بررسی تاثیر حضور نانومیله‌های ZnO بر حساسیت تار نوری نسبت به بیناب مرئی

سید محمد حسین امین جواهری[۱]، آذردخت مظاهری[۲]، مهدی داوودی[۲]، محمد حسن یوسفی[۲]، سیدمحمدرضا موسوی[۲]

[۱] مجتمع دانشگاهی علوم کاربردی دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مرکز اپتوالکترونیک، اصفهان، شاهین‌شهر

[۲] مجتمع دانشگاهی علوم کاربردی دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دانشکده فیزیک، اصفهان، شاهین‌شهر

چکیده – در این مقاله با استفاده از روش‌های تخریب حرارتی و مایکروویو، نانوساختارهای *ZnO* بر روی تار نوری رشد داده شده‌اند. پس از بررسی تصاویر *FESEM* و حصول اطمینان از رشد مطلوب نانوساختارها، چیدمان منبع نور بیرونی برپا شد و بیناب عبوری از تارهای نوری ثبت گردید. با سنجش میزان شدت عبوری از تارهای نوری دارای نانوساختار در سه طول موج مختلف و مقایسه آن‌ها با شدت عبوری از تار نوری بدون نانوساختار، تاثیر حضور نانوساختارهای *ZnO* بررسی و افزایش تا ۵/۲ برابری در میزان شدت‌ها به دست آمد. هم‌چنین حضور نانوساختارهای حاصل از روش تخریب حرارتی تاثیر بیش‌تری در افزایش شدت در مقایسه با نانوساختارهای حاصل از روش مایکروویو دارند.

کلید واژه- نانو حسگر تار نوری، اکسید روی، تخریب حرارتی، مایکروویو، چیدمان منبع نور بیرونی.

Investigating the effect of ZnO nanorods on sensitivity of optical fiber to the visible spectrum

Amin Javaheri, Seyed mohammad hossein[1]; Mazaheri, Azardokht[2]; Davoudi, Mahdi[2];

Yousefi, Mohammad hasan[2]; Mousavi, Seyed mohammad reza[2]

[1] Institute of Applied Sciences of Malek Ashtar, Optoelectronic Center, Isfahan, Shahin Shahr

[2] Institute of Applied Sciences of Malek Ashtar, Department of Physics, Isfahan, Shahin Shahr

Abstract- In this paper, nannostructured ZnO was grown upon optical fiber by Thermal decomposition and Microwave methods. After observing fine FESEM images of nanostructures, external ligth source setup implemented and then the transmissional spectrum of fibers recorded. Investigating the effect of ZnO nanostructures have showed improvement in detected ligth intensity up to 5.2 order compare with intensity of fiber without nanostructure in three various wavelengths. Nanostructures synthesized through thermal decomposition method are more effective than ones which created through microwave method in incremented intensity.

Keywords: Optical fiber nano-sensor, Zinc oxide, Thermal decomposition,Microwave, External ligth source setup.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]

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

۱- مقدمه

تار نوری یک موجبر دوبعدی استوانه‌ای است که بر اساس بازتاب کلی داخلی قادر به هدایت نور در مسیرهای طولانی است. به دلیل ویژگی‌های خاص تارهای نوری، استفاده از آن‌ها در ارتباطات، حسگرها و تجهیزات پزشکی پیشرفت چشم‌گیری داشته است [۱].

حسگرها، ابزارهایی هستند که تحت شرایط خاص، از خود واکنش‌های پیش‌بینی شده و مورد انتظار نشان می‌دهند و در این میان، نانوحسگرها به دلیل خواص موادِ نانومقیاس (کوچک بودن اندازه، نسبت سطح به حجم بیش‌تر، حاکمیت اثرهای کوانتومی و تعداد نقص بیش‌تر)، حساسیت بیش‌تری نسبت به عوامل خارجی در مقایسه با مواد حجیم‌شان دارند و به همین علت توجه زیادی را جلب کرده‌اند [۲].

حسگر تار نوری از جمله جدیدترین حسگرهایی هستند که بر اساس نقاط اندازه گیری، موقعیت و عملکردشان به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. یکی از رایج‌ترین حسگرهای تارنوری، حسگر تار نوری بر اساس شدت است که بر مبنای تغییرات شدت موج داخل تار عمل می‌کند [۳]. هم‌چنین به منظور افزایش حساسیت و ایجاد انتخابگری در حسگر تار نوری، از غلاف جایگزین استفاده می‌شود که با برداشتن بخشی از غلاف تار نوری، بخش حساسه بر روی آن جایگزین می‌شود.

به دلیل ویژگی‌های متفاوت تار نوری نسیت به سایر زیرلایه‌ها هم‌چون شکل استوانه‌ای و عدم تحمل دماهای بالا، بایستی از روش‌های رشد سازگار مانند تخریب حرارتی و مایکروویو به منظور رشد نانوساختار بر روی آن استفاده نمود.

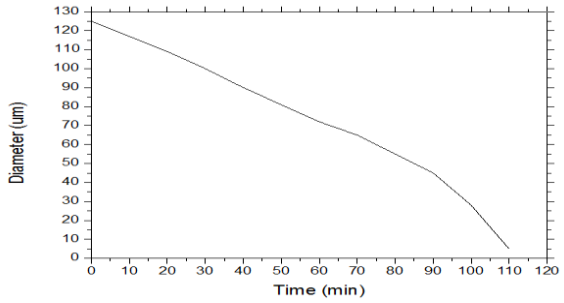
یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین نیم‌رساناهای اکسید فلزی که می‌تواند به عنوان جایگزین غلاف به منظور ساخت نانوحسگر تار نوری استفاده شود، اکسید روی (ZnO) است. به سبب ویژگی‌هایی هم‌چون گاف نواری پهن و مستقیم، انرژی بستگی اکسیتونی بزرگ (۶۰ meV) [۴]، گسیلنده نور در بیناب وسیع [۵ و ۶]، دارا بودن خاصیت پیزوالکتریک [۷] در موارد بسیار زیادی هم‌چون فوتوکاتالیست‌ها [۸]، ترانزیستورهای اثرمیدان [۹]، ابزارهای فوتوالکترونیکی و فوتوولتایی، لیزر فرابنفش، سلول خورشیدی و حسگرها استفاده می‌شوند [۱۰].

۲- روش تحقیق

در این قسمت مراحل عملی پژوهش به ترتیب بیان می‌شوند.

۲-۱- باریک سازی تار نوری

به منظور کاهش قطر غلاف تار نوری از فرآیند زدایش استفاده می‌شود. ابتدا قسمتی از محافظ و روکش را با کمک ابزار روکش‌بردار برمی‌داریم و سپس تار نوری سوار شده بر پایه نگهدارنده را درون هیدروفلوئوریک اسید ۲۰ درصد غوطه‌ور می‌نماییم. پس از گذشت مدت زمان مورد نظر، آن را خارج کرده و با استفاده از میکروسکوپ نوری قطر تار نوری را می‌سنجیم. مطابق شکل ۱، برای تهیه تار نوری با قطر ۶۰ میکرون، مدت زمان ۷۵ دقیقه مورد نیاز است.



شکل ۱: نمودار تجربی آهنگ کاهش قطر تار نوری برحسب مدت زمان ماندگاری تار نوری در اسید HF ۲۰ درصد.

۲-۲- رشد نانوساختار ZnO بر روی تار نوری

در این پژوهش به منظور رشد نانوساختار ZnO از دو روش تخریب حرارتی و مایکروویو استفاده می‌شود.

به منظور رشد نانوساختار ZnO بر روی تار نوری زدایش شده به روش تخریب حرارتی ابتدا مقدار ۰/۳۹ g استات روی (Merck- 108802) را درون کوره (Godaze saz furnace- PC 21) با دمای $^{\circ}C$ ۳۵۰ قرار داده و پس از گذشت ۱۲ ساعت آن را خارج کرده و مواد حاصل را در ۶۰ ml آب دوباریونیزه حل می‌نماییم و پس از قراردهی تار نوری در داخل محلول، مجموعه را به مدت ۳ ساعت درون کوره (Heraeus oven- T 5028) با دمای $^{\circ}C$ ۹۰ قرار می‌دهیم.

در روش مایکروویو نیز ابتدا محلولی حاوی ۰/۰۴ مولار نیترات روی (Merck-108833) و هگزا متیلن تترامین (Merck-818712) در حلال متانول (Sigma-Aldrich-34860) تهیه نموده و پس از قراردهی تار نوری در داخل

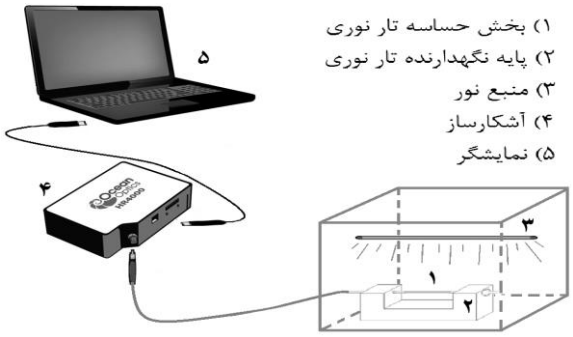
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]

محلول، مجموعه را به مدت ۱ دقیقه درون دستگاه مایکروویو (Daewoo microwave oven- KOC-1B0K) با توان W ۱۱۰۰ قرار می‌دهیم.

۳-۲- چیدمان مورد استفاده

به منظور بررسی تاثیر حضور نانوساختار ZnO بر روی میزان تزویج نور به تار نوری از چیدمان شکل ۲ استفاده می‌نماییم.

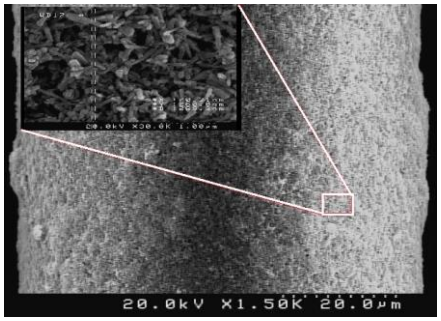


شکل ۲: چیدمان سنجش حساسیت تار نوری نسبت به بیناب نوری.

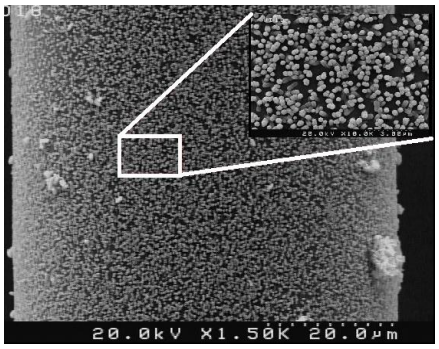
منبع نور، لامپ فرابنفش (آرگون- جیوه) است و نور آن به طور جانبی بر تار نوری فرود می‌آید و به درون تار تزویج می‌شود. به منظور حذف نور زمینه، مجموعه منبع نور و تار نوری درون جعبه‌ای غیر شفاف قرار داده شدند.

۳- نتایج و تحلیل نتایج

تصاویر FESEM مربوط به نانوساختارهای رشد یافته به روش تخریب حرارتی و مایکروویو به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، نانومیله‌های ZnO رشد داده شده روی تار نوری دارای ساختار یکسان، منظم و عمودی هستند. روش مایکروویو با وجود مدت زمان رشد بسیار کوتاه، نتایج بسیار درخشانی را ارائه نموده است.

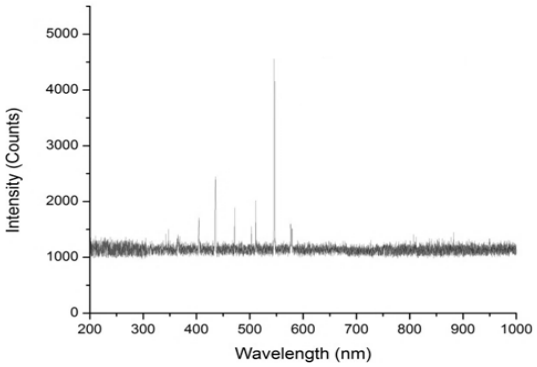


شکل ۳: تصویر FESEM نانوساختارهای رشدیافته بر روی تار نوری به روش تخریب حرارتی

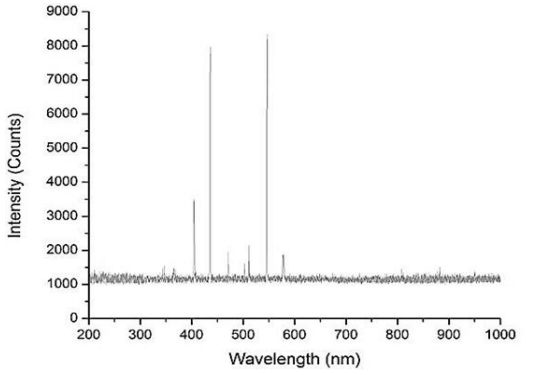


شکل ۴: تصویر FESEM نانوساختارهای رشدیافته به طور عمودی بر روی تار نوری به روش مایکروویو

شدت ثبت شده توسط آشکارساز حاصل از تارهای نوری در حضور و عدم حضور نانوساختارهای ZnO در شکل‌های۶، ۷ و ۸ آورده شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، حضور نانوساختارها سبب تزویج بهتر نور به تار نوری شده‌اند و در نتیجه با به کارگیری نانوساختارهای ZnO بر روی بخش حساسه حسگرها، می‌توان حساسیت حسگر را نسبت به بیناب نوری بهبود بخشید.



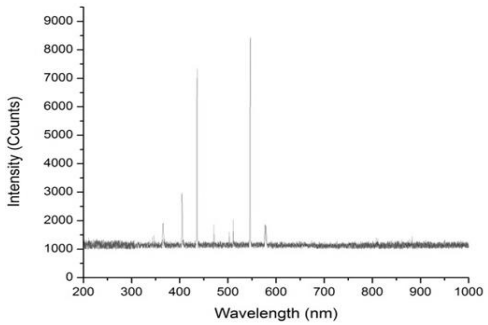
شکل ۵: بیناب نور ثبت شده توسط آشکارساز حاصل از نور تزویج شده به تار نوری بدون نانوساختار



شکل ۶: بیناب نور ثبت شده توسط آشکارساز حاصل از نور تزویج شده به تار نوری دارای نانوساختار رشد یافته به روش تخریب حرارتی

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]



شکل ۷: بیناب نور ثبت شده توسط آشکارساز حاصل از نور تزویج شده به تار نوری دارای نانوساختار رشد یافته به روش مایکروویو

شدت رسیده به آشکارساز از طریق تار نوری بدون نانوساختار، تار نوری دارای نانوساختار رشد یافته به روش تخریب حرارتی و تار نوری دارای نانوساختار رشد یافته به روش مایکروویو به ترتیب با I، I_t و I_m نشان داده می‌شوند. با استفاده از شکل‌های ۵، ۶ و ۷، شدت ثبت شده در آشکارساز حاصل از نمونه‌های دارای نانوساختار را نسبت به نمونه بدون نانوساختار محاسبه می‌نماییم. برای طول موج ۵۴۵ nm نسبت به دست آمده عبارت است از:

$$\frac{I_{t_{545}}}{I_{545}} = \frac{8600-1200}{4500-1200} = 2.24$$

$$\frac{I_{m_{545}}}{I_{545}} = \frac{8400-1200}{4500-1200} = 2.18$$

و برای طول موج ۴۳۵ nm به دست می‌آید:

$$\frac{I_{t_{435}}}{I'_{435}} = \frac{8000-1200}{2500-1200} = 5.23$$

$$\frac{I_{m_{435}}}{I_{435}} = \frac{7500-1200}{2500-1200} = 4.85$$

و نیز برای طول موج ۴۰۴ nm به دست می‌آید:

$$\frac{I_{t_{404}}}{I_{404}} = \frac{3500-1200}{1700-1200} = 4.6$$

$$\frac{I_{m_{404}}}{I_{404}} = \frac{3000-1200}{1700-1200} = 3.6$$

عدد ۱۲۰۰ در معادلات فوق میزان نویز دستگاه است. با توجه به محاسبات انجام شده برای سه طول موج دلخواه، حضور نانوساختارهای ZnO سبب افزایش تزویج نور می‌شود. در نتیجه با بهبود تزویج نور به درون تار نوری، شرایط لازم به منظور استفاده از تار نوری دارای پوشش غلاف نانوساختار، در تولید حسگر حساس به عوامل محیطی (مانند تغییرات دما، حضور الکل‌ها و گازها) فراهم می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و محاسبات صورت‌گرفته حاکی از آن است که حضور نانوساختارها به عنوان غلاف جایگزین بر روی تار نوری، سبب افزایش ۲/۱ تا ۵/۲ برابری در میزان شدت تزویج شده به تار نوری شده است. بیش‌ترین میزان افزایش تزویج نور، برای طول موج‌های نزدیک ۴۳۵ nm به دست آمد. در نتیجه با به کارگیری نانوساختارها در ادوات آشکارساز می‌توان حساسیت آن‌ها را نسبت به بیناب مرئی بهبود بخشید. هم‌چنین استفاده از تار نوری دارای پوشش نانوساختار حاصل شده از روش تخریب حرارتی افزایش تزویج بیش‌تری را نسبت به روش مایکرویو نشان داد.

مراجع

[1] C.R. Pollock, *Fundamentals of optoelectronics*, Tom Casson Publishing, USA, 1995.

[2] Z. W. Pan, Z. R. Dai, and Z. I. Wang, Nanobelts of Semiconducting Oxides, Sciense 292, pp. 1947-1949, (2001).

[3] Sh. Ghetia, R. Gajjar, P. Trivedi, Classification of Fiber Optical Sensors, Electronics Communication and Computer Technology, Vol. 3, Issue 4 (2013).

[4] W. Y. Liang and A. D. Yoffe, Transmission Spectra of ZnO Single Crystals, Phys. Rev. Lett 20, 59 (1968).

[5] A. B. Djurisic, Y. H. Leung, K. H. Tam, L. Ding, W. K. Ge, H. Y. Chen and S. Gwo, Appl. Phys. Lett. 88, 103107 (2006).

[6] S. Mine, S. Manalis and C. Quate, Parallel atomic force microscopy using cantilevers with integrated piezoresistive sensors and integrated piezoelectric actuators, Appl. Phys. Lett 67, 3918 (1995).

[7] J. Nagaraju, P. Choudhury and S. Krupanidhi, Growth of ferroelectric Li-doped ZnO thin films for metal-ferroelectric-semiconductor FET, Journal of Physics D, Vol. 39, No. 13, 16 June (2006).

[8] A. Umar and Y. Hahn, ZnO nanosheet networks and hexagonal nanodiscs grown on silicon substrate, Nanotechnology 17 (2006).

[9] W. Hughes, Z. Wang, Nanobelts as nano-cantilevers, Appl. Phys. Lett 82 (2003), 2886-2888.

[10] S. Gupta, A.Joshi, Development of gas sensors using ZnO nanosttructures, J. Chem. Sci., Vol. 122, No. 1, January (2010), pp. 57-62.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-01]