрального стекла марки:		350—3000	1—10 при длительности импульса по уровню 0,5 10^{-3}—10^{-8} с
НС-1	1,43		
НС-2	3,34		
НС-3	10,0		
НС-6	1,25		
НС-7	1,67		
НС-8	3,34		
НС-9	10,0		
НС-10	100,0		
Плоскопараллельная пластина из германия или кремния толщиной 2—10 мм	1,67—1,25	3000—11000	
Ослабители, основанные на френелевском отражении от поверхности диэлектрика, прозрачного в заданной области спектра:			
стекло оптическое бесцветное	33,4—10,0	350—3000	10 при длительности импульса по нулевому уровню 10^{-6}—10^{-8} с
германий, кремний	20,0—5,0	3000—11000	
Ослабители, основанные на отражении от диффузно рассеивающих поверхностей (молочные стекла, окись магния, сернокислый барий, матированные поверхности металлов)	10000—10	350—11000	

Примечание к табл. 1—5. Допускается применение других средств измерений, метрологические характеристики которых соответствуют требованиям настоящего стандарта.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

РАСЧЕТ

погрешности измерения длительности и частоты повторения импульсов лазерного излучения

1. При проведении ответственных измерений и для исключения грубых ошибок проводят n измерений длительности и частоты повторения импульсов лазерного излучения.

Обработка результатов — по ГОСТ 11.002—73.

2. Расчет погрешности δ зависит от способа выражения погрешности средств измерений.

2.1. Погрешность средств измерений, заданную в виде пределов допускаемых значений ($\delta_{j\text{доп}}$), вычисляют по формуле

$$\delta = \pm K \sqrt{\sum_{j=1}^{N} \delta_{j\text{доп}}^2}, \qquad (1)$$

где N — число суммируемых погрешностей;

K — коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью.

При доверительной вероятности 0,95 и $N \geqslant 4$ коэффициент K равен 1,1, при $N < 4$ коэффициент K равен 1,2.

2.2. Погрешность измерения длительности и частоты повторения (δ) импульсов лазерного излучения при заданных $\delta_{j\text{доп}}$ средств измерений вычисляют по формулам:

метод А:

для измерения длительности

$$\delta = \pm 1{,}1 \sqrt{\delta_1^2+\delta_2^2+\delta_3^2+\delta_4^2+\delta_5^2}, \qquad (2)$$

для измерения частоты повторения

$$\delta = \pm 1{,}1 \sqrt{\delta_1^2+\delta_2^2+\delta_3^2+\delta_4^2+\delta_6^2}, \qquad (3)$$

метод Б:

для измерения длительности и частоты повторения

$$\delta = \pm 1{,}1 \sqrt{\delta_1^2+\delta_2^2+\delta_3^2+\delta_4^2+\delta_7^2}, \qquad (4)$$

где δ_1 — погрешность, вносимая ослабителем (находится в пределах ±5%);

δ_2 — погрешность, вносимая оптической системой (находится в пределах ±5%);

δ_3 — погрешность, обусловленная инерционностью измерительного преобразователя (находится в пределах ±1%);

δ_4 — погрешность, обусловленная нелинейностью характеристики преобразования измерительного преобразователя (находится в пределах ±5%);

δ_5 — допускаемая основная погрешность измерителя временных интервалов (находится в пределах $\pm 10\%$);

δ_6 — допускаемая основная погрешность частотомера (находится в пределах $\pm 1\%$);

δ_7 — допускаемая основная погрешность осциллографа (находится в пределах $\pm 5\%$).

2.3. Погрешность средств измерений указана раздельно в виде случайной σ_j и неисключенной систематической погрешности Θ_j:

$$\delta = \pm K \cdot S_\Sigma , \qquad (5)$$

где K — коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей (по ГОСТ 8.207—76);

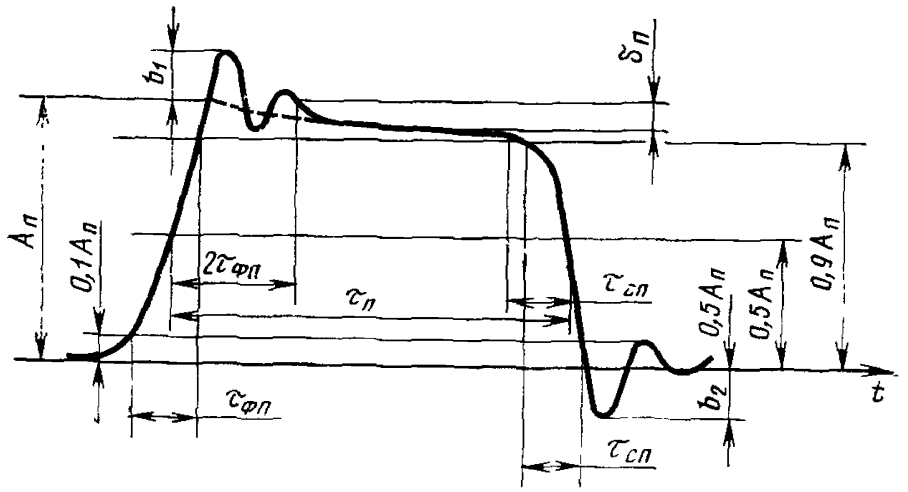
S_Σ — суммарное среднее квадратическое отклонение результата измерения

$$S_\Sigma = \sqrt{\sum_{j=1}^{N} \sigma_j^2 + \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{N} \Theta_j^2} . \qquad (6)$$

Для снижения общей случайной погрешности проводят n измерений. Проверяют соотношение между Θ и S_Σ и пренебрегают малой погрешностью по сравнению с большой (по ГОСТ 8.207—76).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Пример определения длительности импульса лазерного излучения по методу Б



$A_п$ —высота прямоугольного импульса, находится путем продления плоской части вершины до пересечения с фронтом прямоугольного импульса; $\tau_п$ —длительность прямоугольного импульса; $\tau_{фп}$ —длительность фронта прямоугольного импульса; $\tau_{сп}$ —длительность среза прямоугольного импульса; b_1 —выброс на вершине прямоугольного импульса; b_2 —выброс в паузе прямоугольного импульса; $\delta_п$ —неравномерность вершины прямоугольного импульса

Редактор *Р. С. Федорова*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Н. Л. Шнайдер*

Сдано в наб. 29.04.82 Подп. к печ. 30.06.82 1,0 п. л. 0,78 уч.-изд. л. Тир. 10000 Цена 5 коп.

gost.e-ecolog.ru

очета» Издательство стандартов, 123557, Москва, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 648