

---

---

**Лазеры и связанное с ними  
оборудование. Методы испытаний для  
определения ширины лазерного пучка,  
углов расхождения и коэффициентов  
распространения пучка.**

Часть 1.  
**Стигматические и простые  
астигматические пучки**

*Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser beam  
widths, divergence angles and beam propagation ratios —*

*Part 1. Stigmatic and simple astigmatic beams*

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R  
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



**Отказ от ответственности при работе в PDF**

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на интегрированные шрифты и они не будут установлены на компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe - торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованные для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11146-1:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9ee98ab2-1ed8-4392-be17-49761e8a81c5/iso-11146-1-2005>



**ДОКУМЕНТ ОХРАНЯЕТСЯ АВТОРСКИМ ПРАВОМ**

© ISO 2005

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране запрашивающей стороны.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Опубликовано в Швейцарии

## Содержание

Страница

Предисловие .....	iv
Введение .....	v
1 Область применения .....	1
2 Нормативные ссылки .....	1
3 Термины и определения .....	1
4 Системы координат .....	6
5 Принципы проведения испытаний .....	7
5.1 Применимость .....	7
5.2 Ширина пучка и диаметр пучка .....	7
5.3 Углы расхождения пучка .....	7
5.4 Коэффициенты распространения пучка .....	7
5.5 Комбинированные измерения положений перетяжки пучка, значений ширины пучка, углов расхождения пучка и коэффициентов его распространения .....	7
6 Схема измерений и испытательная аппаратура .....	8
6.1 Общие положения .....	8
6.2 Подготовка .....	8
6.3 Контроль внешних условий .....	8
6.4 Система детекторов .....	8
6.5 Оптика, формирующая пучок, и оптические аттенюаторы .....	9
6.6 Фокусирующая система .....	9
7 Измерения ширины и диаметра пучка .....	9
7.1 Методика испытаний .....	9
7.2 Оценивание .....	9
8 Измерение углов расхождения .....	11
8.1 Методика испытаний .....	11
8.2 Оценивание .....	12
9 Комбинированные измерения положений перетяжки пучка, ширины пучка, углов расхождения пучка и коэффициентов его распространения .....	12
10 Протокол испытания .....	14
Библиография .....	18

## Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные государственные и негосударственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. Что касается стандартизации в области электротехники, то ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC).

Проекты международных стандартов разрабатываются в соответствии с правилами, установленными в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Основная задача технических комитетов заключается в подготовке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения не менее 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

Международный стандарт ISO 11146-1 подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 172, *Оптика и фотоника*, Подкомитетом SC 9, *Электрооптические системы*.

Настоящее первое издание международного стандарта ISO 11146-1 вместе с документом ISO/TR 11146:1999 отменяет и заменяет международный стандарт ISO 11146:1999, который был технически пересмотрен и дополнен.

Международный стандарт 11146 состоит из следующих частей под общим названием *Лазеры и связанное с ними оборудование. Методы испытаний для определения ширины лазерного пучка, углов расхождения и коэффициентов распространения пучка*:

- *Часть 1. Стигматические и простые астигматические пучки*
- *Часть 2. Общие астигматические пучки*
- *Часть 3. Классификация, распространение и подробности методов испытания лазерного пучка по внутренним и геометрическим параметрам (Технический отчет)*

## Введение

Характеристики распространения каждого лазерного пучка могут быть определены методом моментов второго порядка с использованием десяти независимых параметров (см. документ ISO/TR 11146-3). Однако благодаря более высокой симметрии большинства лазерных пучков, представляющих практический интерес, для их описания требуется меньшее число параметров. На практике большинство лазеров излучают стигматические или простые астигматические пучки, что связано с конструкцией их резонаторов.

В настоящей части международного стандарта ISO 11146 описываются методы измерений стигматических и простых астигматических пучков, тогда как в части 2 этого стандарта рассматриваются методы измерений общих астигматических пучков. В случаях, когда тип пучков неизвестен, должны применяться методы части 2. Определение характеристик пучка методом моментов второго порядка, как описано в обеих частях настоящего стандарта, обосновано только в параксиальном приближении.

Теоретическое описание характеристик и распространения пучка, а также классификация лазерных пучков представлены в документе ISO/TR 11146-3, являющимся информативным Техническим отчетом и описывающим методы вычитания фона и коррекции смещения.

В настоящей части международного стандарта ISO 11146 для определения значений ширины пучков используются моменты второго порядка распределения плотности мощности (энергии). Однако при непосредственном измерении этих величин в пучках некоторых источников лазерного излучения могут возникать трудности. В этом случае до тех пор, пока получаются сравнимые результаты, могут быть использованы другие косвенные методы измерения моментов второго порядка.

В документе ISO/TR 11146-3 описываются три альтернативных метода измерения ширины пучка и их связь с методом, используемым в настоящей части международного стандарта ISO 11146. К таким методам относятся:

- метод переменной апертуры;
- метод подвижной опорной призмы;
- метод подвижной щели.

Проблема зависимости результатов измерения от пределов усечения области интегрирования была исследована и оценена путем проведения в 1997 году международного циклического эксперимента. При подготовке настоящего документа учитывались результаты этого эксперимента.

Международная организация по стандартизации (ISO) обращает внимание на заявление, что соответствие настоящему документу может включать использование патента, касающегося определения характеристик пучка путем измерения вдоль каустической поверхности пучка, преобразованного линзами, как описано в 5.5.

ISO не сформулировало своей позиции в отношении подтверждения, юридической силы и применения этих патентных прав.

Владелец указанных патентных прав (U.S. No. 5,267,012) уверяет ISO, что он готов на разумных и справедливых условиях переуступить лицензии всем, кто обратится к нему с этой просьбой. Это заявление владельца патентных прав зарегистрировано ISO. Соответствующую информацию можно получить по адресу:

Coherent Inc.  
5100 Patrick Henry Drive  
Santa Clara, CA 95056-0980  
USA

Следует иметь в виду, что некоторые элементы настоящего документа могут быть объектом патентного права. ISO не может нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.



# Лазеры и связанное с ними оборудование. Методы испытаний для определения ширины лазерного пучка, углов расхождения и коэффициентов распространения пучка.

## Часть 1.

### Стигматические и простые астигматические пучки

#### 1 Область применения

В настоящей части ISO 11146 описываются методы измерения ширины (диаметра) пучка, углов расхождения и коэффициента распространения лазерных пучков. Настоящая часть ISO 11146 распространяется только на стигматические и простые астигматические пучки. Если тип пучка неизвестен, а также в случае общих астигматических пучков следует применять ISO 11146-2.

#### 2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные документы являются обязательными при применении данного документа. Для жестких ссылок применяется только цитированное издание документа. Для плавающих ссылок необходимо использовать самое последнее издание нормативного ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO 11145, *Оптика и оптические приборы. Лазеры и связанное с ними оборудование. Словарь и условные обозначения*

ISO 11146-2, *Лазеры и связанное с ними оборудование. Методы испытаний для определения ширины лазерного пучка, углов расхождения и коэффициентов распространения пучка. Часть 2. Общие астигматические лучи*

ISO 13694, *Оптика и оптические приборы. Лазеры и лазерное оборудование. Методы определения распределения плотности мощности (энергии) лазерного пучка*

IEC 61040:1990, *Детекторы, контрольно-измерительные приборы и оборудование для измерения мощности и энергии лазерного излучения*

#### 3 Термины и определения

В настоящем документе используются термины и определения, установленные в международных стандартах ISO 11145, ISO 13694, IEC 61040, а также термины и определения, установленные ниже.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В представленных определениях оси  $x$ ,  $y$  и  $z$  относятся к лабораторной системе координат, описанной в Разделе 4. Здесь и далее во всем документе термин "распределение плотности мощности  $E(x,y,z)$ " относится к источникам незатухающих колебаний. В случае импульсных источников этот термин может быть заменен термином "распределение плотности энергии  $H(x,y,z)$ ".

**3.1**  
**моменты первого порядка распределения плотности мощности**  
**first order moments of power density distribution**

$\bar{x}, \bar{y}$

координаты центра тяжести распределения плотности мощности в поперечном сечении пучка, определяемые как

$$\bar{x}(z) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) x \, dx \, dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) dx \, dy} \quad (1)$$

и

$$\bar{y}(z) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) y \, dx \, dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) dx \, dy} \quad (2)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Для практических применений бесконечные пределы интегрирования усекаются определенным способом, приведенным в Разделе 7.

**3.2**  
**моменты второго порядка распределения плотности мощности**  
**second order moments of power density distribution**

$\sigma_x^2, \sigma_y^2, \sigma_{xy}^2$

нормированные взвешенные интегралы распределения плотности мощности, определяемые как

$$\sigma_x^2(z) = \langle x^2 \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) (x - \bar{x})^2 dx \, dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) dx \, dy} \quad (3)$$

и

$$\sigma_y^2(z) = \langle y^2 \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) (y - \bar{y})^2 dx \, dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) dx \, dy} \quad (4)$$

и



$$\sigma_{xy}^2(z) = \langle xy \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z)(x - \bar{x})(y - \bar{y}) dx dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) dx dy} \quad (5)$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для практических применений бесконечные пределы интегрирования усекаются определенным способом, приведенным в Разделе 7.

ПРИМЕЧАНИЕ 2  $\sigma_{xy}^2$  - символическое обозначение, а не истинный квадрат. Эта величина может принимать положительное, отрицательное или нулевое значение.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Угловые скобки – обозначения операторов, используемые в международном стандарте ISO 11146-1 и ISO/TR 11146-3.

### 3.3

#### главные оси распределения плотности мощности principal axes of a power density distribution

оси максимальной и минимальной протяженности пучка, определяемые на основе центрированных моментов второго порядка распределения плотности мощности в поперечном сечении пучка

ПРИМЕЧАНИЕ Оси максимальной и минимальной протяженности пучка всегда перпендикулярны друг к другу.

### 3.4

#### ориентация распределения плотности мощности orientation of a power density distribution

$\varphi$

угол между осью  $x$  лабораторной системы координат и главной осью распределения плотности мощности, которая располагается ближе к оси  $x$

ПРИМЕЧАНИЕ Из этого определения следует, что  $-\pi/4 < \varphi < \pi/4$  для  $|\varphi| \neq \pi/4$ ;  $\varphi$  определяется как угол между осью  $x$  и главной осью (осью максимальной протяженности пучка) распределения плотности мощности.

### 3.5

#### ширины пучка beam widths

$d_{ox}, d_{oy}$

протяженность распределения плотности мощности в поперечном сечении пучка в осевом положении  $z$ , вдоль главной оси, которая располагается ближе к оси  $x$  или оси  $y$  лабораторной системы координат, определяемая на основе центрированных моментов второго порядка распределения плотности мощности

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Если главные оси образуют с осями  $x$  и  $y$  лабораторной системы координат угол  $\pi/4$ , тогда  $d_{ox}$  является по соглашению большей шириной пучка.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Это определение отличается от определения, данного в международном стандарте ISO 11145:2001, п. 3.5.2, в котором значения ширины пучка определяются только в лабораторной системе координат, тогда как для целей настоящей части ISO 11146 значения ширины пучка определяются в системе координат главных осей.

### 3.6

#### эллиптичность распределения плотности мощности ellipticity of a power density distribution

$\varepsilon$

отношение минимальной ширины пучка к максимальной ширине пучка

### 3.7

**круговое распределение плотности мощности**  
**circular power density distribution**

распределение плотности мощности, эллиптичность которого составляет более чем 0,87

### 3.8

**диаметр пучка**  
**beam diameter**

$d_{\sigma}$

протяженность кругового распределения плотности мощности, определяемая на основе моментов второго порядка

### 3.9

**стигматизм**  
**stigmatism**

характеристика пучка с круговым распределением плотности мощности в любой плоскости при свободном распространении, определяющая распределения плотности мощности после прохождения через цилиндрическую линзу, имеющие такую же или азимутальную ориентацию, как и ориентация линзы

### 3.10

**простой астигматизм**  
**simple astigmatism**

характеристика нестигматического пучка, полярный угол которого определяет постоянную ориентацию при свободном распространении, сохраняющего свою исходную ориентацию после прохождения через цилиндрический оптический элемент, цилиндрическая ось которого параллельна главным осям пучка

ПРИМЕЧАНИЕ Главные оси распределения плотности мощности, соответствующие пучку с простым астигматизмом, называются главными осями этого пучка.

### 3.11

**общий астигматизм**  
**general astigmatism**

характеристика пучка, не являющегося стигматическим или простым астигматическим пучком

ПРИМЕЧАНИЕ В настоящей части международного стандарта ISO 11146 рассматриваются только стигматические и простые астигматические пучки. Что касается общих астигматических пучков, см. международный стандарт ISO 11146-2.

### 3.12

**положения перетяжки пучка**  
**beam waist locations**

$z_{0x}$ ,  $z_{0y}$ ,  $z_0$

положения относительно плоскости отсчета  $z = 0$ , в которых значения ширины пучка или диаметр пучка достигают своих минимальных значений вдоль оси распространения

См. Рисунок 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В случае общих астигматических пучков, которые не рассматриваются в настоящей части международного стандарта, это определение не применяется.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для простых астигматических пучков положения перетяжки,  $z_{0x}$  и  $z_{0y}$ , соответствующие главным осям, могут совпадать, но могут и не совпадать.

### 3.13

**значения ширины перетяжки пучка**  
**beam waist widths**

$d_{\sigma x0}$ ,  $d_{\sigma y0}$

значения ширины пучка в положениях перетяжки простого астигматического пучка

ПРИМЕЧАНИЕ  $d_{\sigma x 0}$  – ширина пучка  $d_{\sigma x}$  в положении  $z_{0x}$ ,  $d_{\sigma y 0}$  – ширина пучка  $d_{\sigma y}$  в положении  $z_{0y}$ .

### 3.14

#### диаметр перетяжки пучка beam waist diameter

$d_{\sigma 0}$

диаметр пучка в положении перетяжки стигматического пучка

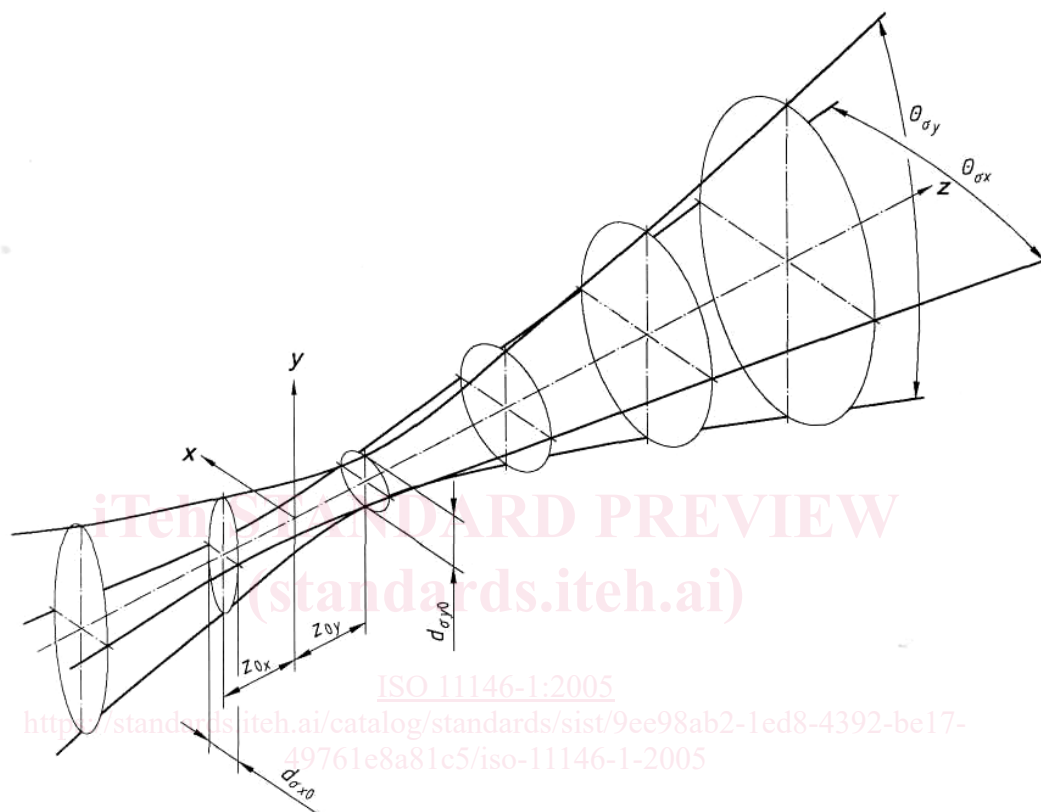


Рисунок 1 — Параметры распространения простого астигматического пучка

### 3.15

#### углы расхождения пучка beam divergence angles

$\theta_{\sigma x}$ ,  $\theta_{\sigma y}$ ,  $\theta_{\sigma}$

мера увеличения ширины пучка или диаметра пучка при увеличении расстояния от положений перетяжки пучка, определяемая по формуле:

$$\theta_{\sigma x} = \lim_{(z-z_{0x}) \rightarrow \infty} \frac{d_{\sigma x}(z)}{z - z_{0x}} \quad (6)$$

и

$$\theta_{\sigma y} = \lim_{(z-z_{0y}) \rightarrow \infty} \frac{d_{\sigma y}(z)}{z - z_{0y}} \quad (7)$$

для простых астигматических пучков и