

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران

# مطالعه اثر دمای بستر بر خواص ساختاری و اپتیکی لایه‌های نازک نانو ساختار اکسید مس تهیه

## شده به روش اسپری پایرولیز

عزیزی، مریم؛ فدوی اسلام، محمدرضا؛ عادل‌فرد، مهدی؛ عظیمی جویباری، حسن

دانشکده فیزیک دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

### چکیده

لایه‌های نازک اکسید مس در بازه دمایی ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد با استفاده از محلول آبی نترات مس بر روی بستر شیشه به روش اسپری پایرولیز تهیه شدند. مشخصه‌یابی‌های ساختاری و اپتیکی نمونه‌ها بوسیله طیف  $XRD$ ، میکروسکوپ نیروی اتمی ( $AFM$ ) و طیف عبوری مطالعه شدند. مشخصه‌یابی‌ها شکل گیری ساختار تک فاز  $CuO$  بسپوری با سمتگیری‌های (۰۰۲) و (۱۱۱) در تمامی نمونه و لایه‌های تقریباً همگن و منسجم را بر روی بستر نشان می‌دهند. بررسی‌های اپتیکی نشان داد با افزایش دمای بستر، میزان عبور در نمونه‌ها افزایش یافت و نمونه‌ها از گاف نواری مستقیم در محدوده ۱٫۹۴ تا ۲٫۵۲ eV برخوردارند.

## Study on the substrate temperature effect on structural and optical properties of nano-structured copper oxide thin films prepared by spray pyrolysis

Azizi, Maryam; Fadavieslam, Mohammadreza; Adelifard, Mehdi; Azimi-Joybary, Hasan

School of Physics, Damghan University, Damghan, Iran.

### Abstract

Copper oxide thin films were deposited at substrate temperatures of 400-600°C using an aqueous solution of copper nitrate on the glass substrate by spray pyrolysis method. The structural and optical characterizations of samples were studied using XRD, atomic force microscope (AFM) and the transmittance spectrums. The characterizations indicate the formation of CuO mono-phase with a polycrystalline nature with orientation along (002) and (111) in all samples and approximately homogeneous and coherent layers on substrate. Optical studies showed that with increasing the substrate temperature, the transmittance of the samples increased and samples have a direct band gap in the range of 1.94-2.52 eV.

PACS No. 68

ساختار تک میلی است [۳و۴]؛  $Cu_2O$  دارای گاف نواری در محدوده ۲٫۱ تا ۲٫۶ eV و ساختار مکعبی است [۳و۵]. لایه‌های نازک اکسید مس در مواردی از قبیل مواد کاتالیستی، سلولهای فتوولتائیک، وسایل الکتروکرومیک، نقاط کوانتومی با مقیاس نانو و مواد کم اصطکاک به کار برده می‌شوند. این نيمرسانای اکسیدی با استفاده از روش‌های شیمیایی و فیزیکی مختلف تهیه شده است. از میان آنها روش اسپری پایرولیز با توجه به هزینه پائین لایه نشانی و امکان تهیه لایه‌ها در ابعاد بزرگ به منظور کاربرد در صنایع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۲].

### مقدمه

امروزه با توجه به کاربردهای مهم اکسید فلزات در زمینه‌های متعدد فناوری، تلاش‌های بسیاری برای مشخصه‌یابی و توصیف ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها صورت گرفته است [۱]. در بین اکسید فلزات، اکسید مس بدلیل ویژگی‌های ساختاری، اپتیکی و الکتریکی منحصر بفردی که از خود نشان داده، توجه خاصی را به خود اختصاص داده است. اکسید مس دارای دو ساختار متداول تنوریت ( $CuO$ ) و کوپریت ( $Cu_2O$ ) است [۲]. در حالی که  $CuO$  نیمرسانای نوع p با گاف نواری در محدوده ۱٫۹ تا ۲٫۱ eV و

## کارهای آزمایشگاهی:

در این مطالعه لایه‌های نازک اکسید مس با استفاده از محلول آبی شامل نترات مس سه آبه ( $\text{CuN}_2\text{O}_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) ۰/۳ مولار تهیه شدند. به منظور بررسی تأثیر دمای بستر بر خواص فیزیکی لایه‌ها، بازه دمایی  $400-600^\circ\text{C}$  در نظر گرفته شد. دیگر عوامل لایه نشانی از قبیل فاصله نازل تا بستر، آهنگ اسپری و فشار گاز حامل مطابق با جدول (۱) تنظیم شدند.

جدول ۱: شرایط لایه نشانی لایه های نازک اکسید مس

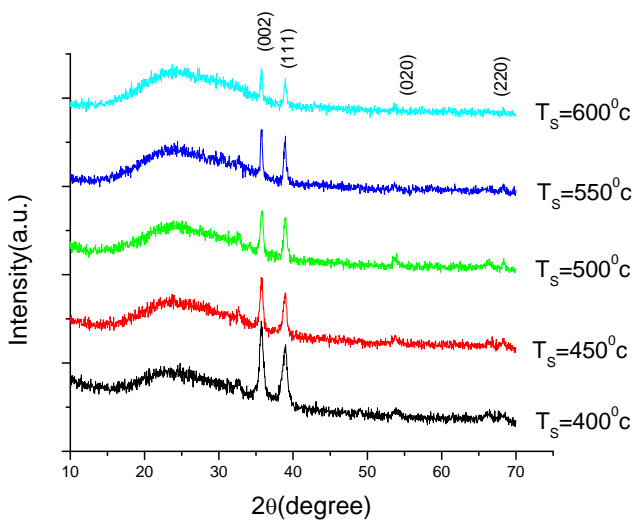
۳۵ cm	فاصله نازل تا بستر
۴/۵ cc/min	آهنگ لایه نشانی
۳ atm	فشار گاز حامل
۵۰ cc	حجم محلول

مطالعه خواص نمونه‌ها با استفاده از پراش پرتو ایکس (XRD) وابسته به خط طیفی  $\text{CuK}\alpha$  با طول موج  $1.5405$  آنگستروم، مشخصه‌یابی اپتیکی لایه‌ها با استفاده از طیف نگاری UV-vis در محدوده طول موجی  $300-1100$  نانومتر و بررسی خواص سطحی نمونه‌ها نیز با استفاده میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) صورت گرفت.

## نتایج و بحث:

### مشخصه‌یابی ساختاری:

شکل (۱) الگوی XRD مربوط به نمونه‌های مورد مطالعه را در بازه دمایی  $400$  تا  $600^\circ\text{C}$  نشان می‌دهد. نتایج حاکی از ساختار تک فاز تنوریت ( $\text{CuO}$ ) بسببوری با قله‌های  $(002)$  و  $(111)$  در همه نمونه‌ها و نیز قله‌های متناظر با راستاهای  $(020)$  و  $(220)$  در تمامی دماهای بستر پایین‌تر می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش دمای بستر به تدریج از شدت قله‌ها کاسته می‌شود به طوری که بیشینه شدت قله‌ها در نمونه تهیه شده در دمای  $400^\circ\text{C}$  می‌باشد.



شکل ۱: طیفهای XRD لایه‌های نازک اکسید مس در دماهای مختلف بستر

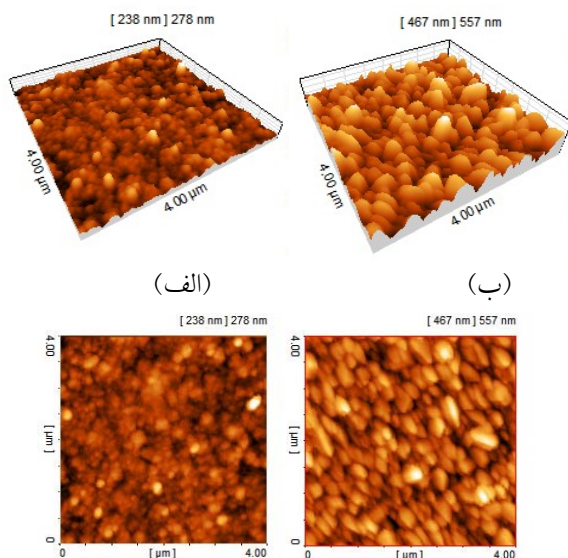
در این نمونه‌ها اندازه بلورکها با استفاده از رابطه شرر [۶]:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

که در آن  $\lambda$  طول موج پرتو ایکس ( $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$ ),  $k = 0.94$ ,  $\beta$  پهنای قله در نصف ارتفاع بیشینه و  $\theta$  زاویه پراش است محاسبه شدند و نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند افزایش دمای بستر منجر به چسبندگی و اتحاد نانو بلورکها و در نتیجه بزرگ شدن اندازه آنها برای هر دو صفحه  $(002)$  و  $(111)$  شده است.

جدول ۲: نتایج طیف های XRD لایه های نازک اکسید مس لایه نشانی شده در دماهای مختلف بستر

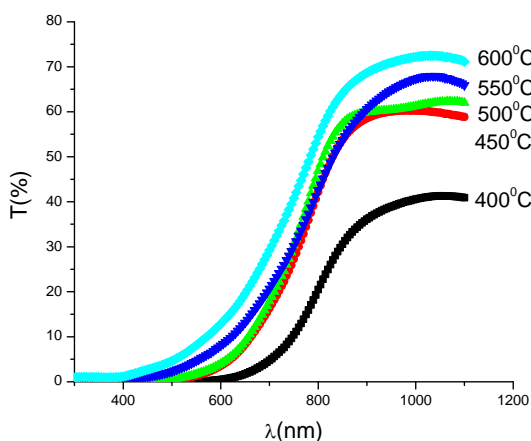
نمونه	اندازه نانو بلورکها (nm) (برای دو پیک ارجح)
$T_s = 400$	۱۴
$T_s = 450$	۱۷
$T_s = 500$	۱۸
$T_s = 550$	۲۶
$T_s = 600$	۳۰



شکل ۲: تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی لایه‌ها در دمای بستر ۴۵۰°C (الف) و دمای ۶۰۰°C (ب)

### مشخصه‌یابی اپتیکی:

طیف عبوری لایه‌ها در گستره طول موجی ۳۰۰-۱۱۰۰ nm در شکل (۳) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود میزان عبور در نمونه‌های مورد مطالعه در گستره طول موجی ۸۰۰-۱۱۰۰ nm در بازه ۴۰-۷۰ درصد می‌باشد. از طرفی قابل توجه است که تغییرات میزان عبور متناظر با تغییرات اندازه بلورکهای نمونه‌ها (جدول ۲) می‌باشد بطوریکه نمونه با بزرگترین اندازه بلورک از بیشترین میزان عبور و نمونه با کوچکترین اندازه بلورک از کمترین میزان عبور برخوردار است.



شکل ۳: طیف عبوری لایه‌های نازک اکسید مس لایه نشانی شده در دماهای مختلف بستر

از طرفی با استفاده از داده‌های مربوط به آنالیز الگوی XRD نمونه‌ها، فاصله بین صفحات بلوری  $(d_{hkl})$ ، کرنش  $(\epsilon)$  و چگالی دررفتگی  $(\sigma)$  به ترتیب با استفاده از روابط (۲)، (۳) و (۴) محاسبه و در جدول (۳) ارائه شده است [۸ و ۷].

$$d_{hkl} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (2)$$

$$\epsilon = \frac{\beta}{4} \cos \theta \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{1}{D^2} \quad (4)$$

نتایج حاکی از آن است که با افزایش دمای بستر برای هر دو صفحه (۰۰۲) و (۱۱۱) مقادیر کرنش و چگالی دررفتگی روندی کاهشی دارند که این امر می‌تواند متناسب به افزایش کیفیت بلوری لایه‌ها در راستای صفحات ذکر شده در بالا و در نتیجه کاهش نقایص شبکه بلوری باشد.

جدول ۳: پارامترهای کرنش، دررفتگی و فاصله بین صفحات بلوری در نمونه‌های مورد مطالعه

Sample name	(hkl)	d (Å)	$\epsilon \times 10^{-3}$	$\sigma (A^\circ)^{-2} \times 10^{-5}$
$T_s = 400$	(۰۰۲)	۲,۵۰	۲,۵۰	۵,۳۰
	(۱۱۱)	۲,۳۱		
$T_s = 450$	(۰۰۲)	۲,۵۰	۲,۱۱	۳,۷۶
	(۱۱۱)	۲,۳۰		
$T_s = 500$	(۰۰۲)	۲,۵۰	۱,۹۴	۳,۲۰
	(۱۱۱)	۲,۳۰		
$T_s = 550$	(۰۰۲)	۲,۵۱	۱,۳۴	۱,۶۱
	(۱۱۱)	۲,۳۱		
$T_s = 600$	(۰۰۲)	۲,۵۱	۱,۲۲	۱,۳۲
	(۱۱۱)	۲,۳۱		

### مشخصه‌یابی سطحی:

تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی برای دو نمونه لایه‌نشانی شده در دمای ۴۵۰°C و ۶۰۰°C در دو نمای دوبعدی و سه‌بعدی در شکل (۲) نشان داده شده است. مطالعه تصاویر AFM نشان می‌دهد که نمونه‌ها دارای سطوحی تقریباً همگن و یکنواخت بر روی بستر می‌باشند. از طرفی ملاحظه می‌شود با افزایش دمای بستر از ۴۵۰ به ۶۰۰ درجه سانتیگراد اندازه دانه‌ها افزایش یافته است.

بسبب بلوری بودن آنها با ساختار تک‌میلی تک‌فاز CuO و جهت-گیری‌های (۰۰۲) و (۱۱۱) در تمامی نمونه‌هاست. بررسی خواص سطحی لایه‌ها (تصاویر AFM) حاکی از ساختار تقریباً همگن و منسجم لایه‌ها بر روی بستر می‌باشد. مطالعات اپتیکی لایه‌ها نشان داد که با افزایش دمای بستر میزان عبور و نیز گاف نواری (از ۱٫۹۴ تا ۲٫۵۲ الکترون-ولت) افزایش یافته است.

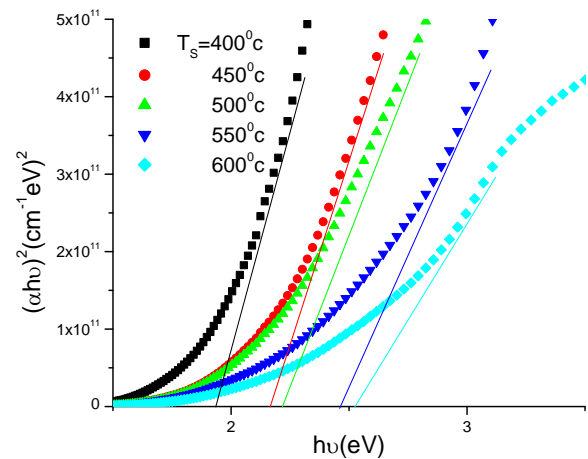
## مرجع ها

- [1] Iqbal Singh, R.K. Bedi; "Applied Surface Science" **257** (2011) 7592-7599.
- [2] S. Kose, E. Ketenci, V. Bilgin, F. Atay, I. Akyuz; "Current Applied Physics" **12** (2012) 890-895.
- [3] S.C. Ray; "Sol. Energy Mater. Sol. Cells" **68** (2001) 307
- [4] J.F. Pierson, A. Thobor-Keck, A. Cuprite Billard; "Appl. Surf. Sci." **210** (2003) 359.
- [5] B. Balamurugan, B.R. Mehta; "Thin Solid Films" **396** (1-2) (2001) 90.
- [6] S. Kose, F. Atay, V. Bilgin, I. Akyuz; "Materials Chemistry and Physics" **111** (2008) 351-35.
- [7] L. Cattin, B.A. Reguig, A. Khelil, M. Morsil, K. Benchouk, J.C. Bernede; "Appl. Surf. Sci." **254** (2008) 5814-5821.
- [8] A. Sawaby, M.S. Selim, S.Y. Marzouk, M.A. Mostafa, A. Hosny; "Physica B" **405** (2010) 3412-3420.

گاف نواری مستقیم لایه‌ها با استفاده از رابطه تاوک [۴]:

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g) \quad (5)$$

با رسم نمودار  $(\alpha h\nu)^2$  بر حسب  $(h\nu)$  (شکل ۴) و برازش قسمت خطی نمودار بدست آمد و نتایج آن در جدول (۴) آورده شده است. همانطور که دیده می‌شود با افزایش دمای بستر، مقادیر گاف نواری افزایش یافته است که این امر می‌تواند به علت کاهش نظم بلوری در نمونه‌های مورد مطالعه (شکل ۱) باشد.



شکل ۴: نمودار گاف اپتیکی لایه‌های نازک اکسید مس لایه نشانی شده در دماهای مختلف بستر

جدول ۴: گاف اپتیکی نمونه‌ها در دماهای مختلف بستر

گاف نوری eV	دمای بستر °C
۱٫۹۴	۴۰۰
۲٫۱۶	۴۵۰
۲٫۲۲	۵۰۰
۲٫۴۶	۵۵۰
۲٫۵۲	۶۰۰

## نتیجه گیری

خواص ساختاری و اپتیکی لایه‌های نازک اکسید مس در بازه دمایی ۴۰۰-۶۰۰ درجه سانتیگراد و به روش اسپری پایرولیز لایه نشانی شده‌اند، مورد مطالعه قرار گرفت. طیف XRD نمونه‌ها نشانگر

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش  
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش  
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش  
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران