

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

سيد سعيد به آيين ، مريم محمودي قالوندي ، على رضا رازقي زاده و اسماعيل پاكيزه ا

^۱دانشگاه شیراز، گروه فیزیک

۲دانشگاه 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 به-کار رفتهاند. نتایج نشان میدهد که با افزایش توان، فاز اکسیدمس از CuO به Cu₂0 تغییر پیدا میکند همچنین اندازهی ریزبلورکها افرایش یافته است. ضریب شکست، ضریب جذب، ضریب خاموشی و گاف انرژی نیز با استفاده از طیف سنجی محاسبه شده است.

كليد واژه- اسپكتروفوتومتر، كندوپاش واكنشى مغناطيسى، گاف انرژى، لايه نازك.

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

saeed behaein¹, Maryam Mahmoudi ghalvandi², alireza razeghizadeh², Esmaeil Pakizeh¹

¹Department of physics, University of Shiraz, Shiraz

²Department 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.

۱– مقدمه

اکسیدمس (Cu₂O) 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. Cu₂O به عنوان اولین نیمرسانا اکسید فلزی، به طور گستردهای در برنامههای کاربردی عکس ولتائيک به دليل گافنواری مستقيم ۲ ولت، مورد استفاده قرار گرفت [۱]. نانوسیم اکسید مس(Cu₂O) 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 فراوان تر و کم هزینه تر با سمیت کم و قابل قبول زیست محیطی است. بنابراین، سنتز و کاربردهای نانوسيم Cu₂O و CuO علاقه خاصى براى 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 ۱ میلیمتر) 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 كندوپاش مگنترونى واكنشىRF تهيه شدهاند[۳]. تشخيص نوع ساختار وكشف ماهيت محصولات به وسيله دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) مدل D8 Advance Bruker انجام گرفت. خواص نوری لایهها بهوسیله دستگاه اسپكتروسكوپى مدل Cary 500 Scan شركت Varian انجام شد.

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

فشار Ar	فشار O ₂	توان	زمان
(mbar)	(mbar)	(w)	(s)
۲/۴۵×۱۰ ^{-۲}	1×1• ^{-۲}	10.	11
$\tau/\Delta \gamma \times 1 + -\tau$	۱/۱×۱۰ ^{-۲}	۲۸۰	11
۲/۴۹×۱۰ ^{-۲}	1×1• ^{-۲}	۳۱۰	17
۲/۴۹×۱۰ ^{-۲}	1×1+ ^{-۲}	۳۴۰	11

۳- نتیجهگیری





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 CuKa با طول موج ۱/۵۴۰۵۶ ۸ استفاده شد. در شکل-های ۱-۴ مشاهده می شود که با افزایش توان فاز



شكل۵: طيف بازتابي نمونههاي 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 اندازه گیری شده با استفاده رابطهی زیر به طیفهای جذبی تبدیل شدند.(شکل ۷)

$$A = \log \frac{1}{\frac{96}{8} R \times 100} \tag{1}$$

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(λ) و T_m(λ



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 Cu₂O تغییر پیدا می کند به طوری که در توان ۳۱۰ وات فقط فاز CuO و در توان ۳۴۰ وات فقط فاز Cu₂O تشکیل شده است که این مسأله با توجه به رنگ لایههای نهشت شده نیز قابل تشخیص می باشد، چون که لایههای نهشت شده نیز قابل تشخیص می باشد، شدهاند قرمز مایل به قهوهای هستند که این رنگ نشان-شدهاند قرمز مایل به قهوهای هستند که این رنگ نشان-دهنده ی فاز خالص Cu₂O می باشد. فاز CuO سیاه رنگ است که رنگ سیاه لایههای نهشت شده در توان های ۳۱۰ و ۲۸۰ وات، به دلیل وجود فاز CuO می باشد. البته فاز مس نیز در تمام مراحل تشکیل شده است که طبیعتا اجتناب ناپذیر است.

۲-۳ نتایج حاصل از طیف سنجی

همان طور 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

زیر تعیین می شوند:

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

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

$$N = 2n_s \frac{T_M - T_m}{T_M T_m} + \frac{n_s^2 + 1}{2}$$
(7)

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) n₁ در نقطه λ و n₂ در نقطه 2⁴ ضخامت لایه با رابطه زیر تعیین می شود:

$$d = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_2 n_1 - \lambda_1 n_2)} \tag{(f)}$$

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

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

همچنین ضریب خاموشی با رابطه زیر محاسبه می شود:

$$K(\lambda) = \frac{\alpha(\lambda).\lambda}{4\pi} \tag{9}$$

گاف انرژی نمونهها با داشتن ضریب جذب (α(λ) و با استفاده از معادله Tauc محاسبه شده است:

$$\alpha(\lambda) = \frac{\beta \sqrt{(hv - Eg)}}{hv} \tag{Y}$$

که در آن β مقداری ثابت و E_g گاف انرژی است. با رسم خط مماس بر منحنی $^2(\alpha h v)$ برحسب (hv) و بدست آوردن محل تقاطع با محور انرژی یعنی در $=\alpha$ مقدار گاف انرژی محاسبه می شود. گاف انرژی بدست آمده در شکل ۸ در محدودهی ۴۰۰–۱۲۰۰ نانومتر انتخاب شده است.



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

مراجع

- 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 Cu₂O 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, Cu₂O–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.