سنتز نانوسیم‌های دی‌اکسید تلوریم به روش تبخیر در کوره مافل و بررسی خواص ساختاری و اپتیکی آن

محسن نبی‌زاده زاویه[۱]، توکل توحیدی[۲]، رضا عبدی قلعه[۱]

[۱] گروه مهندسی اپتیک و لیزر، دانشگاه بناب، بناب، آذربایجان شرقی، ایران

[۲] پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، مجتمع پژوهشی شمال‌غرب کشور، بناب، ایران

چکیده – **سنتز نانو سیم‌های دی‌اکسید تلوریوم (TeO_2) به روش تبخیر پودر فلز تلوریم بر روی زیر لایه‌های سیلیکونی و شیشه‌ای در کوره مافل انجام گردید. سه متغیر مهم دمای تبخیر، مدت زمان تبخیر و فاصله پودر فلز از زیرلایه در تولید نانوسیم‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نانو سیم های تولید شده با این روش قطری از مرتبه ۳۰ تا ۲۰۰ نانومتر و طولی از مرتبه چند ده میکرومتر دارند. ساختار بلوری سیم‌ها با روش *XRD* تعیین گردید. ریخت‌شناسی و اندازه سیم‌ها با روش *FESEM* و *SEM* مورد بررسی قرار گرفت. طیف جذب و عبور اپتیکی نانوسیم‌ها در روی یک زیرلایه شیشه ای اندازه‌گیری شد.**

کلید واژه: نانو سیم، دی اکسید تلوریم، لایه نازک نانوساختاری، خواص اپتیکی و ساختاری.

Synthesis of TeO_2 nanowires by evaporating in muffle furnace and investigation of its structural and optical properties

Mohsen Nabizadeh-Zaviyeh[1], Tavakkol Tohidi[2], Reza Abdi-Ghaleh[1]

[1]Department of Laser and Optical Engineering, University of Bonab, Bonab, East Azarbaijan, Iran

[2] Northwest Research Complex, Radiation Application Research School, NSTRI, Bonab, Iran

Abstract- Synthesis of TeO_2 nanowires by evaporating the tellurium powder on a silicon and glass substrates in muffle furnace has been done. Three main nanowire production parameters; temperature, evaporating time and the distance between powder and substrate; have been investigated. The produced nanowires with this method have the diameters ranging from 30 to 200 nm and have lengths of several tens of micrometers. The structure of nanowires was determined by XRD method. The morphology and size of nanowires was measured by FESEM and SEM method. Optical absorption and transmission spectrum of nanowires on a glass substrate have been investigated.

Keywords: Nanowire, Tellurium dioxide, Gas sensor, Thin film, Optical properties.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

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

۱- مقدمه

در طی سال‌های اخیر نانومواد کم بعد با ریخت شناسی‌های مختلف اعم از نانو سیم‌ها، نانو میله‌ها، نانو لوله‌ها و نانو تسمه‌ها توجهات بسیاری را به خاطر خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردشان و کاربردشان در دستگاه‌های نانومقیاس به سوی خود جلب کرده‌اند. به ویژه نانو سیم‌های بر بستر اکسید نیمه‌رساناهای فلزی به علت بهره‌گیری از نسبت بالای سطح به حجم‌شان و کوچک بودن دانه‌های مواد تشکیل دهنده کاندیدای خوبی برای کاربردهای حسگری گاز به نظر می‌آیند [۱]. دی‌اکسیدتلوریوم (TeO_2) یک ماده چند منظوره نیمه‌رسانا با باند گاف عریض و یکی از مواد مهم آکوستو اپتیکی و الکترو اپتیکی با انواع ویژگی-های مطلوب شامل رفتار کشسانی، ضریب شکست بالا و کیفیت اپتیکی خوب می‌باشد [۲]. روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی برای ساخت نانوساختارهای مواد نیمه-رسانا گزارش شده است. از روش‌های فیزیکی می‌توان به تبخیر در خلاء، دیواره گرم و اپیتاکسی اشعه مولکولی اشاره کرد. روش‌های شیمیایی که بیشتر مورد استفاده قرار می-گیرند عبارتند از: اسپری پیرولیز، لایه‌نشانی حمام شیمیایی و لایه‌نشانی الکتروشیمیایی. روشی ساده که برای تهیه نانوسیم‌های TeO_2 مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارت است از تبخیر فلز تلوریم (Te) در دمای حدود ۴۰۰ الی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد در داخل کوره مافل که نیاز به محیط خلاء ندارد و از لحاظ اقتصادی بسیار با صرفه است [۳]. نانوسیم-های تولید شده دی‌اکسید تلوریم با این روش خواص حسگر گازی، در غلظت‌های بسیار پایین از خود نشان داده‌اند [۳].

در این مقاله سنتز نانو سیم‌های دی‌اکسید تلوریم (TeO_2)به روش تبخیر پودر فلز تلوریم بر روی زیرلایه‌های سیلیکونی و شیشه‌ای در کوره مافل و تاثیر متغیرهای تولید از جمله دما، مدت زمان تبخیر و فاصله پودر از زیرلایه، همچنین خواص اپتیکی، ساختاری و ریخت‌شناسی نانو سیم‌ها بررسی شده است.

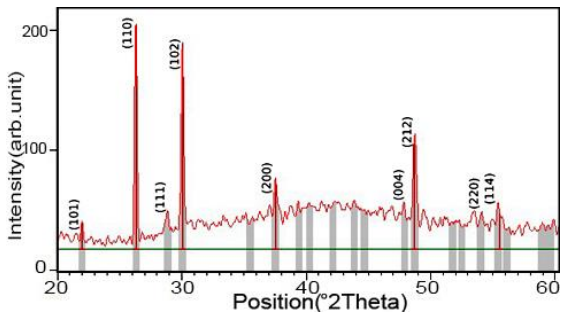
۲- روش کار

نانوسیم‌های TeO_2 به روش تبخیر در کوره مافل در معرض هوا و در غیاب هر نوع کاتالیزوری تولید شد. فلز تلوریم (Te) با درجه خلوص ۹۹/۹۹۹۵٪ تولیدی شرکت سیگما-آلدریچ در یک بوته آلومینیایی به ابعاد ۲۰ در ۳۰ میلی‌متر قرار داده شده و زیرلایه‌ی مورد نظر در فواصل مختلف در بالای آن قرار گرفت تا سیم‌های TeO_2 بر روی آن رشد داده شود. بوته‌ی حاوی فلز تلوریم در داخل کوره مافل در دماهای متفاوتی مانند ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ درجه سلسیوس برای مدت زمان‌های متفاوتی قرار گرفت. قبل از شروع فرآیند سنتز زیرلایه‌ها و بوته با استفاده از استون در دستگاه اولتراسونیک و سپس با استفاده از اسید سولفوریک و آب اکسیژنه در چند مرحله مورد تمیزکاری قرار گرفتند. میزان جذب و گسیل نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفوتومتر-Perkin Elmer مدل Lambda-45 تعیین، ریخت‌شناسی با استفاده از دستگاه SEM مدل EVD18-Ziess و FESEM مدل MIRA3TESCAN-XMU و ساختار آنها با دستگاه XRD مدل D8-Advance Bruker با طول موج تابشی Cu-Kα (λ=1.5406 Å) بررسی گردید.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- بررسی ساختار و ترکیبات نمونه‌ها

شکل۱، الگوی پراش اشعه X نانوسیم‌های تهیه شده در شرایط دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۱/۷ میلیمتری زیرلایه از پودر تلوریوم را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که بر اساس کارت استاندارد شماره 78-1713، نانوسیم‌های TeO_2 دارای ساختار چهار گوشی مورد نظر می‌باشند.

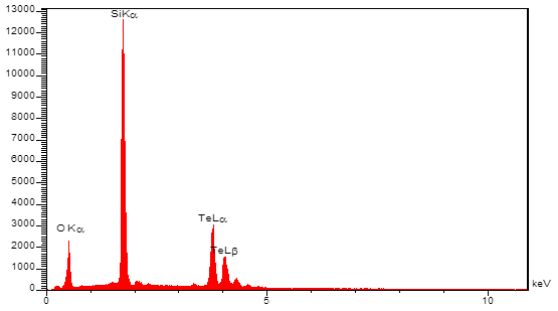


شکل۱: الگوی پراش اشعه X نانوسیم‌های تهیه شده در شرایط دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۱/۷ میلیمتری زیرلایه از پودر تلوریوم.

شکل ۲ طیف EDX را برای تعیین ترکیبات شیمیایی نانوسیم‌ها نشان می‌دهد و چنان که مشاهده می‌شود فقط عناصر اکسیژن، تلوریم و سیلیکون (زیرلایه) در آن وجود دارند و ناخالصی دیگری وجود ندارد.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]



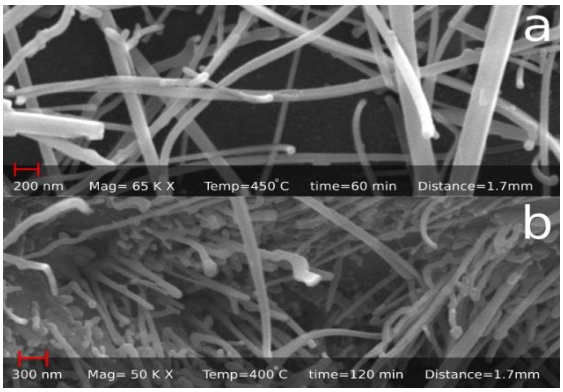
شکل۲: طیف EDX نانوسیم‌ها، جهت تعیین ترکیبات

۳-۲- بررسی ریخت‌شناسی سطح

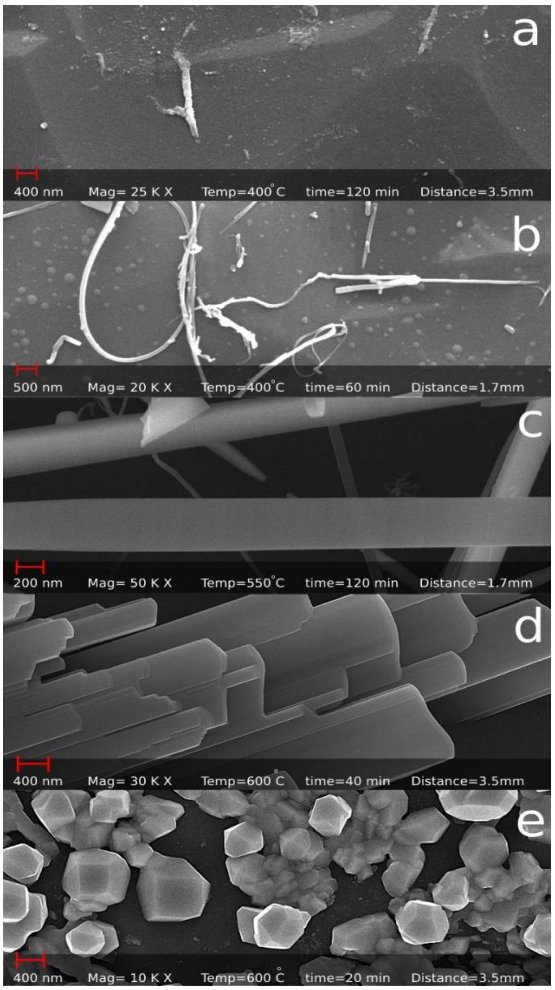
شکل۳، تصاویر SEM مربوط به نانوسیم‌های سنتز شده‌ای است که بهینه‌ترین ساختار و ضخامت را دارند. با توجه به تصاویر مشاهده می‌شود که این وضعیت نانو سیم‌ها در دمای ۴۵۰ و ۴۰۰ درجه سلسیوس با زمان‌های تبخیر به ترتیب ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه و فاصله ۱/۷ میلی‌متری پودر فلز از زیرلایه بدست آمده است. ضخامت سیم‌ها در این حالت از مرتبه ۳۰ الی ۲۰۰ نانومتر و طول آن‌ها چندین میکرومتر است. در بررسی متغیرهای فرآیند سنتز با مشاهده تصاویر شکل ۴ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با افزایش فاصله زیرلایه از پودر فلز تلوریوم از تراکم سیم‌ها کاسته می‌شود. به علاوه نحوه تاثیر گذاری زمان تبخیر پودر فلز نیز به گونه‌ای است که با افزایش آن بر تراکم سیم‌ها افزوده شده و در زمان‌های کمتر از ۴۰ دقیقه فرآیند رشد سیم‌ها تکمیل نمی‌شود. با افزایش دما ضخامت سیم‌ها افزایش یافته به نحوی که در دماهای بالاتر از ۵۵۰ درجه سلسیوس ریخت‌شناسی آن به صفحات بهم چسبیده و دانه‌های بلوری چند وجهی تغییر می‌یابد.

۳-۳- تراگسیل و جذب اپتیکی

طیف تراگسیل و جذب اپتیکی یکی از پارامترهای مهم در مطالعه خواص اپتیکی نانوساختارها است. شکل۵، طیف تراگسیل و شکل ۶، طیف جذبی نانوسیم‌های رشد داده شده در دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس در مدت زمان ۶۰ دقیقه بر روی یک زیر لایه شیشه‌ای که به فاصله ۱/۷ میلی‌متر از پودر قرار داده شده بود نشان می‌دهد. در بیشینه مقدار در طول موج ۸۰۰ نانومتر تراگسیل ۸۳



شکل ۳: تصاویر SEM مربوط به بهینه ترین نانو سیم‌های TeO_2 سنتز شده در a) دمای ۴۰۰ درجه b) دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۶۰ دقیقه aشرایط سلسیوس، زمان ۱۲۰ دقیقه و در فواصل یکسان ۱/۷ میلیمتری زیرلایه از پودر تلوریوم.



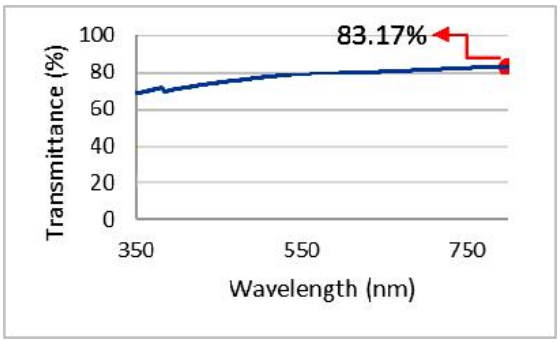
شکل ۴: تصاویر SEM مربوط به تاثیر پارامترها در سنتز نانوسیم‌ها در مقایسه a) با نمونه بهینه b) تاثیر تغییر مدت زمان تبخیر. c و d) تاثیر تغییر فاصله زیرلایه از پودر تلوریوم e و f) تاثیر تغییر دمای تبخیر

درصد مشاهده شد. مطابق شکل نانوسیم سنتز شده جذبی در طول موج ۳۵۰ nm دارد. با میزان عبور و جذبی که برای این نمونه‌ها در ناحیه طول موج نشان داده شده وجود دارد،

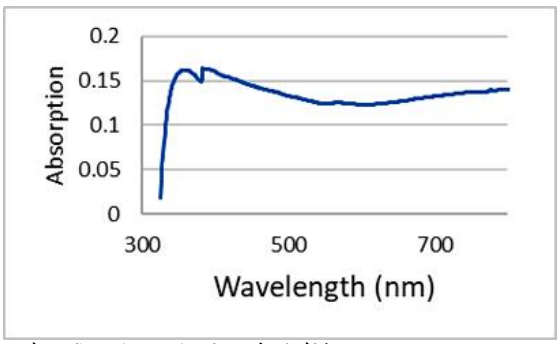
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

نشانگر پتانسیل بالای این نانوسیم‌ها برای کاربری در دستگاه‌های شفاف اپتیکی می‌باشد.



شکل ۵ : طیف تراگسیل نانوسیم های دی‌اکسید تلوریم



شکل ۶: طیف جذب نانوسیم های دی‌اکسید تلوریم

۴- نتیجه گیری

نانوسیم‌های دی‌اکسید تلوریم (TeO_2) به روش تبخیر در کوره مافل در دما، زمان و فواصل مختلف سنتز گردید و آثار هر یک از پارامترهای فرآیند سنتز در نتیجه نهایی بررسی گردید. نتایج XRD نشان داد که نانوسیم‌ها دارای ساختار چهار گوشی تک بلوری می‌باشند. نتایج EDX نشان داد که ترکیبات نانوسیم‌ها از درجه خلوص مناسبی برخوردارند. نتایج SEM نشان داد نانوسیم‌های تولید شده در حالت بهینه می‌توانند قطری از مرتبه ۳۰ الی ۲۰۰ نانومتر و طولی از مرتبه چندین میکرومتر داشته باشند. خواص اپتیکی نانوسیم‌ها نیز مورد مطالعه قرار گرفت و نشان داده شد که نانوسیم‌های تولید شده با این روش با داشتن ضریب تراگسیل بالا و ضریب جذب پایین در ناحیه مرئی پتانسیل بالایی برای بکارگیری در دستگاه‌های میکرومقیاس شفاف از جمله حس‌گرهای گازی دارند.

مراجع

[1] E. Comini, G. Faglia, G. Sberveglieri, Z. W. Pan, and Z. L. Wang, Appl. Phys. Lett. 81, 1869 2002.

[2] N. Uchida, Y. Ohmachi, J. Appl. Phys. 40 (1969) 4692–4695.

[3] Z. Liu, T. Yamazaki, Y. Shen, T. Kikuta, N. Nakatani, T. Kawabata, Appl. Phys. Lett. 90 (2007) 173119.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]