بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - 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 اثردمای بازپخت بر خواص فیزیکی لایه ها ،نمونه های حاصل در دماهای مختلف باز پخت شده اند..خواص ساختاری و اپتیکی نمونه ها به ترتیب بااستفاده ازدستگاه 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 ۵۵۰°C درصدعبور کاهش ودر دما ۶۵۰°Cمیزان 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 temperature650°c is increased substantially .

Keywords: spray pyrolysis,thin film,sheet resistance

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

۱- مقدمه

اکسید های رسانای شفاف(TCO)موادی هستند که در گستره ی نور مرئی دارای ضریب عبور اپتیکی وهدایت الکتریکی بالایی می باشند[1].اکسید قلع با گاف نواری پهن(Eg>3ev)یک نیمرسانای نوع nودارای رسانندگی وشفافیت اپتیکی بالایی در ناحیه مرئی می باشد.ازکاربرد های لایه نازک اکسیدقلع می توان به استفاده آن درسلول های خورشیدی،لباس های مولد الکتریسیته ،حسگر ها،مولد های ترموالکتریک،یخچال های کوچک و... اشاره نمود[۲].روش های متعددی برای ساخت فیلم های نازک اکسید قلع خالص و آلاییده شده وجود دارد که از جمله آنها می توان تبخیر در خلا[۳] ، اسپاترینگ، و اسپری پایرولیز را نام برد که از میان آن ها اسپری پایرولیز به عنوان روشی ساده وکم هزینه مورد استفاده محققین قرار می گیرد.

در این تحقیق چگونگی ساخت و خواص ساختاری،الکتریکی واپتیکی لایه نازک SnO2 مورد مطالعه قرار می گیرد.

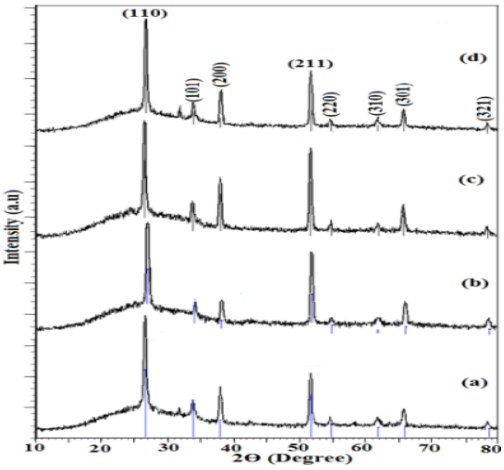
۲- روش انجام آزمایش

لایه نازک SnO2 از اسپری محلول آبی شامل NH4FوSnCl2.5H2o با غلظت های مساوی۰/۵مولار طبق شرایط مندرج در جدول شماره۱ روی زیر لایه ای شیشه ای تهیه شده است .آب مقطر ومتانول حلال های مورد استفاده در آزمایش هستند. [۴].

جدول۱:شرایط لایه نشانی لایه نازک

حجم محلول اسپری(cc)	۵۰
فشارگاز حامل(atm)	۳
آهنگ لایه نشانی(ml/min)	۴
ارتفاع نازل تا زیر لایه(cm)	۴۰
دمای زیر لایه(°c)	۴۵۰

نمونه های حاصل شفاف بوده وبه منظور بررسی اثر دمای بازپخت بر خواص فیزیکی لایه ها،نمونه های حاصل در دماهای۴۵۰°c،۵۵۰°c،۶۵۰°cبازپخت‌شده اند.ضخامت لایه ها در محدوده ی۴۹۴-۴۲۲نانومتر می باشد.



شکل۱: طیف های *XRD* لایه های SnO_2 بازپخت شده دردماهای *(a* بدون بازپخت،*b* ۴۵۰°c(*c*،۵۵۰ ° c(d،۶۵۰° *c*

۳-نتایج وبحث

بررسی خواص ساختاری:

طرح های پراش اشعهXبا استفاده از پرتو CuKα با طول موج ۰/۱۵۴۰۵۶ نانومتر و زاویه 2θ در گستره ی۱۰تا۸۰ 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[۵]:

$$D = 0.9 * \lambda / \beta \cos(\theta) \qquad (۱)$$

که در آن λ طول موج پرتو ایکس(۰/۱۵۴۰۵۶nm) 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 ۵۵۰°cتغییر محسوسی در اندازه ذرات حاصل نشده اما در دمای۶۵۰°c افزایش قابل توجهی دیده می شودکه این نتایج در جدول شماره۲ داده شده اند.

جدول۲: اندازه بلورک ها در دماهای مختلف بازپخت

اندازه ذرات (nm)	FWHM (degree)	دمای بازپخت (°c)
۴۸	۰/۳۴	بدون بازپخت
۴۸	۰/۳۴	۴۵۰
۴۸	۰/۳۴	۵۵۰
۵۵	۰/۳۰	۶۵۰

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

بررسی خواص الکتریکی:

لایه های نازک SnO_2 در دماهای ۴۵۰، ۵۵۰و ۶۵۰ درجه سانتیگراد بازپخت شده اند ومقاومت سطحی نمونه ها باروش چارپروب اندازه گیری شد:

$$R = 4.53(V / I) \qquad (۲)$$

جدول۳:مقاومت سطحی نمونه ها در دماهای مختلف بازپخت

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

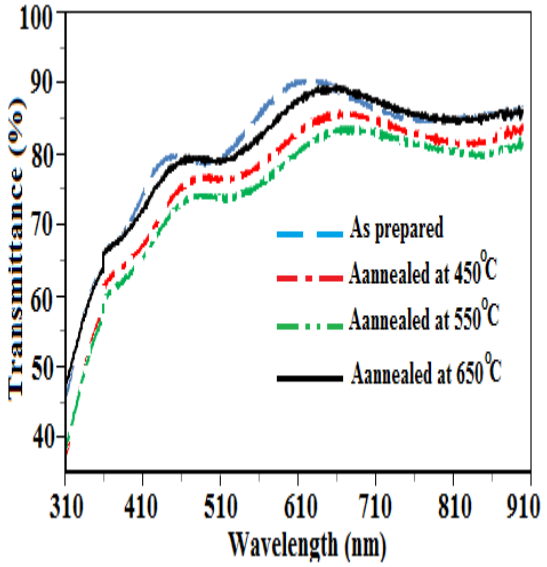
با افزایش دمای بازپخت، مقاومت سطحی نمونه ها کاهش می یابد. کاهش مقاومت ناشی از نظم بلورک هاست . کاهش مقاومت در دمای بازپخت ۶۵۰°c را می توان ناشی از افزایش اندازه ذرات دانست که منجربه کم شدن تعداد مرزدانه هاودر نتیجه کاهش پراکندگی آن‌ها می شود و رسانایی افزایش پیدا می کند.

بررسی خواص اپتیکی:

اندازه گیری طیف عبور لایه بدون بازپخت SnO_2 نشان می دهد که در ناحیه مرئی کاملا شفاف بوده ومتوسط عبور آن تقریبا ٪۹۰می باشد. شکل ۲مقایسه ای از طیف عبور لایه های بازپخت شده در دماهای مختلف را نشان می دهد ، با افزایش دمای بازپخت تا ۵۵۰°c درصدعبور کاهش پیدا می کندودر 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] :

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

که درآن λ_1 وλ_2 دو قله متوالی در طیف عبورهستندو nضریب شکست SnO_2 است که مقدار آن تقریبا برابر ۲می باشد.نتایج محاسبات در جدول شماره ۴ آورده شده است.



شکل۲:طیف عبور لایه نازک SnO_2در دماهای مختلف بازپخت

جدول۴: نتایج عددی نمونه های بازپخت شده در دماهای مختلف

دمای بازپخت(° c)	ضخامت لایه(nm)	λ_{max} (nm)	ماکزیمم عبور
۰	٤٢٢	٦١٦	۹۰%
٤٥٠	٤٩٤	٦٦٤	۸٦%
٥٥٠	۴۶۹	۶۸۰	۸۳%
۶۵۰	۴۴۵	٦٥١	۸۹%

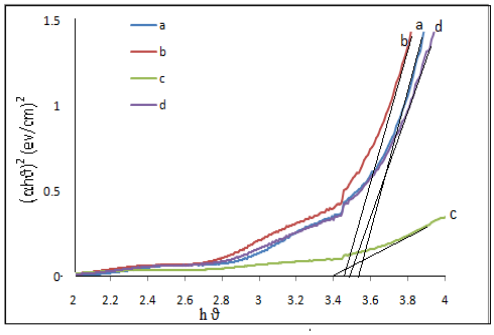
به منظور محاسبه ی گاف انرژی لایه های نازک از رابطه ضریب جذب بر حسب گاف انرژی:

$$\alpha h\vartheta = A(h\vartheta - Eg)^n \qquad (۴)$$

استفاده می کنیم که در آن A مقداری ثابت،hϑ انرژی فوتون،E_g انرژی شکاف نوار وn مقداری ثابت است که برای گاف انرژی مستقیم ۲/ ۱وبرای حالت غیر مستقیم ۲ است.بسیاری از محققین گاف انرژی اکسید قلع را مستقیم گزارش کرده اند.در شکل۳نمودار $(\alpha h\vartheta)^2$ بر حسب hϑ رسم شده است.محل تقاطع امتداد قسمت

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

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



شکل ۳:تعیین گاف انرژی لایه های نازک SnO_2 بازپخت شده در دماهای (a c ۶۵۰°، b) c ۴۵۰°c (c، d) ۵۵۰ ° c بدون بازپخت

۴-نتیجه گیری

در این تحقیق ،لایه نازک SnO_2 به روش اسپری پایرولیز تهیه شده است.طیف پراش پرتوx نشان می دهد که لایه SnO_2 ساختاری تتراگونال دارد واندازه ذرات تا دمای بازپخت۵۵۰°c تغییر محسوسی ندارد اما در دمای بازپخت ۶۵۰°cافزایش 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 ۵۵۰°c درصدعبور کاهش ودر دمایc ۶۵۰ ° میزان عبور افزایش پیدا می کند. .بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که نقطه عطف تغییرات دردمای بازپخت ۶۵۰°c است،که این امر ناشی از افزایش ساختار بلوری لایه‌ها 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*, **Elesevier**,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)

[5] Guinier A.,*X-Ray Diffraction*,San Ferancisco,Freeman Press,1963

[6] Swanepoel R.,*Determination of the Thickness and Optical constants of Amorphous Silicon*.J.Phys.E 16,1214-1224(1983)

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]