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

# مطالعه و بررسی نانوساختار لایه $MgF_2$ انباشت شده به روش تبخیر الکترونی

**مشایخی، جهانبخش؛ شفیعی زاده، زهرا؛ ناهیدی، حسین**

*مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران، تهران*

## چکیده

*برای لایه نشانی لایه های ترکیبی مانند اکسیدها، برای حفظ استوکیومتری، معمولا از گازهای واکنشی مانند اکسیژن و فلوراید استفاده می شود. در این تحقیق ما نشان می دهیم که ، در خصوص لایه نشانی $MgF_2$ به روش تبخیری الکترونی، استفاده از گاز واکنشی ضروری نیست. لایه $MgF_2$ به ضخامت ۹۲ نانومتر روی سطح زیرلایه شیشه ای انباشت گردید. و سپس از آنالیزهای XPS و اسپکتروفتومتر برای تعیین ماهیت لایه و از آنالیز AFM برای مشاهده مورفولوژی و خواص کیفی لایه استفاده گردید.*

# Study and Investigation of Nanostructured $MgF_2$ Thin Films Deposited by Electron-Beam Evaporation

**Mashaiekhy, Jahanbakhsh; Shafieizadeh, Zahra; Nahidi, Hossein**

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

## Abstract

*Reactive gases are used for a large variety of oxide and fluoride compounds to keep film stoichiometry. In regard to the deposition of $MgF_2$ by electron beam evaporation, using reactive gases is not necessary. $MgF_2$ thin film with a thickness of 92 nm was deposited on glass substrate. The optical, chemical, and structural properties of the deposited $MgF_2$ films were investigated by using spectrophotometer, x-ray photoelectron spectroscopy (XPS), and atomic force microscopy (AFM).*

*PACS No. 81.15.Ef*

## مقدمه

لایه های نازک فلوراید به علت، شفافیت بالا، اتلاف و استرس پایین و آستانه تخریب بالا به طور گسترده ای استفاده می شوند [۱-۲]. روش های مختلفی برای انباشت لایه های نازک فلوراید استفاده می شود، از آن جمله می توان به تبخیر الکترونی[۳]، کندوپاش پرتو یونی[٤]، و کندوپاش واکنشی [٥] اشاره نمود.

برای لایه نشانی لایه های ترکیبی مانند اکسیدها، برای حفظ استوکیومتری، معمولاً از گازهای واکنشی مانند اکسیژن و فلوراید استفاده می شود. مثلا در مورد لایه های $TiO_2$، برای حفظ استوکیومتری وپیشگیری از تشکیل لایه هایی مانند $Ti_2O_3$، از گاز اکسیژن در حین لایه نشانی استفاده می شود. تعیین فلوی مورد نیاز از این گازهای واکنشی با چند بار آزمایش و آنالیز آنها قابل دستیابی می باشد. اما در مورد فلوریدها مساله کمی متفاوت است. در این تحقیق ما نشان داده ایم که استفاده از گاز واکنشی، در خصوص لایه نشانی $MgF_2$ به روش تبخیری الکترونی، ضروری به نظر نمی رسد. لایه $MgF_2$ از آن جهت مورد توجه قرار گرفته است که در صنعت لیزر و اپتیک، کاربرد فراوانی درفیلتر های اپتیکی ضد بازتاب دارد. همچنین لایه نازک $MgF_2$ با ترکیب با



www.SID.ir

Archive of SID

یک لایه با ضریب شکست بالا مانند ZnS (۲/۳۵در ۵۵۰نانومتر)برای ساخت فیلترهای بازتاب بالا مورد استفاده قرار می گیرند.

با توجه به اینکه طیف عبوری برای هر ماده ای با ضخامت معین، جزو مشخصه های آن ماده می باشد و به عبارتی دیگر شناسنده آن ماده می باشد، برای شناخت ماهیت لایه بدست آمده از دستگاه طیف سنج، استفاده نموده ایم. همچنین جهت ارزیابی کامل تر در تعیین استوکیومتری لایه، نمونه بدست آمده با استفاده از آنالیز XPS، عنصر سنجی گردید. سطح نمونه ها نیز با استفاده از آنالیزهای AFM سرشت سنجی گردید.

## نحوه انجام آزمایش

در آزمایش های انجام شده از شیشه بی شکل به ابعاد $۶\times۲cm^2$ بعنوان زیرلایه استفاده شده است. برای تمیز کردن سطح، زیرلایه به مدت ۱۵ دقیقه در محلول اسید کلریدریک ۰/۰۲ مولار در دستگاه فرا صوتی جرم گیری و سپس به مدت ۱۵ 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. چشمه مورد استفاده در این آزمایش، پودر $MgF_2$ با خلوص ٪۹۹.۹۹ می باشد.

لایه نشانی به وسیله دستگاه SYLA90 و به روش تبخیر الکترونی انجام گرفت. لایه نشانی طبق جدول شماره ۱، انجام گرفت و آهنگ لایه نشانی و ضخامت لایه در حین آزمایش به کمک کریستال کوارتز کنترل گردید.

پس از لایه نشانی، با استفاده از آنالیزهای مختلف، نمونه بدست آمده، مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا جهت مقایسه اولیه، طیف عبوری با استفاده از طیف سنج (کمپانی واریان) اندازه گیری شد. همچنین با استفاده از آنالیز XPS لایه تشکیل شده عنصر سنجی گردید و در ادامه برای بررسی مورفولوژی سطح نمونه ها، از آنالیز AFM استفاده گردید.

## نتایج و بحث

شکل ۱ طیف عبوری تک لایه $MgF_2$ را نشان می دهد. مشاهده می شود که مطابق انتظار و همانند نمودار شبیه سازی شده (با نرم افزار اپتیکیMacleod)) در شکل ۲، شدت نور عبوری در طول موج کاهش یافته است و به عبارتی دیگر لایه تشکیل شده، لایه $MgF_2$ با استوکیومتری مناسب می باشد. لازم به ذکر است که تفاوت شدت عبور بین نمونه های تئوری و تجربی به تفاوت بین شدت نور عبوری در زیرلایه مورد استفاده و حالت تئوری (حدود ۵ درصد) بر می گردد که پیک فلوئور بدست آمده با استفاده از روش تبخیری، مقدار بسیار نزدیکی به نمونه تئوری دارند.

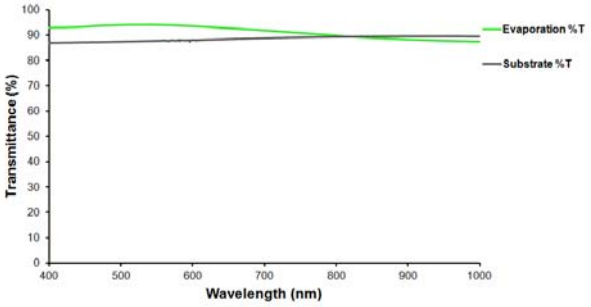
| * | پارامتر | مقدار |
|---|---|---|
| ۱ | فشاراولیه( Torr) | $۵\times۱۰^{-۶}$ |
| ۲ | فشارکاری( Torr) | $۷\times۱۰^{-۶}$ |
| ۳ | فشارتخلیه الکتریکی( Torr ) | ۰/۰۵ |
| ٤ | ولتاژ(kV) | ٤ |
| ۵ | حرارت( $C^o$) | ۲۵۰ |
| ٦ | ضخامت(nm) | ۹۲ |

جدول شماره ۱: شرایط تبخیر چشمه ها به روش تفنگ الکترونی

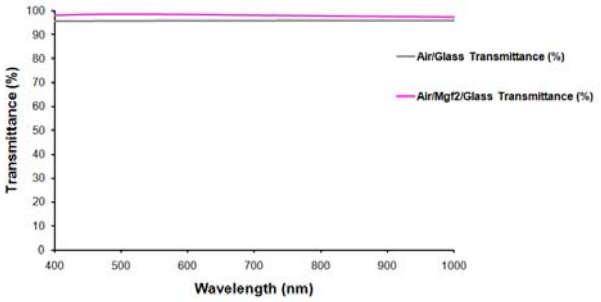


www.SID.ir

Archive of SID



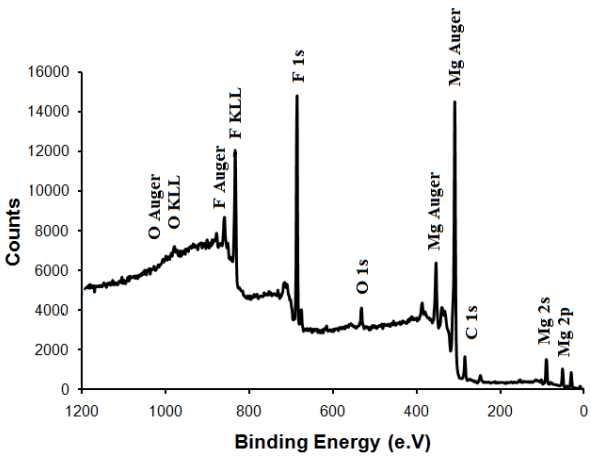

شکل۱: طیف بازتاب بر حسب طول موج لایه $MgF_2$ و زیرلایه بدون لایه نشانی که توسط اسپکتروفوتومتر بدست آمده است.



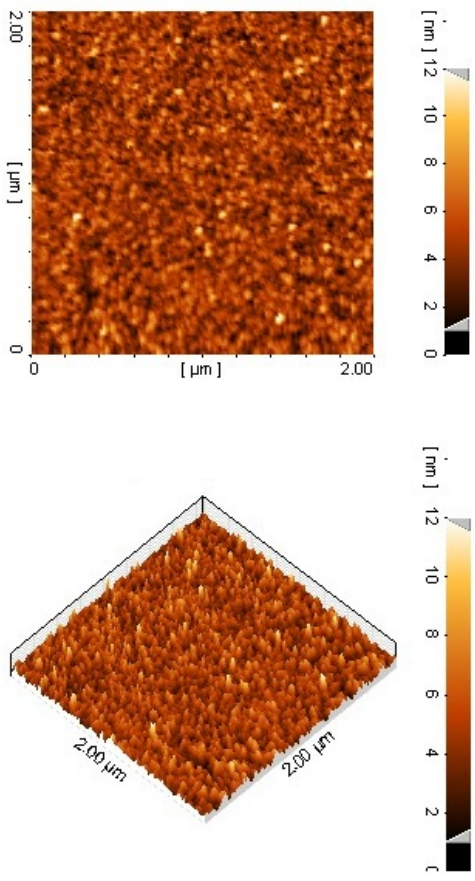

شکل۲: منحنی تئوری بازتاب بر حسب طول موج لایه $MgF_2$ و زیرلایه بدون لایه نشانی

شکل ۳، مربوط به آنالیز عنصر سنجی با آنالیز XPS، به صورت دقیق تری این مساله را بیان می کند.. برای تحلیل اطلاعات از نرم افزار SDP نگارش ٤ شرکت XPS International استفاده شده است. با توجه به وضعیت طیف F فیتینگ با یک قله در انرژی ٦٨٧eV به نحو مناسبی صورت گرفته و در شکل نشان داده است. همچنین با توجه به وضعیت طیف Mg فیتینگ با یک قله در انرژی ٥٢ به نحو مناسبی صورت گرفته است.

برای بررسی توپوگرافی و زبری سطح از آنالیز AFM استفاده شده است. تصویر دو بعدی و سه بعدی تک لایه $MgF_2$ در مقیاس $\mu m^2$ ۲×۲ در شکل ٤ نشان داده است. همان طور که مشاهده می شود تک لایه $MgF_2$ دارای سطحی یکنواخت با زبری متوسط Ra=1.22 nm است




شکل۳: طیف XPS لایه $MgF_2$ انباشت شده به روش تبخیر الکترونی




شکل ٤: تصویردو بعدی و سه بعدی تک لایه $MgF_2$ که توسط میکروسکوپ نیروی اتمی بدست آمده است.



www.SID.ir

Archive of SID

## نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی ساختار و ویژگی های تک لایه $MgF_2$ انباشت شده توسط تبخیر الکترونی پرداخته شد. آنالیزهای انجام شده توسط اسپکتروفوتومتر و XPS و AFM نشان داد که لایه $MgF_2$ با استکیومتری و ساختار مناسب بدون نیاز به گاز واکنشی به روش تبخیر الکترونی قابل دستیابی است.

## مرجع‌ها


[۱] HK Pulker; "Characterization of optical thin films"; *Appl Optics* **18** ,1979,1969-77.

[۲] T Yoshida, K Nishimoto, K Sekine, K Etoh.; "Fluoride antireflection coatings for deep ultraviolet optics deposited by ion-beam sputtering"; *Appl Optics* **45**, 2006,1375-79.

[۳] L Dumas, E Quesnel, JY Robic. Y Pauleau; "Characterization of magnesium fluoride thin films deposited by direct electron beam evaporation"; *J Vac Sci Technol A* **18**, 2000,465-9

[٤] D Jacoba, F Peiro, E Quesne, D Ristau.; "Microstructure and composition of MgF2 optical coatings grown on Si substrate by PVD and IBS processes"; *Thin Solid Films* **360**, 2000, 133-8.

[٥] L Martinu, H Biederman, L Holland; "Thin films prepared by sputtering MgF2 in an rf planar magnetron"; *Vacuum* **35** 1985,531-35.




www.SID.ir