جهان کم‌تر شناخته

پروانه نصیری
کارشناس ارشد شیمی معدنی و معلم شیمی ناحیه ۲ شهرری

چکیده
کشف نانولوله‌ها از کشف‌های بزرگ حوزهٔ فناوری نانو به‌شمار می‌رود. یکی از مهم‌ترین اعضای این گروه نانولوله‌ها، نانولولهٔ بورونیترید است که به‌عنوان یک نانولولهٔ غیرکربنی، با ویژگی‌های متفاوت نسبت به همتای کربنی خود، می‌تواند در محیط‌های زیست‌شناختی مورد بررسی قرار گیرد. در این مقاله ساختار و روش‌های تهیهٔ نانولولهٔ بورونیترید بررسی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: فناوری نانو، نانولوله، نانولولهٔ بورونیترید

مقدمه
بیش از ده سال از آغاز آشنایی با نانولوله‌های بورونیترید می‌گذرد. هم‌اکنون این ترکیب‌ها در مقدار زیاد تولید می‌شوند. از آنجا که این نانولوله‌ها کاربردهای مهمی در نانو الکترونیک دارند و در تولید چندسازه‌ها به‌کار می‌روند، دانستن شیمی آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

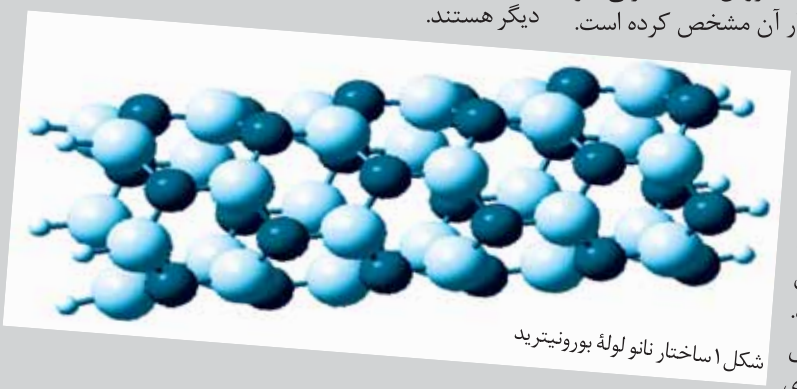
ساختار و عملکرد
بررسی نانولولهٔ تک‌دیوارهٔ بورونیترید به روش نیمه‌تجربی، دو مدل صندلی و زیگزاگ را برای ساختار آن مشخص کرده است. در مدل صندلی، گشتاور دو قطبی ترکیب صفر است در حالی‌که در مدل زیگزاگ چنین نیست.

یکی از زمینه‌های مطالعهٔ نانولوله‌ها، بررسی خواص الکتروشیمیایی نانولوله‌ها در حضور تعداد مساوی اتم‌های بور و نیتروژن است که به روش دوپ کردن، با نانولوله همراه شده‌اند. بنا به پژوهش‌ها، چنین نانولوله‌هایی در مقایسه با انواع غیردوپ‌شده دارای خواص الکترونی، مکانیکی، رسانایی و نوری جدیدی هستند و در حوزه‌هایی، از جمله تهیه سازه‌های نوری و مشتق‌های الکترونیکی، مواد الکترونی فراسخت و حسگرهای ویژه کاربرد دارند.

نانولوله‌های بورونیترید نسبت به انواع کربنی این نانولوله‌ها، دارای بارهای جزئی مثبت روی اتم B و بارهای جزئی منفی روی N هستند. در نتیجه، قطبیت نانولولهٔ بورونیترید از نانولوله‌های کربنی بیشتر است؛ از همین رو، نانولوله‌های بورونیترید تک‌دیواره جهت کاربرد در وسایل الکترونی و مکانیکی، از نانولوله‌های کربنی مناسب‌ترند.

در بررسی خواص ساختاری نانولولهٔ بورونیترید به روش مولکولی، ارتباط میان ساختار و قطر نانولوله مشخص شد. براساس این بررسی‌ها خاصیت فلزی مدل صندلی، و نیم‌رسانا بودن مدل زیگزاگ به قطر و نامتقارن بودن نانولوله ربط داده می‌شود.

شکل ۲، بورونیترید هگزاگونال را نشان می‌دهد که ماده‌ای لایه‌ای شبیه گرافیت است و ساختار بلوری هگزاگونال دارد. اگرچه انتظار می‌رفت ویژگی‌های بورونیترید هگزاگونال متفاوت از ساختارهای نانو مقیاس بورونیترید باشد، پیشنهاد پیچش لایه‌های هگزاگونال برای تشکیل نانولوله‌ها، برای نخستین‌بار در سال ۱۹۹۴ مطرح شد. گروه پژوهشی به سرپرستی **روبیو** گزارش داد که این نانولوله‌ها می‌توانند به‌عنوان یک نیم‌رسانا عمل کنند. پیش‌بینی شده است نانولوله‌های بسیار باریک به قطر حدود $2\ ^{\circ}A$ می‌توانند رفتار نیم‌رسانایی از خود نشان دهند در حالی که ویژگی‌های الکترونیکی نانولوله‌هایی که قطر بزرگ‌تر، در حدود $4\ ^{\circ}A$ دارند بیشتر به یک توده بورونیترید شبیه است. گفتنی است نانولوله‌های کشش‌یافته، ناپایدارتر از نمونه‌های دیگر هستند.



شکل ۱ ساختار نانو لولهٔ بورونیترید

روش‌های تهیه
● روش تخلیه قوس الکتریکی
تهیهٔ نانولوله‌ها در این روش به کمک تخلیهٔ الکتریکی میان دو الکترود گرافیتی در محیطی از گاز یا مایع انجام می‌گیرد. جهت افزایش بازده، استفاده از تخلیه قوس میدان مغناطیسی یا به‌کار بردن آند چرخان برای تولید قوسی از پلاسمای چرخنده نیز پیشنهاد شده است. در روشی که از قوس الکتریکی در محیطی خنثی استفاده می‌شود نانولوله‌ها

شـــده بـورونیتـریدهـا

نانولوله بورونیترید تک‌دیواره جهت کاربرد در وسایل الکترونی و مکانیکی از نانولوله‌های کربنی مناسب‌ترند

در انواع تک‌دیواره و چنددیواره تولید می‌شوند.

● **تبخیر لیزر**

کولبرگ[1] و همکارانش، که برای نخستین‌بار از این روش استفاده کردند، گونه‌های بورونیترید مکعبی تک‌بلور را برای یک دقیقه در یک سلول سندان الماسی، در فشار ۵ تا ۱۵ گیگا پاسکال نیتروژن در برابر نور لیزر قرار دادند. از کاستی‌های این روش باید پایین بودن بازده تولید و وجود ناخالصی‌های بسیار به‌صورت ذره‌های ناخواسته در فراورده را برشمرد.

● **واکنش‌های جانشینی**

در سال ۱۹۹۸، اعضای گروه پژوهشی **هان**[2] از نانولوله‌های کربنی به‌عنوان قالب استفاده کردند. آنان B_2O_3 را در یک بوتهٔ سرباز قرار داده، با نانولوله‌های کربنی پوشاندند و این مجموعه را ۳۰ دقیقه در جریان نیتروژن و دمای $1500\ ^\circ C$ در کوره‌ای القایی گذاشتند تا اتم‌های کربن با بور و نیتروژن جابه‌جا شوند. به این ترتیب نانولولهٔ کربنی بنا به چنین واکنشی به مصرف می‌رسد:

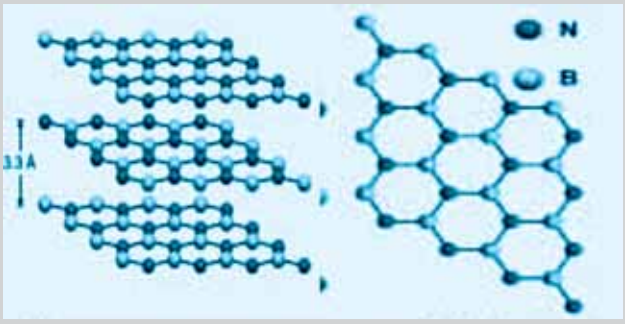
$$3C+B_2O_3 \rightarrow 2B+3CO$$

گفتنی است نانولولهٔ بورونیترید به‌دست آمده از این روش، از نوع زیگزاگ است و در آن لوله‌ها انتهایی باز دارند، شکل ۳.

● **رسوب بخار شیمیایی**

لوری[3] و همکارانش نخستین‌بار، ساخت نانولوله‌های بورونیترید به این روش را گزارش کردند. آنان بورازین، $B_3N_3H_6$، را به‌عنوان واکنشگر و ذره‌های Ni، Co، NiB و Ni_2B را به‌عنوان کاتالیزگر به‌کار گرفتند. این فرایند در دمای ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سلسیوس، و مدت ۳۰ دقیقه، به تولید فراورده می‌انجامد.

چن[4] و همکارانش به‌همین روش عمل کردند و با استفاده از گرد بورونیترید شش‌ضلعی آسیاب شده، نانوساختارهایی بی‌شکل و نامنظم تهیه کردند. این فراورده، نخست تا دمای $1300\ ^\circ C$ گرم، و بعد به آهستگی سرد شد تا نانولوله‌ها همراه نانوساختارهایی بامبو مانند، از جنس بورونیترید به‌دست آید. در این روش آهنی بودن ظرف آسیاب، نیاز به استفاده از کاتالیزگر را برطرف می‌کند. به‌هر حال، از آنجا که فراورده به‌صورت آمیخته با مواد بی‌شکل به‌دست می‌آید این روش بازدهی بالایی ندارد.



شکل ۲ ساختار بلوری هگزاگونال بورونیترید

نتیجه‌گیری

گسترش فناوری نانو به معرفی فراورده‌هایی ارزشمند با کارایی‌های متفاوت انجامیده است که نانولوله‌های بورونیترید از آن جمله‌اند. این نانوساختارها نسبت به همتاهای کربنی خود قطبی‌ترند ودر وسایل الکترونی و مکانیکی بهتر ظاهر می‌شوند. همچنین با تغییر قطر نانولوله‌ها امکان تغییر رسانایی گرمایی آن‌ها وجود دارد. گفتنی است رسانایی گرمایی نانولوله‌های بورونیترید اندکی از نانولوله‌های کربنی کمتر است.

همراهی عنصرهایی همچون اکسیژن کروم، وانادیم، کربن، ... که منجر به ایجاد خاصیت مغناطیسی در نانولوله‌های بورونیترید می‌شود، ارزشمند است. از سوی دیگر، دوپ کردن نانولوله‌های کربنی با اتم‌های B و N، تولید نانولوله‌هایی بدون خواص مغناطیسی را امکان‌پذیر می‌کند. به این ترتیب هر دو خاصیت مغناطیسی در ساختارهایی نانو در دسترس قرار می‌گیرد.

نانولوله‌های بورونیترید با ساختار بلوری بسیار ویژه، قوی‌ترین نانوفیبرهای سنتزی شناخته می‌شوند. این خواص متنوع، در چنین نانوساختارهایی، آن‌ها را به‌عنوان موادی ارزشمند و قابل کاربرد در عرصه‌های گوناگون معرفی می‌کند.

*** پی‌نوشت‌ها**

1. Colberg
2. Han
3. Lourie
4. Chen

*** منابع**

1. Boughman, R.H.; Zakhidov, A. A. ; DeHeer, W. A. *Science*, **2002**, 297.
2. Kahn, J. *National Geographic*, **2006**, 98.
3. Iijima, S. *Nature*, **1991**, *345*, 56.