

# SID



سرویس های  
ویژه



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

دوره آموزشی

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

دوره آموزشی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دوره آموزشی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی  
بین المللی و  
ترند های جستجو

مطالعه و بررسی خواص ساختاری و اپتیکی لایه‌های نازک نیمرسانای  $\text{SnO}_2:\text{V}$  تهیه شده به روش

## اسپری پایرولیز

نصیرایی، ریحانه<sup>۱</sup>؛ فدوی اسلام، محمدرضا<sup>۱</sup>؛ عظیمی جویباری، حسن<sup>۱</sup><sup>۱</sup> آزمایشگاه تحقیقاتی حالت جامد، دانشکده فیزیک، دانشگاه دامغان، دامغان

## چکیده

در این تحقیق، لایه‌های نازک نیمرسانای اکسید قلع با ناخالصی وانادیوم به روش اسپری پایرولیز بر روی بسترهای شیشه‌ای تهیه شده است. سپس، اثر ناخالصی وانادیوم بر روی خواص ساختاری و اپتیکی لایه‌های نازک مورد مطالعه قرار گرفته است. لایه‌های تهیه شده توسط پراش پرتو- $X(XRD)$ ، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و جذب نوری (UV-Vis) مشخصه یابی شده اند. لایه‌ها دارای ساختار بس بلور و یکنواخت می‌باشند. افزایش ناخالصی وانادیوم باعث روند افزایشی-کاهشی اندازه دانه‌ها، روند کاهشی-افزایشی در متوسط عبور و روند کاهشی-افزایشی گاف نوری در لایه‌ها می‌شود. افزایش ناخالصی تا ۱۰٪ باعث کاهش گاف انرژی از ۳٫۵۳ به ۳٫۳۱ eV و تا ۲۰٪ باعث افزایش گاف تا ۳٫۵۱ eV می‌شود که با تصاویر SEM مطابقت خوبی دارند.

Study of structural and optical properties of semi-conductor  $\text{SnO}_2:\text{V}$  prepared by spray pyrolysis techniqueNasiraei, reyhaneh<sup>1</sup>; Fadavieslam, Mohammad Reza<sup>1</sup>; Azimi-Juybari, Hasan<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Physics, University of Damghan, Damghan

## Abstract

In this paper,  $\text{SnO}_2$  thin films doped with V are prepared by spray pyrolysis technique on a glass substrate. The influence of V-dopig on the structural and optical of thin films is studied. Produced layers are characterized by X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and optical absorption (UV-vis). The films has uniform polycrystalline structure. Impurities increases led to a increasing-decreasing trend in the grains size, a decreasing-increasing trend in the mean transmittance and a decreasing-increasing trend in optical band gap in films. Increase in impurities (10%) leads to decrease in energy gap of 3.53 to 3.31eV and the gap has increased to 3.51eV, 20% increase in impurities has good agreement with the SEM images.

PACS No. 68

## مقدمه

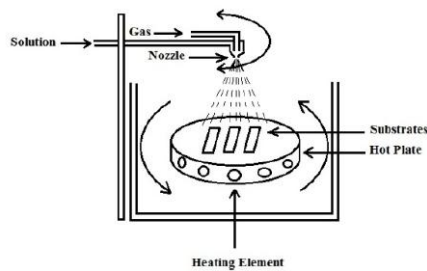
رسانا، زنگ اخبار، کاتالیزورها، عناصر گرمایشی در هواپیما و لامپ‌های فلورسنت استفاده می‌شود [۱ و ۲]. خواص اکسید قلع را می‌توان با تزریق ناخالصی بهبود بخشید و در این راستا به دلیل ویژگی‌های وانادیوم از اکسید وانادیوم استفاده می‌شود. وانادیوم در مقایسه با سایر فلزات واسطه به راحتی در اکسید قلع قابل حل است [۳].

اکسیدهای وانادیوم به دلیل خواص اپتیکی، الکتریکی و کاتالیستی کاربرد گسترده‌ای در ساخت لایه‌های نازک نیمرسانا، دارند [۴]. اکثر اکسیدهای وانادیوم می‌توانند از حالت نیمرسانا به

دی اکسید قلع ( $\text{SnO}_2$ ) به خاطر دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل مقاومت الکتریکی پایین، شفافیت بالا در محدوده طول موج‌های کوتاه‌تر، پایداری شیمیایی بالا در محیط جو و داشتن گاف نواری مستقیم یکی از نیمرساناهای مهم به شمار می‌رود. این ترکیب یک نیمرسانای نوع n است که به شکل‌های مختلفی در محدوده وسیعی از کاربردهای مهم از جمله حسگرهای گاز حالت جامد، نمایشگرهای کریستال مایع، سلول‌های فتوولتایی، الکترودهای

جدول ۱: شرایط لایه‌نشانی لایه‌ها

ارتفاع نازل تا بستر (cm)	۴۰
فشار گاز حامل (atm)	۳
آهنگ لایه‌نشانی (ml/min)	۱۰
دمای بستر (°C)	۵۵۰
حجم محلول اسپری (CC)	۲۰



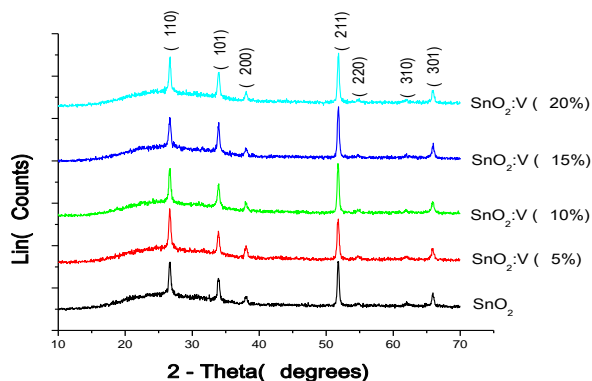
شکل ۱: طرح ساده‌ای از دستگاه اسپری پایرولیزیز.

جهت تعیین ساختار بلوری از دستگاه پراش پرتو X مدل D8 ADVANCE-BRUKER استفاده شد. برای مطالعه مورفولوژی سطح میکروسکوپ الکترونی مدل HITACHI S4160 به کار گرفته شد. بمنظور بررسی خواص اپتیکی از دستگاه UV-Vis مدل 4802 UV-Vis double beam spectrophotometer استفاده شد.

### بحث و نتیجه‌گیری:

#### مشخصه‌یابی ساختاری:

پراش پرتو ایکس: بررسی الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه‌ها (شکل ۲) نشان می‌دهد نمونه‌ها دارای ساختار بس بلور می‌باشند. همچنین قله‌های ارجح مربوط به فاز  $\text{SnO}_2$  می‌باشند.

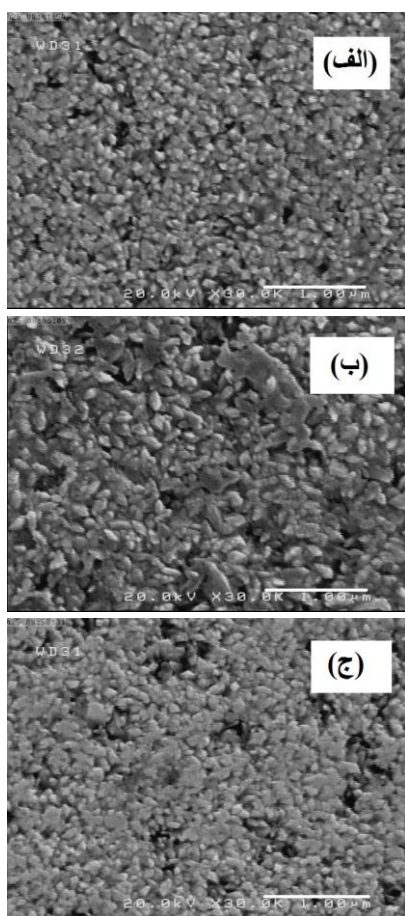


شکل ۲: طیفهای XRD لایه‌های نازک اکسید قلع با درصد‌های مختلف ناخالصی وانادیوم.

رسانا و بالعکس تغییر فاز دهند که مطالعات تجربی انجام گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که این گذار موجب تغییرات برگشت پذیر در ساختار کریستالی اکسیدها می‌گردد که این تغییر فاز تأثیر مستقیم بر روی خواص الکتریکی، اپتیکی و مغناطیسی آنها دارد [۶ و ۷]. خواص الکتریکی، اپتیکی و ساختاری لایه‌های نازک به ویژگی‌های مختلفی از جمله روش ساخت آنها بستگی دارد. یکی از مناسبترین روش‌ها برای جایگذاری اکسیدهای شفاف مانند اکسید قلع، روش اسپری پایرولیزیز می‌باشد، که روش متداول، ارزان و ساده برای تهیه لایه‌های نازک و ضخیم مواد اکسیدی و برخی از ترکیبات نیمه هادی، مغناطیسی و ابررسانا است [۷]. در این پژوهش لایه‌های نازک اکسید قلع با ناخالصی وانادیوم به روش اسپری پایرولیزیز تهیه و خواص ساختاری و اپتیکی آنها مورد مطالعه قرار گرفت که معلوم می‌شود لایه‌ها دارای ساختار بس بلور بوده و نتایج تغییرات گاف با تغییرات اندازه دانه‌ها همخوانی دارد.

### بخش تجربی:

در روش اسپری پایرولیزیز، با استفاده از یک محلول آبی - کلکی و اسپری آن بر روی بسترهایی که در دمای بالا قرار دارند، لایه‌های نازک نیمرسانا و اکسید با استحکام و چسبندگی بالا تهیه می‌شود. در این تحقیق، ابتدا لایه‌های نازک  $\text{SnO}_2$  بر روی بسترهای شیشه‌ای لایه نشانی شدند. محلول اولیه شامل کلرید قلع ۵ آبه ( $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) به مقدار مولی معین  $0.075 \text{ M}$  تهیه شد. سپس برای تهیه لایه‌های اکسید قلع با درصد متفاوت ناخالصی وانادیوم، مقادیر مختلفی از کلرید وانادیوم ( $\text{VCl}_3$ ) در حلال آب مقطر و اتانول به نسبت حجمی (۱:۱) آماده شد و نسبت اتمی  $[\text{Sn}]/[\text{V}]$  در محلول اصلی از ۰-۲۰٪ تغییر داده شد و محلول بر روی بسترهای شیشه‌ای لایه نشانی شدند. قبل از تهیه لایه، بسترهای شیشه‌ای از آلودگی‌های آلی و معدنی تمیز کاری شده و بر روی صفحه داغ چرخان قرار داده شدند. به این ترتیب لایه‌های  $\text{SnO}_2$  با ناخالصی V با شرایط یکسان لایه‌نشانی (جدول ۱) تهیه شدند. شکل (۱) طرح ساده‌ای از دستگاه اسپری پایرولیزیز را نشان می‌دهد.



شکل ۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) لایه‌های نازک SnO<sub>2</sub>:V با درصد ناخالصی (الف) صفر درصد، (ب) ده درصد (ج) بیست درصد.

۱۱۰۰-۱۹۰ nm اندازه‌گیری شد. در شکل (د) نمودار عبور بر حسب طول موج نشان داده شده‌است. متوسط عبور لایه‌های SnO<sub>2</sub>:V، (۰٪)، (۵٪)، (۱۰٪)، (۱۵٪) و (۲۰٪) در گستره طول موجها ۳۰۰ تا ۱۱۰۰ nm بترتیب ۵۷، ۵۰، ۴۹، ۵۲ و ۵۲ درصد می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که لایه بدون ناخالصی بیشترین میزان شفافیت را دارا می‌باشد و افزودن ناخالصی در حالت کلی باعث کاهش میزان عبور و شفافیت می‌شود. علاوه بر آن روند تغییرات متوسط عبور با روند تغییرات اندازه دانه‌ها همخوانی دارد بطوری که با افزایش ناخالصی اندازه دانه‌ها روند افزایشی-کاهشی دارد در حالی که برای متوسط عبور روند کاهش-افزایشی دارد. گاف نوری لایه‌ها: ضریب جذب لایه‌ها ( $\alpha$ ) از رابطه

$$\alpha = \frac{2.303 \times A}{t}$$

محاسبه گردید، که در آن A جذب و t

محاسبه اندازه دانه‌ها با استفاده از رابطه شرر [۸]:

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

نشان می‌دهد (جدول ۲) که اندازه بلورکها با افزایش ناخالصی وانادیوم به طور کلی برای صفحات (۱۱۰) روند افزایشی و صفحات (۱۰۱) روند افزایشی-کاهشی و سایر صفحات دارای افت و خیز است که احتمالاً به دلیل ظاهر شدن فازهای مختلف قلع و وانادیوم می‌باشد.

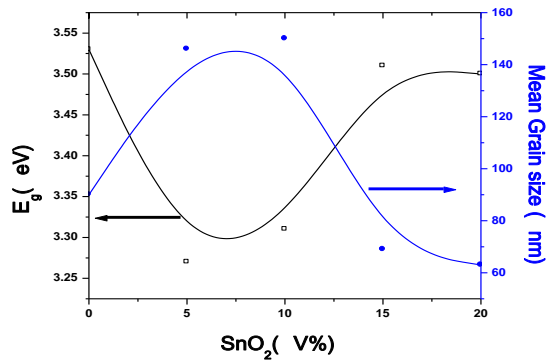
جدول ۲: نتایج طیف‌های XRD لایه‌های نازک SnO<sub>2</sub> با درصدهای مختلف ناخالصی وانادیوم.

نمونه	صفحه	(۱۱۰)	(۱۰۱)	(۲۱۱)	(۳۰۱)
	$2\theta$	۲۶٫۶	۳۳٫۹	۵۱٫۸	۶۵٫۹
	فاز	SnO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>
	اندازه دانه (nm)	اندازه دانه (nm)	اندازه دانه (nm)	اندازه دانه (nm)	
SnO <sub>2</sub> :V (0%)	۳۱٫۹	۲۵٫۱۵	۳۰٫۰۳	۳۱٫۱۲	
SnO <sub>2</sub> :V (5%)	۳۳٫۰۲	۲۷٫۲۹	۲۶٫۳۴	۲۶٫۲۳	
SnO <sub>2</sub> :V (10%)	۳۵٫۷۵	۲۶٫۳۹	۲۸٫۵۳	۲۵٫۱۵	
SnO <sub>2</sub> :V (15%)	۳۱٫۹	۲۶٫۸۳	۳۰٫۵۷	۳۴٫۶۵	
SnO <sub>2</sub> :V (20%)	۳۶٫۳۸	۲۴٫۷۷	۳۰٫۰۳	۲۸٫۲۵	

تصویر SEM: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی لایه‌ها در شکل (۳) نشان داده شده‌است. این تصاویر نشان می‌دهند که لایه‌های تهیه شده دارای مورفولوژی دانه‌ای هستند و دارای سطح یکنواخت، بدون ترک و با تخلخل ناچیز می‌باشند. متوسط اندازه دانه‌ها برای لایه بدون ناخالصی و با درصد ناخالصی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد به ترتیب ۹۰، ۱۴۶، ۱۵۰، ۶۹ و ۶۳ نانومتر می‌باشند، که روند افزایشی-کاهشی را نشان می‌دهد. بدلیل اینکه یک ذره در تصویر SEM شامل تعدادی تک بلور می‌باشد اندازه ذرات در تصویر SEM بزرگتر از اندازه بلورکهای محاسبه شده از رابطه شرر می‌باشد [۹].

مشخصه‌یابی اپتیکی:

عبور اپتیکی لایه‌ها: طیف عبوری لایه‌ها در گستره طول موج



شکل ۶: نمودار گاف اپتیکی و اندازه دانه‌ها بر حسب ناخالصی وانادیوم.

### نتیجه‌گیری

با مشاهده طیف پراش پرتو X معلوم می‌شود که لایه‌ها دارای ساختار بس بلور می‌باشند و مطالعه تصاویر SEM نشان می‌دهد که با افزایش ناخالصی اندازه دانه‌ها روند افزایشی-کاهشی دارد که باعث می‌شود متوسط عبور لایه‌ها و گاف نوری روند کاهشی-افزایشی داشته باشند.

### مرجع‌ها:

[۱] مهدی زاده رخی و عشقی، اثر ضخامت لایه‌های نازک بسبلوری SnO<sub>2</sub> در حسگری گازهای O<sub>2</sub> و CO<sub>2</sub>. علوم و مهندسی سطح ۱۱ (۱۳۹۰).

[۲] M.I.B. Bernardi, L.E. Soledade, I.A. Santos, E.R. Leite, E. Longo, J.A. Varela/ *Thin Solid Films* **405** (2002) 228–233.

[۳] A.Bouzidi, N.Benramdane *Materials Science and Engineering B* **95** (2002) 141-147.

[۴] Edson R. Leitea., M. Ine's B. Bernardi, Elson Longo, Jose' A. Varelab, Carlos A. Paskocimas / *Thin Solid Films* **449** (2004) 67–72.

[۵] N.H. Hong, J. Sakai / *Physica B* **358** (2005) 265–268.

[۶] Ts. Naydenova, P. Atanasov, M. Koleva, N. Nedialkov, J. Perriere, D. Defourneau, H. Fukuoka, M. Obara, Ch. Baumgart, Sh. Zhou, H. Schmidt/ *Thin Solid Films* **518** (2010) 5505–5508.

[۷] Kenji Murakami, Kiyofumi Nakajima, Shoji Kaneko/ *Thin Solid Films* **515** (2007) 8632–8636.

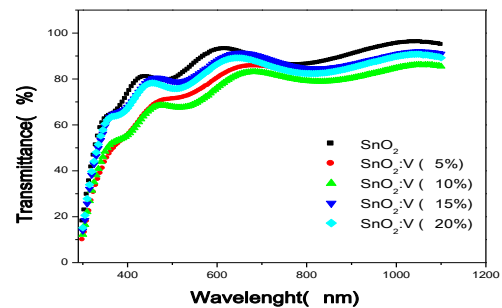
[۸] Bagheri-Mohagheghi M M, Shahtahmasebi N, Alinejad M R, Youssefi A and Shokooh-Saremi M 2009 *Solid State Sci.* **11** 233–9.

[۹] G.H. Yue, D.L. Peng, P.X. Yan, L.S. Wang, W. Wang, X.H. Luo, "Structure and optical properties of SnS thin film prepared by pulse electrodeposition", *Journal of Alloys and Compounds* **468** (2009) 254–257.

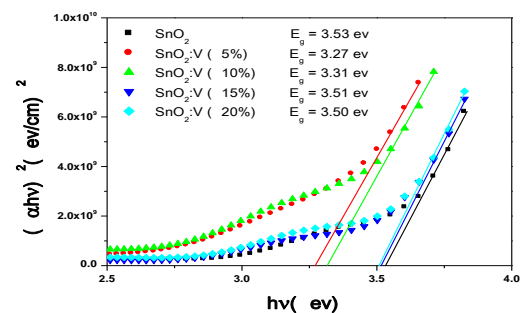
[۱۰] N. Koteeswara Reddy, K. T. Ramakrishna Reddy, "SnS films for photovoltaic applications: Physical investigations on sprayed SnxSy films", *Physica B.* **368** (2005) 25–31.

[۱۱] M R Fadavieslam, N Shahtahmasebi, M Rezaee-Roknabadi, M M Bagheri-Mohagheghi, "A study of the photoconductivity and thermoelectric properties of SnxSy optical semiconductor thin films deposited by the spray pyrolysis technique", *Phys. Scr.* **84** (2011) 035705 (8pp).

ضخامت لایه بر حسب نانومتر است. ضخامت لایه‌ها توسط روش Swanepoel تخمین زده شد که اندازه آنها به ترتیب ناخالصی ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد ۳۶۹، ۴۰۲، ۳۷۶، ۳۹۶ و ۳۷۳ نانومتر می‌باشد و میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروسکوپی داده می‌شود. برای تعیین گاف انرژی (مستقیم) بر اساس رابطه  $(ahv)^2 = A(hv - E_g)^2$  با رسم نمودار  $(ahv)^2$  بر حسب  $(hv)$  و محاسبه شیب نمودار مقدار گاف نوری نمونه‌ها به دست آمده است (شکل ۵) [۱۰]. تغییرات خطی این نمودارها گذار مستقیم را نشان می‌دهند. بررسی گاف نوری نوارها نشان می‌دهد که افزایش ناخالصی تا ۵٪ باعث کاهش گاف از ۳٫۵۳ eV به ۳٫۲۷ eV می‌شود ولی با افزایش ناخالصی تا ۱۵٪ یک روند افزایشی در گاف مشاهده می‌کنیم که مقدار آن به ۳٫۵۱ eV می‌رسد ولی افزایش بیشتر ناخالصی تا ۲۰٪ باعث کاهش نسبی در مقدار گاف نوری به مقدار ۳٫۵۰ eV می‌شود. با توجه به تصاویر SEM که با افزایش ناخالصی اندازه دانه‌ها روند افزایشی-کاهشی دارد و از آنجا که با افزایش اندازه دانه‌ها گاف نوری کاهش می‌یابد [۱۱]، ملاحظه می‌شود نتایج تغییرات گاف با تغییرات اندازه دانه‌ها همخوانی دارد (شکل ۶).



شکل ۴: نمودار عبور اپتیکی لایه‌های نازک SnO<sub>2</sub>:V با درصد‌های مختلف ناخالصی وانادیوم.



شکل ۵: نمودار گاف اپتیکی لایه‌های نازک SnO<sub>2</sub>:V با درصد‌های مختلف ناخالصی وانادیوم.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

تازه ترین

بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین  
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL

پروپوزال

تازه ترین

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

تازه ترین

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو