پنجمین کنفرانس ملی خلأ ایران
پژوهشکده علوم و صنایع غذایی
مشهد مقدس ۱۰ و ۱۱ اسفند ۹۰
Archive of SID

ساخت نوارهای نانویی تلوریوم با روش تبخیر فیزیکی در خلأ

پارسافر، ناهید ؛ ابراهیم زاد، اکبر

گروه فیزیک پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی شهید بهشتی، اوین ، تهران

چکیده

رشد موفقیت آمیز نوارهای نانویی تلوریوم با روش تبخیر فیزیکی در خلأ، در یک کوره لوله‌ای به انجام رسید. پودر تلوریوم در فشار 10^{-2} mbar در بوته‌ای با دمای $360^{o}C$، تبخیر شد و روی زیرلایه‌هایی در دمای $212^{o}C$ تا $231^{o}C$ در جهت جریان گاز آرگون نشست نمود. سپس نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی رویشی گسیل میدانی (FESEM)، مشخصه‌یابی گردیدند. تصاویر بدست آمده نشان می‌دهد که در دماهای پایین ساختارهای به دست آمده بیشتر به شکل نانو میله و نانو سیم هایی با قطری بین ۱۰۰ nm الی ۱۵۰ nm هستند در حالی که در دمای بالاتر ساختارهای دو بعدی و نواری شکل با ضخانت بسیار کم نیز قابل مشاهده است.

Fabrication of Tellurium Nanobelts by physical vapor deposition

Parsafar, Nahid; Ebrahimzad, Akbar

Research Institute of Applied Sciences, Academic Center of Education, Culture and Research (ACECR),Shahid Beheshti University, Tehran.

Abstract

Nanobelts have been successfully grown by physical vapor deposition method in a tube furnace. Tellurium powder was evaporated at a temperature of 360 ^{o}C and a pressure of 10^{-2} mbar, and was condensed on substrates at 212–231°C, in the downstream of argon gas flow. The products were characterized by field emission scanning electron microscopy (FESEM). The FESEM images revealed that in lower temperatures the surface is mostly covered with nanorods and nanowires with diameters ranging from 100 to 150 nm, while in higher temperatures some 2D structures and nanobelts have grown on the surface as well.

PACS No. 81.15.Ef Vacuum deposition

مقدمه

در سال‌های اخیر رشد مواد نانوساختار با خواص شیمیایی، الکتریکی، مغناطیسی و اپتیکی تغییریافته، موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است. نانوساختارهای یک‌بعدی به دلیل اهمیت آنها در فهم آثار کوانتومی و همچنین پتانسیل کاربردی آنها به عنوان اجزای نانویی ادوات اپتیکی، الکترونیکی، اپتوالکترونیکی، الکتروشیمیایی و الکترومکانیکی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. نانولوله‌ها، نانومیله‌ها، نانوسیم‌ها و نوارها یا روبان‌های نانویی از جمله نانوساختارهای یک‌بعدی هستند که تاکنون با استفاده از روش های گوناگون فیزیکی و شیمیایی رشد داده شده اند [۱و۲].

تلوریوم، عنصری نیمه‌هادی با گاف انرژی ۰/۳٤eV است. تلوریوم و آلیاژهای این عنصر، نیمه‌هادی‌های نوع p هستند. هدایت تلوریوم مربوط به نقص‌های شبکه‌ای است که به عنوان پذیرنده عمل می‌کنند[۳]. این ماده خواص جالبی مانند نوررسانایی، اثر ترموالکتریک، فعالیت کاتالیتیک و اثر قوی پیزوالکتریک از خود

www.SID.ir

Archive of SID

نشان می‌دهد و در دستگاه‌های مختلفی مانند محیط‌های ضبط اپتیکی، ترانزیستورهای لایه نازک، گیج‌های کششی، آشکارسازهای مادون‌قرمز، بیوسنسورها و حسگرهای گاز کاربرد دارد[٤].

خاصیت پیزوالکتریسیته عنصر تلوریوم قابل توجه است و خواص الکتریکی آن، وابستگی‌های دمایی غیر معمول از خود نشان می‌دهد. خواص الکتریکی جالب تلوریوم و ترکیبات آن، که مورفولوژی‌های متنوعی از آنها مشاهده شده است، نویدبخش ساخت ادوات کاربردی بسیاری، به ویژه در مقیاس نانو، می باشد. تلوریوم دارای ساختار بلوری شش گوشی است. در این ساختار اتم‌های تلوریوم در زنجیره‌هایی مارپیچی مرتب می‌شوند که اتم‌های همسایه در آن نسبت به هم به اندازه زاویه ۱۲۰ درجه چرخیده‌اند، به گونه ای که هر اتم با دو همسایه نزدیکش در پیوندهای کووالانسی شرکت دارد. زنجیره‌ها در طول محور c شکل می گیرند و شبکه شش‌گوشی با قرار گرفتن یک زنجیره در مرکز و یک زنجیره در هر شش گوشه شش ضلعی حاصل می‌شود. این زنجیره‌ها به‌وسیله نیروهای ضعیف واندروالس کنار یکدیگر نگه‌داشته می‌شوند[٥].

یکی از روش‌هایی که برای سنتز نانوساختارهای تلوریومی مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آن به هیچ نوع قالب یا کاتالیستی نیاز نیست، روش تبخیر فیزیکی می‌باشد[٦و٧]. به علاوه، این روش به فرآیندهای خالص‌سازی بعدی که در سنتزهای شیمیایی مرطوب لازم است نیازی ندارد. همچنین در سنتزهای شیمیایی مرطوب زمان واکنشی نسبتاً طولانی لازم می‌باشد که در روش تبخیر حرارتی نیاز نیست[٨و٩و١٠].

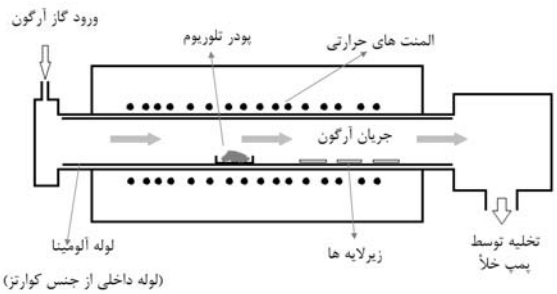
روش آزمایش

به منظور سنتز ساختارهای نانویی تلوریوم، از یک کوره لوله‌ای تحت خلأ استفاده شد. این کوره دارای یک لوله آلومینای افقی با طول ٧٥ cm و قطر ٧/٢ cm می‌باشد که به منظور جلوگیری از آلودگی لوله آلومینا در حین آزمایش‌ها یک لوله کوارتز با طول ٧٥ cm و قطر ٧cm داخل لوله آلومینا قرار داده می‌شود.

در این آزمایش برای رشد ساختارها از زیرلایه های شیشه ای استفاده شد. زیرلایه‌ها به مدت ٥ دقیقه در اسید کلریدریک ٠/١ مولار قرار داده شدند و سپس به مدت ١٠ دقیقه در آب مقطر با سیستم اولتراسونیک تمیز و نهایتاً با جریان هوای گرم خشک شدند.

بوته حاوی ٠/٠٦٥ گرم پودر تلوریوم مرک با خلوص ٩٩/٩٩ درصد در منطقه گرم کوره و زیرلایه‌های تمیز شده در فواصل مختلف نسبت به بوته قرار داده شد. سپس محفظه تا فشار 10^{-3} mbar تخلیه گردید. در این آزمایش برای تزریق گاز آرگون به درون محفظه از mass flow controller استفاده شد. با تزریق ٧ sccm گاز آرگون، فشار به 10^{-2} mbar رسید. با افزایش دمای کوره، دمای بوته که در گرمترین جای کوره قرار داشت به مقدار ٣٦٠°C رسید. مدت زمان ٨٠ دقیقه نیز برای رشد ساختارها در نظر گرفته شد.

شکل١ تصویر طرح‌واری از فرآیند تبخیر حرارتی در کوره را نشان می‌دهد.



شکل ١- تصویر طرح‌واری از فرآیند تبخیر حرارتی در کوره لوله‌ای

بحث و نتایج

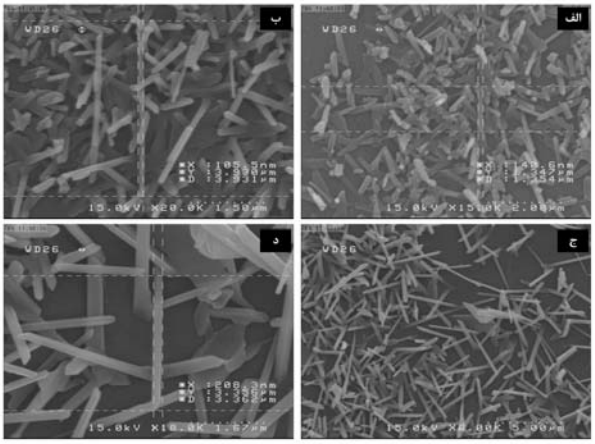
ساختارهای متفاوتی روی زیرلایه‌های قرار گرفته در نواحی دمایی مختلف کوره شکل گرفتند. شکل ٢(الف و ب) تصاویر FESEM ساختارهای رشد یافته روی زیرلایه در فاصله٢٥/٥cm از مرکز بوته در جهت جریان گاز را نشان می‌دهد که در دمای ٢١٢°C قرار داشتند. در این تصاویر مشاهده می‌شود که اکثر ساختارها نانومیله و نانوسیم هستند. قطر یک میله در شکل ٢(الف)

www.SID.ir

Archive of SID

تقریباً ۱٤۱ nm و قطر یک سیم در شکل ۲(ب) تقریباً ۱۰۵nm نشان داده شده است.

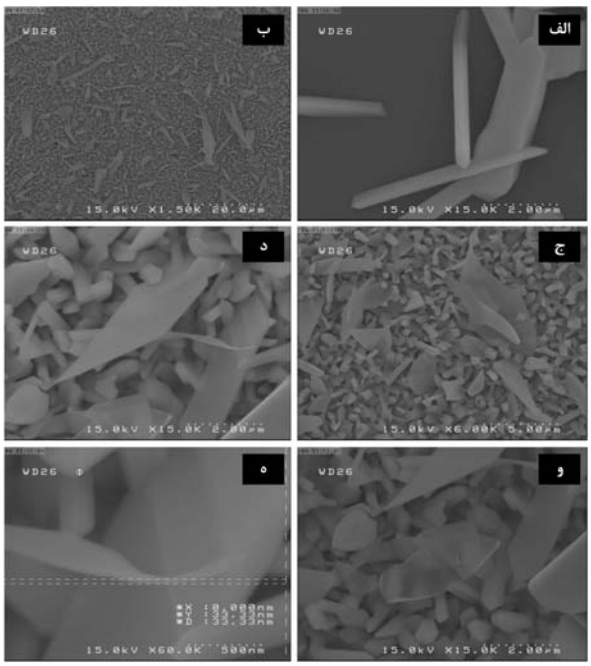
شکل ۲(ج و د) تصاویر FESEM ساختارهای رشد یافته در فاصله ۲٤/۵ cm از مرکز بوته در جهت جریان گاز که به دمای ۲۲۲°C رسیده را نشان می‌دهد. همانگونه که در این دوتصویر مشاهده می شود، قطر ساختارها با افزایش دما افزایش یافته است. شکل ۳(د) قطر یک سیم را روی زیرلایه‌ای که به دمای بیشینه ۲۲۲°C رسیده است، تقریباً ۲۰۸ nm نشان می‌دهد.



شکل ۲- تصاویر FESEM ساختارهای رشد یافته روی زیرلایه هایی با دمای ۲۱۲°C (الف و ب) و ۲۲۲°C (ج و د).

در شکل ۳ تصاویر مربوط به ساختارهای رشد یافته روی زیرلایه در فاصله ۲۳/۵ cm از مرکز بوته در جهت جریان گاز که به دمای ۲۳۱°C رسیده ارائه شده است.

در این شرایط اولاً مشاهده می‌شود که با افزایش دما قطر ساختارهای یک بعدی افزایش یافته است به گونه‌ای که شکل ۳(الف) قطر یکی از این ساختارها را حدوداً ٤۳۷ nm نشان می‌دهد. ثانیاً تراکم بسیار زیاد ساختارهای ایجاد شده در این نمونه که در شکل ۳(ب) آمده قابل توجه است. ثالثاً شکل‌گیری ساختارهای نواری و نانوساختارهای دوبعدی در این شرایط به وضوح قابل مشاهده است. نمونه ای از این ساختارهای دو بعدی در تصاویر ۳(ج و د) نشان داده شده اند. از شکل ۳(و) به وضوح دیده می شود ضخامت برخی از این ساختارها به اندازه‌ای کم است که ساختارهای زیرین آنها کاملاً دیده می‌شود. شکل ۳(ه) ضخامت یکی از این ساختارها را حدود ۳۳ nm نشان می‌دهد.



شکل ۳ تصاویر FESEM ساختارهای رشد یافته روی زیرلایه با دمای ۲۳۱°C

نتیجه‌گیری

در این آزمایش نوارهای نانویی تلوریوم با روش تبخیر فیزیکی در یک کوره لوله‌ای در فشار 10^{-2} mbar، تحت جریان گاز آرگون، شکل گرفتند. این نوارها روی زیرلایه شیشه‌ای با دمای ۲۳۱°C در فاصله ۲۳/۵ cm از مرکز بوته در جهت جریان گاز آرگون، ایجاد شدند. برخی از این نوارها تا حدی نازک هستند که تصاویر ساختارهای ایجاد شده در زیر آنها به‌خوبی دیده می‌شود.

مرجع ها

[۱] Shashwati Sen, Umananda M. Bhatta, Vivek Kumar, K. P. Muthe" Synthesis of Tellurium Nanostructures by Physical Vapor Deposition and Their Growth Mechanism"J, *Crystal Growth and Design*, **8**,(2008) 238-242

[۲] Qun Wang, Guo-Dong Li, Yun-Ling Liu, Shuang Xu, Ke-Ji Wang, and Jie-Sheng Chen, "Fabrication and Growth Mechanism of Selenium and Tellurium Nanobelts through a

www.SID.ir

Archive of SID

[۷] Zhu Y-J, Wang W-W, et al "Microwawe-assisted synthesis of single-crystalline tellurium nanorode and nanowires in ionic liquids" *Angew. Chem. Int.Ed*., **43** (2004) 1410-1414.

[۸] Mayer B, Xia B, "One-dimensional nanostructures of trigonal tellurium with various morphologies can be synthesized using a solution-phase approach" *J. Mater. Chem*., **12** (2002) 1875-1881.

[۹] Xin-yuan L and Mao-Song M, et al "A rational redox rout for the synthesis of tellurium nanotubes" *Inorganic chemistry Communication*, **7** (2004) 257-259.

[۱۰] Wei G, Deng Y, et al "Solvothermal synthesis of porous tellurium nanotubes" *Chem. Phys. Lett*., **372** (2003) 590-594.

Vacuum Vapor Deposition Route" *J. Phys. Chem. C*, **111** (2007) 12926-12932.

[۳] K. F. Cai, Q. Lei, C. Yan, L. C. Zhang" Self-assembly of Te Nanomaterials" *Solid State Phenomena* Vols. **121-123** (2007) 287-290.

[٤] Paritosh Mohanty, Jeunghee Park, and Bongsoo Kim" Large Scale Synthesis of Highly Pure Single Crystalline Tellurium Nanowires by Thermal Evaporation Method" *J, Nanoscience and Nanotechnology* , **6** (2006) 1–4,

[٥] Xiao-Lin Li,a Guang-Han Cao, Chun-Mu Fengb and Ya-Dong Li" Synthesis and magnetoresistance measurement of tellurium microtubes" *J. Mater. Chem*, **14 (**2004) 244 – 247.

[٦] Liu Z, Hu Z, et al "Size-controlled synthesis and growth mechanism of monodisperse tellurium nanorods by a surfactant-assisted method " *J. Langmuir*, **20** (2004), 214-218.

www.SID.ir