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

Часть 2.
Общие астигматические пучки

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

Part 2: General astigmatic beams

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



Ссылочный номер
ISO 11146-2:2005(R)

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 11146-2:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>



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
Web 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.....	5
5 Принципы проведения испытаний.....	5
5.1 Общие положения.....	5
5.2 Пространственные моменты второго порядка распределения Вигнера.....	6
5.3 Моменты второго порядка распределения Вигнера.....	6
5.4 Выводимые величины.....	6
6 Схема измерений и испытательная аппаратура.....	6
6.1 Общие положения.....	6
6.2 Подготовка.....	6
6.3 Контроль внешних условий	6
6.4 Система детекторов	7
6.5 Оптика, формирующая пучок, и оптические аттенюаторы.....	7
7 Измерение моментов второго порядка.....	8
7.1 Общие положения.....	8
7.2 Измерения моментов второго порядка распределений плотности мощности	8
7.3 Измерения моментов второго порядка распределения Вигнера.....	10
8 Определение эффективного коэффициента распространения пучка	12
9 Определение внутреннего астигматизма	12
10 Определения параметра закручивания	13
11 Протокол испытания	13
Библиография	15

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 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. 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 Части 1 ISO 11146 описываются методы измерений стигматических и простых астигматических пучков, тогда как в настоящей части этого стандарта рассматриваются методы измерений общих астигматических пучков. Настоящая часть ISO 11146 распространяется на пучки неизвестного типа. Определение характеристик пучка методом моментов второго порядка, как описано в Части 1 и в настоящей части ISO 11146, обосновано только в параксиальном приближении.

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

В настоящей части 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 ISO/TR 11146-3 описываются три альтернативных метода измерения ширины пучка и их связь с методом, используемым в настоящей части 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 2. Общие астигматические пучки

1 Область применения

В настоящей части международного стандарта ISO 11146 описываются методы измерения ширины (диаметра) пучка, углов расхождения и коэффициентов распространения лазерных пучков. Настоящая часть ISO 11146 распространяется на общие астигматические пучки или пучки неизвестных типов. Стигматические и простые астигматические пучки рассматриваются в ISO 11146-1.

В настоящей части ISO 11146 для описания лазерных пучков используются моменты второго порядка распределения Вигнера, а не физические величины, например ширина и углы расхождения пучка. Однако эти физические величины тесно связаны с этими моментами. В документе ISO/TR 11146-3 приведены формулы для вычисления всех соответствующих физических величин с использованием измеренных моментов второго порядка.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>

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 11146-1:2005, *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*

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
обобщенный диаметр пучка
generalized beam diameter

d_g
 мера протяженности распределения плотности мощности в поперечном сечении пучка в положении на оси z , определяемая с использованием центрированных моментов второго порядка по формуле:

$$d_g = 2\sqrt{2} \sqrt{\langle x^2 \rangle + \langle y^2 \rangle} \quad (1)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Данное определение аналогично определению диаметра пучка, приведенного в ISO 11145 или ISO 1146-1. Однако в этом контексте определение не ограничивается круговыми распределениями плотности мощности.

3.2
положение обобщенной перетяжки пучка
generalized beam waist location

$z_{0,g}$
 положение, в котором обобщенный диаметр пучка достигает своего минимального значения вдоль оси распространения

3.3
обобщенная релеевская длина
generalized Rayleigh length

$z_{R,g}$
 расстояние вдоль оси пучка от обобщенной перетяжки пучка, на котором обобщенный диаметр пучка в $\sqrt{2}$ раз больше диаметра обобщенной перетяжки пучка

3.4
распределение Вигнера
Wigner distribution

распределение в фазовом пространстве, представляющее лазерный пучок в поперечной плоскости в положении z

ПРИМЕЧАНИЕ Распределение Вигнера является функцией пространственных и двух угловых координат, определяя мощность пучка, распространяющегося через точку (x,y) в направлении (φ_x, φ_y) .

3.5
пространственные моменты первого порядка распределения Вигнера
spatial first order moments of the Wigner distribution

$\langle x \rangle, \langle y \rangle$
 подмножество моментов первого порядка, которые могут быть непосредственно получены из измеренного распределения плотности мощности по формулам:

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

и

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

где $E(x, y, z)$ – распределение плотности мощности в плоскости $z = \text{константа}$.

3.6 моменты второго порядка распределения Вигнера second order moments of the Wigner distribution

$$\langle x^2 \rangle, \langle y^2 \rangle, \langle xy \rangle, \langle Q_x^2 \rangle, \langle Q_y^2 \rangle, \langle Q_x Q_y \rangle, \langle x Q_x \rangle, \langle x Q_y \rangle, \langle y Q_x \rangle, \langle y Q_y \rangle$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Десять моментов второго порядка содержат информацию по следующим физическим характеристикам пучка: размеры пучка и его ориентация, углы расхождения и их ориентация, радиусы кривизны фазового парабооида и их ориентация, а также параметр закручивания. Подробное описание этих соотношений дается в ISO/TR 11146-3.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В ISO 11146-1 три пространственных момента второго порядка определяются как s_x^2 , s_y^2 и s_{xy}^2 . В настоящей части ISO 11146 и в ISO/TR 11146-3 угловые скобки используются для указания координат моментов. Это означает, что $s_x^2 = \langle x^2 \rangle$, $s_y^2 = \langle y^2 \rangle$ и $s_{xy}^2 = \langle xy \rangle$.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Три угловых момента $\langle \Theta_x^2 \rangle$, $\langle \Theta_y^2 \rangle$ и $\langle \Theta_x \Theta_y \rangle$ не зависят от z . Остальные семь моментов второго порядка, вообще говоря, являются функциями z .

3.7 пространственные моменты второго порядка распределения Вигнера spatial second order moments of the Wigner distribution

$$\langle x^2 \rangle, \langle y^2 \rangle \text{ и } \langle xy \rangle$$

подмножество моментов второго порядка, которые могут быть непосредственно получены из измеренного распределения плотности мощности по формулам:

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

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

и

$$\langle xy \rangle(z) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) (x - \langle x \rangle)(y - \langle y \rangle) \, dx \, dy}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E(x, y, z) \, dx \, dy} \quad (6)$$

3.8
матрица пучка
beam matrix
P

Симметричная и положительно определенная матрица 4×4, содержащая все десять моментов второго порядка распределения Вигнера и его элементы, определяемая по формуле:

$$P = \begin{bmatrix} \langle x^2 \rangle & \langle xy \rangle & \langle xQ_x \rangle & \langle xQ_y \rangle \\ \langle xy \rangle & \langle y^2 \rangle & \langle yQ_x \rangle & \langle yQ_y \rangle \\ \langle xQ_x \rangle & \langle yQ_x \rangle & \langle Q_x^2 \rangle & \langle Q_x Q_y \rangle \\ \langle xQ_y \rangle & \langle yQ_y \rangle & \langle Q_x Q_y \rangle & \langle Q_y^2 \rangle \end{bmatrix} \quad (7)$$

3.9
эффективный коэффициент распространения пучка
effective beam propagation ratio

M_{eff}^2

инвариантная величина, связанная с фокусируемостью общего астигматического пучка, определяемая как

$$M_{eff}^2 = \frac{4\pi}{I} [\det(P)]^{\frac{1}{4}} \quad (8)$$

где $\det(P)$ – детерминант матрицы ***P***.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Эффективный коэффициент распространения пучка M_{eff}^2 инвариантен относительно распространения полного пучка или локализации пучка в области ближнего и дальнего поля.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В случае простых астигматических пучков эффективный коэффициент распространения пучка является средним геометрическим значением коэффициентов распространения пучка вдоль его главных осей:

$$M_{eff}^2 = \sqrt{M_x^2 \times M_y^2} . \text{ В случае стигматических пучков } M_{eff}^2 = M^2 .$$

3.10
внутренний астигматизм
intrinsic astigmatism

a

величина, показывающая насколько близко к стигматическому пучку можно преобразовать общий астигматический пучок, используя линзы и свободные пространства

$$a = \frac{8\pi^2}{I^2} \left(\left(\langle x^2 \rangle \langle Q_x^2 \rangle - \langle xQ_x \rangle^2 \right) + \left(\langle y^2 \rangle \langle Q_y^2 \rangle - \langle yQ_y \rangle^2 \right) + 2 \left(\langle xy \rangle \langle Q_x Q_y \rangle - \langle xQ_y \rangle \langle yQ_x \rangle \right) \right) - \left(M_{eff}^2 \right)^2 \geq 0 \quad (9)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Пучки классифицируются в соответствии с их внутренним астигматизмом ***a***, который является инвариантной величиной. Пучок с $a = 0$ называется пучком с внутренним стигматизмом; пучок с $a > 0$ называется пучком с внутренним астигматизмом. Для простых астигматических пучков $a = (1/2)(M_x^2 - M_y^2)^2$. Более подробная информация дается в ISO/TR 11146-3.

3.11
параметр закручивания
twist parameter

t

параметр, связанный с вращательными характеристиками фазового фронта пучка, а также с орбитальным угловым моментом, переносимым пучком

$$t = \langle xQ_y \rangle - \langle yQ_x \rangle \quad (10)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Параметр закручивания является инвариантной величиной при распространении пучка через свободное пространство и сферические линзы. Эта инвариантность может нарушаться при распространении пучка через цилиндрические линзы.

3.12

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

[ISO 11146-1:2005]

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

3.13

ориентация распределения плотности мощности orientation of a power density distribution

j

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

[ISO 11146-1:2005]

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

3.14

ширины пучка beam widths

d_{sx} , d_{sy}

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

[ISO 11146-1:2005]

4 Системы координат

Оси x , y и z определяют ортогональные пространственные направления в лабораторной системе осей и должны устанавливаться пользователем. Ось z должна приблизительно совпадать с направлением пучка. Оси x и y являются поперечными осями, обычно горизонтальной и вертикальной, соответственно. Начало оси z располагается в плоскости отсчета x - y , определяемой изготовителем, например, на передней стороне кожуха лазера.

5 Принципы проведения испытаний

5.1 Общие положения

Следующие принципы проведения испытаний применимы к общим астигматическим пучкам. Что касается стигматических и простых астигматических пучков, то для них может применяться ISO 11146-1.