استاندارد ملی ایران

۱۱۷۱۰-۱

چاپ اول

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran

ISIRI

11710-1

1st.edition

لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر- روش‌های آزمون برای تعیین پهنا، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو لیزر- قسمت اول: پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده

Lasers and laser-related equipment - Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios -Part 1:Stigmatic and simple astigmatic beams

ICS:31.260

بنام خدا

آشنایی با موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران

موسسه استانداردوتحقیقات صنعتی ایران به موجب بندیک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین ومقررات موسسه استاندارو تحقیقات صنعتی ایران،مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعین، تدوین ونشراستاندارد های ملی(رسمی) ایران را برعهده دارد .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف کمیسیون فنی مرکب ازکارشناسان موسسه* صاحب نظران مراکز وموسسات علمی، پژوهشی ، تولید واقتصادی آگاه ومرتبط انجام می شود وکوششی همگام بامصالح ملی و باتوجه به شرایط تولیدی، فناوری وتجاری است که از مشارکت اگاهانه ومنصفانه صاحبان حق ونفع ، شامل تولید کنندگان ، مصرف کنندگان ، صادرکنندگان واردکنندگان، مراکزعلمی وتخصصی، نهادها ، سازمان های دولتی وغیردولتی حاصل می شود.پیش نویس استاندارد های ملی برای نظر خواهی به مراجع ذی نفع و اعضاءکمسیون های فنی مربوطه ارسال می شود. وپس از دریافت نظرهاوپیشنهادها درکمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح درصورت تصویب به عنوان استاندارد ملی(رسمی) ایران چاپ ومنتشر می شود .

پیش نویس استانداردهایی که موسسات وسازمان‌های علاقه مند ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی ودر صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی)چاپ ومنتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین ودرکمیته ملی استاندارد مربوطه که موسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد .

موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک(IEC)[2] وسازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی(OIML)[3] است وبه عنوان تنهارابط[4] کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5] درکشورفعالیت می کند . درندوین استاندارد های ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی ونیاز مندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی وصنعتی جهان و استاندارد های بین المللی بهره گیری می شود.

موسسه استانداردوتحقیقات صنعتی ایران می تواندبارعایت موازین پیش بینی شده درقانون برای حمایت ازمصرف کنندگان،حفظ سلامت وایمنی فردی وعمومی،حصول اطمینان ازکیفیت محصولات وملاحظات زیست محیطی واقتصادی اجرای بعضی ازاستاندارد های ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشورو / یا اقلام وارداتی باتصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. موسسه می تواند به منظورحفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی ودرجه بندی آن را اجباری نماید.و هم‌چنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان ازخدمات سازمان هاو موسسات فعال، در زمینه آموزش، مشاوره ، بازرسی، ممیزی وصدور گواهی سیستم های کیفیت ومدیریت زیست محیطی ، آزمایشگاه ها ومراکزکالیبراسیون(واسنجی) وسایل سنجش، موسسه استاندارد این گونه سازمان ها موسسات رابراساس ضوابط نظام تاییدصلاحیت ایران ارزیابی می کند ودرصورت احرازشرایط لازم،گواهی تایید صلاحیت با آن‌ها اعطاء و برعملکرد آن‌ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکا های کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار قلزات گرانبها وانجام تحقیقات کاربردی برای ارتقاع سطح استاندارد های ملی ایران از دیگر وظایف این موسسه است

---

* موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران

1- International Organization for standardization
2 -International Electro technical commission
3 - International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4 – Contact point
5 – Codex Alimentations commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد" لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر-روش‌های آزمون برای تعیین پهنا، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو لیزر-قسمت اول: پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده"

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
منتصری، آتوسا (فوق لیسانس فیزیک پزشکی)	بیمارستان پارس
دبیر:	
منا، نامجو (لیسانس فیزیک کاربردی)	سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
اعضا: (اسامی به‌ترتیب حروف الفبا)	
اسماعیل‌زاده، امیر (لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت پارس جنوبی
بشارت، زهرا (لیسانس فیزیک کاربردی)	سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
حسن‌زاده، نادیا (لیسانس فیزیک کاربردی)	اداره کل استاندارد تحقیقات صنعتی استان تهران
علینقیزاده، محمدرضا (فوق لیسانس فیزیک پزشکی)	بیمارستان پارس
فیروزی، مینا (لیسانس مهندسی برق و الکترونیک)	شرکت رایان درمان

فهرست

پیش‌گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۴ سیستم‌های مختصات ۵
۵ اصول آزمون ۶
۵-۱ قابلیت اجرا ۶
۵-۲ پهنا و قطر پرتو ۷
۵-۳ زوایای واگرایی پرتو ۷
۵-۴ نسبت انتشار پرتو ۷
۵-۵ اندازه‌گیری ترکیبی محل قرار گیری کمر پرتو، پهنای پرتو، زوایای واگرایی پرتو و نسبت انتشار پرتو ۷
۶ ترتیب اندازه‌گیری و تجهیزات آزمون ۸
۶-۱ کلیات ۸
۶-۲ آماده‌سازی ۸
۶-۳ کنترل محیط ۸
۶-۴ سیستم آشکارساز ۸
۶-۵ سیستم‌های اپتیکی شکل‌دهی پرتو و تضعیف کننده‌های اپتیکی ۹
۶-۶ سیستم کانونی‌کننده ۹
۷ پهنای پرتو و اندازه گیری قطر پرتو ۱۰
۷-۱ روش انجام آزمون ۱۰
۷-۲ ارزیابی ۱۰
۸ اندازه‌گیری زوایای واگرایی ۱۲
۸-۱ روش انجام آزمون ۱۲
۸-۲ ارزیابی ۱۳
۹ تعیین ترکیبی محل قرارگیری کمر پرتو، پهن شدگی پرتو، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو ۱۳
۱۰ گزارش آزمون ۱۶
پیوست الف (اطلاعاتی)کتاب‌نامه ۲۰

پیش‌گفتار

استاندارد" لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر-روش‌های آزمون برای تعیین پهنا، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو لیزر-قسمت اول: پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و دریک‌صد و نود و چهارمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مورخ۸۷/۸/۲۸ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات و صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 11146-1:2005, Lasers and laser-related equipment —Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios —Part 1: Stigmatic and simple astigmatic beams

مقدمه

ویژگی‌های انتشار پرتو لیزر را می‌توان با استفاده از روش ممان مرتبه دوم با ده پارامتر مستقل توصیف کرد (به استاندارد ISO/TR11146-3 رجوع شود). اگرچه با توجه به تقارن زیاد، برای توصیف پرتوی بیشتر لیزرهای کاربردی به پارامترهای کمتری نیاز است. بیشتر لیزرهای کاربردی به علت طراحی تشدیدکننده-هایشان پرتوهایی منتشر می‌کنند که اِستیگماتیک یا آستیگمات ساده هستند.

این استاندارد، روش‌های اندازه‌گیری برای پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگمات ساده را توصیف می‌کند و در استاندارد ISO 11146-2 روند اندازه‌گیری برای پرتوهای اِستیگماتیک عمومی تعیین شده‌است. برای پرتو-های ناشناخته باید روش استاندارد ISO 11146-2 به کار گرفته‌شود. پرتو بر اساس روش ممان مرتبه دوم توصیف می‌شود و همانگونه که در استاندارد ISO 11146-2 بیان شده است، تنها تقریب نزدیک محوری مورد قبول است.

در استاندارد ISO/TR11146-3 که یک گزارش فنی اطلاعاتی است و روش کسر زمینه و تصحیح مقدار جبرانی را شرح می‌دهد، شرح تئوری ویژگی‌ها و انتشار پرتو با توجه به طبقه‌بندی پرتوهای لیزر تعیین شده-است.

دراین استاندارد، از ممان مرتبه دوم توزیع چگالی توان (انرژی) برای تعیین پهن‌شدگی پرتو استفاده‌شده است. ممکن است اندازه‌گیری مستقیم این کمیات از پرتو، در برخی منابع لیزر با مشکلاتی همراه باشد. در این موارد، ممکن است تا بدست آمدن نتیجه، از دیگر روشهای غیر مستقیم اندازه‌گیری ممان مرتبه دوم استفاده شود.

در استاندارد ISO/TR11146-3، سه روش متفاوت برای اندازه‌گیری پهنای پرتو و ارتباط آن‌ها با روش‌های استفاده شده در این استاندارد شرح داده شده است. این روش‌ها عبارتند از:

- روش گشودگی متغیر؛
- روش لبه چاقوی متحرک؛
- روش شکاف متحرک.

مشکل مربوط به وابستگی نتیجه اندازه‌گیری به محدود بودن حدود منطقه انتگرال‌گیری، با استفاده از یک تجربه بین‌المللی که در سال ۱۹۹۷ بدست آمد، ارزیابی و رسیدگی می‌شود. نتیجه این آزمون تجربی در طول تهیه این استاندارد در نظر گرفته شده است.

لیزرها وتجهیزات مرتبط با لیزر-روش‌های آزمون برای تعیین پهنا، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو لیزر-قسمت اول: پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌های اندازه‌گیری پهنای پرتو(قطر)، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو لیزر است. این استاندارد، تنها در خصوص پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده کاربرد دارد. برای پرتوهای آستیگماتیک عمومی و در مواردی که پرتو ناشناخته است، باید استاندارد ISO 11146-2 به‌کاربرده شود.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است.
بدینترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب میشود.
در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.
استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 11145, Optics and optical instruments — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols;
2-2 ISO 11146-2, Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam widths, divergence angles
and beam propagation ratios — Part 2: General astigmatic beams
2-3 ISO 13694, Optics and optical instruments — Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser
beam power (energy) density distribution
2-4 IEC 61040:1990, Power and energy measuring detectors, instruments and equipment for laser radiation.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات با تعاریف زیر و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ISO13694, ISO 11145 و IEC 61040 به کار می‌روند:

یادآوری همان‌طور که در بند ۴ شرح داده شده است، در این اصطلاحات محورهای x، y و z منسوب به سیستم آزمایشگاه است. در این بند و در این استاندارد عبارت "توزیع چگالی توان $E(x,y,z)$" منسوب به چشمه موج پیوسته است. این عبارت در خصوص چشمه‌های پالسی باید با "توزیع چگالی انرژی $H(x,y,z)$" جایگزین گردد.

۳-۱ ممان مرتبه اول از یک توزیع چگالی توان

مرکز مختصات توزیع چگالی توان از یک سطح مقطع از پرتو مطابق زیر تعیین می‌شود:

$$\bar{x}(z) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} E(x,y,z)\,x\;\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y}{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} E(x,y,z)\,\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y} \qquad (۱)$$

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

و

$$\bar{y}(z)=\frac{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)\,y\;\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y}{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y} \qquad (۲)$$

یادآوری برای کاربرد عملی، حدود انتگرال معین با روشی معین که در بند ۷ بیان شده است کاهش می‌یابد.

۳-۲ ممان مرتبه دوم از توزیع چگالی توان

$\sigma_x^{۲}$، $\sigma_y^{۲}$ و $\sigma_{xy}^{۲}$

انتگرال‌های وزنی نرمالیزه شده روی توزیع چگالی توان مطابق زیر تعیین می‌شود:

$$\sigma_{\mathrm{x}}^2(z)=\left\langle x^2\right\rangle=\frac{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)(x-\bar{x})^2\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y}{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y} \qquad (۳)$$

و

$$\sigma_{\mathrm{y}}^2(z)=\left\langle y^2\right\rangle=\frac{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)(y-\bar{y})^2\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y}{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y} \qquad (۴)$$

و

$$\sigma_{\mathrm{xy}}^2(z)=\left\langle xy\right\rangle=\frac{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)(x-\bar{x})(y-\bar{y})\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y}{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}E(x,y,z)\mathrm{d}x\;\mathrm{d}y} \qquad (۵)$$

یادآوری۱ برای کاربرد عملی، حدود انتگرال معین با روشی مشخص که در بند ۷ بیان شده است کاهش می‌یابد.

یادآوری۲ $\sigma_{xy}^{۲}(z)$ کمیتی نمادین است و مربع واقعی نیست. این کمیت مقادیر مثبت، منفی و صفر را اختیار می‌کند.

یادآوری۳ براکت زاویه‌ای، مشابه مورد استفاده شده در استانداردهای ISO11146-2 و ISO 11146-3 نمادی برای عملگر است.

۳-۳ محور اصلی توزیع چگالی توان

محور حداکثر و حداقل پهن‌شدگی پرتو بر اساس ممان مرتبه دوم مرکزی توزیع چگالی توان در یک مقطع عرضی است.

یادآوری محور حداکثر و حداقل پهن‌شدگی همیشه بر هم عمود هستند.

۳-۴ جهت‌گیری یک توزیع چگالی توان

φ

زاویه بین محور x از سیستم آزمایشگاهی و محور اصلی توزیع چگالی توان که به محور x نزدیک‌تر است

یادآوری از این تعریف استنباط می‌شود که برای $|\varphi| \neq$ ۴/л، $-$۴/л$< \varphi <$ ۴/л ؛ اگر $\varphi =\pm$ ۴/л، φ به عنوان زاویه بین محور x و محور اصلی بزرگتر توزیع چگالی توان (محور حداکثر پهن‌شدگی) تعریف می‌شود..

۳-۵ پهنای پرتو

$d_{\sigma y}$ ،$d_{\sigma x}$

پهن‌شدگی یک توزیع چگالی توان در مقطع عرضی پرتو، در مکانی از محور z در طول محور اصلی که به محورهای x یا y سیستم مختصات آزمایشگاهی نزدیک‌تر است، که به ترتیب بر اساس ممان مرتبه دوم توزیع چگالی توان می‌باشد.

یادآوری۱ اگر محور اصلی با محور x و y سیستم مختصات آزمایشگاهی زاویه ۴/л بسازد، در نتیجه طبق قرارداد $d_{\sigma x}$ بزرگ‌ترین پهنای پرتو است.

یادآوری۲ این تعریف با تعریف ارائه شده در بند ۳-۵-۲ از استاندارد ISO 11145:2001 که پهنای پرتو تنها در سیستم آزمایشگاهی تعریف شده است، متفاوت می‌باشد. در این استاندارد، پهنای پرتو در سیستم محورهای اصلی تعریف می‌شود.

۳-۶ بیضی گونی یک توزیع چگالی توان

ε

نسبت بین حداکثر و حداقل پهنای پرتو.

۳-۷ توزیع چگالی توان دایروی

توزیع چگالی توانی است که بیضی‌گونی آن بیش‌تر از ۰/۸۷ باشد.

۳-۸ قطر پرتو

d_σ

پهن‌شدگی یک توزیع چگالی توان دایروی، بر اساس ممان مرتبه دوم.

۳-۹ اِستیگماتیسم

خصوصیات پرتویی که در هر صفحه تحت انتشار آزاد، توزیع‌های چگالی توان دایروی داشته باشد و توزیع‌های چگالی توان، بعد از عبور از میان یک عدسی استوانه‌ای، همگی دارای جهت گیری مشابه یا محوری با عدسی باشند.

۱۰-۳ آستیگماتیسم ساده

خصوصیات پرتویی که اِستیگماتیک نمی‌باشد و زاویه سمتی، جهت‌گیریی ثابتی را تحت انتشار آزاد نمایش می‌دهد، و جهت‌گیری اصلی خود را پس از عبور از یک عنصر اپتیکی استوانه‌ای که محور طولی آن با یکی از محورهای اصلی پرتو موازی است از دست نمی‌دهد.

یادآوری محور اصلی توزیع چگالی توان متناظر با پرتویی با آستیگماتیسم ساده، محور اصلی آن پرتو نامیده می‌شود.

۱۱-۳ آستیگماتیسم عمومی

خصوصیت پرتویی که نه اِستیگماتیک است و نه آستیگماتیک ساده.

یادآوری این استاندارد تنها به پرتوهای اِستیگماتیک و آسیگماتیک ساده می‌پردازد. برای پرتوهای آستیگماتیک عمومی به استاندارد ISO11146-2 مراجعه شود.

۱۲-۳ محل قرارگیری کمر پرتو

z_{0x} z_{0y} z_0

فاصله از صفحه مبدا z=۰ تا جایی که پهنای پرتو یا قطر پرتو به کم‌ترین مقدار خود در راستای محور انتشار می‌رسد.

به شکل ۱ مراجعه شود.

یادآوری۱ در خصوص پرتوهای آستیگماتیک عمومی، که خارج از مبحث این استاندارد می‌باشند این تعریف کاربرد ندارد.

یادآوری۲ برای پرتوهای آستیگماتیک ساده، محل قرارگیری کمر پرتو z_{0x} و z_{0y} متناظر با محور اصلی است که ممکن است با هم منطبق یا نامنطبق باشند.

۱۳-۳ پهنای کمر پرتو

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

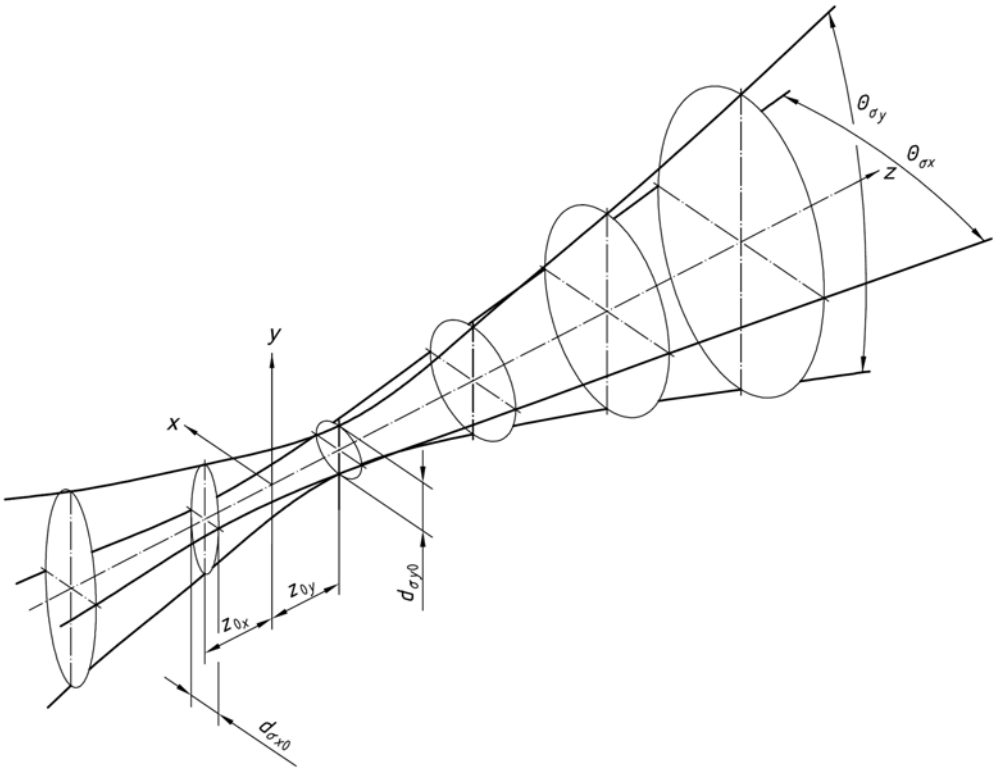
پهنای کمر پرتو در مکان قرارگیری کمر پرتو در پرتوهای آستیگماتیک ساده.

یادآوری $d_{\sigma x0}$ پهنای پرتو $d_{\sigma x}$ در مکان z_{0x} و $d_{\sigma y0}$ پهنای پرتو $d_{\sigma y}$ در مکان z_{0y} است.

۱۴-۳ قطر کمر پرتو

$d_{\sigma 0}$

قطر پرتو در مکان قرارگیری کمر یک پرتو آستیگماتیک ساده.



شکل۱- پارامترهای انتشار پرتو در یک پرتو آستیگماتیک ساده

۱۵-۳ زوایای واگرایی پرتو

$\Theta_{\sigma x}$, $\Theta_{\sigma y}$, Θ_{σ}

میزان افزایش پهنای پرتو یا قطر پرتو با افزایش فاصله از محل قرارگیری کمر پرتو که با معادلات زیر تعیین می‌شود:

برای پرتوهای آستیگماتیک ساده،

$$\Theta_{\sigma x} = \lim_{(z-z_{0x})\to\infty} \frac{d_{\sigma x}(z)}{z - z_{0x}} \qquad (۶)$$

و

$$\Theta_{\sigma y} = \lim_{(z-z_{0y})\to\infty} \frac{d_{\sigma y}(z)}{z - z_{0y}} \qquad (۷)$$

و برای پرتوهای اِستیگماتیک:

$$\Theta_{\sigma} = \lim_{(z-z_{0})\to\infty} \frac{d_{\sigma}(z)}{z - z_{0}} \qquad (۸)$$

یادآوری۱ زاویه واگرایی به عنوان یک زاویه کامل بیان می‌شود.

یادآوری۲ این تعریف با تعاریف بیان‌شده در بند ۳-۱۸-۲ از استاندارد ISO 11145:2000 که زویای واگرایی تنها در سیستم آزمایشگاه مشخص می‌گردد، متفاوت است. در این استاندارد، زوایای واگرایی پرتو در سیستم محورهای اصلی مشخص می‌گردد.

۳-۱۶ نسبت انتشار پرتو

یادآوری همان‌طور که در بندهای ۳-۱۶-۱ و۳-۱۶-۲ مشخص شده است، نسبت انتشار پرتو برای پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده ثوابت انتشار هستند، تنها تا زمانی که اجزاء اپتیکی استفاده‌شده تغییر نکنند ویژگی‌های پرتو اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده نیز تغییر نخواهد کرد.

۳-۱۶-۱ نسبت انتشار پرتو

M_y^2 ,M_x^2

< پرتوهای آستیگماتیک ساده> نسبت حاصل‌ضرب پارامترهای پرتو مورد نظردر طول محور اصلی به حاصل‌ضرب پارامترهای پرتو گوسی کامل بدون پراشی با طول موج یکسان λ

$$M_x^2 = \frac{\pi}{\lambda} \frac{d_{\sigma x0}\Theta_{\sigma x}}{4} \quad (۹)$$

$$M_y^2 = \frac{\pi}{\lambda} \frac{d_{\sigma y0}\Theta_{\sigma y}}{4} \quad (۱۰)$$

۳-۱۶-۲ نسبت انتشار پرتو

M^2

< پرتوهای اِستیگماتیک> نسبت حاصل‌ضرب پارامترهای پرتو مورد نظر، به حاصل‌ضرب پارامترهای پرتو گوسی کامل بدون پراش (TEM_{00}) با طول موج یکسان λ

$$M^2 = \frac{\pi}{\lambda} \frac{d_{\sigma 0}\Theta_{\sigma}}{4} \quad (۱۱)$$

۴ سیستم‌های مختصات

محورهای x، y و z در سیستم آزمایشگاهی جهت‌های فضایی عمود بر هم را مشخص می‌کنند که باید توسط کاربر مشخص شوند. محور z باید بر جهت پرتو منطبق باشد. محور x و y محورهای متقاطع هستند، که برخی مواقع به ترتیب، افقی و عمودی هستند. مبدا محور z در صفحه مرجع x-y توسط سازنده مشخص می‌شود، برای مثال، جلوی محفظه لیزر.

۵ اصول آزمون

۵-۱ قابلیت اجرا

اصول آزمون زیر تنها در خصوص پرتوهای اِستیگماتیک و آستیگماتیک ساده معتبر است. برای پرتوهای آستیگماتیک عمومی باید استاندارد ISO 11146-2 به‌کارگرفته شود.

۵-۲ پهنا و قطر پرتو

برای تعیین پهنا و قطر پرتو در مکان z، باید توزیع چگالی توان پرتو لیزر را در صفحه x-y برای این مکان اندازه‌گیری کرد، در صورت لزوم باید تصحیح مناسب زمینه به‌کارگرفته شود(رجوع شود به استاندارد ISO/TR 11146-3). از توزیع چگالی توان اندازه‌گیری شده، ممان مرتبه اول و مرتبه دوم مرکزی محاسبه می‌شود، از ممان مرتبه دوم مرکزی پهنای پرتو $d_{\sigma x(z)}$، $d_{\sigma y(z)}$، بیضی گونی، ε و در صورت نیاز، قطر پرتو، $d_{\sigma (z)}$ ، نیز تعیین می‌گردد.

۵-۳ زوایای واگرایی پرتو

زوایای واگرایی به دنبال اندازه‌گیری پهنای پرتو یا قطر پرتو در صفحه کانون یک عنصر کانونی کننده تعیین می‌گردد. در ابتدا پرتو لیزر باید توسط یک عنصر کانونی کننده فاقد ابیراهی تغییر شکل داده شود. برای پرتوهای آستیگماتیک ساده، پهنای پرتو، $d_{\sigma xf}$ و $d_{\sigma yf}$ در فاصله کانونی f، به طور مجزا از صفحه اصلی پشتی عنصر کانونی کننده اندازه‌گیری می‌شود. زوایای فضایی مربوطه، $\Theta_{\sigma x}$ و $\Theta_{\sigma y}$ با استفاده از معادلات زیر تعیین می‌شوند:

$$\Theta_{\sigma x} = \frac{d_{\sigma xf}}{f} \qquad (۱۲)$$

و

$$\Theta_{\sigma y} = \frac{d_{\sigma yf}}{f} \qquad (۱۳)$$

برای پرتوهای اِستیگماتیک، قطر پرتو $d_{\sigma f}$ اندازه‌گیری می‌شود، و زاویه واگرایی Θ_{σ} با استفاده از معادله زیر تعیین می‌شود:

$$\Theta_{\sigma} = \frac{d_{\sigma f}}{f} \qquad (۱۴)$$

۵-۴ نسبت انتشار پرتو

برای تعیین نسبت انتشار پرتو M_x^2، M_y^2 یا M^2، باید پهنای کمر پرتو $d_{\sigma x0}$، $d_{\sigma y0}$ یا قطر کمر $d_{\sigma 0}$ و زوایای واگرایی پرتو مربوطه $\Theta_{\sigma x}$، $\Theta_{\sigma y}$ یا Θ_{σ} تعیین گردد.

۵-۵ اندازه‌گیری ترکیبی محل قرار گیری کمر پرتو، پهنای پرتو، زوایای واگرایی پرتو و نسبت انتشار پرتو

همان طور که در بند ۹ بیان شده است، مقادیر پهناهای پرتو در طول محور انتشار باید با یک هذلولی انطباق داشته‌باشد. محل قرارگیری کمر پرتو، پهنای کمر پرتو، زوایای واگرایی پرتو و نرخ انتشار پرتو با استفاده از پارامترهای انطباق بدست می‌آید.

۶ ترتیب اندازه‌گیری و تجهیزات آزمون

۶-۱ کلیات

آزمون بر اساس اندازه‌گیری مقطع عرضی توزیع چگالی توان در تعدادی از مکان‌های محوری در طول محور انتشار پرتو انجام می‌شود.

۶-۲ آماده‌سازی

محور اپتیکی سیستم اندازه‌گیری باید با پرتوی که اندازه‌گیری می‌شود هم‌محور باشد. به این منظور ابزار تطبیق اپتیکی مناسبی در دسترس است. (به طور مثال لیزرهای تراز[1] یا آینه‌های راهبری[2]).

گشودگی سیستم اپتیکی باید تمام سطح مقطع پرتو لیزر را از خود عبور دهد. اتلاف ناشی از حذف قسمتی از پرتو، باید کم‌تر از ۱٪ کل انرژی یا توان پرتو باشد. برای صحت آزمون، می‌توان گشودگی‌هایی را با پهناهای گوناگون در مقابل هر جزء اپتیکی در مسیر پرتو قرار داد. گشودگی که سیگنال خروجی را ۵٪ کاهش می-دهد باید قطری کمتر از ۰/۸ برابر گشودگی اجزای اپتیکی داشته باشد.

اجزای اپتیکی تضعیف کننده یا شکل‌دهنده پرتو باید به نحوی قرار گیرند که محور اپتیکی از میان مرکز هندسی آن‌ها عبور کند. باید مراقب بود تا از خطای سیستماتیک جلوگیری شود. بازتاب، اثرهای تداخلی، بازتاب نور محیط، تشعشع حرارتی یا جریان‌های هوا همه دلایل افزایش عدم قطعیت می‌باشند.

۶-۳ کنترل محیط

به منظور اطمینان از پایین بودن خطای احتمالی کل در پارامتهای اندازه‌گیری شده، باید اقدامات مناسبی مانند برپایی آزمون با عایق‌کاری مکانیکی و آکوستیکی، حفاظت در برابر تشعشعات خارجی، تثبیت دمای آزمایشگاه و انتخاب تقویت کننده با نوفه پایین انجام گیرد.

برای اطمینان از اینکه محیط جوی مسیر پرتو لیزرهای توان بالا آری از گازها یا بخاراتی است که می‌توانند تشعشع لیزر را جذب نمایند و منجر به اغتشاشات حرارتی در پرتو در حال اندازه‌گیری شوند، باید مراقبت-های لازم انجام گردد.

۶-۴ سیستم آشکارساز

---

[1]- aligning laser
[2]- steering mirrors

اندازه‌گیری مقطع عرضی توزیع چگالی توان نیازمند استفاده از یک سیستم آشکارساز با توان تفکیک فضایی بالا و هم‌چنین نسبت سیگنال به نوفه بالا می‌باشد.
صحت اندازه‌گیری به طور مستقیم با تفکیک پذیری فضایی سیستم آشکارساز و نسبت سیگنال به نوفه در ارتباط است. این مورد برای پرتوهای لیزر با چگالی توان پایین در قطرهای بزرگتر مهم است.(به عنوان مثال برای قسمت‌های پراشیده پرتوهای لیزر).

یادآوری برای سیستم‌های آشکارساز پیکسلی، توان تفکیک فضایی باید حداقل یک بیستم پهنای پرتو یا قطر پرتو باشد.

در عمل، ممکن است نوفه در حواشی توزیع چگالی توان $E(x,y,z)$ به راحتی بر انتگرال ممان مرتبه دوم غلبه‌کند. بنابراین به طور معمول، روش تصیح زمینه باید به‌کارگرفته شود. برای جزئیات بیشتر به استاندارد ISO/TR11146-3 مراجعه شود.
سیستم آشکارساز باید با استاندارد IEC 61010:1990 مطابق باشد، به ویژه با بندهای ۳ و ۴. به‌علاوه نکات زیر نیز باید مورد توجه قرار گیرد:

- باید مراقب بود که آستانه تخریب صفحه آشکارساز مشخص‌باشد تا پرتو لیزر از آن تجاوز نکند.
- با استفاده از داده‌های تولیدکننده یا با اندازه‌گیری باید وابستگی خطی کمیت خروجی سیستم آشکارساز (مثل ولتاژ) به کمیت ورودی (توان لیزر) تاییدشود. هر وابستگی طول موجی، غیرخطی بودن یا غیر یکنواختی آشکارساز یا وسیله الکترونیکی باید حداقل باشد یا با استفاده از روش اجرایی کالیبراسیون تصحیح گردد.
- زمانی‌که برای تعیین توزیع چگالی توان از یک وسیله اسکن کننده استفاده‌می‌شود، باید مراقب بود تا خروجی لیزر در طول کل دوره اسکن کردن دارای پایداری مکانی و زمانی باشد.
- هنگام اندازه‌گیری پرتو لیزرهای پالسی، از آنجا که ممکن است در طول یک پالس پارامترهای پرتو تغییر کند، تاخیر زمانی نمونه‌گیری به همان اندازه مدت زمان اندازه‌گیری مهم است. بنابراین این پارامترها باید در گزارش آزمون مشخص شود.

۵-۶ سیستم‌های اپتیکی شکل دهی پرتو و تضعیف کننده‌های اپتیکی

اگر سطح مقطع عرضی پرتو از سطح آشکارساز بزرگ‌تر باشد، برای کاهش سطح مقطع پرتو روی سطح آشکارساز باید از یک سیستم اپتیکی مناسب استفاده شود. تغییر در بزرگ‌نمایی باید در طول ارزیابی در نظر گرفته‌شود.
سیستم اپتیکی باید متناسب با طول موج انتخاب شود.
تضعیف کننده‌های اپتیکی باید هنگامی استفاده شوند که توان خروجی یا چگالی توان بیش‌تر از محدوده کاری (خطی) یا آستانه تخریب باشد. هر طول موج، قطبش و وابستگی زاویه‌ای، غیر خطی بودن یا غیر یکنواختی، شامل اثرهای حرارتی تضعیف‌کننده‌های اپتیکی، باید حداقل شود یا با استفاده از روش‌های اجرایی کالیبراسیون تصحیح گردد.

هیچ یک از عناصر اپتیکی استفاده‌شده نباید به طور قابل ملاحظه‌ای توزیع چگالی توان (انرژی) را تحت تاثیر قرار دهند.

۶-۶ سیستم‌های کانونی کننده

سیستم‌های کانونی کننده باید با الزامات مربوط به سیستم‌های اپتیکی شکل دهی پرتو، که در بند ۶-۵ تعیین شده‌است، مطابقت داشته باشند. عدم قطعیت کل، تحت تاثیر سیستم کانونی کننده باید کمتر از ۱٪ پهنای پرتو باشد.

۷ پهنای پرتو و اندازه گیری قطر پرتو

۷-۱ روش انجام آزمون

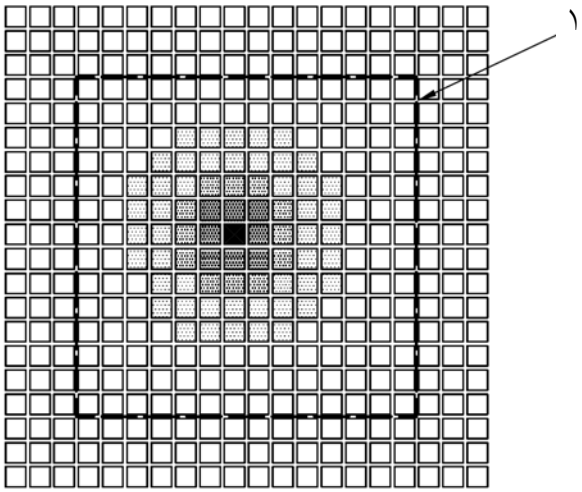
قبل از شروع اندازه‌گیری‌ها، برای رسیدن به حالت تعادل لیزر باید حداقل برای یک ساعت روشن باشد تا گرم گردد (مگراینکه توسط سازنده روش دیگری بیان شده باشد.) اندازه‌گیری‌ها باید در شرایط عملکردی که توسط سازنده برای ارزیابی نوع لیزر مشخص شده است، انجام گردد.

اندازگیری‌های سطح مقطع چگالی توزیع توان را در هر مکان z که پهنای پرتو در آن تعیین گردیده‌است، حداقل برای پنج بار تکرار کنید.

۷-۲ ارزیابی

قبل از ارزیابی پهنا یا قطر پرتو، باید رویه تصحیح زمینه برای توزیع اندازه‌گیری انجام گردد (به ISO/TR 11146-3مراجعه شود).

ممان مرتبه اول و ممان مرتبه دوم از اندازه گیری ها و توزیع‌های تصحیح شده محاسبه می‌شود. انتگرال گیری‌های مربوط روی یک زیر مجموعه از داده‌های اندازه‌گیری‌شده، که سطح انتگرال‌گیری نامیده می شود انجام‌می‌گردد. (به شکل ۲مراجعه شود.) و این بدان علت است که نوفه در داده‌ها ممکن است بر انتگرال گیری تاثیر بگذارد. در بسیاری از موارد یک انتخاب مناسب برای سطح انتگرال‌گیری، برای رسیدن به نتایج معتبر تعیین کننده است. روش زیر اندازه و موقعیت سطح انتگرال‌گیری را به اندازه و موقعیت توزیع چگالی توان اندازه‌گیری شده که در ابتدا ناشناخته است، مرتبط می‌سازد. از این رو روشی در زیر شرح داده شده-است.



راهنمای شکل:

۱ دور سطح انتگرال گیری

شکل ۲- نمایش شماتیک سطح آشکار شده توسط پرتو لیزر و سطح انتگرال گیری

همه انتگرال گیری‌ها در معادلات (۱) تا (۵) روی سطح انتگرال‌گیریی که با پرتو هم مرکز است، با ممان‌های مرتبه اول مشخص می‌شود و اندازه آن سه برابر پهن‌شدگی پرتو لیزر در جهت x و y است، انجام می‌شود. تازمانی که مرکز مختصات پرتو و پهنای پرتو ناشناخته هستند، روش با یک حدس ابتدایی از سطح انتگرال-گیری آغاز می‌شود. این سطح انتگرال‌گیری اولیه باید وضعیت پهن‌شدگی پرتو را تقریب بزند.

با استفاده از این سطح انتگرال‌گیری، مقادیر اولیه وضعیت پرتو و اندازه پرتو که برای محاسبه مجدد سطح انتگرال‌گیری استفاده می‌شوند، بدست می‌آید. از سطح انتگرال‌گیری جدید مقادیر جدید برای وضعیت پرتو و اندازه پرتو محاسبه می‌شود. این روش باید تا زمان نزدیک شدن به نتیجه ادامه یابد.

برای یک پرتو آستیگماتیک ساده می‌توان با استفاده از معادلات زیر جهت گیری محور اصلی پرتو، یا زاویه سمتی φ را از ممان مرتبه دوم توزیع چگالی توان بدست‌آورد،

برای $\sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$.

$$\varphi(z) = \frac{1}{2}\arctan\left(\frac{2\sigma_{xy}^2}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}\right) \qquad (۱۵)$$

در غیر این صورت زاویه سمتی φ با استفاده از معادله زیر بدست می‌آید.

$$\varphi = \mathrm{sgn}(\sigma_{xy}^2)\frac{\pi}{4} \qquad (۱۶)$$

که در آن

$$\mathrm{sgn}(\sigma^2{}_{xy}) = \frac{\sigma^2{}_{xy}}{\left|\sigma^2{}_{xy}\right|} \quad (۱۷)$$

پهنای پرتو در راستای محور اصلی با معادله زیرداده می‌شود:

برای $\sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$،

$$d_{\sigma x}(z) = 2\sqrt{2}\left\{\left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2\right) + \gamma\left[\left(\sigma_x^2 - \sigma_y^2\right)^2 + 4\left(\sigma_{xy}^2\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\right\}^{\frac{1}{2}} \quad (۱۸)$$

$$d_{\sigma y}(z) = 2\sqrt{2}\left\{\left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2\right) - \gamma\left[\left(\sigma_x^2 - \sigma_y^2\right)^2 + 4\left(\sigma_{xy}^2\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\right\}^{\frac{1}{2}} \quad (۱۹)$$

که در آن

$$\gamma = \mathrm{sgn}\left(\sigma_x^2 - \sigma_y^2\right) = \frac{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}{\left|\sigma_x^2 - \sigma_y^2\right|} \quad (۲۰)$$

در غیر این صورت پهنای پرتو با معادلات زیر داده می‌شود.

$$d_{\sigma x}(z) = 2\sqrt{2}\left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 2\left|\sigma_{xy}^2\right|\right)^{1/2} \quad (۲۱)$$

$$d_{\sigma y}(z) = 2\sqrt{2}\left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - 2\left|\sigma_{xy}^2\right|\right)^{1/2} \quad (۲۲)$$

این محاسبات را برای اندازه‌گیری به‌کار برید و مقدار میان
سمتی محاسبه کنید.

اگر بیضی گونی ε، بزرگتر از ۰/۸۷ باشد، ممکن است نیمرخ طولی پرتو در محل انـدازه گیـری بـا تقـارن در نظر گرفته‌شود و قطر پرتو را می‌توان از معادله زیر بدست‌آورد:

$$d_{\sigma}(z) = 2\sqrt{2}\left(\sigma_x^2 + \sigma_y^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (۲۳)$$

۸ اندازه‌گیری زوایای واگرایی

۸-۱ روش انجام آزمون

عنصر کانونی کننده را در مسیر پرتو به گونه‌ای قرار دهید که پرتو لیزر مورد اندازه‌گیری با محور اپتیکی آن هم محور باشد.

صفحه اندازه‌گیری سیستم آشکارساز را به اندازه یک فاصله کانونی f ، دورتر از صفحه اصلی پشتی عنصر کانونی کننده قراردهید.

یادآوری در حالت کلی، این مکان با مکان قرارگیری کمر در پشت عنصر کانونی کننده منطبق نیست.

با توجه به بند ۷ حداقل پنج اندازه‌گیری را برای پهنای پرتو $d_{\sigma xf}$ ، $d_{\sigma yf}$ یا قطر پرتو $d_{\sigma f}$ در مکان مربوطه انجام‌دهید.

۸-۲ ارزیابی

زاویه(های) فضایی پرتو کانونی نشده را با توجه به معادلات بند ۵-۳، برای هر اندازه‌گیری محاسبه کنید و مقدار میانگین و انحراف معیار را برای زوایه(های) واگرایی محاسبه کنید.

۹ تعیین ترکیبی محل قرارگیری کمر پرتو، پهن شدگی پرتو، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو

اگر کمر پرتو از طریق اندازه‌گیری مستقیم بدست‌آید، محل قرارگیری کمر پرتو، پهن شدگی پرتو، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو برای اندازه‌گیری‌های متفاوت پهنای پرتو در طول محور Z، باید با یک انطباق هذلولوی تعیین گردد. بنابراین، اندازه گیری ها باید حداقل در ۱۰ مکان مختلف Z انجام شود. به طور تقریبی نیمی از اندازه‌گیری‌ها باید با یک طول ریلی[۱] روی هر یک از وجوه کمر پرتو توزیع شود. برای پرتو-های آستیگماتیک ساده این روش باید به طور جداگانه برای هر دو جهت اصلی به‌کار گرفته‌شود.

برای پرتوهای آستیگماتیک عمومی باید یک آزمون مقدماتی برای داده‌های اندازه‌گیری شده به کار گرفته-شود. برای هر نیمرخ طولی اندازه‌گیری‌شده، پهنای پرتو $d_{\sigma x}$ و $d_{\sigma y}$ و زاویه سمتی φ، باید با توجه به سیستم آزمایشگاهی محاسبه شود. اگر تفاوت بین زوایای سمتی هر دو نیمرخ غیر دایره‌ای بیشتر از ۱۰ درجه باشد: پرتو باید به عنوان آستیگماتیک عمومی در نظر گرفته شود و استاندارد ISO1146-2 باید به‌کار گرفته شود.

یادآوری۱ شکست این آزمون، اثبات اِستیگماتیک یا آستیگماتیک ساده بودن پرتو نیست. پرتو ممکن است دارای آستیگماتیک عمومی پنهان باشد که با روش ارائه شده در استاندارد ISO11146-2 آشکار می‌گردد.

انطباق هذلولوی به قطرهای اندازه‌گیری شده $d\sigma$ در طول فاصله انتشار، z می تواند به طریق زیر بیان شود:

---

[۱] - Rayleigh length

$$d_\sigma(z) = \sqrt{a + bz + cz^2} \qquad (۲۴)$$

ضرایب a ، b ، c (یا ax ، ay ، bx ، by ، cx و cy) هذلولوی باید با یک روش عددی یا انطباق منحنی آماری مناسب (به یادآوری ۲ و مراجعه شود ۳) تعیین گردد. مقادیر پارامترهای پرتو می‌تواند با استفاده از معادلات زیر بدست‌آید:

$$z_0 = \frac{-b}{2c} \qquad (۲۵)$$

$$d_{\sigma 0} = \frac{1}{2\sqrt{c}} \sqrt{4ac - b^2} \qquad (۲۶)$$

$$\Theta_\sigma = \sqrt{c} \qquad (۲۷)$$

$$z_R = \frac{1}{2c}\sqrt{4ac - b^2} \qquad (۲۸)$$

$$M^2 = \frac{\pi}{8\lambda}\sqrt{4ac - b^2} \qquad (۲۹)$$

یادآوری۲ اگر در هر مکان z بیش از یک اندازه‌گیری انجام شده باشد، توصیه می‌شود برای تعیین واریانس نقاط داده، آن‌ها را با یک روش نسبت معکوس میزان کنید.

یادآوری۳ انطباق باید با حداقل کردن مجموع مربعات انحرافات مربوط به اقطار انجام شود.

یادآوری۴ جدایی کمر آستیگماتیک Δza ، که تحت عنوان اختلاف آستیگماتیک نیز شناخته می‌شود با معادله زیر تعیین می‌شود.

$$\Delta z_a = \left| z_{0x} - z_{0y} \right|$$

(به بند ۳-۳-۴ از استاندارد ISO15367-1 : 2003 رجوع شود.)

اگر کمر پرتو از اندازه‌گیری مستقیم بدست نیاید برای ایجاد یک کمر مصنوعی باید روشی مشابه با استفاده از یک عنصر کانونی کننده بدون ابیراهی، مشابه آن‌چه در بند ۶-۶ تعیین شده‌است به‌کار گرفته‌شود. با توجه به شکل ۳، فواصل $z_{0.2}$ یا $z_{0.2x}$ و $z_{0.2y}$ از کمر مصنوعی تا صفحه اصلی پشتی عنصر کانونی کننده H_2 و پهنای پرتو $d_{\sigma 2}$ یا $d_{\sigma 2x}$ و $d_{\sigma 2y}$ باید در کمر مصنوعی تعیین گردد. از این داده‌ها، محل(های) قرارگیری کمر پرتو $z_{0.1}$ یا $z_{0.1x}$ و $z_{0.1y}$ از پرتو اصلی می‌تواند با در نظر گرفتن صفحه اصلی جلویی عنصر کانونی کننده H_1، محاسبه شود. از معادلات زیر استفاده کنید.

$$z_{0,1} = V^2 x_2 + f \qquad (۳۰)$$

که در آن x_2 (یا y_2) با استفاده از معادله زیر تعیین می‌گردد.

$$x_2 = z_{0,2} - f$$

(۳۱)

و

$$V = \frac{f}{\sqrt{z_{R2}^2 + x_2^2}} \qquad (۳۲)$$

که در آن

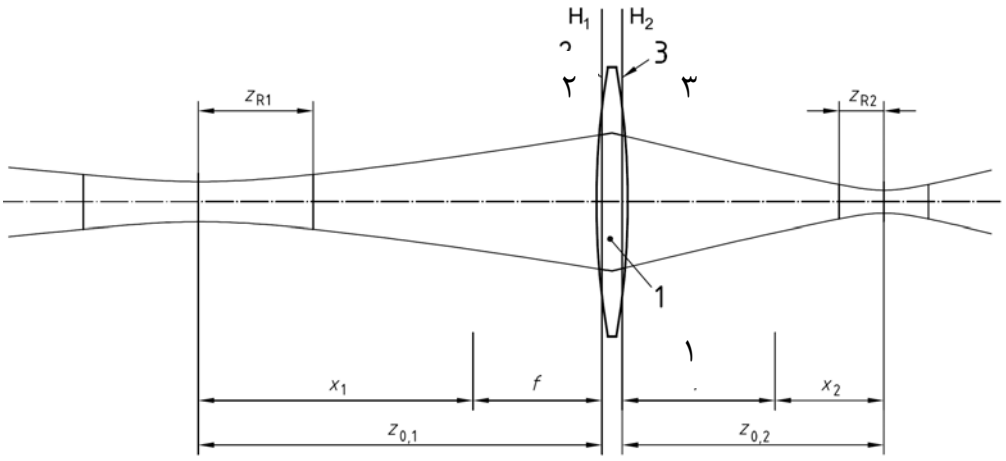
f فاصله کانونی عدسی؛

z_{R2} طول ریلی کمر پرتو مصنوعی است.

طول ریلی کمر مصنوعی پرتو z_{R2} برای روش انطباق هذلولوی می‌تواند با استفاده از معادلات (۲۴) و (۲۸) تعیین‌گردد.

قطر کمر پرتو یا پهن‌شدگی می‌تواند مطابق زیر محاسبه گردد.

$$d_{\sigma 1} = V \cdot d_{\sigma 2} \qquad (۳۳)$$



راهنمای شکل:

۱ عنصر کانونی کننده

۲ صفحه اصلی جلویی H_1

۳ صفحه اصلی پشتی H_2

شکل ۳- محاسبه محل قرارگیری کمر پرتو

طول ریلی را می‌توان با استفاده از روش زیر به‌دست آورد

$$z_{R1} = V^2 \cdot z_{R2} \quad (۳۴)$$

واگرایی پرتو را می‌توان با استفاده از روش زیر محاسبه نمود:

$$\Theta_1 = \frac{\Theta_2}{V} \quad (۳۵)$$

۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد.

الف- اطلاعات عمومی

۱- آزمون‌ها با توجه به چه استاندارد ملی انجام گردیده‌است؛

۲- داده‌های آزمون؛

۳- نام و آدرس سازمان آزمون‌کننده؛

۴- نام آزمون‌کننده؛

ب- اطلاعات مربوط به لیزر مورد آزمون

۱- نوع؛

۲- تولیدکننده؛

۳- روش شناسه‌گذاری تولیدکننده؛

۴- شماره سریال؛

پ- شرایط آزمون

۱- طول موج (ها) لیزر در هر آزمون ؛

۲- دما به کلوین (مایع خنک کننده لیزر دیودی) (تنها برای لیزرهای دیودی کاربرد دارد)؛

۳- مد عملکرد (cw یا پالسی)؛

۴- تنظیمات پارامتر لیزر:

- توان یا انرژی خروجی،

- جریان یا انرژی ورودی،

- انرژی پالسی،

- طول عمر پالس،

- نرخ تکرار پالس؛

۵- قطبش؛

۶- شرایط محیطی؛

ت- اطلاعات مربوط به آزمون و ارزیابی

۱- روش ارزیابی استفاده شده :

- ممان مرتبه دوم □
- روش تناوبی: گشودگی متغیر (با توجه به استاندارد ISOITR11146-3) □
- روش تناوبی : لبه چاقوی متحرک (با توجه به استاندارد IS0ITR11146-3) □
- روش تناوبی : شکاف متحرک (با توجه به استاندارد ISOITR11146-3) □

۲- تجهیزات آزمون

- دوربین □
- حفره متحرک □
- لبه چاقوی متحرک □
- شیار متحرک □
-گشودگی متغیر □
- صافی

۳- آشکار ساز (سیستم آماده سازی):

- زمان پاسخ سیستم آشکارساز،
- تاخیر زمانی نمونه‌گیری (تنها برای لیزرهای پالسی)،
-اندازه‌گیری وقفه زمانی (تنها برای لیزرهای پالسی)؛

۴- سیستم اپتیکی شکل دهی پرتو و روش تضعیف:

- نوع،
- نوع تفکیک‌دهنده پرتو،
- عنصر کانونی کننده؛

۵- اجزاء اپتیکی دیگر و وسایل استفاده شده برای آزمون (قطبی‌کننده[۱] ، تک‌رنگ‌کننده[۲] و غیره)

۶- دیگر پارامترهای مربوطه یا ویژگی‌های آزمون که باید انتخاب شود (تنظیمات دستگاه، صفحه مرجع، محور مرجع سیستم آزمایشگاهی).

ث- نتایج آزمون

۱- پهن‌شدگی‌های پرتو یا قطر پرتو و زاویه سمتی (با توجه به بند ۷)

محل Z _____

[۱]-Polarizer
[۲]-Monochromator

	مقدار میانگین	انحراف معیار
قطر پرتو d_σ		
پهنای پرتو $d_{\sigma x}$		
پهنای پرتو $d_{\sigma y}$		
زاویه φ		

۲- زوایای واگرایی پرتو (با توجه به بند ۸)

عنصر کانونی کننده به‌کار گرفته‌شده _____

طول کانونی _____

	مقدار میانگین	انحراف معیار
زاویه واگرایی پرتو		
زاویه واگرایی پرتو		
زاویه واگرایی پرتو		

۳- پارامترهای انتشار پرتو بدست آمده از انطباق هذلولوی (با توجه به بند ۹)

	مقدار	عدم قطعیت تخمین زده‌شده
محل قرار گیری کمر پرتو Z_o		
محل قرار گیری کمر پرتو Z_{ox}		
محل قرار گیری کمر پرتو Z_{oy}		
قطر کمر پرتو d_o		
قطر کمر پرتو d_{ox}		
قطر کمر پرتو d_{oy}		
زاویه φ		
طول ریلی Z_R		
طول ریلی Z_{Rx}		
طول ریلی Z_{Ry}		
زاویه واگرایی پرتو Θ_σ		
زاویه واگرایی پرتو $\Theta_{\sigma x}$		
زاویه واگرایی پرتو $\Theta_{\sigma y}$		
نسبت انتشار پرتو M^2		
نسبت انتشار پرتو M_x^2		
نسبت انتشر پرتو M_y^2		

پیوست پ

(اطلاعاتی)

کتاب‌نامه

[1] ISO/TR 11146-3, Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam widths,
divergence angles and beam propagation ratios — Part 3: Intrinsic and geometrical laser beam classification, propagation and details of test methods
[2] ISO 15367-1:2003, Lasers and laser related equipment — Test methods for determination of the
shape of a laser beam wavefront — Part 1: Terminology and fundamental aspects