بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

# بررسی ویژگی‌های نوری اکسیدمس تهیه شده به روش اسپاترینگ مگنترونی با استفاده از طیف بازتابی و عبوری

سید سعید به‌آیین[۱]، مریم محمودی قالوندی[۲]، علی‌رضا رازقی‌زاده[۲]و اسماعیل پاکیزه[۱]

[۱]دانشگاه شیراز، گروه فیزیک

[۲]دانشگاه پیام نور، گروه فیزیک

**چکیده – در این پژوهش، لایه‌های نازک اکسیدمس به روش کندوپاش واکنشی مغناطیسی *RF* روی زیرلایه‌های شیشه‌ای در توان‌های مختلف نهشته شده‌اند. پراش اشعه‌ی ایکس(*XRD*)، و اسپکتروفوتومتر به ترتیب برای توصیف خواص ساختاری و خواص نوری لایه‌ها به‌کار رفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش توان، فاز اکسیدمس از *CuO* به $Cu_2O$ تغییر پیدا می‌کند همچنین اندازه‌ی ریزبلورک‌ها افزایش یافته است. ضریب شکست، ضریب جذب، ضریب خاموشی و گاف انرژی نیز با استفاده از طیف سنجی محاسبه شده است.**

کلید واژه- اسپکتروفوتومتر، کندوپاش واکنشی مغناطیسی، گاف انرژی، لایه نازک.

# Optical properties of Copper Oxide prepared by magnetron sputtering using reflection and transmission spectra

saeed behaein[1], Maryam Mahmoudi ghalvandi[2], alireza razeghizadeh[2], Esmaeil Pakizeh[1]

[1]Department of physics, University of Shiraz, Shiraz

[2]Department of physics, University of payame noor, Ahvaz.

Abstract- In the present experimental work, Copper Oxide thin films were deposited by reactive radio frequency magnetron sputtering on glass substrates at various power and under the same conditions. Effect of changing the power on structural and electrical properties of the layers were studied. The structural properties, and optical properties of the copper Oxide films are investigated by X-ray Diffraction (XRD), and UV-IR Spectroscopy techniques respectively. It was observed with increasing power, Copper Oxide phase changes from CuO to $Cu_2O$. Optical properties also are obtained.

Keywords: Band gap, Reactive Magnetron Sputtering, Thin film, UV-IR Spectroscopy.



[ Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08 ]

## ۱- مقدمه

اکسیدمس ($Cu_2O$) نیم‌رسانا نوع p با شکاف باند ۲/۰ ev توجه زیادی را بخاطر کاربردهای آن در مواد نوری و مغناطیسی، تبدیل انرژی خورشیدی، سنجش گاز، باتری-های لیتیوم یون، و تجزیه به خود جلب می‌کند[۲]. در حال حاضر انواع متعددی از سنسورهای گاز به طور گسترده برای تشخیص گازها و بخارات آلی استفاده می-شود. به‌دلیل سادگی و هزینه کم، سنسورهای گاز اکسید فلزی نیم‌رسانا در میان بسیاری از انواع دیگر سنسور گاز برجسته هستند. $Cu_2O$ به عنوان اولین نیم‌رسانا اکسید فلزی، به طور گسترده‌ای در برنامه‌های کاربردی عکس ولتائیک به دلیل گاف‌نواری مستقیم ۲ ولت، مورد استفاده قرار گرفت [۱]. نانوسیم اکسید مس($Cu_2O$) و اکسید مس (CuO) برای بسیاری از خواص فیزیکی جالب و برنامه‌های کاربردی گسترده شناخته شده است. در مقایسه با مواد نیم‌رساناهای سنتی، مانند Si و GaAs، اکسید مس فراوان‌تر و کم هزینه‌تر با سمیت کم و قابل قبول زیست محیطی است. بنابراین، سنتز و کاربردهای نانوسیم $Cu_2O$ و CuO علاقه خاصی برای محققان هستند[۴].

## ۲- روش انجام آزمایش

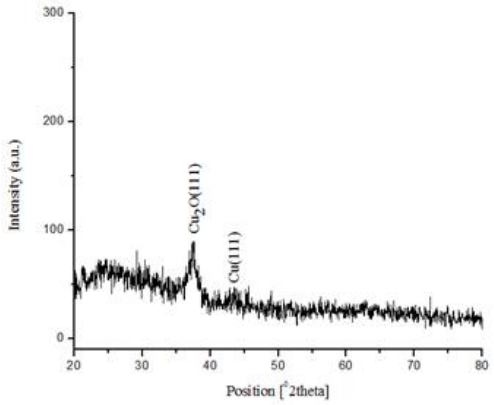
یک هدف مسی با شرایط (خلوص بالای ۹۹/۹۵٪ ضخامت ۸ میلی متر و قطر ۴ اینچ) تهیه و پس از صیقل دادن به وسیله سمباده‌های نرم، با استون و اتانول تمیز شده و بر روی مگنترون سیستم کندوپاش نصب شد. زیرلایه‌ها نیز به ابعاد (۱cm × ۱cm و ضخامت ۱میلیمتر) در محلول‌های اتانول و استون با استفاده از یک حمام مافوق صوتی به خوبی تمیز شده و در سیستم قرار گرفتند. از آرگن تجاری (با خلوص ۹۹/۹۹٪) به عنوان گاز کاری و از گاز واکنشی (با خلوص بالای ۹۹/۹۹٪) استفاده شد. لایه‌های مورد نظر با شرایطی که در جدول۱ نشان داده شده، به روش کندوپاش مگنترونی واکنشیRF تهیه شده‌اند[۳]. تشخیص نوع ساختار و کشف ماهیت محصولات به وسیله دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) مدل D8 Advance Bruker انجام گرفت. خواص نوری لایه‌ها به‌وسیله دستگاه اسپکتروسکوپی مدل Cary 500 Scan شرکت Varian انجام شد.

جدول۱: شرایط کاری برای تهیه لایه‌ها به روش کندوپاش مگنترونی.

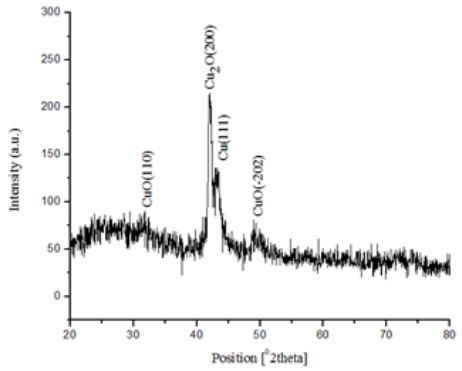
| فشار Ar (mbar) | فشار $O_2$ (mbar) | توان (w) | زمان (s) |
|---|---|---|---|
| $۲/۴۵\times۱۰^{-۲}$ | $۱\times۱۰^{-۲}$ | ۱۵۰ | ۱۱۰۰ |
| $۲/۵۷\times۱۰^{-۲}$ | $۱/۱\times۱۰^{-۲}$ | ۲۸۰ | ۱۱۰۰ |
| $۲/۴۹\times۱۰^{-۲}$ | $۱\times۱۰^{-۲}$ | ۳۱۰ | ۱۲۰۰ |
| $۲/۴۹\times۱۰^{-۲}$ | $۱\times۱۰^{-۲}$ | ۳۴۰ | ۱۱۰۰ |

## ۳- نتیجه‌گیری

### ۳-۱ ساختار لایه‌ها




شکل۱: طرح پراش XRD نمونه‌ی نهشت شده با توان ۱۵۰ وات.

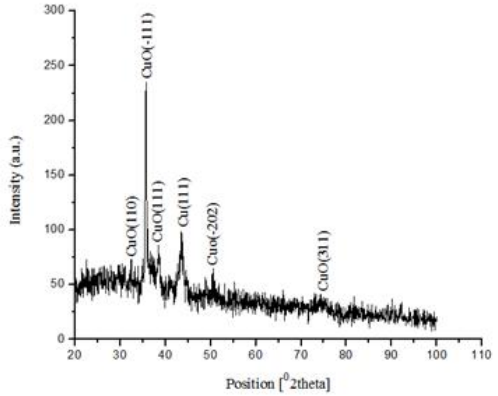



شکل۲: طرح پراش XRD نمونه‌ی نهشت شده با توان ۲۸۰ وات.

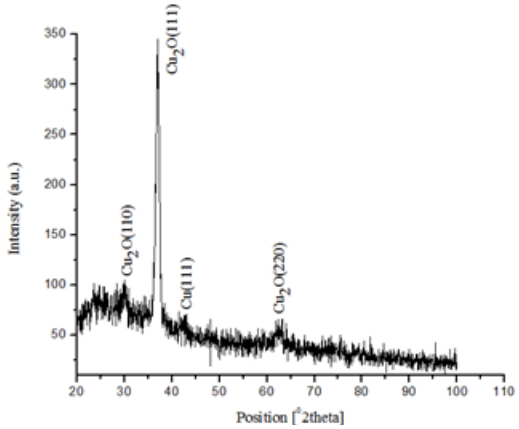
برای بررسی ساختار بلوری لایه‌ها از دستگاه پراش اشعه‌ی ایکس (XRD) در گستره‌ی زاویه‌ی ۱۰-۱۰۰ توسط تابش CuKα با طول موج λ =۱/۵۴۰۵۶ استفاده شد. در شکل-های ۱-۴ مشاهده می‌شود که با افزایش توان فاز



[ Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08 ]




شکل۳: طرح پراش XRD نمونه‌ی نهشت شده با توان ۳۱۰ وات.

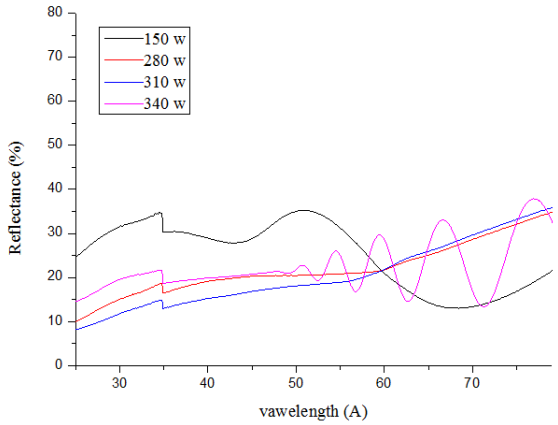



شکل۴: طرح پراش XRD نمونه‌ی نهشت شده با توان ۳۴۰ وات.

اکسیدمس از CuO به $Cu_2O$ تغییر پیدا می‌کند به‌طوری که در توان ۳۱۰ وات فقط فاز CuO و در توان ۳۴۰ وات فقط فاز$Cu_2O$ تشکیل شده است که این مسأله با توجه به رنگ لایه‌های نهشت شده نیز قابل تشخیص می‌باشد، چون که لایه‌هایی که با توان ۱۵۰ و۳۴۰ وات نهشت شده‌اند قرمز مایل به قهوه‌ای هستند که این رنگ نشان-دهنده‌ی فاز خالص $Cu_2o$ می‌باشد. فاز CuO سیاه رنگ است که رنگ سیاه لایه‌های نهشت شده در توان‌های ۳۱۰ و ۲۸۰ وات، به‌دلیل وجود فاز CuO می‌باشد. البته فاز مس نیز در تمام مراحل تشکیل شده است که طبیعتاً اجتناب ناپذیر است.

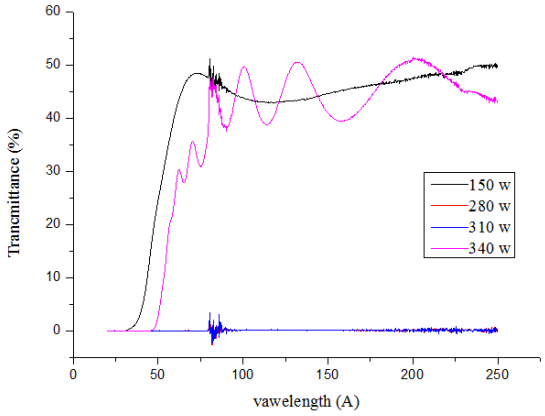
۳-۲ نتایج حاصل از طیف سنجی

همان‌طور که از طیف‌های بازتابی و عبوری نمونه‌ها (شکل‌های ۵و۶) مشخص شده است، نمونه‌های نهشت شده در توان‌های ۲۸۰ و ۳۱۰ وات دارای بازتاب بالا و




شکل۵: طیف بازتابی نمونه‌های نهشت شده.

عبور صفر هستند که احتمالاً به این دلیل است که اتم-های مس واکنش نداده‌ی زیادی در لایه وجود دارد. در صورتی که نمونه‌های نهشت شده در توان‌های ۱۵۰ و ۳۴۰ وات دارای ظاهری قهوه‌ای رنگ و شفاف می‌باشند و طیف عبوری و بازتابی آنها خاصیت نیم‌رسانا و شفافیت از




شکل۶: طیف عبوری نمونه‌های نهشت شده.

خود نشان می‌دهد. به منظور ارزیابی درصد جذب نمونه-ها، طیف‌های انعکاسی اندازه‌گیری شده با استفاده رابطه‌ی زیر به طیف‌های جذبی تبدیل شدند.(شکل ۷)

$$A = \log \frac{1}{\%R \times 100} \qquad (۱)$$

ضریب شکست لایه با ضخامت یکنواخت d، با ضریب شکست n و ضریب جذب α که بر روی زیر لایه ای با ضریب شکست $n_s$ لایه نشانی شده است، با استفاده از دو پوش بیشینه و کمینه فریزهای تداخلی طیف عبوری $T_M(\lambda)$ و $T_m(\lambda)$ در ناحیه جذب متوسط و ضعیف با رابطه



[ Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08 ]

زیر تعیین می شوند:

$$n = [N + (N^2 + n_s^2)^{1/2}]^{1/2} \quad (۲)$$

که در آن $n_s$ ضریب شکست زیرلایه و N از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$N = 2n_s \frac{T_M - T_m}{T_M T_m} + \frac{n_s^2 + 1}{2} \quad (۳)$$

که در آن $T_M$ پوش بیشینه و $T_m$ پوش کمینه هستند. با محاسبه ضریب شکست لایه، مطابق با دو بیشینه مجاور (یا دو کمینه مجاور) $n_1$ در نقطه $\lambda_1$ و $n_2$ در نقطه $\lambda_2$ ضخامت لایه با رابطه زیر تعیین می شود:

$$d = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_2 n_1 - \lambda_1 n_2)} \quad (۴)$$

با داشتن ضریب شکست و ضخامت می‌توان ضریب جذب لایه را از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\alpha(\lambda) = -\frac{1}{d} ln \frac{(n-1)(n-n_s)(\frac{T_M}{T_m}+1)^{1/2}}{(n+1)(n-n_s)(\frac{T_M}{T_m}-1)^{1/2}} \quad (۵)$$

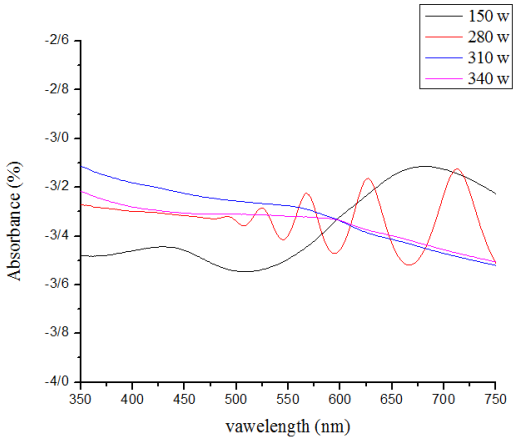
همچنین ضریب خاموشی با رابطه زیر محاسبه می شود:

$$K(\lambda) = \frac{\alpha(\lambda).\lambda}{4\pi} \quad (۶)$$

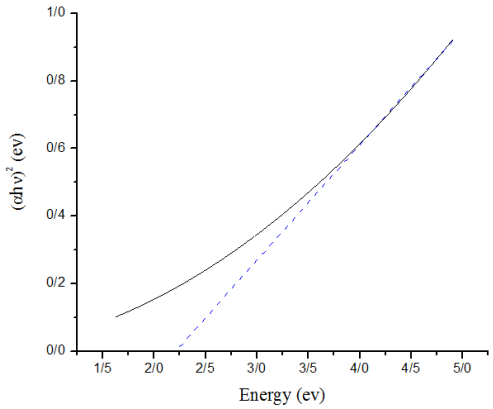
گاف انرژی نمونه‌ها با داشتن ضریب جذب $\alpha(\lambda)$ و با استفاده از معادله Tauc محاسبه شده است:

$$\alpha(\lambda) = \frac{\beta\sqrt{(h\nu - Eg)}}{h\nu} \quad (۷)$$

که در آن β مقداری ثابت و $E_g$ گاف انرژی است. با رسم خط مماس بر منحنی $(\alpha h\nu)^2$ برحسب $(h\nu)$ و بدست آوردن محل تقاطع با محور انرژی یعنی در α=۰ مقدار گاف انرژی محاسبه می شود. گاف انرژی بدست آمده در شکل۸ در محدوده‌ی ۴۰۰-۱۲۰۰ نانومتر انتخاب شده است.




شکل۷: طیف جذبی نمونه‌های نهشت شده.




شکل۸: منحنی گذار مستقیم نمونه نهشت شده با توان ۱۵۰ وات.

## مراجع


[1] P.A. Praveen Janantha, L.N.L. Perera, K.M.D.C. Jayathilakab, J.K.D.S.Jayanetti, D.P.Dissanayakaa and W.P.Siripalab, *Use of $Cu_2O$ microcrystalline thin film semiconductors for gas sensing*, **Proceedings of the Technical Sessions,** 25, 70-76, Institute of Physics – Sri Lanka, 2009.

[2] Qing Hua, et al, *$Cu_2O$–Au Nanocomposites with Novel Structures and Remarkable Chemisorption Capacity and Photocatalytic Activity*, **Research Article**, 1998.

[3] S. Berg, T. Nyberg, *Fundamental understanding and modeling of reactive sputtering processes*, **Thin Solid Films** 476, 215– 230, 2005.

[4] Yumei Yue et al, *Stress-induced growth of well-aligned Cu2O nanowire arrays and their photovoltaic effect*, **Scripta Materialia**, 2012.




[ Downloaded from opsi.ir on 2025-12-08 ]