بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸

# سنتز نانوساختار اکسیدروی برای ساخت حسگر نوری فرابنفش

**حمیدرضا مازندرانی[1*]، بابک عفافی[2]، بیژن غفاری[1] و شهاب نوروزیان علم[1]**

**[1]دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده فیزیک**

**[2]دانشگاه خوارزمی، دانشکده فیزیک**

*hr.mazandarani1991@gmail.com

**چکیده – در این مقاله سنتز و ساخت لایه‌نازک و نانومیله‌های منظم اکسیدروی و خواص نوری و الکتریکی آن‌ها به منظور ساخت حسگرهای نوری مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور ابتدا لایه نازک و نانومیله‌های منظم اکسیدروی به ترتیب به روش‌های سل-ژل و هیدروترمال سنتز شده‌اند. برای بررسی خواص ساختاری نانوساختارهای مورد نظر، آنالیزهای XRD و SEM و برای بررسی خواص نوری و الکتریکی نانوساختارها، به ترتیب آنالیزهای UV-Vis و I-V انجام شد. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش، نانومیله‌های اکسیدروی، از پاسخ‌دهی و حساسیت بالایی به نسبت لایه نازک اکسیدروی برخوردار می‌باشند.**

کلید واژه- اکسیدروی، حسگر نوری، لایه نازک، نانومیله، هیدروترمال

# Synthesis of the Zinc Oxide nanostructures for the manufacture of ultraviolet optical sensors

Hamid Reza Mazandarani[1*], Babak Efafi[2], Bijan Ghafary[1] and Shahab Norouzian Alam[1]

[1]Iran **U**niversity of Science and Technology, Department Of Physics

[2]Kharazmi University, Department Of Physics

Abstract- In this paper, the synthesis and fabrication of thin-film and Zinc Oxide nanorods arrays and their optical and electrical properties were studied for the manufacture of optical sensors. For this purpose, at the first, the thin films and Zinc Oxide nanorods arrays were synthesized by sol-gel and hydrothermal methods, respectively. To investigate the structural properties of the nanostructures, XRD and SEM analyses and to study the optical and electrical properties of the nanostructure UV-Vis and I-V analyses were done, respectively. According to the results, Zinc Oxide nanorods have high response and sensitivity to Zinc Oxide thin films.

Keywords: Hydrothermal, Nanorods, Optical sensor, Thin film, Zinc Oxide



این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18 ]

## مقدمه

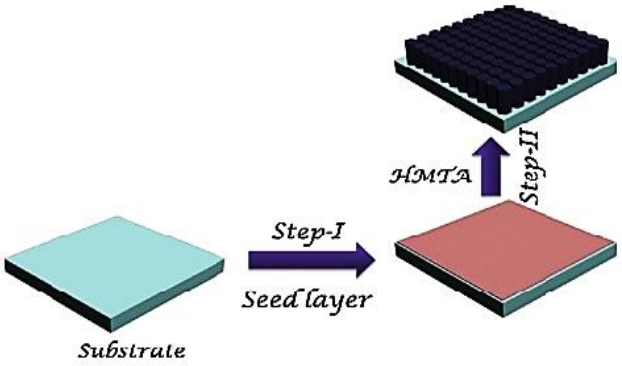
نانوساختارها که شامل نانوساختارهای سه بعدی، دو بعدی، یک بعدی و صفر بعدی می‌باشند، با توجه به خواص منحصر به فردشان، کاربردهای مختلف دارند. در نانوساختارهای یک بعدی نسبت سطح به حجم بزرگ بوده لذا کسر قابل توجهی از اتم‌های آن‌ها را اتم‌های سطحی تشکیل می‌دهند که می‌توانند در واکنش‌های سطحی مشارکت داشته باشند [1]. روش-های متعددی برای تولید نانو ذرات و نانوساختارها بر پایه فازهای جامد، مایع و بخار وجود دارند [2]. روش-های سل-ژل [3] و هیدروترمال [1] به نسبت سایر روش‌ها بسیار ساده‌تر و مقرون به صرفه‌تر می‌باشند و به سیستم پیچیده‌ای نیاز ندارند، به همین دلیل بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکسیدروی یکی از نیمه-رساناهای مهم و پر کاربرد است. این ماده دارای ساختار پایدار ترمودینامیکی ورتزیت[1]، گاف نواری پهن (۳/۳۷ eV) و انرژی پیوندی اکسایتونی[2] بزرگ meV ۶۰ در دمای اتاق، می‌باشد [4]. اکسیدروی به دلیل داشتن خواص ممتاز ساختاری، الکتریکی، اپتیکی و غیره دارای کاربردهای متنوعی در حوزه‌های مختلفی از جمله ساخت قطعات پیزوالکتریک فوق حساس، ادوات الکترونیک اسپینی[3]، آشکارسازهای تابشی، سلول‌های خورشیدی و غیره می‌باشد [5] و [6].

## روش سنتز و ساخت نانوساختارها

الف) ساخت لایه نازک اکسیدروی: این فرایند به روش سل-ژل و لایه نشانی چرخشی انجام گرفت. ابتدا سل پایدار اکسیدروی با غلظت ۱ مولار با ترکیب زینک استات دو آبه، اتانول مطلق (با خلوص ۹۹/۹۹ در صد) و تری اتیل آمین آماده شد. سپس لایه نشانی لایه نازک اکسیدروی بر روی زیرلایه‌ی ویفر سیلیکون با سرعت ۳۰۰۰rpm به مدت ۳۰s به روش چرخشی انجام گرفت. توجه شود که فرایند تمیزکاری زیرلایه‌ی ویفر سیلیکونی به روش RCA قبل از فرایند لایه نشانی باید انجام شود. جهت حذف اثر حلال، چسبندگی ناشی از تری اتیل آمین و استات، لایه‌ی نازک اکسیدروی ابتدا در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در آون و سپس در دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد در داخل کوره، تحت فرایند حرارت‌دهی قرار گرفت.

ب) فرایند رشد نانومیله‌های منظم اکسیدروی: برای این منظور ابتدا لایه‌ی سید اکسیدروی به روش چرخشی (که در قسمت الف توضیح داده شده است) بر روی زیرلایه‌ی ویفر سیلیکون لایه نشانی شد. برای رشد نانومیله‌های اکسیدروی به روش هیدروترمال، ابتدا محلول رشد با ترکیب زینک نیترات شش آبه، هگزامتیلن ترامین و آب دی یونیزه آماده شد و به همراه زیرلایه به داخل اتوکلاو انتقال داده شدند. فرایند رشد به مدت زمان ۴ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد انجام گرفت. پس از اتمام فرایند رشد، نمونه با آب دی یونیزه شست و شوی داده و در دمای اتاق خشک شد.

بعد از آماده سازی هر دو نمونه‌ی لایه نازک و نانومیله اکسیدروی، به منظور برقراری اتصالات الکتریکی، فرایند لیتوگرافی نیز صورت پذیرفت.




شکل۱: شماتیکی از فرایند رشد نانومیله‌های اکسیدروی

[1] wurtzite

[2] exciton binding energy

[3] spintronic devices

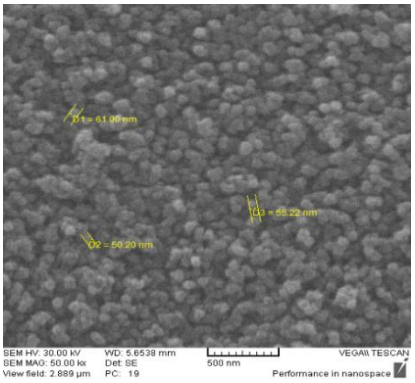


این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

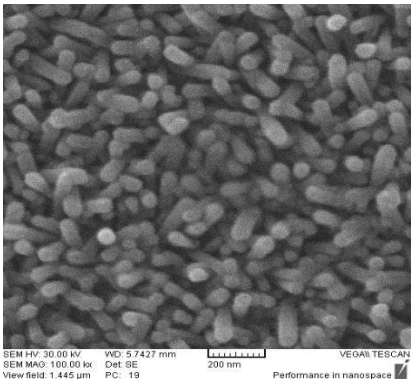
[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18 ]

## بحث و تحلیل نتایج

شکل ۲ تصویر SEM لایه نازک اکسیدروی را نشان می‌دهد که به صورت همگن و یکنواخت کل سطح زیرلایه را پوشش دادند و آثاری از ترک بر روی لایه وجود ندارد. شکل ۳ تصویر SEM نانومیله‌های اکسیدروی را نشان می‌دهد که با چگالی بسیار بالا و کاملاً یکنواخت و منظم رشد یافتند و کل سطح را پوشش داده‌اند.

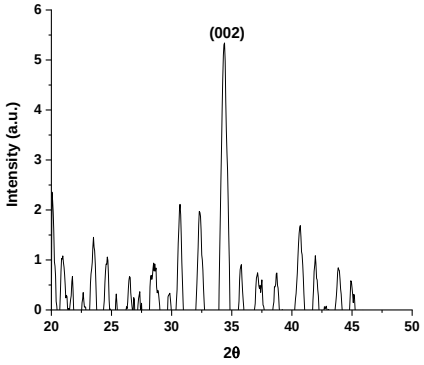


شکل ۲: تصویر SEM لایه نازک اکسیدروی

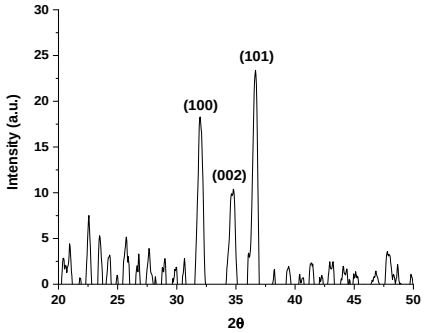


شکل ۳: تصویر SEM نانومیله‌های اکسیدروی

شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب طیف پراش اشعه X از نانومیله‌ها و لایه‌ی نازک اکسیدروی را نشان می‌دهند که به ترتیب با طیف‌های استاندارد JCPDS: 75-1526 و JCPDS: 36-1451 مورد تایید می‌باشند [7]. در شکل (۴) در زاویه‌ی $2\theta=34.25°$ پیک مربوط به پراش از صفحه‌ی (۰۰۲) اکسیدروی را نشان می‌دهد که بیانگر رشد عمودی نانومیله‌ها در راستای محور-c می‌باشد. هر قدر شدت پیک مربوط به پراش از صفحه (۰۰۲) افزایش یابد، یعنی نانومیله‌ها تمایل بیشتری برای رشد عمود بر زیرلایه دارند [6].




شکل ۴: طیف XRD نانومیله‌های اکسیدروی




شکل ۵: طیف XRD لایه‌ی نازک اکسیدروی

طیف جذبی لایه‌ی نازک و نانومیله‌های اکسیدروی در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل، قله‌ی جذب نانومیله‌های اکسیدروی به نسبت لایه‌ی نازک اکسیدروی به دلیل افزایش طول مسیر نور در نانومیله‌ها بیشتر شده است، زیرا جذب با طول مسیر رابطه‌ی مستقیم دارد. ضخامت لایه نازک اکسیدروی ۲ میکرون و ضخامت نمونه نانومیله‌ی اکسیدروی ۲/۵۱۲ میکرون (۲ میکرون ضخامت لایه سید اکسیدروی و ۵۱۲ نانومتر طول نانومیله‌های اکسیدروی) می‌باشد. نمودار کوچک موجود در شکل ۶، نمودار گاف انرژی لایه‌ی نازک و نانومیله‌های اکسیدروی می‌باشد که در آن باند گپ به روش توک[4] اندازه‌گیری شده است [5]:

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^{1/2} \qquad (۱)$$

گاف انرژی برای لایه‌های نازک و نانومیله‌های اکسیدروی به ترتیب برابر با ۳/۴۷(eV) و ۳/۲۸(eV)

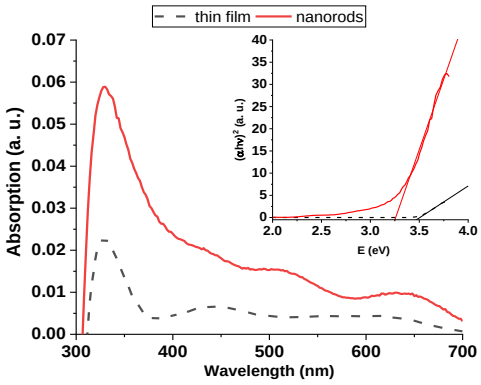
[4] tauc's plot



این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

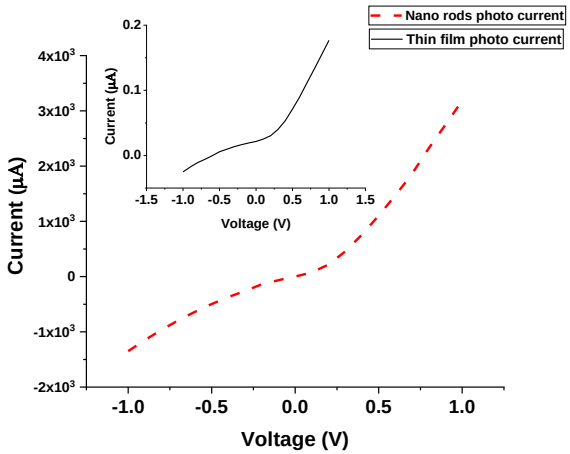
[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18 ]

است.




شکل ۶: طیف جذبی لایه نازک و نانومیله اکسیدروی. شکل کوچک، نمودار گاف انرژی لایه نازک و نانومیله اکسیدروی

شکل ۷ نمودارهای جریان-ولتاژ نانومیله‌ها و لایه‌ی نازک اکسیدروی را نشان می‌دهد که تحت تابش لامپ فرابنفش با طول موج ۳۶۵nm و توان اپتیکی ۲/۵mW قرار گرفتند.




شکل ۷: نمودار I-V نانومیله‌های اکسیدروی، شکل کوچک، نمودار I-V لایه نازک اکسیدروی

همان طور که انتظار داشتیم تغییر بسیار چشمگیری در جریان نوریِ افزاره‌ی ما کاملاً محسوس است، به طوریکه نسبت جریان نوری بدست آمده از نانومیله‌های اکسیدروی به جریان نوری بدست آمده لایه‌ی نازک اکسیدروی از مرتبه هزار برابر است.

## نتیجه‌گیری

در فیلم‌های متشکل از نانو ذرات، الکترون‌ها به صورت تصادفی حرکت می‌کنند و در تله‌های ناشی از نواقص شبکه به دام می‌افتند که منجر به افزایش نرخ بازترکیب بارها می‌شود، درحالی‌که نانوساختارهای یک بعدی به دلیل شکل ساختاری که دارند مانند یک اتوبان برای عبور الکترون‌ها عمل می‌کنند. در واقع این نانوساختارها یک مسیر مناسب برای ترابرد الکترون فراهم می‌کنند و به دلیل طول پخش بلندتری که نسبت به نانو ذرات دارند نرخ بازترکیب بار در آن‌ها کاهش می‌یابد و انتقال بار در آن‌ها آسان‌تر می‌شود.

## مراجع

[1] C. Liao, Y. Wu, P. Lee, C. Lin, S. Chen, S. Cheng, and C. Liu, “Growth Direction Control of ZnO Nanorods on the Edge of the Patterned ITO / AZO Bi-Layers Growth direction control of ZnO nanorods on the edge of the patterned ITO / AZO bi-layers,” ACS, p. 3, 2017.

[2] K. E. Jahromi, M. Hossein, M. Ara, S. S. Mousavi, and B. Efafi, “Investigation of a Reliable Ohmic Contact to n-Type ZnO Thin Films Prepared by Sol – Gel Method,” IEEE ELECTRON DEVICE Lett., vol. 37, no. 1, p. 43, 2016.

[3] B. Efafi, M. H. M. Ara, and S. S. Mousavi, “Strong Blue Emission from ZnO Nanocrystals Synthesized in Acetone-Based Solvent B.,” J. Lumin., p. 4,5, 2016.

[4] B. E. S. Alamdari, M. Sasani Ghamsari, M.H. Majles Ara, “Highly concentrated IZO colloidal nanocrystals with blue/Orange/red three-colors emission S,” Mater. Lett., p. 3,4, 2015.

[5] B. Efafi, S. S. Mousavi, M. Hossein, M. Ara, B. Ghafari, and H. R. Mazandarani, “A Method for Optimizing the Electrical Conductivity of Al:ZnO TCO Films,” Mater. Lett., pp. 3–5, 2017.

[6] M. Imamora, A. Umar, F. Yenni, N. Muhamad, M. Salleh, and A. Ali, “Hydrothermally grown of well-aligned ZnONRs : dependence of alignment ordering upon precursor concentration,” J. Mater. Sci. Mater. Electron., vol. 0, no. 0, p. 0, 2018.

[7] G. N. Narayanan, S. G. R, and A. Karthigeyan, “Effect of annealing temperature on structural, optical and electrical properties of hydrothermal assisted Zinc Oxide Nanorods,” Thin Solid Films, p. 7, 2015



این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18 ]