Archive of SID

مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه مازندران
۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴

ساخت و مشخصه یابی نانو سیمهای سیلیکونی به روش رسوب بخار شیمیایی در محیط پلاسمایی

حمیدی نژاد، حبیب

گروه پژوهشی نانو و بیوتکنولوژی، دانشگاه مازندران، بابلسر،ایران

چکیده

نانوسیمهای سیلیکونی با استفاده از نانو کاتالیست طلا به روش رسوب بخار شیمیایی در محیط پلاسمایی در فرکانس خیلی بالا (VHF-PECVD) در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد در زمانهای متفاوت جهت بررسی ساختار آنها سنتز شد. از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (SEM)، میکروسکوپ های الکترونی عبوری (TEM)، پراش انرژی پرتو ایکس (EDX)، پراش اشعه ایکس (X-Ray Diffraction) و طیف سنجی رامان (Raman spectroscopy) برای بررسی خواص نانوسیمها استفاده شد. آنالیز تصاویر SEM نشان می دهد که با افزایش زمان رشد قطر، طول و چگالی سطحی آنها تغییر می کند.

Synthesis and investigation of structural properties of SiNWs grown by plasma enhanced chemical vapor deposition

Hamidinezhad, Habib[1]

[1]Nano & Biotechnology Research Group, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Abstract

Silicon nanowires (SiNWs) were synthesized with gold catalyst at temperature of 400 °C and various times by a very high frequency plasma enhanced chemical vapor deposition technique (VHF-PECVD) for investigation of structural properties. The properties of the synthesized SiNWs was investigated by field emission scanning electron microscope (FESEM), transmission electron microscopy (TEM), energy dispersive X-ray (EDX), X-ray Diffraction technique and Raman spectroscopy. Analyses of SEM images show that diameter, length, and areal density of nanowires increases with increase of growth time.

مقدمه

عموماً سیم به ساختاری گفته می شود که در جهت طولی گسترش داده شده باشد و در دو جهت دیگر بسیار محدود شده باشد. نانوسیم نیز دارای ساختار تک بعدی می‌باشد. از ویژگی‌های مهم نانوسیم‌ها می‌توان به نسبت بالای طول به قطر آن‌ها اشاره کرد. نانوسیمهای سیلیکونی نانوساختارهایی هستند که سمی نبوده و به سلول‌ها زنده آسیبی نمی‌رسانند. بنابراین، بیشترین کاربرد خود را در عرصه پزشکی مانند تشخیص نشانه های سرطان، رشد سلول های بنیادی نشان داده است [۱]. نانوسیمهای سیلیکونی به روشهای مختلفی از قبیل بخار حرارتی، فرسایش لیزری، لیتوگرافی و رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما تولید می شوند[۵ــ۲] . در بین این روشها، رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما به دلیل کار کردن در دمای پایین مزیت بهتری دارد. در این روش از انرژی الکترون (پلاسما) برای فعال سازی و دستیابی بر قابلیت لایه نشانی در دمای پایین و با نرخ مناسب استفاده می شود. بخار پلاسمایی در اثر برخورد با الکترونها با الکترونها تجزیه شده و در نتیجه رادیکالها و یونهای شیمیایی فعال، در نزدیکی سطح زیر لایه داغ یا روی آن دستخوش واکنش شیمیایی شده و شروع به لایه نشانی می کند. در روش رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما معمولا از

www.SID.ir

Archive of SID

ماده ای مانند طلا به عنوان کاتالیست استفاده می شود. استفاده از کاتالیست موجب می شود که نانو سیمها با استفاده از مکانیزم بخار-مایع-گاز (VLS) رشد کنند [۶].

در این پژوهش، نانو سیمهای سیلیکونی به روش رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما و با استفاده از نانوکاتیست طلا رشد داده شد و نتایج آنالیزهای انجام شده برای برسی خواص ساختاری و مورفولوژی ارائه می شود.

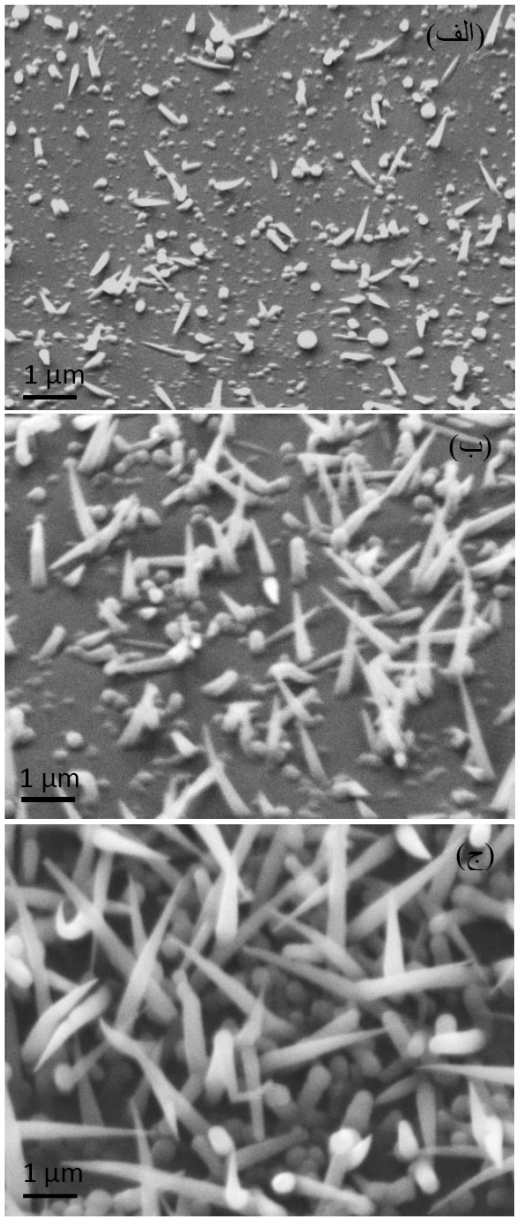
جزئیات تجربی

نانو سیمهای سیلیکونی با استفاده از نانوذرات کاتیست طلا بر روی سطح سیلیکون به روش رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما سنتز شدند. برای رشد نانو سیمها، ابتدا قطعه سیلیکون را به چند تکه کوچک تقسیم می کنیم و آنها را در حمام مافوق صوت شستشو می دهیم. سپس به منظور نشاندن نانو ذرات طلا روی سطح سیلیکون، محلول حاوی نانوذرات طلا را بر سطح تمیز شده سیلیکون می ریزیم. صفحه سیلیکون را در داخل محفظه سیستم رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما قرار می دهیم و پارامترهای رشد را برای سیستم تنظیم می کنیم. چنبره سیستم را از هوا تخلیه کرده و سیستم را برای سنتز نانوسیمها روشن می کنیم. بعد از رشد نانوسیمها، آنالیزهای ساختاری و شیمیایی آنها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM)، پراش انرژی پرتو ایکس (EDX)، پراش اشعه ایکس (X-Ray Diffraction) و طیف سنجی رامان (Raman spectroscopy) انجام داده شد.

نتایج و بحث

شکل ۱ تصاویر SEM نانوسیمهای تولید شده در زمانهای ۵، ۷ و ۹ دقیقه در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد را نشان میدهد.

همانطوریکه از شکل نمایان است نانو سیمها نوک تیز هستند و قطر، طول و چگالی سطحی آنها با افزایش زمان بصورت افزایشی تغییر می کند.



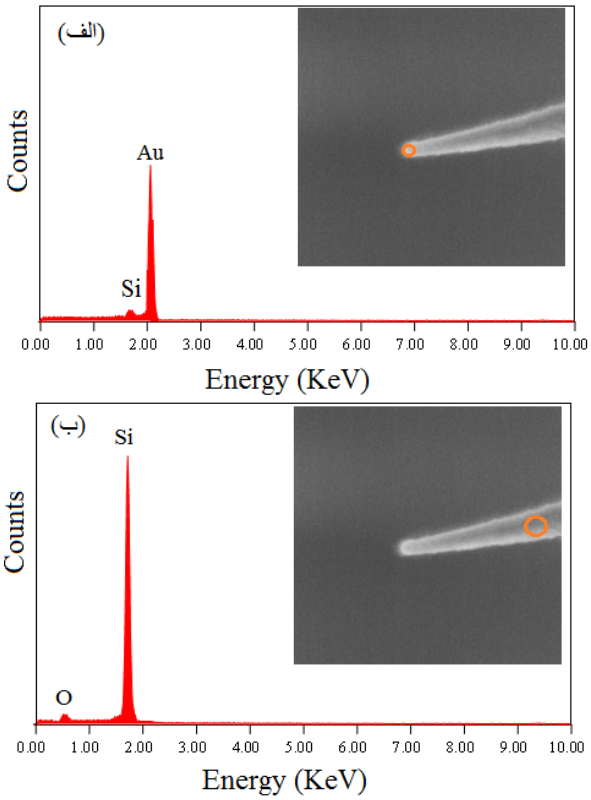
شکل ۱: تصاویر SEM نانوسیمهای که در زمانهای (الف) ۵ (ب) ۷ و (ج) ۹ دقیقه تولید شده اند.

متوسط قطر نانو سیمها ۴۰، ۶۵ و ۹۰ نانومتر و متوسط طول آنها ۰/۶، ۱/۵ و ۲/۱ میکرومتر برای زمانهای به ترتیب ۵، ۷ و ۹ دقیقه است. این نشان می دهد که با گذشت زمان اتمهای بیشتری از گازسیلان یونیده می شود و اتمهای سیلیکون بیشتری جذب نانو

www.SID.ir

Archive of SID

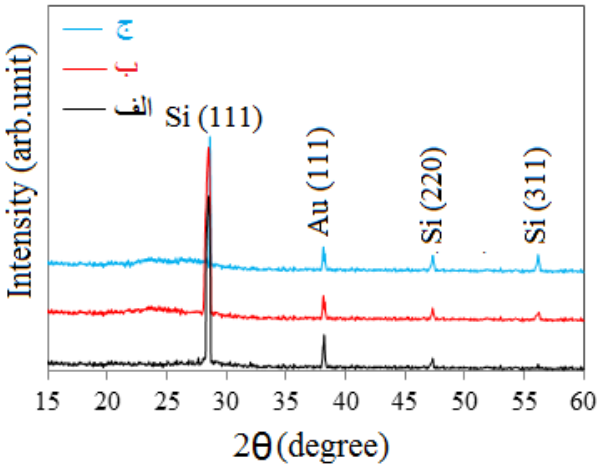
کاتالیستهای طلا ،که به صورت مایع است، می شوند. شکل ۲ نتیجه آنالیز EDX گرفته شده از نوک و بدنه نانو سیم را نشان می دهد. این شکل نشان میدهد که در نوک نانو سیم نانو ذره طلا وجود دارد در صورتی که در بدنه این نانو سیم اثری از طلا یافت نمی شود. این موضوع تایید می کند که نانو سیمها با مکانیزم VLS سنتز شده اند.



شکل ۲: طیف EDX گرفته شده از (الف) نوک و (ب) بدنه نانو سیم سیلیکونی.

در مکانیزم VLS ابتدا گاز تزریق شده به داخل سیستم PECVD بوسیله سیستم RF تجزیه می شود. سپس رادیکالهای بر پایه سیلیکون توسط آلیاژهای مایع طلا-سیلیکون موجود بر روی سطح سیلیکون جذب می شوند. بعد از آن اتمهای سیلیکون داخل قطره آلیاژ مایع طلا-سیلیکون تا حالت فوق اشباع حل می شوند و به منظور تشکیل بدنه نانو سیم سیلیکونی به سمت پایین قطره مایع حرکت می کنند. این عمل منجر به رشد نانو سیم سیلیکون می شود. در این مکانیزم قطره آلیاژی طلا-سیلیکون در نهایت بر روی نوک نانو سیم باقی می ماند. وجود عنصر اکسیژن در طیف EDX به دلیل واکنش سیلیکون با اکسیژن است.

برای بررسی خواص کریستالی نانو سیمها از پراش اشعه ایکس استفاده شد. شکل ۳ نمودار XRD را برای سه نمونه ساخته شده نشان می دهد. در این نمودار قله هایی در زاویه های 2θ برابر با ۲۸/۵، ۴۷/۴ و ۵۶/۲ درجه دیده می شود که به ترتیب مربوط به صفحات کریستالی سیکون (۱۱۱)، (۲۲۰) و (۳۱۱) است.



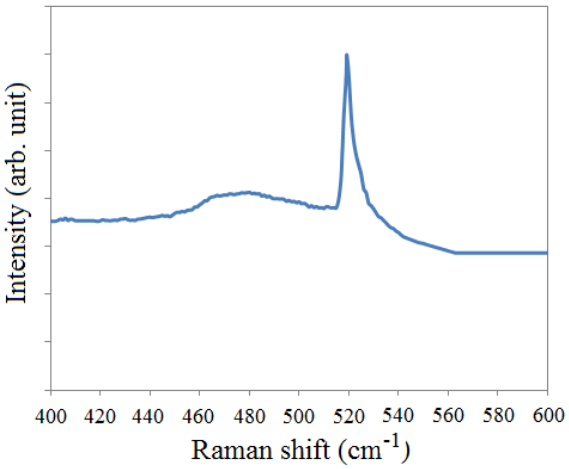
شکل ۳: پراش اشعه ایکس برای نمونه های سنتز شده در زمانهای (الف) ۵ (ب) ۷و(ج) ۹ دقیقه.

این قله ها نشان می دهند که نانو سیمهای تولید شده دارای ساختار کریستالی خوب است. علاوه بر این عنصر طلا با صفحه کریستالی (۱۱۱) در در زاویه ۳۸/۲ دیده می شود.

برای بررسی بیشتر خصوصیات ساختاری نانوسیمها از طیف سنج رامان استفاده کردیم. شکل ۴ نتیجه آنالیز طیف رامان نانو سیمهای سنتز شده در زمان ۷ دقیقه را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴: طیف رامان نمونه ای که در مدت زمان ۷ دقیقه سنتز شده است.

در این شکل دو نوع قله دیده می شود که یکی از قله ها پهن و قله دیگر تیز است. قله پهن و قله تیز به ترتیب در ناحیه $۴۸۰\ cm^{-1}$ در ناحیه $۵۲۰\ cm^{-1}$ واقع شده اند. این دو قله نشان می دهند که نانو سیمها دارای دو ساختار متفاوت کریستالی و آمورف هستند.

نتیجه گیری

نانو سیمهای سیلیکونی به روش رسوب بخار شیمیایی بـه کمـک پلاسما و با استفاده از نانو کاتالیست طلا بر روی سـطح سـیلیکون در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد سنتز شد. عمل سنتز در زمانهـای متفاوت با مکانیزم VLS انجام شد. نـانو سـیمهای سـنتز شـده بـه صـورت نـوک تیـز و متشـکل از عناصـر سـیلیکون و طـلا بودنـد بطوریکه اکسیژن نیز در طیف EDX انهـا یافـت شـد. بـا افـزایش زمان سنتز قطر، طول و چگالی سطحی آنها افزایش می یابند. نتایج آنالیز XRD نشان دهنده تشکیل کریستالهای سیلیکون با صـفحات (۱۱۱)، (۲۲۰) و (۳۱۱) در نانوسـیمها اسـت. طیـف رامـان وجـود ساختار کریستالی را در نانو سیمها تایید می کند. این نوع نانوسیمها کاربردهای زیادی در دستگاههای نانو الکترونیک و اپتو الکترونیک دارند.

مرجع ها

[1] G. J. Zhang, J. H. Chua, R. E. Chee, A. Agarwal, S. M. Wong, *Biosensors and Bioelectronics* **24**, (2009) 2504–2508.
[2] D. P. Yu, Z. G. Bai, Y. Ding, Q. L. Hang, H. Z. Zhang, J.J. Wang,Y. H. Zou, W. Qian, G. C. Xiong, H. T. Zhou, S. Q. Feng, *Appl. Phys. Lett.* **72**(26) (1998) 3458-3460.
[3] A. M. Morales, C. M. Lieber, Science **279**, (1998) 208-211.
[4] X. B. Zeng, Y. Y. Xu, S.B. Zhang, Z. H. Hu, H. W. Diao, Y. Q. Wang, G. L. Kong, X. B. Liao, *J. Cryst. Growth* **247**, (2003) 13-16.
[5] J. C ervenka, M. Ledinský, J. Stuchlík, H. Stuchlíková, S. Bakardjieva, K. Hruska, A. Fejfar, J. Kocka, *Nanotechnology* **21**, 1 (2010) 415604.
[6] R. S. Wagner, & W.C. Ellis, Vapor-Liquid-Solid Mechanism of single crystal growth. *Applied Physics Letters* **4**(5), (1964) 89-90.

www.SID.ir