

## اثر دمای پخت لایه بذری بر ریخت و خواص اپتیکی نانومیله‌های اکسید روی

### به‌عنوان لایه عبوردهنده الکترون در سلول‌های خورشیدی

نادری، معصومه؛ زرگرشوشتری، مرتضی؛ کاظمی‌نژاد، ایرج

گروه فیزیک، دانشگاه شهید چمران، اهواز

#### چکیده

در این پژوهش، نانومیله‌های اکسید روی (ZnO) توسط روش گرمایی بر روی زیر لایه شیشه‌ای، رشد داده شدند. اثر دمای پخت لایه بذری بر ساختار و خواص اپتیکی نانومیله‌های اکسید روی رشد داده شده، توسط آنالیز پراش پرتوی ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی گسیل میدان (FESEM) و طیف‌سنجی UV-vis مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آنالیز پراش پرتوی ایکس نشان داد که نانومیله‌ها دارای ساختار بلوری ورتسایت شش‌گوشی در جهت [002] هستند. تصاویر FESEM به‌صورت واضح نشان دادند که نانومیله‌های ZnO بر روی زیر لایه شیشه‌ای رشد کرده‌اند. متوسط عبور اپتیکی برای نانومیله‌های اکسید روی با غلظت محلول 0.05 M با دمای پخت لایه بذری 350 درجه سانتی‌گراد، 85.3٪ به‌دست آمد. بنابراین این نانومیله‌ها می‌توانند کاندیدای مناسبی برای لایه عبوردهنده الکترون در سلول‌های خورشیدی پلیمری وارون است. کلمات کلیدی: نانومیله‌های اکسید روی، روش گرمایی، دمای پخت لایه بذری، عبور اپتیکی.

## Effect of seed layer annealing temperature on morphology and optical properties of zinc oxide nanorods as electron transport layer in solar cells

Naderi, Masoumeh; Zargar Shoushtari, Morteza; Kazeminezhad, Iraj

Department of Physics, Shahid Chamran University of Ahvaz

#### Abstract

*In this research, the vertical zinc oxide (ZnO) nanorods were grown on the glass substrate via hydrothermal method. The effect of various annealing temperatures of seed layers on the structural and optical properties of the grown ZnO nanorods were investigated. In this study the X-ray diffraction (XRD) patterns, field emission scanning electron microscopy (FESEM) and UV-vis spectroscopy were employed. The results of XRD patterns indicated that the nanorods have hexagonal wurtzite structure with grown orientation of [002]. The FESEM image of samples clearly revealed that the ZnO nanorods were vertically grown on the glass substrate. The optical transmittance average of the ZnO nanorods which have been made from solution concentration of 0.05 M and annealing temperature 350 °C, was 85.3 %. So, the ZnO nanorods is suitable candidate as the electron transport layer on inverted polymer solar cells.*

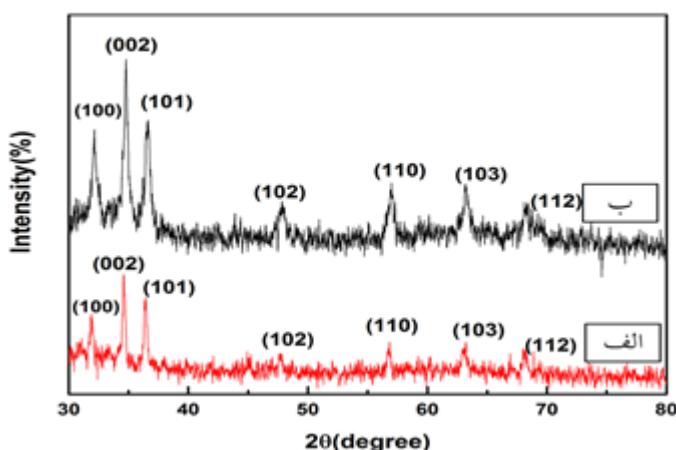
*Keywords: ZnO nanorods, hydrothermal, annealing temperature seed layer, optical transmittance.*

## مقدمه

پایان، زیرلایه‌ها به مدت نیم ساعت در دماهای ۲۰۰ و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. در این مرحله، لایه بذری نانوذرات اکسید روی بر روی زیرلایه شیشه تشکیل گردید. به منظور رشد نانومیله‌های عمودی اکسید روی، یک محلول رشد از ترکیب نیترات روی شش آبه (۰/۰۵ M) با هگزامتیلن تترامین (M) (۰/۰۵) در آب یون‌زدایی شده تهیه گردید و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق هم‌زده شد. سپس زیرلایه‌های لایه‌نشانی شده مرحله قبل، به مدت یک و نیم ساعت در این محلول رشد قرار داده شدند. سپس زیرلایه‌ها از این محلول خارج شده، چندین بار با آب یون-دایی شده شستشو داده شد و پس از آن به مدت نیم ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

## نتایج و بحث

الگوهای پراش پرتوی ایکس نانومیله‌های عمودی اکسید روی با غلظت ۰/۰۵ M بر روی زیرلایه‌های شیشه‌ای که دمای پخت لایه بذری آن‌ها متفاوت است، در شکل ۱ نشان داده شده است. الگوهای پراش حاصل منطبق با الگوی پراش کارت استاندارد JCPDS Card No. 01-089-0511 که مربوط به اکسید روی با ساختار بلوری ورتسایت شش‌گوشی است، می‌باشند. عدم وجود قله‌های اضافی دیگر در الگوهای به‌دست آمده، بیانگر خلوص فازی نانومیله‌های اکسید روی تهیه شده است.



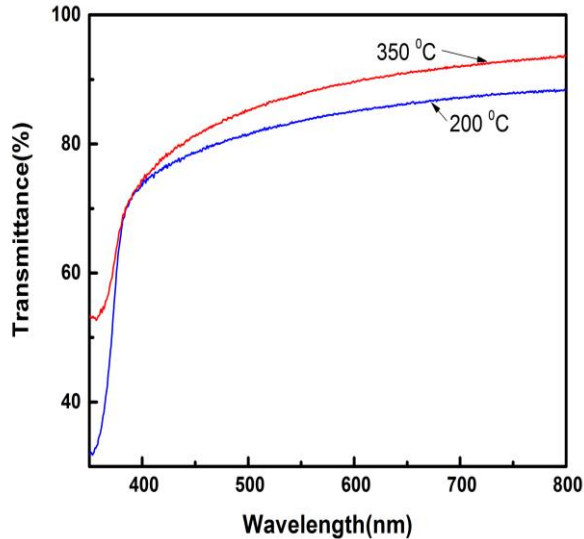
شکل ۱: الگوهای پراش پرتوی ایکس نانومیله‌های اکسید روی با دمای پخت لایه بذری (الف) ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و (ب) ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد.

اکسید روی یک نیم‌رسانای نوع n با ساختار ورتسایت شش‌گوشی با پهنای گاف نواری ۳٫۳۷ eV و عبور اپتیکی بالا در ناحیه مرئی است [1]. اکسید روی کاربردهای زیادی در ساخت وسایل الکترونیک مانند دیودهای پخش نور [۲]، سلول‌های خورشیدی [۳] و ترانزیستورهای اثر میدان [۴] دارد. لایه‌های نازک اکسید روی توسط روش‌های مختلفی مانند تبخیر پرتوالکترونی [۵]، اسپری پیرولیز [۶] و الکتروانباشت [۷] ساخته شده‌اند. در میان نانوساختارهای اکسید روی، نانومیله‌های اکسید روی مسیر مستقیمی را جهت حرکت الکترون به وجود می‌آورند و باعث بهبود انتقال بهتر الکترون‌ها در لایه عبور دهنده الکترون در سلول‌های خورشیدی می‌گردد [۳]. برای رشد نانومیله‌های عمودی اکسید روی از روش دو مرحله‌ای استفاده شده است. برای این منظور ابتدا بر روی زیر لایه‌ها، لایه بذری از نانوذرات اکسید روی توسط روش سل-ژل و لایه‌نشانی چرخشی ایجاد شده، سپس در مرحله دوم با استفاده از یک نمک روی و یک آمین مناسب در محلول آبی نانومیله‌ها رشد داده شده‌اند. در این پژوهش، با استفاده از روش گرمایی اثر دمای پخت لایه بذری بر ریخت، عبور اپتیکی و گاف اپتیکی نانومیله‌های اکسید روی برای کاربرد در سلول‌های خورشیدی پلیمری وارون مورد بررسی قرار گرفته است.

## روش آزمایش

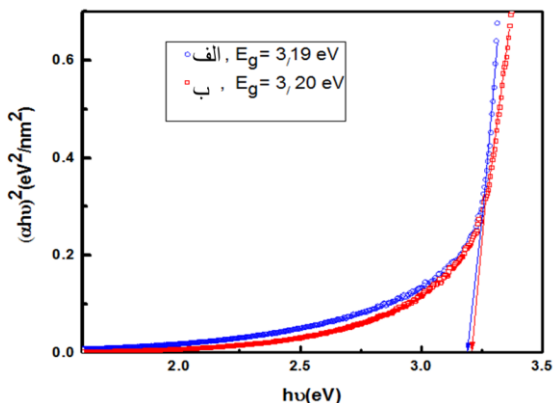
برای رشد نانومیله‌های عمودی اکسید روی، ابتدا محلول ۰/۰۳ M هیدروکسید پتاسیم در متانول تهیه گردید و به محلول ۰/۰۱ M استات روی دوآبه در متانول که در حال بهم خوردن است، به صورت قطره‌ای اضافه شد و به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از شستشوی زیرلایه‌های شیشه‌ای به روش‌های معمول، برای ایجاد لایه بذری از پیش ماده تهیه شده، روش لایه‌نشانی چرخشی با سرعت ۱۵۰۰ rpm به مدت ۱۵ ثانیه استفاده گردید. بعد از لایه‌نشانی، زیرلایه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. این فرآیند ۵ مرتبه تکرار گردید تا لایه بذری با ضخامت مناسبی ایجاد گردد. در

نانومیله‌های اکسید روی ساخته‌شده با دمای پخت ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد لایه بذر برای لایه عبوردهنده الکترون در سلول‌های خورشیدی می‌تواند مناسب‌تر باشد.



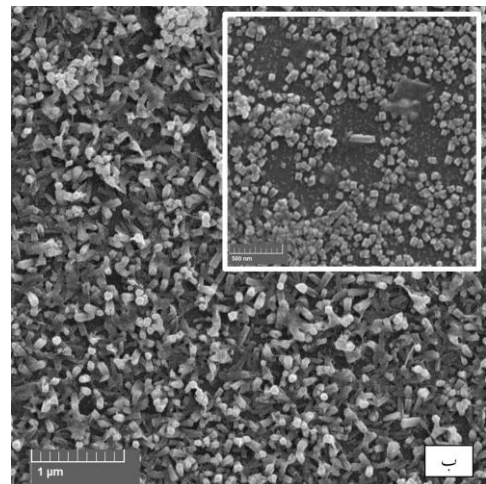
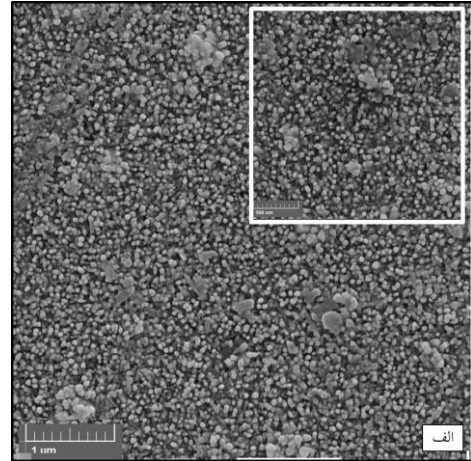
شکل ۳: طیف عبوری نانومیله‌های اکسید روی با غلظت محلول ۵۰ mM رشد یافته بر روی لایه‌های بذر با دماهای پخت ۲۰۰ و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد.

در شکل ۴ برای محاسبه گاف اپتیکی با استفاده از روش تاک، نمودار  $(\alpha h\nu)^2$  برحسب انرژی فوتون فرودی رسم شده است [۸]. با برون‌یابی بخش خطی نمودار در محور افقی می‌توان پهنای گاف اپتیکی را به دست آورد. گاف اپتیکی نانومیله‌های اکسید روی ساخته‌شده با دماهای پخت لایه بذر ۲۰۰ و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۳٫۱۹ eV و ۳٫۲۰ eV محاسبه گردید.



شکل ۴: نمودار  $(\alpha h\nu)^2$  بر حسب انرژی فوتون فرودی نانومیله‌های اکسید روی با دمای پخت لایه بذر الف) ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و ب) ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد.

تصاویر FESEM نانومیله‌های اکسید روی ساخته‌شده، در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. تصویرهای FESEM به‌طور واضح رشد نانومیله‌های اکسید روی را بر روی زیرلایه شیشه‌ای را نشان می‌دهند.



شکل ۲: تصاویر FESEM (با تصاویر بزرگنمایی بیشتر در داخل آنها) نانومیله‌های اکسید روی با دمای پخت لایه بذر الف) ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و ب) ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد.

طیف عبوری نانومیله‌های عمودی اکسید روی در محدوده ۸۰۰-۳۵۰ nm در شکل ۳ نمایش داده شده است که عبور اپتیکی بالایی را در هر دو نمونه می‌توان مشاهده کرد. همچنین متوسط میزان عبور نور در ناحیه مرئی برای نانومیله‌های اکسید روی با دماهای پخت لایه بذر ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۸۵/۳٪ و ۸۰/۸٪ است. با توجه به اینکه در سلول‌های خورشیدی پلیمری عبور اپتیکی مهم است، بنابراین استفاده از

## نتیجه گیری

نانومیله‌های اکسید روی با غلظت محلول  $0.05\text{ M}$  با دماهای پخت لایه بذر  $200$  درجه سانتی‌گراد و  $350$  درجه سانتی‌گراد بر روی زیر لایه شیشه‌ای به روش گرمایی رشد داده شدند. نانومیله‌های اکسید روی با دمای پخت لایه بذر  $350$  درجه سانتی‌گراد عبور اپتیکی بیشتر نسبت به نانومیله‌های اکسید روی با دمای پخت لایه بذر  $200$  درجه سانتی‌گراد دارند، اما گاف اپتیکی دو نمونه با توجه به خطای اندازه‌گیری، اختلاف قابل ملاحظه‌ای نسبت به یکدیگر ندارند. چون در سلول‌های خورشیدی پلیمری در صد بالای عبور اپتیکی اهمیت دارد، پس نانومیله‌های اکسید روی با دمای پخت لایه بذر  $350$  درجه سانتی‌گراد می‌توانند به‌عنوان لایه عبوردهنده الکترون در سلول‌های خورشیدی پلیمری وارون مورد استفاده قرار گیرند.

## سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه شهید چمران اهواز برای حمایت مالی از این پروژه کمال تشکر را دارند.

## مرجع‌ها

- [1] G. A. Kumar<sup>1</sup>, M.V. Ramana Reddy and K. Narasimha Reddy-Structural; "Optical and Electrical Characteristics of Nanostructured ZnO Thin Films with various Thicknesses deposited by RF Magnetron Sputtering"; *Research Journal of Physical Sciences* **1**, No. 6 (2013) 17-23.
- [2] I. E. Titkov, L. A. Delimova, A. S. Zubrilov, N. V. Seredova, L. A. Liniichuk and I. V. Grekhov; "ZnO/GaN heterostructure for LED applications"; *J. Modern Optics* **56** (2009) 653-660.
- [3] J. Huang, Z. Yinb and Q. Zheng; "Applications of ZnO in organic and hybrid solar cells"; *Energy & Environmental Science* **4** (2011) 3861-3877.
- [4] P. C. Burke-Govey, p. c and N. O. V. Plank; "Review of hydrothermal ZnO nanowires: Toward FET applications"; *Journal of Vacuum Science & Technology B*, **31**, No.6 (2013) 101(1)-101(12).
- [5] R. Al Asmar, D. Zaouk, Ph. Bahouth, J. Podleki and A. Foucaran ; "Characterization of electron beam evaporated ZnO thin films and stacking ZnO fabricated by e-beam evaporation and rf magnetron sputtering for the realization of resonators"; *Microelectronic Engineering* **83** (2006) 393-398.
- [6] F. Z. Bedia, A. Bedia, N. Maloufi, M. Aillerie, F. Genty and B. Benyoucef; "Effect of tin doping on optical properties of nanostructured ZnO thin films grown by spray pyrolysis technique;" *a Journal of Alloys and Compounds* **616** (2014) 312-318.
- [7] T. Pauporte and D. Lincot; "Electrodeposition of Semiconductors for Optoelectronic Devices: Results on Zinc Oxide"; *Electrochim. Acta* **45**(2000) 3345 .
- [8] S. S. Shariffudin, M. Salina, and S. H. Herman; "Effect of Film Thickness on Structural, Electrical, and Optical Properties of Sol-Gel Deposited Layer-by-layer ZnO Nanoparticles"; *Transactions On Electrical and Electronic Materials* **13**, No. 2(2012) 102-105.