

بررسی اثر دما بر روی اندازه نانولوله‌های کربنی

مهدی جانبازی رودبالی*^۱، امیرمحمد بیگزاده^۱

^۱پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران

چکیده

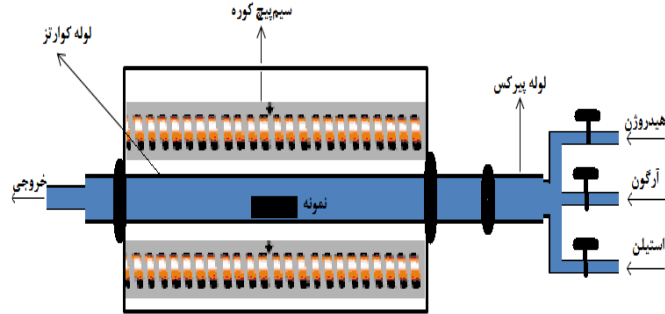
در این کار، نانولوله‌های کربنی به روش لایه‌نشانی با بخار شیمیایی (CVD) به وسیله‌ی گازهای استیلن، آرگون و هیدروژن تولید شد. سپس تاثیر دما بر روی اندازه آنها (قطر) بررسی شد.

مقدمه

نانولوله‌ها با خصوصیات منحصر به فرد خود پتانسیل بالقوه‌ای برای کاربردهای مختلفی از جمله ابزارهای الکترونیکی، پیل‌های سوختی و ... دارند. خواص الکترونیکی نانولوله‌های بسیار جالب است اندازه‌ی بسیار کوچک و ساختار فوق متقارن باعث ایجاد اثرات کوانتومی و ایجاد خواص جالب الکترونیکی، مغناطیسی و ... می شود. محاسبات نظری و آزمایشات تجربی نشان داده شده است که یک نانولوله‌ی منفرد، یک نانولوله‌ی چندجداره و رشته از نانولوله‌های تک‌دیواره همانند یک سیم کوانتومی عمل می کند [۱]. اگرچه روشهای متعددی برای تولید نانولوله‌ها وجود دارد اما در سالهای گذشته رشد کاتالیزوری به روش لایه‌نشانی با بخار شیمیایی برای تولید نانولوله‌ها مورد توجه قرار گرفته است [۲]. روش بخار شیمیایی شامل نشانیدن مواد نانو ذره‌ای از فاز گازی می‌باشد ماده مورد نظر گرم می شود تا تبدیل به گاز شود. سپس به صورت جامد روی یک سطح می‌نشیند. با استفاده از این روش نانولوله‌های با کیفیت و نظم مطلوب با بازده بالا تولید می شوند. هدف اصلی در این کار بررسی اثر دما بر روی قطر نانولوله‌های کربنی تولید شده به روش، لایه‌نشانی با بخار شیمیایی (CVD) است.

مواد و روش‌ها

ابتدا برای تولید نانولوله کربنی، بر روی نمونه‌های سیلیکونی، آلومینا پوشش داده شد و سپس روی آن طلا با ضخامت یک نانومتر لایه‌نشانی شد [۳]، در ادامه برای تولید نانولوله کربنی از روش CVD استفاده شد. طریقه تولید نانولوله‌ها به این صورت بود که ابتدا لایه نازک طلا با گرمای تولید شده توسط کوره به صورت نانوذرات کروی و بیضوی در می‌آیند. سپس کربن‌های تولید شده از تجزیه‌ی استیلن در مجاورت این نانوذرات قرار گرفته و نانولوله‌ها را به دو روش رشد از نوک و رشد از ریشه شکل می‌دهند. کوره‌ی مورد استفاده در آزمایش به منظور ایجاد گرمای لازم برای تجزیه گاز استیلن و تشکیل نانولوله‌ها بکار می‌رود. نمای ساده از کوره‌ی طراحی شده برای تولید نانولوله‌های کربنی در شکل ۱ نشان داده شده است.

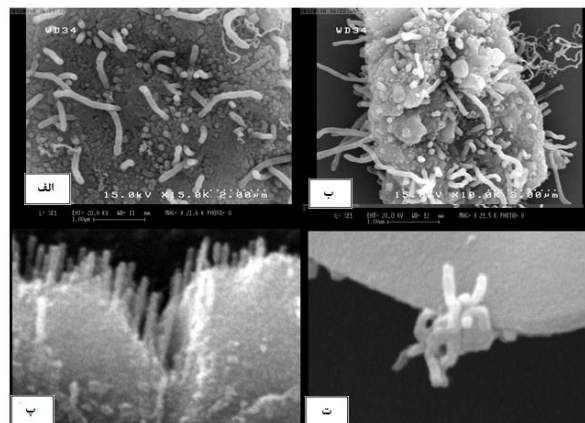


شکل ۱: نمای ساده از کوره ی طراحی شده برای تولید نانولوله های کربنی

برای بررسی اثر دما بر روی قطر نانولوله های تولیدی در چند آزمایش جداگانه دمای کوره را روی ۶۰۰، ۶۵۰، ۷۰۰، ۸۰۰ و ۹۰۰ درجه ی سلسیوس تنظیم کرده و گاز آرگون را با فلوی بالا وارد سیستم می کنیم تا اکسیژن موجود در سیستم را پاکسازی کند. پس از اینکه دمای کوره به دمای مطلوب رسید گاز هیدروژن را با فلوی 200 Sccm به مدت ۲ دقیقه وارد سیستم کرده و بعد از آن گاز استیلن را با فلوی ۴۰ تا 60 Sccm به مدت ۱۵ دقیقه وارد کوره می کنیم. در این زمان کوره را خاموش کرده و جریان گازهای هیدروژن و استیلن را قطع می کنیم. جریان گاز آرگون نیز بعد از اینکه دمای کوره به ۲۵۰ درجه سلسیوس برسد قطع می شود. در نهایت با استفاده از تصاویر بدست آمده از میکروسکوپیهای الکترونی و نرم افزارهای ImageJ و MATLAB نمودار توزیع قطر نانوذرات و نانولوله ها را رسم کرده و به تحلیل پرداخته شد.

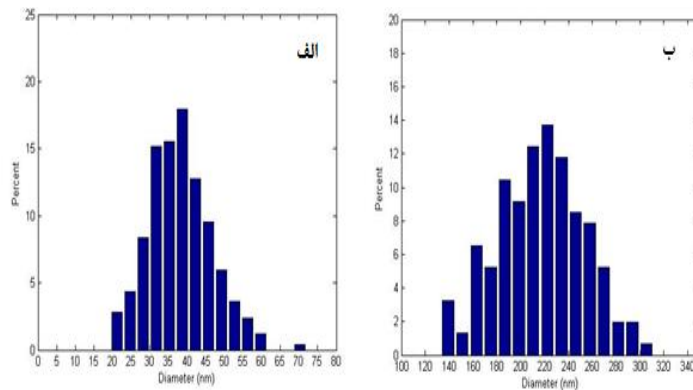
نتایج و بحث

نتایج بدست آمده نشان داد که در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس هیچ نانولوله ای شکل نمی گیرد. اما با افزایش دما به تدریج شکل می گیرند و هرچه دما بیشتر افزایش یابد میزان تولید افزایش یافته و همچنین طیف قطر نانولوله ها گسترده تر می شود. نتایج حاصل



شکل ۲: نانولوله های تولید شده در دماهای متفاوت، (الف) دمای ۸۰۰ درجه سلسیوس، (ب) دمای ۹۰۰ درجه سلسیوس، (پ) دمای ۷۰۰ درجه سلسیوس و (ت) دمای ۶۵۰ درجه سلسیوس.

در شکل ۲ آورده شده است. علت اینکه در دمای ۶۰۰ درجه سلسیوس هیچ نانولوله‌ای شکل نمی‌گیرد این است که گرمای کوره در دمای ۶۰۰ درجه برای تجزیه گاز استیلن کافی نیست. نمودار توزیع قطر نانولوله‌ها در چند دمای متفاوت در شکل ۳ آورده شده است. اطلاعات نمودار نشان می‌دهد که طبق معمول توزیع قطر به صورت گوسی است و با افزایش دما قطر نانولوله‌ها به شدت افزایش می‌یابد به طوری که در دمای ۸۰۰ درجه سلسیوس گستره‌ی قطر نانولوله‌ها بین ۲۰ تا ۶۰ نانومتر بوده و بیشترین فراوانی در نزدیکی قطر ۴۰ نانومتر است در حالی که در دمای ۹۰۰ درجه سلسیوس گستره قطر بین ۱۴۰ تا ۳۱۰ نانومتر بوده و بیشترین میزان فراوانی حول ۲۲۵ نانومتر است. با افزایش دما کوره سرعت پخش اتمهای کربن زیاد می‌شود، تجزیه گاز استیلن نیز بیشتر شده و کربن آزاد در محیط افزایش یافته و باعث می‌شود تعداد دیواره‌های نانولوله‌ها بیشتر شده و قطر نانولوله‌ها افزایش یابد.



شکل ۳: توزیع قطر نانولوله‌های تولید شده بر روی نمونه‌های با ضخامت طلای یک نانومتر، الف) در دمای ۸۰۰ درجه، ب) در دمای ۹۰۰ درجه سلسیوس.

نتیجه‌گیری

در این کار تولید نانولوله‌ها بر روی نمونه‌های طلا با ضخامت یک نانومتر تشکیل داده شد. نتایج نشان داد که دمای کوره بر روی تولید نانولوله تأثیر می‌گذارد و دلیل این امر نیز به اندازه نانو ذرات شکل گرفته روی نمونه بستگی دارد. به نظر می‌رسد هرچه دمای آزمایش بالاتر رود، علاوه بر اینکه سرعت پخش اتمهای کربن زیاد می‌شود، تجزیه گاز استیلن نیز بیشتر شده و کربن آزاد در محیط افزایش یافته و باعث می‌شود تعداد دیواره‌های نانولوله‌ها بیشتر شده و قطر نانولوله‌ها افزایش یابد.

مرجع‌ها

- [1] Z. Y. Zhong, S. Liu, and E. G. Wang, Appl. Phys. Lett., 83, 423 (2003).
- [2] Li, Yiming, et al. Nano Letters 4.2 (2004): 317-321.
- [3] Keita Uchiyama, Hiroichi Miaki, Shigeru Terada, and Masahiro Hoso., Science, 47, 722 (2009).