

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

محسن نبی‌زاده زاویه<sup>۱</sup>، توکل توحیدی<sup>۲</sup>، رضا عبدی قلعه<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه مهندسی اپتیک و لیزر، دانشگاه بناب، بناب، آذربایجان شرقی، ایران

<sup>۲</sup> پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، مجتمع پژوهشی شمال غرب 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 زیر لایه در تولید نانوسیم‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نانو سیم‌های 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 زیر لایه شیشه‌ای اندازه‌گیری شد.

کلید واژه: نانو سیم، دی‌اکسید تلوریم، لایه نازک نانو ساختاری، 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<sup>1</sup>, Tavakkol Tohidi<sup>2</sup>, Reza Abdi-Ghaleh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Laser and Optical Engineering, University of Bonab, Bonab, East Azarbaijan, Iran

<sup>2</sup> 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.

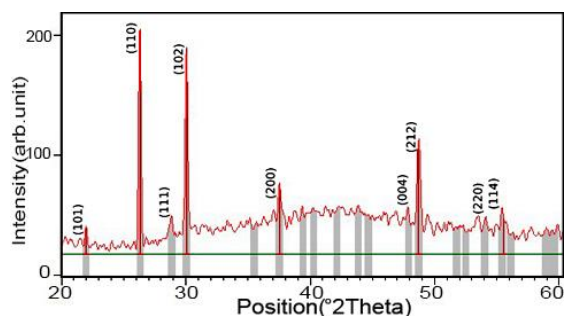
## ۱- مقدمه

داده شده و زیرلایه‌ی مورد نظر در فواصل مختلف در بالای آن قرار گرفت تا سیم‌های  $\text{TeO}_2$  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  $\text{Cu-K}\alpha$  ( $\lambda=1.5406 \text{ \AA}$ ) بررسی گردید.

## ۳- بحث و نتایج

### ۳-۱- بررسی ساختار و ترکیبات نمونه‌ها

شکل ۱، الگوی پراش اشعه X نانوسیم‌های تهیه شده در شرایط دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۱/۷ میلیمتری زیرلایه از پودر تلوریم را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که بر اساس کارت استاندارد شماره 78-1713، نانوسیم‌های  $\text{TeO}_2$  دارای ساختار چهار گوشه‌ی مورد نظر می‌باشند.



مربوط به نمونه تهیه شده در شرایط دمای ۴۵۰X شکل ۱: الگوی پراش اشعه درجه سلسیوس، زمان ۶۰ دقیقه و فاصله ۱/۷ میلیمتری زیرلایه از پودر تلوریم.

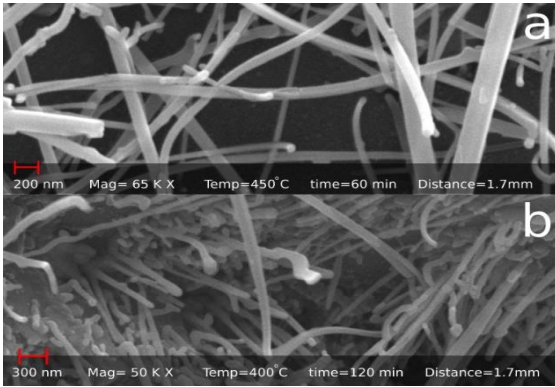
شکل ۲ طیف EDX را برای تعیین ترکیبات شیمیایی نانوسیم‌ها نشان می‌دهد و چنان که مشاهده می‌شود فقط عناصر اکسیژن، تلوریم و سیلیکون (زیرلایه) در آن وجود دارند و ناخالصی دیگری وجود ندارد.

در طی سال‌های اخیر نانومواد کم بعد با ریخت‌شناسی‌های 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 ( $\text{TeO}_2$ ) یک ماده چند منظوره نیمه‌رسانا با باند گاف عریض و یکی از مواد مهم آکوستو اپتیکی و الکترو اپتیکی با انواع ویژگی‌های مطلوب شامل رفتار کشسانی، ضریب شکست بالا و کیفیت اپتیکی خوب می‌باشد [۲]. روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی برای ساخت نانوساختارهای مواد نیمه‌رسانا 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 می‌گیرند عبارتند از: اسپری پیرولیز، لایه‌نشانی حمام شیمیایی و لایه‌نشانی الکتروشیمیایی. روشی ساده که برای تهیه نانوسیم‌های  $\text{TeO}_2$  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]. نانوسیم‌های تولید شده دی‌اکسید تلوریم با این روش خواص حسگر گازی، در غلظت‌های بسیار پایین از خود نشان داده‌اند [۳].

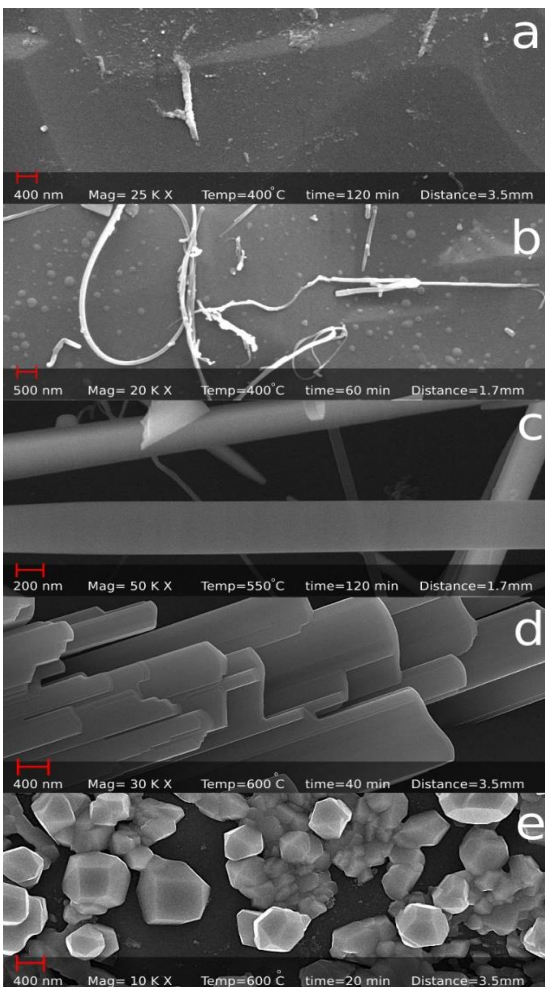
در این مقاله سنتز نانو سیم‌های دی‌اکسید تلوریم ( $\text{TeO}_2$ ) به روش تبخیر پودر فلز تلوریم بر روی زیرلایه‌های سیلیکونی و شیشه‌ای در کوره مافل و تاثیر متغیرهای تولید از جمله دما، مدت زمان تبخیر و فاصله پودر از زیرلایه، همچنین خواص اپتیکی، ساختاری و ریخت‌شناسی نانو سیم‌ها بررسی شده است.

## ۲- روش کار

نانوسیم‌های  $\text{TeO}_2$  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

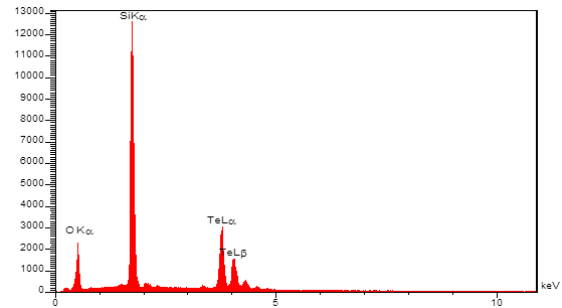


سنتز شده در  $\text{TeO}_2$  مربوط به بهینه ترین نانوسیم های SEM شکل ۳: تصاویر (نمای ۴۰۰ درجه (b) نمای ۴۵۰ درجه سلسیوس، زمان ۶۰ دقیقه شرایط سلسیوس، زمان ۱۲۰ دقیقه و در فواصل یکسان ۱/۷ میلیمتری زیر لایه از پودر تلوریوم.



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



جهت تعیین ترکیبات نانوسیمها EDX شکل ۲: طیف

### ۳-۲- بررسی ریخت شناسی سطح

شکل ۳، تصاویر SEM مربوط به نانوسیم های سنتز شده ای است که بهینه ترین ساختار و ضخامت را دارند. با توجه به تصاویر مشاهده می شود که این وضعیت نانوسیمها در دمای ۴۰۰ و ۴۵۰ درجه سلسیوس با زمان های تبخیر به ترتیب ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه و فاصله ۱/۷ میلی متری پودر فلز از زیر لایه 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 می توان چنین نتیجه گیری کرد که با افزایش فاصله زیر لایه از پودر فلز تلوریوم از تراکم سیمها کاسته می شود. به علاوه نحوه تاثیر گذاری زمان تبخیر پودر فلز نیز به گونه ای است که با افزایش آن بر تراکم سیمها افزوده شده و در زمان های کمتر از ۴۰ دقیقه فرآیند رشد سیمها تکمیل نمی شود. با افزایش دما ضخامت سیمها افزایش یافته به نحوی که در دماهای بالاتر از ۵۵۰ درجه سلسیوس ریخت شناسی آن به صفحات بهم چسبیده و دانه های بلوری چند وجهی تغییر می یابد.

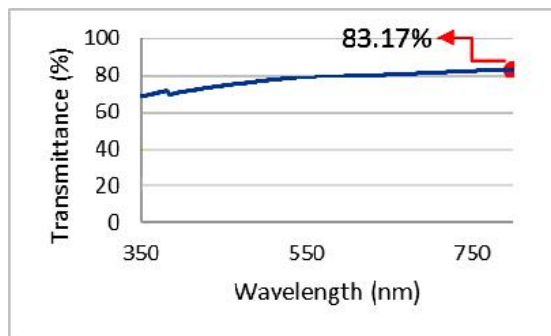
### ۳-۳- تراگیل و جذب اپتیکی

طیف تراگیل و جذب اپتیکی یکی از پارامترهای مهم در مطالعه خواص اپتیکی نانو ساختارها است. شکل ۵، طیف تراگیل و شکل ۶، طیف جذبی نانوسیم های رشد داده شده در دمای ۴۵۰ درجه سلسیوس در مدت زمان ۶۰ دقیقه بر روی یک زیر لایه شیشه ای که به فاصله ۱/۷ میلی متر از پودر قرار داده شده بود نشان می دهد. در بیشینه مقدار در طول موج ۸۰۰ نانومتر تراگیل ۸۳

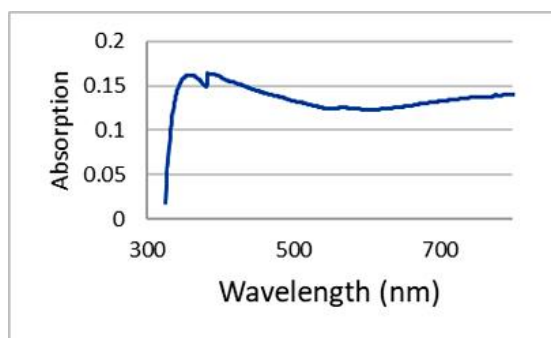
[2] N. Uchida, Y. Ohmachi, J. Appl. Phys. 40 (1969) 4692-4695.

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

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



شکل ۵: طیف تراگسیل نانوسیم های دی اکسید تلوریم



شکل ۶: طیف جذب نانوسیم های دی اکسید تلوریم

#### ۴- نتیجه گیری

نانوسیمهای دی اکسید تلوریم ( $\text{TeO}_2$ ) 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 گوشه تک بلوری می باشند. نتایج EDX نشان داد که ترکیبات نانوسیمها از درجه خلوص مناسبی برخوردارند. نتایج SEM نشان داد نانوسیمهای تولید شده در حالت بهینه می توانند 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 حس گرهای گازی دارند.

مراجع

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