پنجمین کنفرانس ملی خلأ ایران
پژوهشکده علوم و صنایع غذایی
مشهد مقدس ۱۰ و ۱۱ اسفند ۹۰
Archive of SID

لایه نشانی ضد بازتابی برای نواحی مرئی و IR نزدیک

شفیعی زاده ، زهرا ؛ مشایخی، جهانبخش؛ حیدری، حسن؛ رحیم زاده، نازلی؛ صبح خیز، محمد

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران

چکیده

یکی از مهمترین فاکتورها در افزایش کارآیی لیزر، کیفیت المان های اپتیکی مورد استفاده در آن ها می باشد. کیفیت این المان ها به پارامترهای مختلفی مانند طیف نور لیزر مورد استفاده، چسبندگی و آستانه تخریب بستگی دارد. لایه نشانی های ضد بازتابی کاربرد زیادی در اپتیک به طور مثال در لیزرها، لنزها، سلول های خورشیدی دارند. در این مقاله به لایه نشانی ضدبازتابی در نواحی مرئی و IR نزدیک برای لیزر Nd:YAG می پردازیم.

Antireflection Coatings for the Visible and Near-Infrared Regions

Shafieizadeh, Zahra; Mashaiekhy, Jahanbakhsh; Heidari, Hasan; Nazli, Rahimzadeh; Mohammad, Sobhkhiz

Iranian National Center for Laser Science and Technology, PO Box 14665-576, Tehran

Abstract

One of the most important factors for increasing laser efficiency is the quality of optical elements which are used in laser systems. The quality of these elements is dependent on various parameters such as spectrum of laser light, adhesion and damage threshold. Anti reflective coatings have many applications in optics, for instance lasers, lenses and solar cells. In this study, we have been investigated design and fabrication of anti reflective filter for the visible and near-infrared regions of Nd:YAG laser.

PACS No. 81.15.Ef

مقدمه

از فاکتورهای تأثیرگذار در کارآیی لیزر می توان به کیفیت المان های اپتیکی (مانند لنزها و آینه ها) استفاده شده در آن اشاره نمود. یکی از این المان ها فیلترهای ضدبازتاب است که مورد توجه ما در این تحقیق قرارگرفته است.

بازتاب سطح شیشه بدون لایه نشانی با ضرایب شکست دربازهٔ ۱/٤٥ تا ۱/۹۰، در حدود ٪ ۳/٤ تا ٪۹/٦ است. بازتاب نور نه تنها باعث کاهش شدت می شود، بلکه باعث ایجاد تصویر ناواضح می شود که کیفیت تصویر را در سیستم اپتیکی کاهش می دهد. لایه نشانی ضدبازتابی روی سطح، کارآیی سیستم را افزایش می دهد و بازتاب هایی را که باعث آسیب در سیستم اپتیکی می شوند را کاهش می دهد. لایه نشانی ضدبازتابی می تواند شامل تک لایه با بازتاب نزدیک صفر در یک طول موج تا چندین لایه با بازتاب صفر دربازه ای از طول موج باشد.

لایه نشانی های ضدبازتابی در نواحی مرئی و مادون قرمز نزدیک از اهمیت خاصی در سیستم های اپتیکی و الکترواپتیکی برخوردارند[٦-١]. در این مقاله به ساخت فیلتر ضدبازتاب در نواحی مرئی و مادون قرمز نزدیک می پردازیم. این فیلتر ضدبازتاب در عدسی چشمی در لیزر حکاکی و جوش مورد استفاده قرار می گیرد. در این عدسی برای کارآیی مناسب لیزر، عبور در ۱۰٦٤ نانومتر و ناحیه مرئی بالا است تا در هنگام جوشکاری، هم نمونه و هم پرتو لیزر دیده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

نحوه انجام آزمایش

یکی از فاکتورهای مهم در ساخت المان های اپتیکی، مخصوصاً برای لیزرهای توان بالا، آستانه تخریب لیزری این قطعات است. برای بالا بردن آستانهٔ تخریب، جذب در لایه ها باید پایین و شدت میدان الکتریکی به حداقل برسد. از آنجا که جذب متناسب است با $n|E|^2$ ، بنابراین در لایهٔ با ضریب شکست بالا، توزیع انرژی بیشتر از لایهٔ با ضریب شکست پایین با همان دامنهٔ میدان الکتریکی است. در نتیجه لایه هایی با ضریب شکست بالا در مقایسه با لایه هایی با ضریب شکست پایین، دارای آستانهٔ تخریب پایین تری می باشند[۷]. در ابتدا باید با توجه به ناحیه طیفی مورد نظر، موادی انتخاب شوند که دارای کمترین مقدار جذب باشند. بنابراین از موادی مثل Al_2O_3، MgF_2 و SiO_2 استفاده می شود که دارای ضریب شکست پایین هستند.

در آزمایش های انجام شده از BK-7 بعنوان زیرلایه استفاده شده است. فاکتورهای زیادی بر چسبندگی لایه تأثیر می گذارند، از جمله اثرات الکترواستاتیک، واکنش های دورن مولکولی، نیروهای واندروالس و غیره. به خاطر این اثرات، چسبندگی زیرلایه به شدت بستگی به سطح زیرلایه قبل از لایه نشانی بستگی دارد. چسبندگی با تمیزکاری افزایش می یابد. برای تمیز کردن سطح، زیرلایه به مدت ۱۰ دقیقه در محلول اسید کلریدریک ۰/۰۱ مولار در دستگاه فرا صوتی جرم گیری و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در محلول استون در دستگاه فراصوتی قرارداده شده است. در پایان پس از شستشو با آب مقطر، زیرلایه فوق توسط گاز نیتروژن خالص خشک گردیده است. برای تهیه لایه ها از روش تبخیر در خلأ توسط دستگاه لایه نشانی تبخیریSYLA90 و روش تبخیر الکترون گان استفاده شد و ضخامت سنجی لایه ها نیز به دو روش فیزیکی (کریستالی)Inficon و اپتیکی Telemark انجام گرفت. لایه اول Al_2O_3 با ضریب شکست ۱/٦۱ لایه دوم MgF_2 با ضریب شکست ۱/۳۸ . شرایط لایه نشانی در جدول ۱ آمده است.

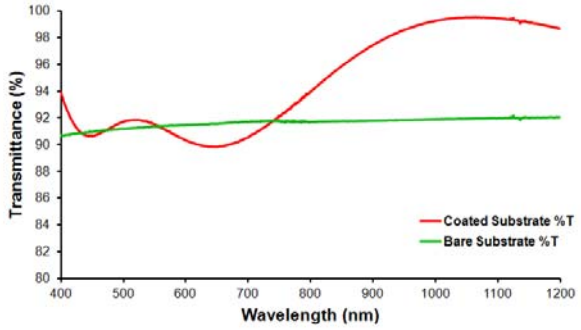
پس از انجام لایه نشانی، نمونه برای بررسی طیف خروجی و مقایسه با طیف شیشه خام، توسط طیف سنج Cary 6000i طیف سنجی شد. مورفولوژی سطح لایه نشانی توسط میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) بررسی شد.

جدول۱: شرایط لایه نشانی.

*	پارامتر	Al_2O_3	MgF_2
۱	فشاراولیه (Torr)	۳×۱۰^{-٦}	
۲	فشارکاری(Torr)	$۱۰^{-٥}$	٥×۱۰^{-٦}
۳	جریان(mA)	۲٦۰	۱۳
٤	ولتاژ (kV)	۸	
٥	حرارت °C	۲٥۰	
٦	ضخامت (nm)	۱٦۰/۲۸	۱۹۳/۳۱
۷	آهنگ رشد (A^oS^{-1})	۳	٤

نتایج و بحث

طیف بدست آمده از اسپکتروفوتومتر در شکل ۱ نشان داده است. طیف زیرلایه بدون لایه نشانی برای مقایسه قرار داده شده است. همان طور که در شکل مشخص است، لایه ضدبازتابی دارای ٪۹۹/٥٥ عبور در در طول موج ۱۰٦٤ نانومتر و عبور نزدیک به ٪۹۲ در ناحیه مرئی است.



شکل۱: طیف عبور بر حسب طول موج چندلایه ضدبازتابی (قرمز) و طیف عبور زیرلایه بدون لایه نشانی (سبز).

مورفولوژی لایه ها توسط میکروسکوپ نیروی اتمی (DualScope DME SPM)مورد بررسی قرار گرفت. میکرو گراف های دو بعدی و سه بعدی نمونه ساخته شده در مساحت اسکن۳μm، در شکل ۲ نشان داده شده است. مورفولوژی لایه

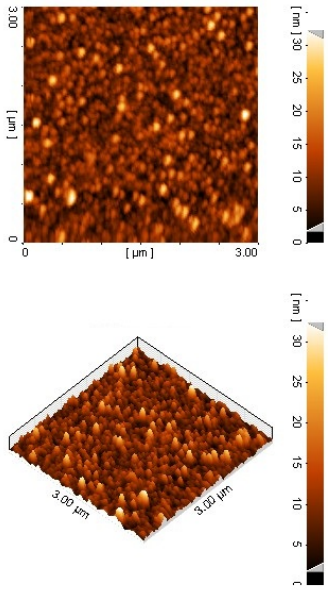
www.SID.ir

Archive of SID

نازک، بر کارآیی مؤلفه های اپتیکی تاثیر می گذارد. تخلخل در لایه موجب افزایش آلودگی ها (آب و هیدروکربن ها)، می شود، و در نتیجه جذب افزایش می یابد و آستانه تخریب کاهش می یابد. علاوه بر این، زبری، موجب افزایش پراکندگی می شود. می توان از آنالیز AFM برای بررسی پراکندگی در چندلایه ها استفاده نمود. دربحث لایه نازک کمیت جذر میانگین مربعی زبری (R_{rms})متداولترین پارامتر زبری در مقیاس لایه نازک شناخته می شود که با رابطه (۱)داده می شود[۸]:

$$R_{rms} = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2\right]^{1/2} \qquad (۱)$$

که در آن N تعداد نقاط اطلاعات پروفایل با ارتفاع y_i است و $\bar{y}$ ارتفاع متوسط سطح است.



شکل۲: تصاویر دو بعدی و سه بعدی AFM

زبری سطح از تصاویر AFM بدست می آید. زبری R_{rms} توسط انحراف استاندارد (S.D) اطلاعات تصاویرAFM بدست می آید. زبری پایین در کاربردهای اپتیکی دارای اهمیت است، زیرا پراکندگی متناسب است با R_{rms}^2[۸]. زبری R_{rms} در مساحت اسکن ۳ µm برابر ٤/٢٦ nm بدست آمد که نشان دهندۀ سطحی یکنواخت با زبری پایین است.

نتیجه گیری

در این مقاله طراحی و ساخت فیلتر ضدبازتابی در دوناحیه مرئی و مادون قرمز نزدیک مورد بررسی قرار گرفت. لایه نشانی ضدبازتابی برای افزایش عبور زیرلایه اپتیکی استفاده می شود. انتخاب طراحی لایه بستگی به مقدار افزایش عبور مورد نیاز و ضریب شکست زیرلایه و ناحیه طیفی مورد نیاز و مواد در دسترس دارد. دی الکتریک های مورد استفاده در لایه نشانی چند لایه، باید درمحدودۀ طیفی مورد نظر، شفاف باشند. از طرفی برای بالا بردن آستانه تخریب باید از موادی استفاده شود که دارای کمترین جذب هستند. مواد با ضریب شکست پایین دارای جذب پایین تری هستند، بنابراین لایه های نازک از موادی تشکیل شدند که ضریب شکست آن ها از ۱/۷ بالاتر نبود. نتایج عملی حاصل از لایه نشانی به روش تفنگ الکترونی تطابق بسیار خوبی با نتایج تئوری داشت

.مرجع‌ها

[۱] Markus K. Tilsch, Robert B. Sargent and Charles A. Hulse; "Dielectric Multilayer Filters"; *Wavelength Filters in Fibre Optics*, **123** (2006) 289-340

[۲] Ming-Chung Liu, Cheng-Chung Lee, Bo-Huei Liao, Masaaki Kaneko, Kazuhide Nakahira, and Yuuichi Takano; "Fluoride antireflection coatings deposited at 193 nm "; *Applied Optics*, **47** (2008) C214-C218

[۳] Manqing Tan, Yongchang Lin, and Dazun Zhao;" Reflection filter with high reflectivity and narrow bandwidth"; *Applied Optics*, **36** (1997) 827-830

[٤] Muhammad H. Asghar , Muhammad Shoaib , Frank Placido , Shahzad Naseeme; "Modeling and preparation of practical optical filters"; *Current Applied Physics*, **9** (2009) 1046–1053

[٥] Cheng-Chung Lee, Sheng-Hui Chen, Chien-Cheng Kuo, and Ching-Yi Wei; "Achievement of arbitrary bandwidth of a narrow bandpass filter"; *Optics Express*, **15** (2007) 15228-15233

[٦] M. Elson, J. P. Rahn, and J. M. Bennett; "Multilayer antireflection coatings for the visible and near-infrared regions"; *Applied Optics*, **36** (1997) 6339–6351.

[۷] M. R. Lange , J. K. McIver and A. H. Guenther; "The Influence of the Thermal and Mechanical Properties of Optical Materials in Thin Film Form on Their Damage Resistance to Pulsed Lasers"; *Thin Solid Films*, **118** (1984) 49-59.

[۸] M. Elson, J. P. Rahn, and J. M. Bennett; "Relationship of the total integrated scattering from multilayer-coated optics to angle of incidence, polarization, correlation length, and roughness cross-correlation properties"; *Applied Optics*, **22,** No.20 (1983) 3207–3219.

www.SID.ir