ساختارهای کربنی در فن‌آوری نانو

مهدیه جلالی[۱]، زهره زرنگار[۲]، جواد صفری[۲]

۱- دلیجان، پیام نور دلیجان

۲- کاشان، دانشگاه کاشان، دانشکده‌ی شیمی، گروه شیمی آلی

چکیده

امروزه دنیای شگفت انگیز اتم شناخته شده است. در واقع، اساس تشکیل ساختار مواد و ترکیبات اتم می‌باشد. انواعی از اتم در دنیای امروزی کشف شده اند و نقش و کاربرد بسیاری از آن‌ها نیز آشکار گردیده است. در این بین اتم کربن به علت داشتن خصوصیت منحصربه فرد خود ،یکی از کاربردی‌ترین اتم‌ها به شمار می‌آید. بسیاری از ترکیبات هیدروکربنی و دیگر مواد از جمله نانوساختارهای کربنی از کربن ساخته شده‌اند. در این مقاله به اتم و نقش اتم کربن در ساختارهای کربنی مانند الماس، گرافیت، فولرن، الیاف کربنی و نانولوله‌های کربنی پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *اتم، اتم کربن، نانو لوله‌های کربنی، فولرن، گرافیت، الماس*

M.jalali405@yahoo.com; Z_zarnegar@yahoo.com; Safari@yahoo.com

۱- مقدمه

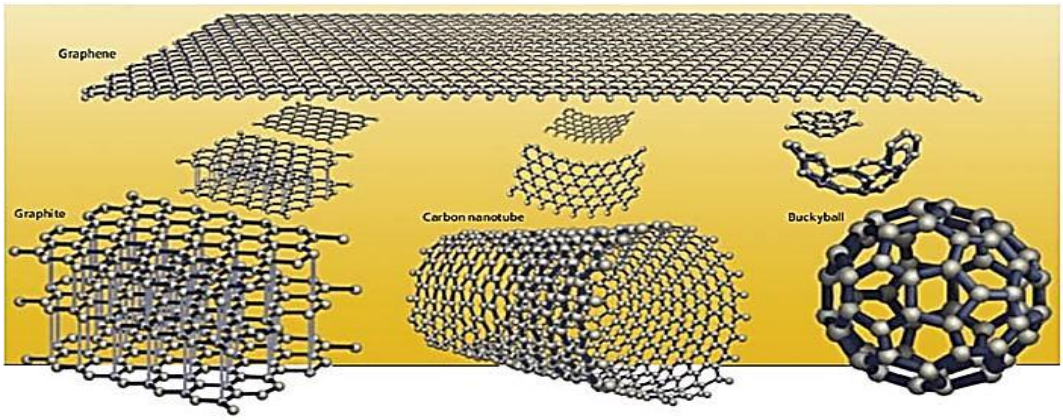
تلاش دانشمندان بر این است تا بتوانند موادی به صرفه با ضریب کاربردی بهتر از مواد طبیعی ،به وجود آورند. هرکدام از مواد موجود در طبیعت یا موادی که به نحوی حاصل تلاش دانشمندان می‌باشد، از ذرات بسیار کوچک به نام اتم تشکیل شده است. اتم کربن، یکی از پرکاربرترین اتم‌های شناخته شده‌ی دنیای امروزی است و تولید نانولوله‌های کربنی نیز از مواد بسیار شگرف در پیشرفت صنعت به حساب می‌آید که در موارد بسیار گوناگون مانند تصفیه آب ،صنعت نفت ، خودرو ،رنگ ، بتون و..... می‌توان استفاده کرد. در این مقاله علاوه بر مروری بر اتم، درمورد نقش اتم کربن در ایجاد نانوساختارهای کربنی بحث خواهد شد.

تقریبا ۲۵۰۰ سال پیش، فردی به نام دموکریتوس اعلام کرد که هر ماده‌ای از کوچک‌ترین واحد به نام اتموس تشکیل شده که بعدها آن را به نام اتم به معنای ناشکستنی نامیدند. لاوازیه که در سال ۱۸۷۲ کشف کرد هرگاه ماده‌ای به ماده‌ی دیگر تبدیل شود ،وزن کل تغییری نمی‌کند که این همان قانون بقای ماده است. دیگر دانشمندان، پروس بود که قانون نسبت‌های معین را اعلام کرد، با این عنوان که هرگاه چند عنصر معین به هم بپیوندند و تشکیل ماده مرکب معینی را بدهند عده ی معینی از اتم‌های یک عنصر باعده‌ی دیگری از یک اتم از عنصر دیگر باهم ترکیب می‌شوند. قانون نسبت‌های چندگانه‌ی دالتون (هرگاه بخواهیم یک اتم یا سه اتم از یک عنصر را با یک اتم از عنصر دیگر ترکیب کنیم، هرگز نمی‌توان با دو نیم اتم و نسبت‌هایی مانند آن ترکیبی به دست آورد) نیز هر کدام تلاشی بود که به کشف اتم کمک کرد. سرانجام این دالتون بود که با انتشار کتاب خود در سال۱۸۰۸ و ارایه اندیشه‌ی خود درباره‌ی اتم به عنوان طراح نظری اتمی و کاشف اتم معرفی شد. اگرچه وجوداتم اثبات شده بود اما هیچ دانشمندی موفق نشده بوداتم را بادیدگان خود ببیند تا این که فردی به نام مولر دستگاهی تعبیه کرد به نام میکروسکوپ تابش میدانی. مولر نوک بسیار نازک نورانی را در ظرفی که هوای آن را کاملا خالی کرده بود قرار داد. وقتی سوزن گرم شد از نوک آن ذرات بسیار کوچکی جداشد. این ذرات راهی مستقیم را می‌پیمودند وبه پرده‌ای برخورد می‌کردند که سطح آن پوشیده از مواد شیمیایی بود که وقتی که این ذرات به آن برخورد می‌کردند درخشان می‌شد. با مشاهده این درخشش نوع ساختار نوک سوزن معلوم می‌شد. مولر این دستگاه را کامل کرد و در دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی توانست از این پرده عکس بگیرد این عکس‌ها اتم‌های نوک سوزن را نشان می داد. بنابراین این دانشمند توانست اتم را بعد از سالیان سال مشاهده کند. اتم می‌تواند به واحدهای کوچک‌تر تجزیه شود و این اجزاء پروتون، نوترون و الکترون می‌باشند.

اتم کربن، عنصرشیمیایی با عدد اتمی شش با نشان اختصاری C درگروه چهارم و ردیف دوم جدول تناوبی قرارگرفته است. کربن، عنصری استثنایی در جدول تناوبی است به نحوی که یکی از گرایش های شیمی باعنوان شیمی آلی را به خود اختصاص می‌دهد. کربن با پیوند کووالانسی می‌تواند هم با خود و هم با عناصر دیگر پیوند برقرار کرده که همین امر علت به وجود آمدن میلیون ها ترکیب می‌باشد. اتم کربن در پیوند با اکسیژن کربن دی‌اکسید را به وجود می آورد که مایه‌ی حیات گیاهان است و در ترکیب با هیدروژن، متان را به وجود می‌آورد که به عنوان سوخت در صنعت کاربرد دارد و در ترکیب با هیدروژن واکسیژن اسیدهای چرب را می سازد که برا ی حیات ضروری است و استر که طعم دهنده میوه ها است. کربن دارای دونوع ایزوتوپ ۱۲ و ۱۳ که به طور طبیعی وجود ندارند وایزوتوپ ۱۴که بسیار ناپایدار بوده واز آن برای سن یابی پرتوزایشی استفاده می‌شود. از ترکیب اتم‌های کربن به تنهایی، دگرشکل‌های متنوعی تشکیل می‌شود که در شکل ۱ نمایش داده شده است.

۲- گرافیت

گرافیت از یک ساختار شش وجهی با اتم‌های کربنی که در یک پیکربندی با پیوندهای هیبرید شده sp2 منظم شده‌اند، تشکیل شده است. این ترتیب اتمی منجر به تشکیل صفحه‌های لایه‌ای یا ورقه‌های گرافن با فاصله‌ی۳٫۳۵۴ آنگستروم شده است. پیوند کووالانسی قوی بین اتم‌ها در ورقه گرافن وجود دارد. بر خلاف الماس، نیروهای ضعیف واندروالس بین صفحات لایه‌ای وجود دارد تا آن‌ها را کنار هم نگه دارد. به دلیل این برهم‌کنش‌های ضعیف است که ورقه‌های گرافن (یک تک لایه از گرافیت) می توانند در سراسر هر لایه روی هم بلغزند و خصوصیت یک روان کننده خوب را به این ماده می دهد.



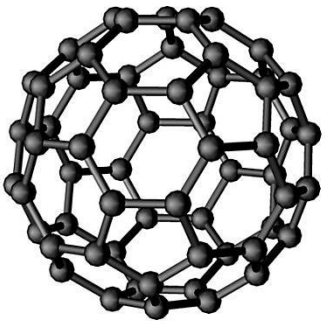
شکل ۱) انواع دگر شکل‌های کربن

۳- الماس

سخت‌ترین نوع کانی شناخته شده که بالاترین سرعت صوت و رسانای گرمایی را در میان مواد دارا است. بلور الماس مکعبی است و اتم‌های کربن در یک پیکربندی چهار وجهی با پیوندهای هیبریدی sp3 مرتب شده‌اند). این پیوند قوی کووالانسی باعث شده تا الماس سخت‌ترین ماده شناخته شده، محسوب شود. به همین دلیل از جمله کاربردهای مهم تجاری الماس می‌توان به عنوان سنباده برای سایش و پرداخت فلزات و به عنوان یک پوشش برای ابزارهای برش نام برد.

۴- فولرن

یک فرم مرموز از کربن که به عنوان باکی بال یا فولرن شناخته شده است، وجود دارد که در سال ۱۹۸۵ کشف شده است. شبیه یک توپ فوتبال است و شامل ۶۰ اتم کربن در یک ساختار کروی است که ۲۰ شش وجهی و ۱۲ پنج وجهی روی سطح منظم شده‌اند. هر کربن فولرن، دارای هیبرید sp2 است و با سه اتم دیگر، پیوندهای سیگما تشکیل می‌دهد (شکل ۲). این کشف منجر به گسترش تحقیقات روی C60 و گسترش این ساختار (مثل نانولوله ها) گردید [۷۳]. این مولکول‌های قفس مانند با فرمول های C60، C70 و C78 شناخته شده‌اند.



شکل ۲) نمایی از فولرن

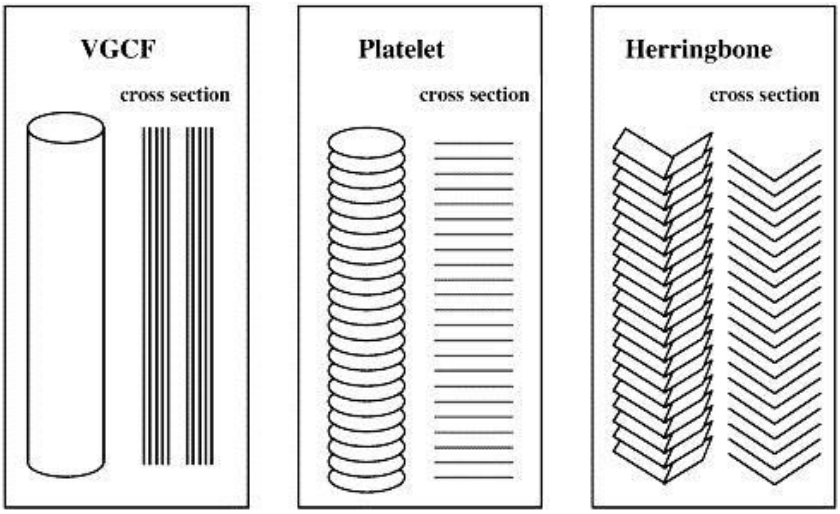
۵- نانوالیاف کربنی

نانوالیاف کربنی، نانوساختارهای استوانه‌ای با لایه‌های گرافن می باشند که به صورت‌های مخروط انباشته، فنجان و یا صفحات و بدون هسته‌ی توخالی، اما با سایت های لبه‌ای بسیار در دیوار بیرونی مرتب شده‌اند (شکل ۳). فیبر کربن رشد یافته از بخار و انواع کوچکتر آنها از نظر اندازه، یعنی نانوالیاف کربن رشد یافته از بخار، از جمله فیبرهای کربنی کوتاه می‌باشند که به علت پتانسیل آن‌ها برای پیشرفت خواص حرارتی، الکتریکی، محافظ فرکانس و مکانیکی توجه زیادی را به خود معطوف کرده‌اند. این مواد به طور گسترده در سیستم‌های مختلف مانند کامپوزیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که به دلیل خواص استثنایی و قیمت پائین آن‌ها می‌باشد.

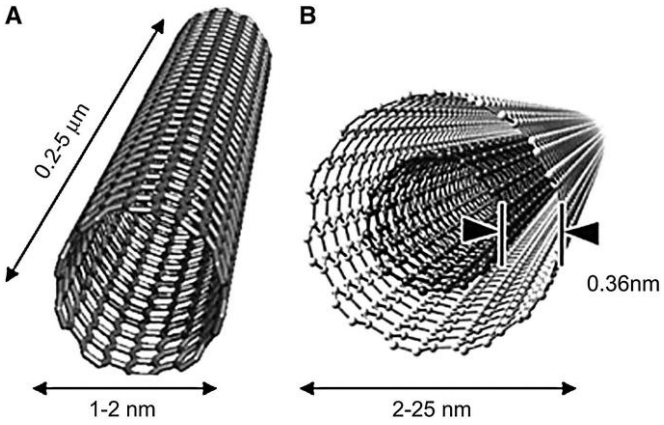
۶- نانولوله‌های کربنی

نانولوله های کربنی در سال ۱۹۹۱ توسط سامیو ایجیما کشف شد.که از صفحات کربنی به ضخامت یک اتم و به شکل استوانه ای توخالی تشکیل شده.آرایش اتم‌های کربن در دیواره‌ی نانولوله‌ها ساختار استوانه‌ای شکلی دقیقا شبیه ساختارکربن درصفحات گرافیت- را تشکیل می‌دهد. درگرافیت شش ضلعی منتظم کربنی، در کنار یکدیگر صفحات گرافیت را می سازند، این صفحات بر روی یکدیگر انباشته می‌شوند و هر لایه از طریق پیوندهای ضعیف واندروالسی به لایه‌ی زیرین متصل می‌شود و وقتی این صفحات در هم پیچیده می‌شوند، نانولوله‌های کربنی را شکل می‌دهند.

درواقع نانولوله‌های کربنی، همان گرافیت است که به شکل لوله در آمده‌اند. نانولوله‌ها به دو دسته تک جداره (SWNT) و چند جداره (MWNT) تقسیم می‌شوند که در شکل ۴ مشاهده می‌شود. نانولوله‌های کربنی تک جداره فقط از کربن و یک ساختارساده (ورقه‌ای از شش ضلعی‌های منظم) تشکیل شده‌اند. این ساختارها می‌توانند رسانا یا نیمه‌رسانا باشند. هدایت الکتریکی بالای این مواد بستگی به هندسه دقیق اتم‌های کربن دارد. خصوصیات عالی مکانیکی و رسانایی الکتریکی نانولوله‌های کربنی تک جداره که مانند فلزات می‌باشند. آن‌ها را در ردیف برتر انتخاب، برای استفاده در صنعت قرارداده است.



شکل ۳) ساختار انوع نانوالیاف های کربنی



شکل ۴) انواع نانولوله‌های کربنی

البته تولید نانو لوله‌های کربنی تک جداره خیلی به صرفه نمی‌باشد و حفظ خصوصیات آن‌هادر حین فراوری پلیمر- نانولوله -بسیار مشکل است. به خاطر در دسترس و تجاری بودن نانولوله‌های چندجداره، از آن‌ها محصولاتی در آستانه تجاری شدن تولید می‌شود به عنوان نمونه از نانولوله‌های کربنی چندجداره (جایگزین کربن بلک CARBON BLACK) در پودرهای رنگ استفاده می‌شود. نانولوله‌های تک جداره نسبت به چند جداره استحکام دهی بیش‌تری داشته (به علت این که پیوندصفحات داخلی ضعیف می‌باشد) که از این مورد به عنوان برتری نانولوله های تک جداره به چندجداره نام برده می‌شود.

۷- ویژگی نانولوله‌های کربنی

از خصوصیات برجسته‌ی نانو لوله‌های کربنی استحکام کششی بالای آن‌ها است که نزدیک ۱۰۰گیگا پاسکال یعنی بیش از ۱۰۰برابر استحکام فولاد است؛ در حالی که وزنش یک ششم وزن فولادمی‌باشد و این در حالی است که فولاد از تجمع بلورهای مواد افزودنی به وجود می‌آید. ولی نانولوله‌ها ،مثل هم خانواده‌ی خود – گرافیت - بر اثر نیروهای ضعیف واندروالسی جذب یکدیگر می‌شوند. نانولوله‌ها به راحتی به مواد دیگر نمی‌چسبند و فقط می‌توان با اصلاح شیمیایی، امکان اتصال آن‌ها را فراهم کرد. نانولوله‌های کربنی دارای خواص الکتریکی بالایی می‌باشند و بنابر خاصیت کایرالیته (نحوه ی پیچش ساختارهای گرافیتی به دور نانولوله) به دو صورت رسانا یا نیم رسانا می‌باشند. نانولوله‌های کربنی را می‌توان به صورت سیم‌های ملکولی بزرگی تصور کرد که الکترون می‌تواند آزادانه درآن حرکت کند. پس می توان آن‌ها را به دلیل این‌که سریع‌تر و با توان کم‌تر از مدارهای کنونی کار می‌کنند، به جای مدارهای الکترونیکی به کار برد و هدایت گرمایی بالای نانو لوله‌های کربنی که هم جهت با جهت لوله‌ها است و نه عمود بر آن‌ها، باعث شده که دارای قابلیت زیادی در گودال‌های حرارتی در زمینه‌ی نانوالکترونیک داشته باشند .

نانولوله‌ها می‌توانند نور مادون قرمز را هم جذب و هم دفع کنند. هم‌چنین تزریق هم زمان الکترون از یک سر لوله و تزریق حفره ای از سر دیگرلوله موجب می‌شود نوربا طول موج ۱/۵ میکرومتر از نانولوله منتشر شود. چگالی سطحی بسیار بالای نانولوله‌ها، استحکام بالای آن‌ها را موجب می‌شود و این خاصیت در اثر ریز بودن قابل توجه آن‌ها پدیدارمی‌شود. درنانولوله‌ها هر سه اتم کربن، توانایی ذخیره‌سازی یک یون لیتیم را دارا می‌باشند درحالی که در گرافیت هر شش اتم کربن توانایی ذخیره یک یون لیتیم را دارا است. هم‌چنین ذخیره‌ی انرژی در نانولوله‌هاچند برابر الکترودهای گرافیتی است و نانولوله‌ها در دمای زیر ۱۵درجه‌ی کلوین ابررسانا می‌شوند.

۸- کاربرد نانولوله‌های کربنی

الف) تهیه الیاف از نانو لوله‌های کربنی: پژوهشگران موسسه نانو تک در تگزاس در زمینه تهیه الیاف از نانو لوله‌های کربنی به پیشرفت‌های چشمگیری دست یافته‌اند. این الیاف محکم و فوق العاده انعطاف پذیر بوده و از نظر حرارتی و الکتریکی رساناست. از این الیاف برای تولید نخ‌های فلامینتی استفاده می‌کنند که می‌توانند جایگزین الیاف معمولی در زمینه‌ی فیلترها ، جلیقه‌های نجات،لباس‌های ضد اشتعال، منسوجات الکترونیکی ، ساخت ماهیچه‌های مصنوعی و ابر خازن‌ها شوند. این الیاف به علت ویژگی‌های نانو لوله‌های کربنی به عنوان موادی دوست‌دار محیط زیست که به مصرف بهینه‌ی انرژی نیز کمک می‌نمایند، شناخته شده‌اند.

ب) نانو کامپوزیت‌های کربنی: نانو کامپوزیت‌های تهیه شده از نانولوله‌های کربنی دارای استحکام بیش‌تری نسبت کامپوزیت‌های موجود و کامپوزیت‌های مبتنی بر نانو ذرات هستند. از نظر تئوری به دلیل استفاده از نانو لوله‌ها، در کامپوزیت‌ها (به دلیل استحکام کششی بالا)، دیگر نیازی به مصرف الیاف کربنی در کامپوزیت‌ها نخواهیم داشت

پ) کاربرد های پزشکی: کربن به عنوان یک بیوسرامیک در زیست‌فن‌آوری کاربردهای وسیعی یافته و در حال حاظر نیز مطالعاتی درباره‌ی فعال‌سازی شیمیایی نانو چلوله‌ها برای ساخت هیبریدهای نانولوله - مولکول جهت کاربرد در داربست‌های رشد سلول و بافت زیست‌حسگرها با کارایی بالا انجام گرفته است. این نانولوله‌ها می‌توانند به عنوان داربست بافت سلول‌های عصبی ایفای نقش نمایند. از دیگر کاربردهای آن در زمینه‌ی پزشکی می‌توان به درمان آسیب دیدگی مغز- دارو رسانی به سلول‌های آسیب دیده، از بین بردن تومورهای سرطانی و ژن درمانی اشاره کرد.

ت) کاربرد در صنعت نفت: استفاده از نانو لوله‌های کربنی به عنوان نانو کاتالیست برای جذب و ذخیره‌سازی گاز طبیعی و هیدروژن، سولفورزدایی از نفت خام و تولید سوخت (جی تی ال) کاربرد دارد. از دیگر کاربردهای آن می‌توان به استفاده در موتور خودرو، صنعت رنگ، صنعت بتون، حسگرها ، نمایشگرهای گسیل میدانی ، ترانزیستورها، حافظه‌های نانولوله‌ای ، درصنعت لاستیک، ساخت نانو ماشین‌ها ، پیل‌های خورشیدی و... اشاره کرد.

ث) کاربردهای مکانیکی نانولوله‌های کربنی: فن‌آوری نانو نیز در صنایع مرتبط به مهندسی مکانیک را نیز کاربردهای فراوانی دارد و تحولات شگرفی را از تولید کامپوزیت‌ها با استفاده از نانومواد تا تولید شتاب‌سنج‌هایی در اندازه‌ی نانو، ایجاد نموده است. در صنایع خودروسازی در قسمت‌های مختلف ماشین کاربردهای فن‌آوری نانو را می‌بینیم، از شیشه‌های خود تمیزشونده و بدنه‌های ضدخش گرفته تا باتری‌هایی با طول عمر بیش‌تر و وزن کم‌تر. در این میان نانولوله‌های کربنی یکی از مواد اولیه‌ای هستند که به علت ویژگی ساختاری، دارای کاربردهای مکانیکی مختلف و ویژه‌ای هستند.

۹- نتیجه‌گیری

مطالعه شیمی پایه‌ی ترکیبات کربنی (شیمی آلی) می‌تواند راه‌گشای درک بسیاری از خصوصیات نانوساختارهای کربنی و هم‌چنین اصلاح ساختاری آنان شود که این امر موجب کاربردی شدن روزافزون نانو ساختارهای کربنی و به‌طبع نانولوله‌های کربنی می‌گردد.

۱۰- منابع

۱. آیزاک آسیموف ،اتم /نگاهی به تاریخ علم/۵

2. http:// www.tebyan.net
3. http://www.wikipedia.org
4. http://chemnews.ir
5. http://blogsky.com
6. www.daneshnameh.roshd.ir
7. www.irannano.org
8. www.edu.nano.ir
9. www.nano1404.blogfa.com
10. Dresselhaus, M.S., G. Dresselhaus, and P.C. Eklund, Science of fullerenes and carbon nanotubes: their properties and applications. 1996: Academic Press.
11. Yu, Y., et al., Electrochemical Biosensor Based on Boron-Doped Diamond Electrodes with Modified Surfaces. International Journal of Electrochemistry, 2011. 2012.
12. Schneir ,J. and P. Hansma, Scanning tunneling microscopy and lithography of solid surfaces covered with nonpolar liquids. Langmuir, 1987. 3(6): p. 1025-1027.
13. Dennison, J., M. Holtz, and G. Swain, Raman spectroscopy of carbon materials. Spectroscopy, 1996. 11 :(۸)p. 38.
14. Wang, Y., D.C. Alsmeyer, and R.L. McCreery, Raman spectroscopy of carbon materials: structural basis of observed spectra. Chemistry of Materials, 1990. 2(5): p. 557-563.
15. Tuinstra, F. and J.L. Koenig, Raman spectrum of graphite. The Journal of Chemical Physics, 1970. 53: p. 1126.
16. Dahl, J., S. Liu, and R. Carlson, Isolation and structure of higher diamondoids, nanometer-sized diamond molecules. Science, 2003. 299(5603): p. 96-99.
17. Harris†, P., Fullerene-related structure of commercial glassy carbons. Philosophical Magazine, 2004. 84(29): p. 3159-3167.
18. Curl, R.F. and R.E. Smalley, Probing C60. Science, 1988. 242(4881): p. 1017-1022.
19. Pumera, M., et al., Graphene for electrochemical sensing and biosensing. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2010. 29(9): p. 954-965.
20. Kwon, H., et al., Carbon Nanofiber Reinforced Aluminum Matrix Composite Fabricated by Combined Process of Spark Plasma Sintering and Hot Extrusion. Journal of nanoscience and nanotechnology, 2011. 11(5): p. 41.۴۱۲۶-۱۹
21. Dai, H., Carbon nanotubes: synthesis, integration, and properties. Accounts of chemical research, 2002. 35(12): p. 1035-1044.
22. Geim, A.K. and K.S. Novoselov, The rise of graphene. Nature materials, 2007. 6(3): p. 183-191.