INSO
18547-1
1st.Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۸۵۴۷-۱
چاپ اول
۱۳۹۳

لیزر و تجهیزات مرتبط با لیزر

روش‌های آزمون برای آستانه تخریب ناشی از لیزر

قسمت ۱:

تعاریف و اصول کلی

Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser-induced damage threshold — Part 1: Definitions and general principles

ICS:31.260

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت‌های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید.

سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر

روش‌های آزمون برای آستانه تخریب القایی لیزر

قسمت ۱:

تعاریف و اصول کلی»

رئیس :	**سمت و/ یا نمایندگی**
صدیق پور، همایون (دکتری رادیولوژی)	مرکزم آر آی پارس
دبیر :	
فاطمی، سیده راحیل (کارشناس مهندسی برق الکترونیک)	کارشناس شرکت اندیشه فاخر شهرکرد
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسدیان، سمیه (کارشناس ارشد مهندسی برق الکترونیک)	دانشگاه آزاد شهرکرد
بنی طالبی دهکردی، بهروز (کارشناس ارشد مهندسی برق مخابرات)	کارشناس اداره مخابرات استان
قادری، نوشین (دکتری مهندسی برق الکترونیک)	هیئت علمی دانشگاه دولتی شهرکرد
رثایی، حامد (کارشناس ارشد مهندسی برق الکترونیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
عجمی، عاطفه (کارشناسی ارشد فیزیک)	جهاد دانشگاهی شریف

فاطمی، سید احسان (کارشناس مهندسی برق الکترونیک)	کارشناس اداره کل کار و تعاون استان چهارمحال و بختیاری
فروزنده سامانی، محمد (کارشناس مهندسی برق الکترونیک)	کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان چهارمحال و بختیاری
قانی ، امیر محمد (کارشناس ارشد مهندسی پزشکی)	کارشناس تجهیزات پزشکی حوزه معاونت درمان دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد
کاظمی ، سید مهدی (کارشناس ارشد مهندسی پزشکی)	مسئول اداره تجهیزات پزشکی حوزه معاونت درمان دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۱ آسیب سطحی ۲
۳-۲ آسیب حجمی ۲
۳-۳ آزمون ۱ بر ۱ ۲
۳-۴ چگالی توان خطی f_{th} ۲
۳-۵ آزمون S بر ۱ ۳
۳-۶ تعداد شات‌ها برای هر ناحیه تحت تابش ۳
۳-۷ آستانه ۳
۳-۸ صفحه هدف ۳
۳-۹ سطح موثر $A_{T,eff}$ ۳
۳-۱۰ قطر موثر پرتو $d_{T,eff}$ ۴
۳-۱۱ زمان موثر پالس τ_{eff} ۴
۳-۱۲ پالس نوعی ۴
۳-۱۴ حداقل تعداد پالس‌ها N_{min} ۴
۴ نمادها و یکاهای اندازه گیری ۴
۵ نمونه برداری ۵
۶ روش‌های آزمون ۶
۶-۱ اصول ۶
۶-۲ دستگاه آزمون ۷
۶-۳ آماده سازی آزمون ۱۳
۶-۴ رویه ۱۴

۷ درستی ۱۵
۸ گزارش آزمون ۱۵
پیوست الف (اطلاعاتی) ۱۷
الف-۱ کلیات ۱۷
الف-۲ مثال برای مقیاس گذاری ۱۸

پیش گفتار

استاندارد " لیزر و تجهیزات مرتبط با لیزر روش‌های آزمون برای آستانه تخریب القایی لیزر قسمت ۱:تعاریف و اصول کلی" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت مهندسی اندیشه فاخر شهرکرد تهیه و تدوین شده است و در چهارصد و سی و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۳/۳/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

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

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ISO 21254-1: 2011,First edition, Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser-induced damage threshold —Part 1:Definitions and general principles

مقدمه

اجزای اپتیکی توسط تابش لیزر با انرژی یا توان به اندازه کافی زیاد، می‌توانند آسیب ببینند. در هر سطح تابش معین و حالت (مود) عملکرد منبع لیزر، احتمال تخریب ناشی از لیزر معمولاً برای سطح یک جزء بیشتر از حجم[1] آن است. بنابراین مقادیر حد برای یک جزء اپتیکی غالباً توسط آستانه تخریب سطح آن که ممکن است دارای پوشش نیز باشد بیان می‌شود. اگر قدرت میدان الکتریکی در حجم یک جزء اپتیکی توسط اثراتی مانند تمرکز خود به خودی، تداخل، پراکندگی و یا اثرات دیگر افزایش یافته باشد، تخریب حجمی مشاهده می‌شود. همچنین، نواقصی از قبیل ناخالصی‌ها، استقرار نادرست، مراکز رنگی و یا ناهمگونی‌ها، می‌تواند توانایی یک جزء اپتیکی را از نقطه نظر توانائی کار با لیزرکاهش دهند. تخریب لیزر تک شات (تک پالس) اغلب به علت نقص‌ها یا تنش‌های مکانیکی در پوشش، آلودگی سطح، یا جذب اپتیکی، که به گرمایش بیش از حد سطح منجرمی‌شود، ایجاد می‌گردد.

برای عملکرد چند پالسی، نه تنها مکانیزم‌های برگشت پذیر ناشی از گرمایش و اعوجاج، بلکه مکانیزم‌های تخریب برگشت ناپذیر ناشی از کهنگی[2]، میکرو تخریب، تخریب رطوبتی و ایجاد یا انتقال نقص‌ها مشاهده می‌شود. این سری ازاستاندارد ها به تخریب غیر قابل برگشت سطوح و حجم اجزای اپتیکی ناشی از تابش پرتو لیزر می‌پردازند. بسته به شرایط محیطی، این تخریب تابعی است از خواص ماده و پارامترهای لیزر، به ویژه طول موج، ابعاد میدان تابش و مدت زمان تابش.

این استاندارد به مبانی و اصول عمومی اندازه گیری آستانه تخریب القایی لیزر (LIDTs)اختصاص دارد. بر اساس وسایل و پروتکل‌های اندازه گیری شرح داده شده در استانداردهای ISO 21254-1, ISO 21254-2 و ISO 21254-3 این استاندارد طرح کلی رویه‌های مرتبط با آزمون تخریب تحت شرایط مختلف را ارائه می‌کند. پروتکل‌های تعیین آستانه‌های تخریب ۱بر۱ و S بر۱ در استاندارد ISO 21254-2 شرح داده شده‌اند. آزمون ۱ بر۱، یک رویه اندازه گیری آستانه تخریب است که با تابش یک شات[3] لیزر بر هر ناحیه مواجه نشده بر روی سطح نمونه انجام می‌شود. در مقابل، رویه اندازه گیری S بر۱ ، با تابش یک سری پالس لیزر با چگالی انرژی ثابت، بر هر ناحیه مواجه نشده از سطح نمونه صورت می‌گیرد. این آزمون شرایط عملکردیک نمونه در کاربردهای نوعی را منعکس می‌کند، اما در مقایسه با پروتکل اندازه گیری۱بر۱ ، برای انجام آزمون‌های S بر۱، دقت و تلاش مورد نیاز به طور قابل توجهی بیشتر است. استاندارد ملی ... بر کسب اطمینان به توانایی سطوح اپتیکی برای کار باچگالی توان یا انرژی، در خصوص نمونه هائی که آزمون را بدون تخریب می‌گذرانند، تمرکز دارد. استاندارد ISO/TR 21254-4 که روش‌های کشف تخریب و بازرسی از سطوح آزمون شده را در نظر می‌گیرد، یک گزارش فنی است که این استاندارد را کامل می‌کند.

1-Bulk
2- Aging
3- Shot

لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر - روش‌های آزمون برای آستانه تخریب القایی لیزر قسمت ۱: تعاریف و اصول کلی

هشدار – برون یابی (تعمیم) داده‌های تخریب می‌تواند به یک تخمین برای آستانه تخریب القایی لیزر منجر شود. این برآوردها در مورد مواد سمی (به عنوان مثال ZnSe، GaAs، CdTe،چالکاجوناید[1]، Be، Cr، Ni) می‌تواند به خطرات جدی برای سلامتی منجرشود (برای آگاهی بیشتر به پیوست الف مراجعه شود).

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعریف اصطلاحات مورد استفاده در رابطه با اصول کلی روش‌های آزمون برای تعیین آستانه تخریب ناشی از تابش لیزر است که برای اطمینان از کارکرد درست قطعات اپتیکی در معرض تابش، دریک سیستم لیزر کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است . بدین ترتیب 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 تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

[1] ISO 10110-7, Optics and photonics — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 7: Surface imperfection tolerances

[2] ISO 11145, Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Vocabulary and symbols

[3] ISO 11146-1,[2] Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios — Part 1: Stigmatic and simple astigmatic beams

[4] ISO 11146-2,[3] Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios — Part 2: General astigmatic beams

1-Chalcogenides

۲ - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۱۷۱۰: با عنوان (لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر -روش‌های آزمون برای تعیین پهنا، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو لیزر-قسمت اول:پرتوهای استیگماتیک و استیگماتیک ساده) با منبع سال ۲۰۰۵ تدوین شده است

۳ - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۱۷۱۰: با عنوان (لیزرها و تجهیزات مرتبط با لیزر -روش‌های آزمون برای تعیین پهنا، زوایای واگرایی و نسبت انتشار پرتو لیزر-قسمت دوم:پرتوهای استیگماتیک عمومی) با منبع سال ۲۰۰۵ تدوین شده است

[5] ISO 21254-2, Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser-induced damage threshold —Part 2: Threshold determination

[6] ISO 21254-3, Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser-induced damage threshold —Part 3: Assurance of laser power (energy) handling capabilities

[7] ISO/TR 21254-4, Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser-induced damage threshold —Part 4: Inspection, detection and measurement

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 11145، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند:

۳-۱

تخریب سطحی

هر گونه تغییر دائمی درمشخصه های سطح نمونه است که توسط تابش لیزر ایجاد شده و توسط یک روش بازرسی با حساسیتی متناسب با عملکرد مورد نظر آن محصول، می‌توان آن را تشخیص داد.

یاد آوری- آسیب ممکن است برروی سطح جلویی یا بر روی سطح پشتی قطعه اپتیکی رخ دهد. ممکن است آستانه تخریب این دو سطح متفاوت باشد.

۳-۲

تخریب حجمی[1]

هر گونه تغییر دائمی درمشخصه های حجم نمونه است که توسط تابش لیزر ایجاد شده و توسط یک روش بازرسی با حساسیتی متناسب با عملکرد مورد نظر آن محصول، می‌توان آن را تشخیص داد.

۳-۳

آزمون ۱ بر ۱[2]

آزمونی که در آن بر روی هر ناحیه در معرض قرار نگرفته ازسطح نمونه، یک شات لیزر تابش می‌کند.

1-Bulk damage
2- 1-on-1 test

۴-۳

چگالی توان خطی

F_{th}

آستانه چگالی توان خطی که بر حسب وات بر سانتی‌متر (W/cm) بیان می‌شود، و در چگالی‌های بالاتر از آن، تخریب ممکن است رخ دهد.

یاد آوری- چگالی توان خطی برای لیزرهایی با عملکرد پالس بلند و موج پیوسته(cw) قابل استفاده است. در بررسی‌های تخریب ناشی از لیزر، هنگامی که فاصله انتقال حرارتی یک پالس $(2D\tau_{eff})^{1/2}$، از همان مرتبه اندازه قطر ناحیه آزمون ($d_{T\ eff}$) باشد، آن پالس یک پالس بلند در نظر گرفته می‌شو. در اینجا D ضریب پخش حرارتی است.

۵-۳

آزمون S بر ۱[1]

برنامه آزمونی که برروی هر ناحیه در معرض قرار نگرفته، یک سری پالس با چگالی انرژی ثابت و با فاصله زمانی کوتاه و ثابت تابش می‌کند و فاصله زمانی بین پالس‌های یک رشته پالس برابر با عکس نرخ تکرار پالس منبع نور لیزر است.

۶-۳

تعداد شات ها برای هر ناحیه تحت تابش

S

تعداد پالس‌ها در یک قطار پالس که برای آزمون S بر ۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷-۳

آستانه[2]

بیش‌ترین مقدار تابش لیزر فرودی بر حسب چگالی انرژی H_{th}، چگالی توان E_{th}، یا چگالی توان خطی F_{th}، بر روی اجزای اپتیکی است که برون یابی احتمال آسیب برای آن برابر با صفر است.

۸-۳

صفحه هدف

صفحه مماس بر سطح نمونه در نقطه برخورد محور باریکه نور لیزر آزمون باسطح نمونه.

1- S-on-1 test
2- Threshold

۹-۳

سطح مؤثر

$A_{T,eff}$

نسبت انرژی پالس به حداکثر چگالی انرژی پالس لیزر در صفحه هدف.

یاد آوری– برای پروفایل فضایی باریکه نور عمود بر جهت انتشار باریکه نور و زوایای فرود غیر از صفر رادیان، کسینوس زاویه فرود در محاسبه سطح مؤثر لحاظ می‌شود.

۱۰-۳

قطر مؤثر باریکه نور

$d_{T,eff}$

دو برابر ریشه دوم سطح مؤثر تقسیم بر π :

$$d_{T,eff} = 2\sqrt{\frac{A_{T,eff}}{\pi}} \quad (۱)$$

۱۱-۳

زمان مؤثر پالس

τ_{eff}

نسبت انرژی پالس به توان پیک پالس.

۱۲-۳

پالس نوعی[1]

یک پالس با شکل لحظه ای و فضایی خاص که متوسط مشخصه‌های پالس‌های تشکیل دهنده یک سری پالس استفاده شده در آزمون S بر ۱ را دارا می‌باشد.

۱۳-۳

حداقل تعداد پالس

N_{min}

حداقل تعداد پالس‌های لازم جهت ایجاد تخریب قابل تشخیص.

1- Typical pulse

۱۴-۳

منحنی مشخصه تخریب[1]

نمایش آستانه تخریب القایی لیزر در آزمون S بر ۱، به عنوان تابعی از تعداد پالس‌ها برای هر ناحیه با نرخ تکرار معین پالس.

۴ نمادها و یکاهای اندازه‌گیری

نمادها و یکاهای اندازه‌گیری مورد استفاده عبارت‌اند از :

اصطلاح	یکا	نماد
طول موج	nm	λ
زاویه فرود	rad	$\propto$
درجه قطبش		P
قطر باریکه نور در صفحه هدف	mm	d_T
قطرموثر باریکه نور در صفحه هدف	mm	$d_{T,eff}$
سطح موثر در صفحه هدف	cm^2	$A_{T,eff}$
زمان پالس	s	τ_H
زمان موثر پالس	S	τ_{eff}
نرخ تکرار پالس	Hz	f_P
توان میانگین	W	P_{av}
انرژی پالس	J	Q
حداکثر چگالی توان خطی	W/cm	F_{max}
حداکثر چگالی توان	W/cm^2	E_{max}
حداکثر چگالی انرژی	J/cm^2	H_{max}
پیک توان پالس	W	P_{PK}
چگالی توان آستانه	W/cm^2	E_{th}
چگالی توان خطی آستانه	W/cm	F_{th}
چگالی انرژی آستانه	J/cm^2	H_{th}
حداقل تعداد پالس‌های منجر به تخریب		N_{min}
تعداد شات‌های برای هر ناحیه		S
تعداد کل نواحی آزمون		N_{ts}

2- Characteristic damage curve

۵ نمونه برداری

هم یک جزء واقعی و هم یک نمونه شاهد می‌تواند برای آزمون انتخاب شود. اگر یک نمونه شاهد مورد آزمون قرار گیرد، ماده زیرلایه[۱] و پرداخت سطح[۲] باید همانند جزء واقعی مشابه باشند. در مورد یک نمونه دارای پوشش، نمونه شاهد نیز باید همچون جزء حقیقی به همان تعداد لایه پوشش داده شده باشد. تاریخ و تعداد لایه‌ها باید برای نمونه تعیین شود. در صورتی که انتظار تخریب حجمی می‌رود، ماده زیرلایه قطعه آزمون باید با ماده زیر لایه جزء واقعی یکسان باشد.

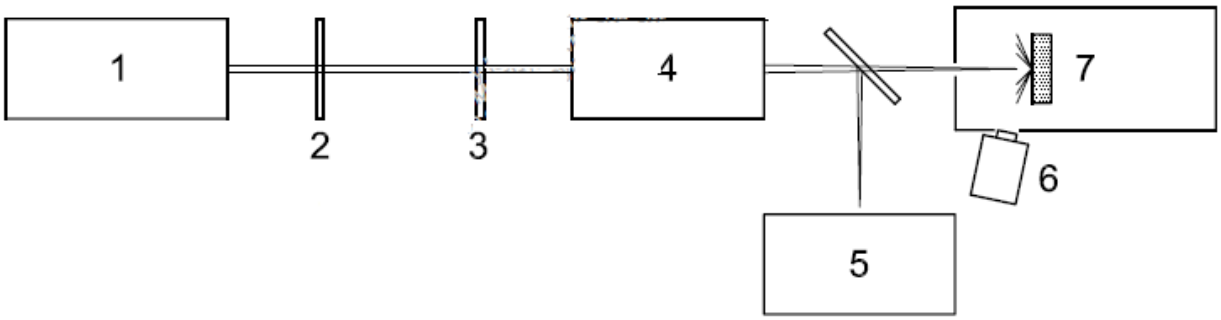
۶ روش‌های آزمون

۶-۱ قاعده کلی

چیدمان پایه برای آزمون تخریب ناشی از لیرز در شکل ۱ نشان داده شده است. خروجی یک منبع لیزر پایدار با مشخصه‌های مطلوب، با استفاده از یک تضعیف کننده متغیر، بر روی یک انرژی مطلوب پالس یا در حالت توان پیوسته (cw) تنظیم می‌شود. این خروجی بر روی نمونه ای که در نزدیک و یا برروی نقطه کانون یک سیستم کانونی کننده قرار دارد، تابیده می‌شود.

نمونه در یک حرکت دهنده[۳] تعبیه می‌شود که برای قرار دادن نواحی مختلف در معرض تابش باریکه نور و تنظیم زاویه فرود مورد استفاده قرار می‌گیرد. حالت قطبش با یک صفحه موج[۴] مناسب تنظیم شده است. باریکه فرودی نور لیزر، توسط یک تقسیم کننده که بخشی از انرژی لیزر را به تشخیص دهنده پرتو هدایت می‌کند، نمونه برداری می‌شود. تشخیص دهنده پرتو، تعیین همزمان انرژی کلی و پروفایل‌های فضایی و زمانی پالس را امکان پذیر می‌سازد.

1- Substrate material
2- Surface finish
3- Manipulator
4- Waveplate



راهنما :

۱- سیستم لیزر

۲- تضعیف کننده متغیر

۳- صفحه موج

۴- سیستم کانونی کننده

۵- تشخیص دهنده پرتو

۶- آشکار ساز آنلاین تخریب

۷- محفظه حاوی نمونه

شکل ۱- رویکرد پایه برای آزمون تخریب ناشی از لیزر

نمونه در یک موقعیت تعریف شده با زاویه معین در مقابل تابش لیزر قرار داده می‌شود. براساس الزامات آزمون، نواحی آزمون با لیزر تک پالس یا رشته ای از پالس با چگالی انرژی ثابت با نرخ تکرار ثابت، تحت تابش قرار می‌گیرد. نمونه در یک نگهدارنده نصب شده است. هر آزمون مجزا بدون حرکت دادن نمونه بطرف پرتو انجام می‌شود. توصیه می‌شود که فاصله بین نواحی آزمون بیشتر از سه برابر قطر باریکه لیزر (d_T) باشد. برای دستیابی به نتایج معتبر، در چگالی انرژی یا چگالی‌توان معین، تعدادکافی از نواحی باید تحت آزمون قرار گیرند. تعیین آستانه تخریب، نه بر اساس حالت تخریب مشاهده شده در هر ناحیه منفرد، بلکه مبتنی بر داده‌های بدست آمده از تمامی مراحل آزمون صورت می‌گیرد.

این رویه برای آزمون با لیزرهای موج پیوسته و سیستم‌های لیزر پالسی، صرف نظر از زمان، نرخ تکرار و طول موج پالس قابل اجرا می‌باشد.

آستانه‌های تخریب لیزرهای پالسی معمولاً با یکای چگالی انرژی (J/cm^2) بیان می‌شود. طول پالس لیزر آزمون باید در گزارش آزمون ثبت شود. آستانه‌های تخریب لیزرموج پیوسته معمولاً بر حسب یکاهای چگالی توان خطی (W/cm) بیان می‌شود. چگالی توان به عنوان توان متوسط در طی زمان تابش در نظر گرفته می‌شود. مثال‌هایی از یکاهای مورداستفاده برای آستانه تخریب القایی لیزر در پیوست الف داده شده است.

برای لیزرهای پالسی، انتخاب هر نرخ تکرار پالس قابل تنظیم با توجه به طول پالس معین، مجاز است. طول پالس و نرخ تکرار پالس لیزر آزمون باید در گزارش آزمون ثبت شود.

مقادیر آستانه تخریب القایی لیزر به پارامترهای عملیاتی سیستم لیزر به کار گرفته شده برای آزمون وابسته است. برای مقایسه اطلاعات آستانه تحت شرایط کاری اندکی متفاوت، قوانین مقیاس گذاری[1] که بر اساس مدلسازی اطلاعات تجربی هستند را می‌توان مورد استفاده قرار داد. توصیه می‌شود برای کاربرد قوانین مقیاس گذاری در مورد مواد خطرناک، نقطه نظرهای ایمنی در نظر گرفته شوند.

۶-۲ دستگاه آزمون

تجهیزات آزمون شامل بخش‌های مجزا با کارکردهای ویژه است.

۶-۲-۱ لیزر

یک لیزر دارای باریکه نور با پروفایل گوسی تجدید پذیر یا پروفایل فضایی بالا تخت (مطابق با استانداردهای ملی ... و ...) مورد نیاز است. پروفایل زمانی پالس‌ها در طی اندازه‌گیری مورد پایش قرار می‌گیرند. پالس‌ها یا رشته پالس‌هایی که حداکثر تغییر چگالی توان E_{max} آن‌ها بیش از٪۲۰ است، باید رد شوند. برای آزمون‌هایS بر ۱، نرخ تکرار پالس باید در گستره ٪۱ $\pm$ خطا، ثابت بماند .

به عنوان یک حداقل برای مشخصات سیستم لیزر مناسب برای آزمون آسیب، حداکثر تغییر چگالی توان از یک پالس به پالس بعدی باید کمتر از ٪۲۰ $\pm$ باشد. معیار پایداری برای پارامترهای باریکه نور باید مشخص شده و با یک برآورد خطا مستند شده باشند. درستی تشخیص دهنده باریکه نور برای لیزرهائی که زمان تابش آن‌ها از رده فمتو ثانیه[2] است، به طور قابل‌توجهی نسبت به سیستم‌های اندازه‌گیری معمولی برای پالس‌های طولانی تر کمتر است. به عنوان یک حداقل برای لیزرهای فمتو ثانیه، حداکثرتغییرات اندازه‌گیری شده چگالی توان نباید از٪ ۲۵$\pm$ بیشتر باشد.

۶-۲-۲ تضعیف کننده متغیر و سیستم تحویل باریکه نور

خروجی لیزر باید توسط دستگاهی به میزان مورد نیاز تضعیف و تنظیم شود، که در ویژگی‌های تصویری و عبور نور، عاری از دریفت[3] (جابجایی) باشد.

سیستم تحویل باریکه نور و تضعیف کننده نباید بر روی ویژگی‌های پرتو لیزر چنان تاثیر بگذارند که سبب عدم مطابقت با رواداری‌های داده شده در بند ۶-۲-۱گردد. به ویژه، حالت قطبش پرتو لیزر نباید توسط سیستم تحویل پرتو تغییر کند.

1- Scaling laws
2- Femtosecond regime
3- Drift

۶-۲-۳ سیستم کانونی کننده

توصیه می‌شود که چیدمان سیستم کانونی کننده طوری انجام شود که با الزامات معین شده برای سیستم لیزر و پروفایل باریکه نور در نظر گرفته شده در صفحه هدف، مناسب باشد. پارامترهای معین شده برای سیستم کانونی کننده باید در گزارش آزمون مستند شوند. مشخصه‌های سطح فعال و چگالی انرژی باید به موقعیت سطح آزمون ارجاع داده شوند. در طی فرآیند اندازه‌گیری آستانه تخریب، سطح موثر نباید تغییر کند. آستانه خود کانونی یا آستانه فیلامنتی[1] در محیط آزمون ، باید رعایت شوند.

برای پرتوهای گوسی، توصیه می‌شود قطر دهانه سیستم کانونی کننده طوری انتخاب شود که از سه برابر قطر پرتو در دهانه ورودی به سیستم کانونی کننده کمتر نباشد. حداقل عدد f موثر برابر با ۵۰ و قطر پرتو در صفحه هدف بزرگ تر یا مساوی با ۰٫۸mm توصیه می‌شود. صفحه هدف منطبق بر یا نزدیک به کانون[2] تشکیل شده بوسیله سیستم کانونی کننده، قرار داده شود. برای سیستم‌های لیزری که چگالی توان آن‌ها به دلایل فنی محدود شده است (برای مثال لیزرهای پالس بلند، لیزرهایcw و لیزرهای fs)، قطر باریکه نور ممکن است بسته به چگالی توان لازم، کاهش یابد که این مقدار کاهش کمتر از ۰٫۲mm نیست. در چنین حالت‌هایی، کاهش عدد f مؤثر به کمتر از ۵۰ نیز مجاز است. برای پرتوهای لیزر بالا تخت، توصیه می‌شود، موقعیت سطح آزمون در صفحه تصویر سیستم کانونی کننده با طول کانونی بیشتر از ۰٫۲ m قرار گیرد ، که تصویری از یک روزنه مناسب در مسیر نور را تشکیل می‌دهد.

در نمونه‌هایی با سطوح موازی، اثرات همدوسی[3] می‌تواند رخ داده و اندازه‌گیری را تحت تأثیر قرار دهد. این اثرات ترجیحاً توسط تکنیک‌های مناسب همچون با گوه کردن[4] یا کج کردن[5] نمونه، حذف شوند. همچنین استفاده از یک باریکه نور بسیار همگرا، یک راه عملی برای حذف کردن اثرات همدوسی در نمونه است.

اثر کر[6]، بعد از یک انتشار طولی کوتاه می‌تواند در بدنه جزء مورد آزمون شکل گرفته و تخریب حجمی و سطحی را بوجود آورد. اگر تخریب حجمی محتمل است، توصیه می‌شود نمونه در محلی وضعیت داده شود که تغییرات شعاع باریکه نوردر طول مسیر پرتو نسبت به ضخامت کل نمونه، کمتر از ٪۳ باشد.

۶-۲-۴ نگهدارنده نمونه

محل آزمون باید به یک حرکت دهنده مجهز باشد که هدف گیری دقیق نواحی آزمون برروی نمونه را با دقتی متناسب با اندازه نمونه و فاصله بین نواحی آزمون، امکان پذیر نماید.

نگهدارنده نمونه باید خارج کردن نمونه از محفظه و تجزیه و تحلیل آن در فاصله مناسب از دستگاه لیزر، و سپس استقرار مجدد آن در همان موقعیت را به طور دقیق امکان پذیر نماید.

---

1 - Filamentation
2- The focal waist
3- Coherence
4 - Wedging specimen
5 - Tilting specimen
6 - Kerr effect

۶-۲-۵ آشکار سازی تخریب

تکنیک‌های بازرسی مناسب باید قبل و بعد از آزمون، برای بررسی سطوح و حجم جزء اپتیکی مورد استفاده قرار گیرند. تکنیک‌های استفاده شده باید در گزارش آزمون شرح داده شوند. بازرسی‌های سطح باید با یک میکروسکوپ نوری دارای کنتراست تداخل تفاضلی نوع نومارسکی[1] انجام شوند. باید از یک عدسی شیئی با بزرگنمایی ۱۰ × همراه با سیستم تصویری مناسب یا عدسی چشمی، استفاده شود. مثال‌های تفصیلی از بازرسی نمونه در استاندارد ISO / TR 21254 -4 داده شده است.

برای روش‌های آزمون تخریب ناشی از تابش بیشتر از یک پالس در هر ناحیه آزمون ، به منظور ارزیابی حالت سطح تحت آزمون، یک سیستم مناسب تشخیص آنلاین تخریب، باید نصب شود. توصیه می‌شود که سیستم تشخیص تخریب، برای قطع پالس و توقف شمارنده پالس بعد از کشف آسیب، مجهز به تمهیدات مناسبی باشد.

برای تشخیص آنلاین آسیب، هر تکنیک مناسبی ممکن است استفاده شود. تکنیک‌های مناسب برای این منظور، به عنوان مثال، تکنیک‌های میکروسکوپی آنلاین، آشکار سازی فتو ترمال[2] (نوری حرارتی) و فتواکوستیک[3] (نوری صوتی)، وهمچنین اندازه‌گیری پراکندگی با استفاده از یک لیزر یا تابش لیزری مستقل با لیزر آزمون تخریب را می‌توان نام برد. تکنیک‌های مناسب به را ی آشکار سازی در استاندارد ISO / TR 21254-4 مشخص شده است.

۶-۲-۶ وسیله تشخیص دهنده باریکه نور

۶-۲-۶-۱ انرژی کلی پالس و توان متوسط

برای اندازه گیری انرژی تحویلی از هر پالس مجزا به صفحه هدف، وسیله تشخیص دهنده باید به یک آشکار ساز کالیبره شده مجهز باشد. برای لیزرهای موج پیوسته، توان پرتو تحویلی به صفحه هدف باید اندازه‌گیری شود. وسیله مورد استفاده برای این منظور باید توسط یک استانداردملی با عدم قطعیت مطلقی برابر با ٪۵± یا بهتر، قابل ردیابی باشد. برای سیستم‌های لیزر با فرکانس‌های تکرار بالا، انرژی کل پالس می‌تواند توسط اندازه-گیری توان متوسط P_{av} و نرخ تکرار پالس f_p، مشخص شود. در این حالت انرژی پالس توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = \frac{Pav}{fp} \qquad (۲)$$

۶-۲-۶-۲ پروفایل زمانی

وسیله تشخیصی به منظور مشخص کردن طول پالس ، باید شامل تجهیزات مناسب برای تحلیل پروفایل زمانی لیزر به منظور محاسبه طول پالس باشد. پروفایل زمانی باید به منظور مشخص کردن نسبت انرژی کل پالس Q

1 - Nomarski-type
2 - Photothermal
3 - Photoacoustic

به پیک توان پالس P_{PK}، یکپارچه شده باشد. این نسبت به عنوان طول پالس مؤثر τ_{eff} تعریف شده و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\tau_{eff} = \frac{Q}{P_{PK}} = \frac{\int_0^\infty P(t)dt}{P_{PK}} \quad (۳)$$

حد بالا برای تفکیک زمانی اندازه گیری طول پالس نباید از ٪۱۰طول پالس مؤثر بیشتر شود.

لیزرها ئی که در رژیم f_s کار می‌کنند، حد اقل باید با مشخصه‌های داده شده در پاراگراف دوم بند ۶-۲-۱ مطابقت داشته باشند.

۶-۲-۶-۳ پروفایل فضایی

در همه حالات پروفایل فضایی باید در صفحه هدف یا در یک صفحه معادل، تجزیه تحلیل شود. به منظور اندازه‌گیری پروفایل فضایی دو بعدی H (x,y) (چگالی انرژی، لیزرهای پالسی)یا E(x,y) (چگالی توان، لیزرهای موج پیوسته) با تفکیک فضایی معادل ٪ ۱٫۵ ± قطر باریکه یا بهتر از آن، وسیله تشخیصی باید به تجهیزات اندازه‌گیری مجهز باشد.

همه ابعاد باریکه نور باید مطابق با استانداردهای ISO 11146-1 و ISO 11146-2، تعیین شود.

سطح موثر در صفحه هدف باید به صورت زیر مشخص شود:

به منظور مشخص کردن نسبت انرژی کل پالسQ به حداکثرچگالی انرژی H_{max} که توسط حداکثر مقدار پروفایل پرتو ارائه می‌شود، پروفایل دو بعدی اندازه گیری شده H (x,y) باید یکپارچه شده باشد. حاصل این محاسبات سطح مؤثر $A_{T,eff}$ نامیده می‌شود و توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_{T,eff} = \frac{Q}{H_{max}} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} H(x,y)dxdy}{H_{max}} \quad (۴)$$

برای سیستم لیزر موج پیوسته، به منظور تعیین نسبت توان کل P و حداکثر چگالی توان که معادل بیش‌ترین مقدار در پروفایل پرتو است، پروفایل دو بعدی اندازه‌گیری شده E(x,y) باید یکپارچه شده باشد. این محاسبات نسبت سطح مؤثر $A_{T,eff}$ باریکه نور را تعریف می‌کند و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_{T,eff} = \frac{P}{E_{max}} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} E(x,y)dxdy}{E_{max}} \quad (۵)$$

برای پروفایل فضایی پرتو عمود بر جهت انتشار پرتو و در زوایای تابش بجز صفر رادیان، کسینوس زاویه فرود باید در محاسبه سطح مؤثر لحاظ شود. در این مرحله سطح مؤثر می‌تواند به صورت تقریبی توسط معادلات زیر محاسبه شود:

$$A_{T,eff} = \frac{Q}{H_{max}\cos\propto} \quad (۶)$$

$$A_{T,eff} = \frac{P}{E_{max}\cos\propto} \quad (۷)$$

قطر مؤثر باریکه نور در صفحه هدف از سطح مؤثر باریکه نور اندازه‌گیری شده عمود بر جهت انتشار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d_{T,eff} = 2\sqrt{\frac{Q}{\pi H_{max}}} \quad (۸)$$

$$d_{T,eff} = 2\sqrt{\frac{p}{\pi E_{max}}} \quad (۹)$$

برای لیزرهای پالس بلند و موج پیوسته مورد استفاده برای آزمون تخریب تحت زوایای فرود بجز صفر رادیان، کسینوس زاویه فرود باید در محاسبه قطر مؤثر باریکه نور لحاظ شود. بنابراین برای محاسبه چگالی توان خطی، قطر مؤثر باریکه نور محاسبه شده از رابطه زیر به کار رود:

$$d_{T,eff} = \frac{2}{cos \propto}\sqrt{\frac{Q}{\pi H_{max}}} \quad (۱۰)$$

$$d_{T,eff} = \frac{2}{cos \propto}\sqrt{\frac{P}{\pi E_{max}}} \quad (۱۱)$$

برای زوایای فرود بجز صفر رادیان، یک پروفایل بیضوی شکل بر روی صفحه هدف تشکیل می‌شود. در موارد خاصی که لیزرهای پالس بلند و موج پیوسته برای آزمون تخریب بکار می‌رود ، چگالی توان خطی می‌تواند با استفاده از محور کوتاه‌تر یا بلندتر پروفایل بیضوی پرتو محاسبه شود. محور بلندتر به منظور تعریف محافظه کارانه تر چگالی توان خطی آستانه در این آزمون به کار می‌رود که در نتیجه آن چگالی توان خطی کوچک‌تری در مقایسه با مقادیر محاسیه شده با منظور کردن محور کوتاه تر حاصل می‌شود.

توصیه می‌شود که باریکه نور در چندین موقعیت نزدیک به صفحه هدف در طول مسیر پرتو تجزیه و تحلیل شود. در صورتی که تخریب حجمی با امکانات آزمون اندازه‌گیری شود، ارزیابی این خصیصه پرتو ، الزامی است.

در حالت خاص، سطح موثر پروفایل پرتو سر تخت دایره‌ای شکل با قطر d_{100} وحداکثر چگالی انرژی H_{max}، سطح مؤثر توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_{T,eff} = \frac{Q}{H_{max}} = \frac{H_{max}\,\pi\, d_{100}^2}{4H_{max}} = \frac{1}{4}\,\pi\, d_{100}^2 \quad (۱۲)$$

برای یک پرتو گوسی متمرکز شده با قطر پرتو $d_{86,5}$ و حداکثر چگالی انرژی H_{max}، سطح مؤثر توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_{T,eff} = \frac{Q}{Hmax} = \frac{Hmax \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} e^{-8\frac{x^2+y^2}{d_{86.5}^2}}}{H_{max}} = 2\pi \int_0^{\infty} e^{-\frac{8\,r^2}{d_{86.5}^2}} rdr = \frac{1}{8}\pi d_{86.5}^2 \quad (۱۳)$$

با تعریف گشتاور دوم تابع توزیع چگالی انرژی $H(x,y,z)$در موقعیت Z به صورت زیر:

$$\sigma^2(z) = \frac{\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} r^2 H(r,\phi) r d_r d_\phi}{\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} H(r,\phi) r d_r d_\phi} \quad (۱۴)$$

و تعریف قطر باریکه نور $d\sigma$ به عنوان تابعی از گشتاوردوم به صورت زیر:

$$d\sigma(z) = 2\sqrt{2}\,\sigma(z) \quad (۱۵)$$

سطح موثر می‌تواند به صورت‌های زیر بیان شود:

$A_{T,eff} = \frac{1}{4}\pi d^2_{100} = \frac{1}{4}\pi d^2_{\sigma} = 2\pi\sigma^2$; $d_{100} = d_{\sigma}$ باریکه نور سر تخت - (۱۶)

$A_{T,eff} = \frac{1}{8}\pi d^2_{86.5} = \frac{1}{8}\pi d^2_{\sigma} = \pi\sigma^2$; $d_{86.5} = d_{\sigma}$ باریکه گوسی- (۱۷)

۴-۶-۲-۶ پالس نوعی

برای تعیین پروفایل فضائی پالس نوعی، کسر قابل توجهی از پالس‌های استفاده شده برای یک ناحیه مجزا، باید توسط سیستم پروفایل سازی فضایی ثبت شده باشد. پروفایل فضائی پالس نوعی برای یک ناحیه مجزا، به صورت توزیع چگالی توان متوسط ثبت شده در طی چرخه یا سیکل اندازه‌گیری تعریف می‌شود. پروفایل زمانی و انرژی پالس نوعی به صورت میانگین داده‌های متناظر مرتبط با تمامی پالس‌های به کار رفته برای آزمون یک ناحیه مجزا بر روی سطح آزمون، بدست می‌آید. گزارش آزمون باید شامل نمودارهای پروفایل‌های زمانی و فضایی پالس نوعی باشد.

برای ارزیابی پروفایل زمانی، ، توان لیزر $P_j(t_i)$ برای هر پالس می‌تواند در فواصل زمانی مساوی t_i مشخص شود. موقعیت پالس در یک رشته پالس N_P به ازای هرناحیه آزمون، توسط متغیر شمارشی j تعریف می‌شود. نمونه برداری هر پالس در اولین مختصات زمانی t_0 با توان غیر صفر باید شروع شود. بر اساس این تکنیک اندازه‌گیری، پروفایل زمانی $P_{tp}(t_i)$ پالس نوعی می‌تواند به صورت میانگین پالس‌های تشکیل دهنده یک رشته آزمون شامل N_P پالس، به ترتیب زیر محاسبه شود:

$$Ptp\ (ti) = \frac{1}{N_p}\sum_{j=0}^{N_p} P_j(t_i) \quad (۱۸)$$

انرژی پالس نوعی به صورت مجموع محتویات انرژی اختصاص داده شده به هر فاصله زمانی $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ ، می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$Q_{tp} = \sum_{i=0}^{N_s} P_{tp}(t_i)\,\Delta t \quad (۱۹)$$

که در آن، N_sتعداد فواصل زمانی ضروری برای توصیف کامل شکل زمانی پالس نوعی می‌باشد.

میانگین توان $P_{av,id}$ مورد انتظار برای آزمون تخریب ایده‌آل از رابطه زیر بدست می‌اید:

$$P_{av,id} = Q_{tp}\, f_p \quad (۲۰)$$

از نحوه ارتباط میانگین توان محاسبه شده از انرژی پالس نوعی به میانگین توان اندازه گیری شده P_{av}، دقت و پایداری لیزر می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد. پایداری پروفایل فضایی می‌تواند توسط ثبت رفتار زمانی شدت تابش در هر ناحیه در موقعیت‌های انتخاب شده از پروفایل فضایی باریکه نور مورد بررسی قرار گیرد.

۶-۲-۶-۵ پارامترهای آزمون

تجهیزات آزمون باید توسط پارامترهای زیر مشخص شوند:

الف- طول موج λ؛

ب- زاویه فرود α؛

پ- نوع ، درجه p و جهت قطبش؛

ت- قطر باریکه نور در صفحه هدف d_t؛

ث-قطر مؤثر باریکه نور در صفحه هدف $d_{T,eff}$؛

ج- طول پالس τ_H؛

چ- طول مؤثر پالس τ_{eff}؛

ه- نرخ تکرارپالس f_P.

۶-۳ آماده سازی نمونه‌ها

طول موج، زاویه فرود و قطبش اشعه لیزر مورد استفاده در آزمون باید مطابق با ویژگی‌هایی باشند که توسط تولیدکننده برای استفاده عادی تعیین شده‌اند. اگر گستره مقادیر این پارامترها داده شده باشند،هر ترکیب دلخواه از طول موج، زاویه فرود و قطبش از این گستره می‌تواند استفاده شود.

ذخیره سازی، تمیز کردن و آماده سازی نمونه‌ها مطابق با ویژگی‌های ارائه شده توسط سازنده برای استفاده عادی، انجام می‌شود.

در صورت عدم وجود راهنماهای مشخص توسط سازنده، از رویه‌های زیر استفاده کنید:

الف - قبل از آزمون، نمونه را در رطوبت نسبی کمتر از ۵۰٪ برای ۲۴ ساعت نگه دارید. نمونه را تنها از سمت سطوح غیرنوری جابجا کنید.

ب- قبل از آزمون، با استفاده از یک تکنیک بازرسی مناسب میکروسکوپی که قادر باشد حداقل نقایصی به ابعاد $1\mu m$ را تشخیص دهد، کیفیت سطح و نحوه تمیز کاری را مورد بررسی قرار دهید. اگر احتمال آسیب حجمی محتمل باشد، حجم نمونه را نیز بازرسی کنید.

پ- اگربرروی نمونه آثار الاینده ها مشاهده شود، سطح را تمیز کنید. رویه تمیز کاری باید مستند شود. اگر آلاینده‌ها قابل حذف نیستند، حضور آن‌ها را قبل از آزمون توسط فن آوری فتو گرافیکی[1] (عکاسی) و یا الکترونیکی مستند کنید. نقص‌های مشاهده شده در حجم نمونه توسط تکنیک‌های بازرسی را مستند کنید.
در طول تابش، نواحی آزمون را برای ذرات گرد و غبار بازرسی کنید. محیط آزمون باید تمیز باشد، رطوبت هوای فیلتر شده باید کمتر از ۵۰٪ بوده و باید مستند شده باشد.

نواحی آزمون باید در یک ترتیب تعریف شده و تجدید پذیر منظم شده باشند. برای تعیین نقاط مرجع ثابت بر روی نمونه، به گرید آزمون ارجاع دهید. در حالت اندازه‌گیری‌های آستانه تخریب که برای نمونه مخرب هستند، ایجاد علائمی در موقعیت‌های شناخته شده بر روی نمونه به عنوان نقاط مرجع، تنها بعد از اینکه آزمون کامل شد و قبل از اینکه نمونه از درون حرکت دهنده برداشته شود، قابل قبول است.

یادآوری : به طور معمول، استفاده از یک یا چند لکه حاوی آسیب وسیع به عنوان نقاط مرجع، به جای استفاده از نقاطی که بالقوه می‌توانند آلوده باشند امکان پذیر است. پیش بینی انجام آزمون‌های بیشتر بر روی نمونه ارجح است.

۶-۴ روش آزمون

پارامترهای پرتو در صفحه هدف و کالیبراسیون وسیله تشخیص، حداقل قبل و بعد از آزمون بر اساس یک مبنای مناسب وارسی شوند و درصورت مشاهده تغییرات قابل توجه از لحاظ آماری (مطابق با بند ۶-۲-۱) در پارامترهای پرتو، پارامترهای پرتو در حین آزمون نیز تحت وارسی قرا گیرند. قبل از هر سری آزمون،سطح موثر $A_{T,eff}$ و قطر پرتو موثر $d_{T,eff}$ تعیین شوند.
یک ناحیه آزمون از نمونه را که قبل از این مورد تابش قرار نگرفته است را براساس روش آزمون مورد نیاز، با استفاده از یک پالس تکی یا قطاری از پالس، تحت تابش قرار دهید. انرژی یا توان پالس‌ها زا ثبت نموده و آن را به پارامترهای آستانه تخریب مناسب که به صورت زیر محاسبه می‌شوند، تبدیل نمائید:

$$H = \frac{Q}{A_{T,eff}} \quad (۲۱)$$

$$E = \frac{P}{A_{T,eff}} \quad (۲۲)$$

$$F = \frac{P}{A_{T,eff}} \quad (۲۳)$$

1 - Photographic

بعد از تابش، حالت آسیب، همراه با کمیت اشعه لیزر مورد استفاده که به یکاهای پارامتر آستانه تخریب مناسب بیان می‌شوندرا ثبت کنید. اگر آسیب توسط سیستم آنلاین تشخیص داده شود، قبل از این‌که سری پالس‌ها کامل شود، تابش به آن ناحیه را متوقف و تعداد پالس‌های منجر به آسیب را ثبت کنید.
مطابق با پروتکل معین آزمون، رویه توضیح داده شده در بالا را در سطوح متفاوت از انرژی اشعه لیزر تکرار کنید. زمانی که تعداد تعیین شده از سطوح انتخاب شده در معرض قرار گیرند، یا زمانی که همه سطح آزمون مورد آزمون قرار گیرند، آزمون کامل است. برای تکمیل آزمون، مجموعه داده‌های ثبت شده مطابق با الزامات روش آزمون شرح داده شده در استانداردهای ISO 21254-2 و ISO 21254-3 مورد ارزیابی قرار گیرند و آستانه تخریب تحت عنوان پارامترهای مناسب $E_{th}H_{th}$, یا F_{th} شرح داده شوند.

۷ درستی

برای مشخص کردن درستی کلی اندازه‌گیری‌های انجام شده، یک برآورد برای خطای کالیبراسیون فراهم کنید. در این برآورد عواملی مانند تغییرات در پروفایل فضایی و پروفایل زمانی، نرخ تکرار پالس، انرژی کلی، یا توان پرتو باید در نظر گرفته شود.

یک مثال از برآورد خطا برای سیستم لیزر نسبتاً دقیق در جدول ۱ داده شده است.

جدول ۱- برآورد خطا برای آزمون آسیب ناشی از لیزر

تغییرات تصادفی :	
تغییر در نرخ تکرار پالس	±٪۱
پایداری انرژی از یک پالس به پالس دیگر	±٪۳
پایداری پروفایل فضایی ازیک پالس به پالس دیگر	± ٪۵
پایداری پروفایل زمانی از یک پالس به پالس دیگر	±٪۵
تغییرات اصولی:	
خطای کالیبراسیون کالری سنج	±٪۳
خطای هماهنگی[1] در پایشگرکالری سنج – انرژی	±٪۲
قابلیت تکرارپذیری کلی چگلی انرژی	±٪۵/۸
عدم قطعیت کلی اندازه گیری چگالی انرژی	±٪۶/۸

1- Correlation

۸ گزارش آزمون

برای تضمین اعتبار مستندات تهیه شده در اثنای آزمون، به هر نمونه آزمون یک عدد منحصر به فرد اختصاص داده می‌شود که از لحظه وصول اولیه توسط آزمایشگاه تا ارسال گزارش نهایی، در سراسر فرآیند آزمون با آن نمونه همراه است.

همه اطلاعات مربوط به پیکر بندی‌های ایستگاه آزمون، کالیبراسیون منبع، تمیزکاری، بازرسی میکروسکوپی، پارامترهای تابش، داده‌های خام و خلاصه نتایج آزمون باید با این عدد قابل ردیابی باشند. این داده‌ها باید توسط آزمایشگاه آزمون کننده به عنوان یک مرجع اصلی دائمی نگهداری شود.

به منظور مستندسازی و ارائه داده‌های اندازه‌گیری، گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- اطلاعات مرتبط با سازمان آزمون کننده:

۱- نام و آدرس سازمان آزمون کننده؛

۲- تاریخ آزمون؛

۳- نام متصدی[1] آزمون؛

۴- ارجاعات به استانداردهای بین المللی استفاده شده به عنوان زمینه اصلی آزمون.

ب- اطلاعات مرتبط با نمونه آزمون:

۱- نوع نمونه (نمونه یا شاهد)؛

۲- تولید کننده نمونه؛

۳- مشخصه‌های تولید کننده برای ذخیره سازی، تمیز کاری و تهویه؛

۴- ویژگی‌های تولید کننده برای استفاده عادی (طول موج، طول مدت پالس، قطبش، زاویه تابش، استفاده مورد نظر)

-۵- در مورد قطعات، شماره شناسه و تاریخ تولید.

پ- اطلاعات مرتبط باآزمون (ویژگی‌های آزمون):

۲- پارامترهای لیزر استفاده شده، (بند ۶-۲-۶-۵ الف تا ه)؛

۳- نمودارهای نوعی پروفایل‌های فضایی و زمانی لیزر پالسی؛

۴- برآورد خطا (به جدول ۱ مراجعه شود)؛

۵- ترتیب نواحی آزمون بر روی سطح نمونه

۶- روش مورد استفاده برای آشکار سازی آسیب؛

1- Operator

۷- روش‌های استفاده شده برای ذخیره سازی، تمیز کاری و تهویه؛
۸- شرایط محیطی آزمون.

ت- اطلاعات مرتبط با نتایج آزمون مطابق با روش آزمون معین مورد استفاده.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مقیاس[1] و یکاهای آستانه تخریب ناشی از لیزر

الف-۱ کلیات

هدف از این پیوست، آگاه نمودن کاربر از خطرات بالقوه ای است که درصورت منظور نمودن آستانه تخریب حاصل از اندازه‌گیری یک مورد خاص، برای شرایط متفاوت دیگر، می‌تواند روی دهد.

صرف نظر از شرایط محیطی، آسیب، تابعی از مشخصه‌های مرتبط با مواد و پارامترهای لیزر، به ویژه طول موج، ابعاد باریکه تابش و زمان تابش است. بسته به ویژگی اجزاء، اندازه گیری به طور عام در سه گروه قرارمی گیرند.

آستانه تخریب القایی لیزر پالسی در عایق‌ها، مرتبط با شکست آن دی الکتریک[2] می‌باشد. آستانه‌های تخریب القایی لیزر در این حالت معمولاً با یکای وات بر سانتی متر مربع (W/Cm^2) گزارش می‌شوند. در حالی که مکانیسم[3] شکست دی‌الکتریک غالب است، چهار محدوده وجود دارد که در آن‌ها قوانین مقیاس‌گذاری بر حسب طول مدت پالس متفاوت است. در این حالت توصیه می‌شود که طول موج، قطر باریکه تابش و زمان پالس برای هر آستانه تخریب، بطورمشخص بیان شوند.

مکانیسم‌های آسیب در زمان تابش fs ، به صورت غالب توسط اثر متقابل اشعه لیزر با الکترون‌های ماده مورد تابش قرار گرفته تعیین می‌شوند. آسیب زمانی رخ می‌دهد که چگالی الکترون‌های تولید شده توسط یونیزاسیون ضربه‌ای و فرآیندهای چند فوتونی در باند هدایت، از 10^{21} electrons/cm^3 بیشتر می‌شود. مقادیر آستانه‌ی تخریب توسط انرژی گپ باند هدایت مواد تحت تابش و قدرت میدان الکتریکی موضعی تعیین می‌شوند. در این حالت، برای گزارش مقادیرآستانه تخریب به طور معمول از واحد ژول بر سانتی متر مربع استفاده می‌شود.

جائی که زمان پالس از زمان نفوذ گرمایش به درون ماده کوتاه تر است، برای پوشش‌ها و مواد نیمه شفاف و نیمه جاذب، آستانه تخریب القائی لیزر به سطح چگالی انرژی که به یکای ژول بر سانتی‌متر مربع(j/cm^2) بیان می‌شود، بستگی دارد. زمانی که این مواد در معرض تابش لیزر باپالس های بلندتر قرار می‌گیرند، مقدار قابل‌توجهی گرما به نواحی مجاور نقطه تابش لیزر جریان پیدا می‌کند. پارامتر کلیدی در این حالت پیک توان لیزر است که با یکای وات (W) بیان می‌شود.

برای پالس‌های بسیار بلند یا لیزر موج پیوسته، در مورد تمامی مواد، گرما عنصر غالب برای تعیین آستانه تخریب القائی لیزر (LIDT) است و مقیاس چگالی توان خطی با یکای وات بر سانتیمتر(W/cm) بکار می‌رود.

1- Scaling
2- Dielectric
3- Mechanism

الف- ۲ مثال برای مقیاس‌بندی

دراین بند، مشکلات حاصل ازمقیاس نادرست و خطرات بالقوه آن شرح داده می‌شود. این حالت خاص به یک آینه ساخته شده از برلیوم[1] می‌پردازد (یک آینه Be). قطر باریکه تابش برابر با ۰/۳۳ mm، وحد اکثر توان ایمن عملیاتی (توان عملکرد در حالت CW یا توان متوسط در عملکرد قطار پالس‌های بلند)W ۵۶ فرض می‌شود. اگر این مقدار با پرتو تابش با قطر 5mm و با استفاده از چگالی توان به عنوان متغیر، مقیاس بندی شده باشد، توان ایمن عملیاتی برابر با kW ۷۶ ,۱۲محاسبه می‌شود. زمانی که LIDT[2] با چگالی توان خطی مقیاس بندی شده باشد، توان ایمن عملیاتی برابر با kW ۰,۸۵ محاسبه می‌شود. توان ایمن عملیاتی بدست آمده توسط مقیاس بندی چگالی توان، ۱۵ برابر بزرگ تر از آن با مقیاس چگالی توان خطی است. اگر آینه Be در معرض یک لیزر با قطر باریکه تابش mm ۵ و توان ۷۶kW / ۱۲قرار گیرد، قطعاً ذوب شده و منجر به یک مشکل جدی ایمنی خواهد شد.

1- Beryllium
2- Load Interrupt Descriptor Table

کتابنامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۷-۱۰۳۷ : اپتیک . تجهیزات پزشکی- رسم نقشههای قطعات و سیستمهای اپتیکی- قسمت۱۷: آستانه تخریب تابش لیزر.

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۵۶۶ : اپتیک و وسایل اپتیکی- لیزر و تجهیزات مرتبط با لیزر- روشهای آزمون برای ویژگیهای زمانی، توان وانرژی باریکه.

[3] 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

[4] ISO 14997, Optics and photonics — Test methods for surface imperfections of optical elements

[5] McCULLAGH, P. and NELDER, J.A. *Generalized Linear Models*, 2nd edition, Chapman and Hall, London,1989. ISBN 0-412-31760-5. Chapter 4, Binary data

Damage in laser glass:

[6] ASTM STM STP 469 (1969)

Damage in laser materials:

[7] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Damage in Laser Materials, Nat. Bur. Stand. (U.S.) Spec.Publ. 341 (1970)

[8] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Damage in Laser Materials: 1971, Nat. Bur. Stand. (U.S.) Spec.Publ. 356 (1971)

Laser-induced damage in optical materials (1972 to 2010):

[9] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1972, Nat. Bur. Stand. (U.S.) Spec. Publ. 372 (1972)

[10] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1973, Nat. Bur.Stand. (U.S.) Spec. Publ. 387 (1973)

[11] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1974, Nat. Bur.Stand. (U.S.) Spec. Publ. 414 (1974)

[12] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1975, Nat. Bur.Stand. (U.S.) Spec. Publ. 435 (1975)

[13] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1976, Nat. Bur.Stand. (U.S.) Spec. Publ. 462 (1976)

[14] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1977, Nat. Bur.Stand. (U.S.) Spec. Publ. 509 (1977)

[15] GLASS, A.J. and GUENTHER, A.H., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1978, Nat. Bur.Stand. (U.S.) Spec. Publ. 541 (1978)

[16] BENNETT, H.E., GLASS, A.J., GUENTHER, A.H. and NEWNAM, B.E., eds. Laser-Induced Damage in Optical Materials: 1979, Nat. Bur. Stand. (U.S.) Spec. Publ. 568 (1979)