

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

چکیدہ

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<sup>1</sup>

<sup>1</sup>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.

روشهای مختلفی از قبیل بخار حرارتی، فرسایش لیزری، لیتوگرافی و رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما تولید می شوند[۵–۲] . 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

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



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

> 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 [۴]. 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.

### جزئيات تجربى

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 نانوسیمها، آنالیزهای ساختاری و شیمیایی آنها با استفاده از میکروس کوپ الکترونی (SEM)، پراش انرژی پرتو ایکس میکروس کوپ الکترونی (Raman spectroscopy) و طیف

# نتايج 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 ۲/۰، 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



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

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 <sup>θ</sup>7 برابر با 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 کریسـتالی (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. 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 مكانيزم VLS ابتدا گاز تزريق شده به داخل سيستم PECVD بوسيله سيستم RF تجزيه مي شود. سپس راديكالهاي بر پايه سيليكون توسط آلياژهاي مايع طلا-سيليكون موجود بر روى سطح سيليكون جذب مي شوند. بعد از آن اتمهاي سيليكون داخل قطره آلياژ مايع طلا-سيليكون تا حالت فوق اشباع حل مي شوند و به منظور تشكيل بدنه نانو سيم سيليكوني به سمت پايين قطره مايع حركت مي كنند. اين عمل منجر به رشد نانو سيم سيليكون مي



مقاله نامه هفتمين كنفرانس ملّى خلأ ايران

دانشگاه مازندران ۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴



مرجعها

[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.



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 <sup>1- ۲</sup> ۴۸۰ cm در ناحیه <sup>1- ۲۰</sup> ۵۲۰ واقع شده اند. این دو قله نشان می دهند که نانو سیمها دارای دو ساختار متفاوت کریستالی و آمورف هستند.

## نتيجه گيرى

نانو سیمهای سیلیکونی به روش رسوب بخار شیمیایی به کمک پلاسما و با استفاده از نانو کاتالیست طلا بر روی سطح سیلیکون در دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد سنتز شد. عمل سنتز در زمانهای متفاوت با مکانیزم VLS انجام شد. نانو سیمهای سنتز شده به صورت نوک تیز و متشکل از عناصر سیلیکون و طلا بودند بطوریکه اکسیژن نیز در طیف EDX انها یافت شد. با افزایش زمان سنتز قطر، طول و چگالی سطحی آنها افزایش می یابند. نتایج آنالیز XRD نشان دهنده تشکیل کریستالهای سیلیکون با صفحات آنالیز (۲۲۰) و (۳۱۱) در نانوسیمها است. طیف رامان وجود ساختار کریستالی را در نانو سیمها تایید می کند. این نوع نانوسیمها کاربردهای زیادی در دستگاههای نانو الکترونیک و اپتو الکترونیک دارند.