



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



مطالعه خواص الکتریکی و اپتیکی لایه نازک نیمرسانای اکسید قلع تهیه شده با روش اسپری پایرولیز

ملیحه معقولی، رحیم لطفی اوریمی و مسعود بزی جوان

دانشگاه گلستان، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده - در این تحقیق، با استفاده از روش اسپری پایرولیز، لایه های نازک نیمرسانای شفاف اکسید قلع بر روی زیر لایه های شیشه ای تهیه شده است. به منظور بررسی اثر دمای بازپخت بر خواص فیزیکی لایه ها، نمونه های حاصل در دماهای مختلف بازپخت شده اند. خواص ساختاری و اپتیکی نمونه ها به ترتیب با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD)، طیف سنج UV-Vis مشخصه یابی شدند. با افزایش دمای بازپخت مقاومت سطحی نمونه ها کاهش می یابد. طیف عبور لایه ها نشان می دهد با افزایش دمای بازپخت تا 550°C درصد عبور کاهش و در دما 650°C میزان عبور افزایش قابل ملاحظه ای پیدا می کند.

کلید واژه - اسپری پایرولیز، لایه نازک، مقاومت سطحی

Study of Electrical and optical properties of Tin oxide semiconductor thin films prepared by spray pyrolysis technique

Malihe Maghouli, Rahim Lotfi Orimi, Masood BaziJvan

University of Golestan, Departeman of Physics

Abstract- In this paper, the SnO_2 transparent semiconductor thin films on glass substrates are prepared by using spray pyrolysis technique. The structural, optical and electrical properties of SnO_2 thin films were investigated by x-ray diffraction (XRD), UV-Vis spectrophotometer. Thin film samples were annealed at 450°C , 550°C and 650°C . Sheet resistance of the samples decrease with increasing annealing temperature. transmission in the annealing temperature 650°C is increased substantially.

Keywords: spray pyrolysis, thin film, sheet resistance

۱- مقدمه

اکسید های رسانای شفاف (TCO) موادی هستند که در گستره ی نور مرئی دارای ضریب عبور اپتیکی و هدایت الکتریکی بالایی می باشند [1]. اکسید قلع با گاف نواری پهن ($E_g > 3\text{eV}$) یک نیم رسانای نوع n دارای رسانندگی و شفافیت اپتیکی بالایی در ناحیه مرئی می باشد. از کاربرد های لایه نازک اکسید قلع می توان به استفاده آن در سلول های خورشیدی، لباس های مولد الکتریسیته، حسگر ها، مولد های ترموالکتریک، یخچال های کوچک و... اشاره نمود [2]. روش های متعددی برای ساخت فیلم های نازک اکسید قلع خالص و آلاینده شده وجود دارد که از جمله آنها می توان تبخیر در خلا [3]، اسپاترینگ، و اسپری پیرولیز را نام برد که از میان آن ها اسپری پیرولیز به عنوان روشی ساده و کم هزینه مورد استفاده محققین قرار می گیرد.

در این تحقیق چگونگی ساخت و خواص ساختاری، الکتریکی و اپتیکی لایه نازک SnO_2 مورد مطالعه قرار می گیرد.

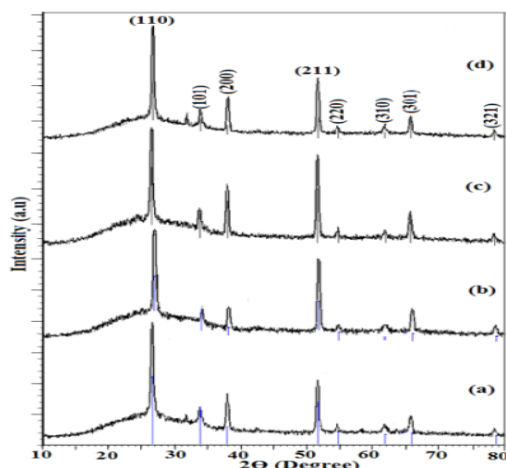
۲- روش انجام آزمایش

لایه نازک SnO_2 از اسپری محلول آبی شامل NH_4F و $\text{SnCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ با غلظت های مساوی ۰/۵ مولار طبق شرایط مندرج در جدول شماره ۱ روی زیر لایه ای شیشه ای تهیه شده است. آب مقطر و متانول حلال های مورد استفاده در آزمایش هستند. [4].

جدول ۱: شرایط لایه نشانی لایه نازک

حجم محلول اسپری (cc)	۵۰
فشار گاز حامل (atm)	۳
آهنگ لایه نشانی (ml/min)	۴
ارتفاع نازل تا زیر لایه (cm)	۴۰
دمای زیر لایه ($^{\circ}\text{C}$)	۴۵۰

نمونه های حاصل شفاف بوده و به منظور بررسی اثر دمای بازپخت بر خواص فیزیکی لایه ها، نمونه های حاصل در دماهای 450°C ، 550°C ، 650°C بازپخت شده اند. ضخامت لایه ها در محدوده $494-422$ نانومتر می باشد.



شکل ۱: طیف های XRD لایه های SnO_2 بازپخت شده در دماهای (a) بدون بازپخت، (b) 450°C ، (c) 550°C ، (d) 650°C

۳- نتایج و بحث

بررسی خواص ساختاری:

طرح های پراش اشعه X با استفاده از پرتو $\text{CuK}\alpha$ با طول موج 0.154056 نانومتر و زاویه 2θ در گستره 10 تا 80 درجه ثبت شد.

همانطور که مشاهده می شود با افزایش دمای بازپخت بلورینگی لایه ها افزایش می یابد. اندازه متوسط بلورک ها توسط رابطه دبای-شرر [5]:

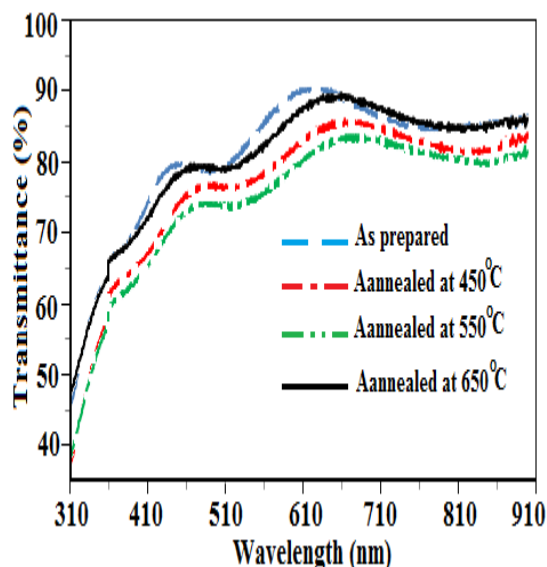
$$D = 0.9 * \lambda / \beta \cos(\theta) \quad (1)$$

که در آن λ طول موج پرتو ایکس (0.154056nm)، θ زاویه ی پراکندگی و β نیمه پهنای ماکزیمم (FWHM) است محاسبه شد. مقایسه ی پهنای پیک ها ی نمونه های مختلف نشان می دهد که تا دمای 550°C تغییر محسوسی در اندازه ذرات حاصل نشده اما در دمای 650°C افزایش قابل توجهی دیده می شود که این نتایج در جدول شماره ۲ داده شده اند.

جدول ۲: اندازه بلورک ها در دماهای مختلف بازپخت

اندازه ذرات (nm)	FWHM (degree)	دمای بازپخت ($^{\circ}\text{C}$)
۴۸	۰/۳۴	بدون بازپخت
۴۸	۰/۳۴	۴۵۰
۴۸	۰/۳۴	۵۵۰
۵۵	۰/۳۰	۶۵۰

۲می باشد. نتایج محاسبات در جدول شماره ۴ آورده شده است.



شکل ۲: طیف عبور لایه نازک SnO₂ در دماهای مختلف بازپخت

جدول ۴: نتایج عددی نمونه های بازپخت شده در دماهای مختلف

دمای بازپخت (°C)	ضخامت لایه (nm)	λ_{max} (nm)	ماکزیمم عبور (%)
۰	۴۲۲	۶۱۶	۹۰%
۴۵۰	۴۹۴	۶۶۴	۸۶%
۵۵۰	۴۶۹	۶۸۰	۸۳%
۶۵۰	۴۴۵	۶۵۱	۸۹%

به منظور محاسبه ی گاف انرژی لایه های نازک از رابطه ضریب جذب بر حسب گاف انرژی:

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^n \quad (۴)$$

استفاده می کنیم که در آن A مقداری ثابت، $h\nu$ انرژی فوتون، E_g انرژی شکاف نوار و n مقداری ثابت است که برای گاف انرژی مستقیم ۲/۱ و برای حالت غیر مستقیم ۲ است. بسیاری از محققین گاف انرژی اکسید قلع را مستقیم گزارش کرده اند. در شکل ۳ نمودار $(\alpha h\nu)^2$ بر حسب $h\nu$ رسم شده است. محل تقاطع امتداد قسمت

بررسی خواص الکتریکی:

لایه های نازک SnO₂ در دماهای ۴۵۰، ۵۵۰ و ۶۵۰ درجه سانتیگراد بازپخت شده اند و مقاومت سطحی نمونه ها باروش چارپروب اندازه گیری شد:

$$R = 4.53(V / I) \quad (۲)$$

جدول ۳: مقاومت سطحی نمونه ها در دماهای مختلف بازپخت

دمای بازپخت (°C)	مقاومت سطحی (Ω/□)
۰	۳۳۵۳ / ۴
۴۵۰	۱۳۲۱ / ۵
۵۵۰	۷۲۴ / ۸
۶۵۰	۴۰۷ / ۷

با افزایش دمای بازپخت، مقاومت سطحی نمونه ها کاهش می یابد. کاهش مقاومت ناشی از نظم بلورک هاست. کاهش مقاومت در دمای بازپخت ۶۵۰°C را می توان ناشی از افزایش اندازه ذرات دانست که منجر به کم شدن تعداد مرزخانه ها و در نتیجه کاهش پراکندگی آن ها می شود و رسانایی افزایش پیدا می کند.

بررسی خواص اپتیکی:

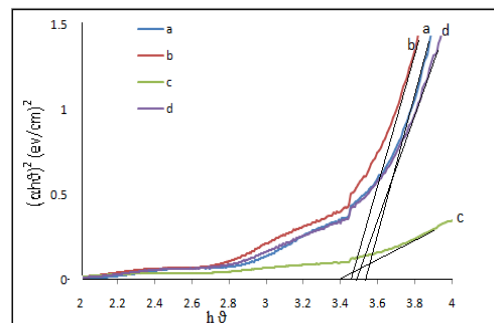
اندازه گیری طیف عبور لایه بدون بازپخت SnO₂ نشان می دهد که در ناحیه مرئی کاملاً شفاف بوده و متوسط عبور آن تقریباً ۹۰٪ می باشد. شکل ۲ مقایسه ای از طیف عبور لایه های بازپخت شده در دماهای مختلف را نشان می دهد، با افزایش دمای بازپخت تا ۵۵۰°C درصد عبور کاهش پیدا می کند و در دمای ۶۵۰°C میزان عبور افزایش قابل ملاحظه ای دارد. ضخامت لایه ها با استفاده از طیف عبور و به وسیله ی فرمول شماره ۳ محاسبه گردید [۶]:

$$t = \lambda_1 \lambda_2 / 2n(\lambda_2 - \lambda_1) \quad (۳)$$

که در آن λ_1 و λ_2 دو قله متوالی در طیف عبور هستند و n ضریب شکست SnO₂ است که مقدار آن تقریباً برابر

- [5] Guinier A., *X-Ray Diffraction*, San Francisco, Freeman Press, 1963
 [6] Swanepoel R., *Determination of the Thickness and Optical constants of Amorphous Silicon*, J. Phys. E 16, 1214-1224 (1983)

خطی نمودار با محور انرژی، گاف انرژی را مشخص می کند.



شکل ۳: تعیین گاف انرژی لایه های نازک SnO_2 بازپخت شده در دماهای (a) 650°C ، (b) 550°C ، (c) 450°C ، (d) بدون بازپخت

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق، لایه نازک SnO_2 به روش اسپری پایرولیز تهیه شده است. طیف پراش پرتو x نشان می دهد که لایه SnO_2 ساختاری تتراگوناال دارد و اندازه ذرات تا دمای بازپخت 550°C تغییر محسوسی ندارد اما در دمای بازپخت 650°C افزایش قابل ملاحظه ای می یابد. طیف عبور بیانگر آن است که لایه در ناحیه ی مرئی میزان عبور بالایی در حدود ۹۰ درصد دارد. ، با افزایش دمای بازپخت تا 550°C درصد عبور کاهش و در دمای 650°C میزان عبور افزایش پیدا می کند. بررسی داده ها نشان می دهد که نقطه عطف تغییرات در دمای بازپخت 650°C است، که این امر ناشی از افزایش ساختار بلوری لایه ها در این دما است

مراجع

- [1] Patil G E., Kajale D D., Chavan D N., Pawar N K., Ahire PT., shinde S D., Gaikwad V B and Jain G H, *synthesis characterization and gas sensing performance of SnO_2 thin films prepared by spray pyrolysis*, pp. 1-9, 2011
 [2] Dolbec R., El Khakani M A., Serventi A M, Serventi A M and Saint-Jacques RG 2003 *sensors Actuators B* 93 566
 [3] Batzillu., Ulrike D., *The surface and tin oxid*, Elsevier, 45-154
 [4] Elangovan E., Singh M P., Dharmaprakash M S., Ramanurthi, *some physical propertise of spray deposited SnO_2 thin films*, journal of **opto electronics and advanced materials**, (2004)