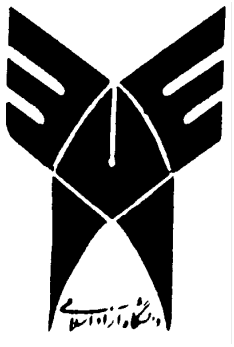
بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه ازاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه،گروه فیزیک

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد(M.Sc)

رشته فیزیک گرایش اتمی ملکولی

عنوان:

بررسی ساختار مکانیکی نانولوله های کربنی

استاد راهنما :

دکتر حسین گل نبی

استاد مشاور:

دکتر محمدرضا جلیلیان نصرتی

پژوهشگر:

یاسر کولیوند

تابستان ۹۰

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزتر از جانم

سپاسگزاری

رسول خدا فرمودند:

« مَن عَلَّمَنی حَرفاً فَقَد سَیَرنی عَبداً »

هرکس به من کلمه ای بیاموزد مرا بنده خویش ساخته است.

.

پایان نامه حاضر حاصل رهنمود ها و زحمات بیدریغ و دلسوزانه استاد گرامی جناب آقای دکتر حسین گل نبی است. مراتب سپاس بی پایان خود را نسبت به ایشان و همچنین استاد گرامی جناب اقای دکتر محمدرضا جلیلیان نصرتی که با راهنمایی های دلسوزانه خود، ایجاد انگیزه و دلگرمی نمودند، ابراز می دارم.

این جانب بعنوان یک دانشجو سپاس ، تقدیر و تشکر خود را به آنان که به من علم ، تحقیق و روش دانشجویی را آموختند ، عرضه می نمایم.

بسمه تعالی

تعدنامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب یاسر کولیوند دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک اتمی گرایش اتمی ملکولی با شماره دانشجویی ۸۷۰۸۵۱۱۵۳۰۰ اعلام مینمایم که کلیه مطالب مندرج در این پایان نامه

با عنوان: **بررسی ساختار مکانیکی نانولوله های کربنی**

حاصل کار پژوهشی خود بوده وچنانچه دستاوردهای پژوهشی دیگران را مورد استفاده قرار داشته باشم، طبق ضوابط و رویه های جاری ، انرا ارجاع داده و در فهرست منابع ذکر نموده ام. علاوه بر ان تاکید می نماید که این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح ، پایین تر یا بالاتر ارائه نشده و چنانچه در هر زمان خلاف ان ثابت شود ، بدینوسیله متعد می شوم ، در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام توسط دانشگاه ، بدون کوچکترین اعتراض ان را بپذیرم.

تاریخ و امضاء

بسمه تعالی

در تاریخ :

دانشجوی کارشناسی ارشد اقای یاسر کولیوند از پایان نامه خود دفاع نموده و با

نمره بحروف و با درجه

مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

بسمه تعالی

دانشکده علو پایه گروه فیزیک

****

(این چکیده به منظور چاپدر پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)

نام واحد دانشگاهی : تهران مرکزی کد واحد : ۱۰۱	**کد شناسایی پایان نامه :** **۱۰۱۳۰۲۱۰۸۹۲۰۰۶**

عنوان پایان نامه : بررسی ساختار مکانیکی نانولوله های کربنی

نام ونام خانوادگی : یاسر کولیوند شماره دانشجویی: ۸۷۰۸۵۱۱۵۳۰۰ رشته تحصیلی فیزیک اتمی وملکولی	تاریخ شروع پایان نامه :۸۹/۶/۱ تاریخ اتمام پایان نامه:

استاد راهنما : دکتر حسین گل نبی

استاد مشاور دکتر محمدرضا جلیلیان نصرتی

ادرس و شماره تلفن : ملایر بلوار ولیعصر خیابان عفاف کوچه فراهانی – تلفن :۰۹۱۹۵۳۱۸۹۷۵

در این پایان نامه ساختار مکانیکی نانولوله های کربنی تک دیواره و بطو خاص دو نوع دسته صندلی وزیگزاگ را از دو روش انرژی معادل و نگاشت تغییر شکل نانولوله ها بررسی می کنیم.که در ان خواص مکانیکی را از دو دیدگاه مختلف مورد بررسی قرار داده ام ودر پایان نتایج را با یکدیگر و همچنین با نتایج قبلی بدست امده مقایسه می کنیم.در روش اول با استفاده از مدل انرژی معادل انرژی پتانسیل کل مجموعه و همچنین انرژی کرنشی نانو لوله کربنی تک دیواره بکار گرفته می شود سپس با استفاده از مکانیک جامدات خصوصیات صفحه ای الاستیک برای نانو لوله های کربنی تک دیواره برای هر دو حالت دسته صندلی و زیگزاگ در جهت های محوری و محیطی بدست آمده است.در روش دوم با استفاده از نگاشت تغییر شکل نانولوله های تک جداره از صفحه گرافیتی به نانولوله در اثر خمش این خصوصیات را بدست می اوریم.

اثرات قطر و ضخامت دیواره بر روی رفتار مکانیکی هر دو نوع نانو لوله های کربنی تک دیواره و صفحه گرافیتی تک لایه مورد بررسی قرار گرفته است. مشاهده می شود که مدول الاستیک برای هر دو نوع نانو لوله های کربنی تک دیواره با افزایش قطر لوله بطور یکنواخت افزایش و با افزایش ضخامت نانولوله، کاهش می یابد. اما نسبت پواسون با افزایش قطر ،کاهش می یابد. نتایج به دست آمده نشان می دهند که هر چه قطر نانو لوله افزایش یابد، خواص مکانیکی نانولوله های کربنی به سمت خواص ورقه گرافیتی میل می کند.با استفاده از مدل دوم استحکام خمشی نانولوله ها را بررسی می کنیم که می بینیم استحکام خمشی با توان سوم شعاع متناسب است همچنین اثر شعاع و ضخامت را درمدول استحکام خمشی و مدول کشش محوری نانولوله ها بررسی می کنیم که خواهیم دید هرچه ضخامت بزرگتر شود مدول کشش محوری بزرگتر و هرچه شعاع بزرگتر گردد مدول استحکام خمشی بزرگتر خواهد شد. در پایان می بینیم نتایج این تحقیق تطابق خوبی را با نتایج گزارش شده قبلی نشان می دهد.

نظر استاد اهنما برای چاپ در پژوهش نامه دانشگاه: تاریخ و امضاء:

فهرست

فهرست شکلها.....ر
فهرست جدولها.....س
چکیده.....۱

فصل اول

مقدمه.....۲

فصل دوم

ساختار نانولوله های کربنی.....۱۶
۲-۱ هیبریداسیون اتم کربن.....۱۶
۲-۲ نانولوله های کربنی.....۲۴
۲-۴ انواع نانولوله های کربنی.....۲۵
۲-۵ ساختار یک نانولوله تک جداره و طبقه بندی نانولوله های کربنی.....۲۹

فصل سوم

بررسی خواص مکانیکی نانولوله های کربنی.....۴۱
۳-۱ مدل انرژی معادل.....۴۲
۳-۲ بررسی خواص مکانیکی نانولوله ها با استفاده از مکانیک ملکولی.....۴۴
۳-۳ خصوصیات وابسته به هندسه محیطی نانولوله ها.....۵۷
۳-۴ نگاشت تغییر شکل نانولوله های کربنی تک جداره.....۶۷

فصل چهارم

نتایج.....۸۴
۴-۱ نتایج حاصل از مدل انرژی معادل.....۸۵
۴-۲ نتایج وابسته به خصوصیات محیطی نانولوله های کربنی.....۹۲
۴-۳ مقایسه نتایج مدل انرژی معادل با مدلهای قبلی.....۹۵
۴-۴ نتایج حاصل از مدل نگاشت تغییر شکل نانولوله های کربنی تک جداره.....۱۰۱

فصل پنجم

نتایج وپیشنهادات.....۱۱۲

مراجع..... ۱۱۸
پیوست A..... ۱۲۰
چکیده انگلیسی..... ۱۲٤

فهرست شکلها

شکل (۱-۱)..... ۱۱
شکل (۲-۱)..... ۱۸
شکل (۲-۲)..... ۱۹
شکل (۲-۳)..... ۲۱
شکل (۲-٤)..... ۲٦
شکل (۲-٥)..... ۲۷
شکل (۲-٦)..... ۲۹
شکل (۲-۷)..... ۳۰
شکل (۲-۸)..... ۳۱
شکل (۲-۹)..... ۳۳
شکل (۲-۱۰)..... ۳٤
شکل (۲-۱۱)..... ۳۷
شکل (۳-۱)..... ٤۲
شکل (۳-۲) ٤۳
شکل (۳-۳)..... ٤٤
شکل (۳-٤)..... ٤٥
شکل (۳-٥)..... ٤٦
شکل (۳-٦)..... ٤۹
شکل (۳-۷)..... ٥۱
شکل (۳-۸)..... ٥۳
شکل (۳-۹)..... ٦۳
شکل (۳-۱۰)..... ٦۳
شکل (۳-۱۱)..... ٦۸
شکل (۳-۱۲)..... ٦۸
شکل (۳-۱۳)..... ٦۹

شكل (٣-١٤)..... ٧١
شكل (٣-١٥)..... ٧٧
شكل (٤-١)..... ٨٤
شكل (٤-٢)..... ٨٤
شكل (٤-٣)..... ٨٦
شكل (٤-٤)..... ٨٦
شكل (٤-٥)..... ٨٨
شكل (٤-٦)..... ٨٩
شكل (٤-٧)..... ٩٠
شكل (٤-٨)..... ٩١
شكل (٤-٩)..... ٩١
شكل (٤-١٠)..... ٩٢
شكل (٤-١١)..... ٩٤
شكل (٤-١٢)..... ٩٥
شكل (٤-١٣)..... ٩٦
شكل (٤-١٤)..... ٩٧
شكل (٤-١٥)..... ٩٩
شكل (٤-١٦)..... ١٠١
شكل (٤-١٧)..... ١٠٢
شكل (٤-١٨)..... ١٠٤
شكل (٤-١٩)..... ١٠٧

فهرست جدولها

جدول (٢-١)..... ٢٢
جدول (٢-٢)..... ٣٨
جدول (٢-٣)..... ٣٩
جدول (٤-١)..... ٨٥
جدول (٤-٢)..... ٨٧
جدول (٤-٣)..... ٨٨
جدول (٤-٤)..... ٩٤
جدول (٤-٥)..... ٩٤
جدول (٤-٦)..... ٩٦
جدول (٤-٧)..... ٩٨
جدول (٤-٨)..... ١٠٨

چکیده

در این پایان نامه ساختار مکانیکی نانولوله های کربنی تک دیواره و بطو خاص دو نوع دسته صندلی وزیگزاگ را از دو روش انرژی معادل و نگاشت تغییر شکل نانولوله ها بررسی می کنیم.که در ان خواص مکانیکی را از دو دیدگاه مختلف مورد بررسی قرار داده ام ودر پایان نتایج را با یکدیگر و همچنین با نتایج قبلی بدست امده مقایسه می کنیم.در روش اول با استفاده از مدل انرژی معادل انرژی پتانسیل کل مجموعه و همچنین انرژی کرنشی نانو لوله کربنی تک دیواره بکار گرفته می شود سپس با استفاده از مکانیک جامدات خصوصیات صفحه ای الاستیک برای نانو لوله های کربنی تک دیواره برای هر دو حالت دسته صندلی و زیگزاگ در جهت های محوری و محیطی بدست آمده است.در روش دوم با استفاده از نگاشت تغییر شکل نانولوله های تک جداره از صفحه گرافیتی به نانولوله در اثر خمش این خصوصیات را بدست می اوریم.

اثرات قطر و ضخامت دیواره بر روی رفتار مکانیکی هر دو نوع نانو لوله های کربنی تک دیواره و صفحه گرافیتی تک لایه مورد بررسی قرار گرفته است. مشاهده می شود که مدول الاستیک برای هر دو نوع نانو لوله های کربنی تک دیواره با افزایش قطر لوله بطور یکنواخت افزایش و با افزایش ضخامت نانولوله، کاهش می یابد. اما نسبت پواسون با افزایش قطر ،کاهش می یابد. نتایج به دست آمده نشان می دهند که هر چه قطر نانو لوله افزایش یابد، خواص مکانیکی نانولوله های کربنی به سمت خواص ورقه گرافیتی میل می کند.با استفاده از مدل دوم استحکام خمشی نانولوله ها را بررسی می کنیم که می بینیم استحکام خمشی با توان سوم شعاع متناسب است همچنین اثر شعاع و ضخامت را درمدول استحکام خمشی و مدول کشش محوری نانولوله ها بررسی می کنیم که خواهیم دید هرچه ضخامت بزرگتر شود مدول کشش محوری بزرگتر و هرچه شعاع بزرگتر گردد مدول استحکام خمشی بزرگتر خواهد شد. در پایان می بینیم نتایج این تحقیق تطابق خوبی را با نتایج گزارش شده قبلی نشان می دهد.

فصل اول

مقدمه

۱-۱معرفی فناوری نانو

با مرور تاریخ علم وفناوری ، می بینیم که هر از گاهی، با کشفی تازه یا اختراعی نو، نقطه عطفی در مسیر پیشرفت فناوری بشر خلق می شود وموجی نو به راه می افتد. جوامعی که در خواب نباشند وسوار موج گردند، پیشرفت می کنند وبه سهم خود از فناوری خواهند رسید. مثال روشن این موضوع در تاریخ معاصر علم، اختراع ترانزیستور نیمه هادی وظهور علم جدید الکترونیک بود که به سرعت تکامل یافت و با پیدایش کامپیوترهای فوق العاده سریع وسایر ادوات الکترونیکی پیشرفته بر تمام شاخه های دیگر علم تأثیر گذاشت به فراهم سازی بستر انتقال سریع ، بی وقفه و پرحجم اطلاعات و بالاخره پیدایش عصر اطلاعات گردید وهم اکنون شاهد اثار ان در زندگی روزمره مان هستیم. پیشرفت الکترونیک با مینیاتوری کردن ترانزیستورها و کاهش اندازه وتوان مصرفی انها و نیز افزایش سرعت و دقت وتراکم انها روی تراشه های نیمه هادی حاصل شد. فناوری سنتی میکرو الکترونیک با رسیدن به ابعاد چند ده نانومتری خود ، نزدیک نقطه پایانی خود بود که ناگهان زمزمه های نانو فناوری نه تنها نقطه عطفی در الکترونیک را رقم زد بلکه در نتیجه خواص کاملا جدید و منحصر به فرد ذرات در ابعاد نانومتری این فناوری می تواند تحولی عظیم تر سریع تر و فراگیر تر از هر انچه تا بحال بشر به ان رسیده است را ایجاد کند.

در سال ۲۰۰۶ مارک مونتیوکس[۱] و ولادیمیر کوزنشف[۲] در مقاله‌ای در ژورنال کربن به بیان مبدأ و منشا جالب، و اغلب تحریف شده‌ی نانولوله‌ها پرداخته‌اند. اغلب مقالات معروف و علمی، کشف لوله‌های نانومتری توخالی کربنی را به سومیوایجیما[۳] از شرکت NEC در سال ۱۹۹۱ نسبت می‌دهند.

ولیکن تاریخ لوله‌های نانومتری کربن گرافیتی به گذشته‌ای دور در سال ۱۹۵۲ بر می‌گردد. در آن سال رادشکویچ[۴] و لوکیانویچ[۵] تصاویر واضحی از لوله‌های ۵۰ نانومتری کربنی را در مجله‌ی روسی «شیمی فیزیکی» به چاپ رساندند. ممکن است نانولوله‌های کربنی حتی قبل از آن سال هم ساخته شده بودند ولی تا زمان اختراع TEM[۶] امکان مشاهده‌ی مستقیم این ساختارها فراهم نبوده است . دانشمندان در غرب متوجه این کشف نشده بودند زیرا به دلیل جنگ سرد، تبادل اطلاعاتی بین شرق و غرب بسیار ضعیف بود، و نیز مقاله به زبان روسی به چاپ رسیده بود.

قبل از اولین تولید مصنوعی و یافتن فلورن‌های کوچکتر C_{60} و C_{70} این باور وجود داشت که این مولکول‌های کروی بزرگ عموماً ناپایدار هستند. اما محاسبات چند دانشمند روسی نشان داد که مولکول C_{60} در حالت گازی پایدار بوده و شکاف باند بزرگی دارد. مشابه اغلب کشفیات بزرگ علمی دیگر، فلورن‌ها نیز به طور تصادفی کشف شدند. در سال ۱۹۸۵ کروتو و اسمالی با نتایج عجیبی در طیف جرمی کربن تبخیر یافته روبرو شدند. در پی این حادثه فلورن‌ها کشف شدند و پایداری آنها در حالت گازی اثبات گشت. اولین مشاهدات فلورن‌ها در طیف نگاری جرمی غیرمنتظره بود. اولین روش تولید انبوه توسط کرچمر[۷] و هافمن[۸] برای سال‌ها، قبل از پی بردن به آنکه این روش فلورن تولید می‌کند، استفاده می‌شده است.

---

[۱] Marc Monthioux
[۲] Vladimir Kuznetsov
[۳] Sumio Ijima
[۴] Radushkevich
[۵] Lukyanovich
[۶] Transmission Electron Microscope
[۷] Krachmer
[۸] Huffman

جستجو برای دیگر فلورن‌ها نیز آغاز شد و در سال ۱۹۹۱ نانولوله‌های کربنی توسط ایجیما و همکارانش کشف شدند. کشف نانولوله‌های کربنی توسط ایجیما در ماده‌ی حل نشدنی لوله‌های گرافیتی سوخته شده در دوده‌ی حاصله از تخلیه‌ی قوس الکتریکی دو میله‌ی کربنی، سرچشمه‌ی این همه، همهمه‌ی امروزی در مورد نانولوله‌های کربنی است. این یک کشف اتفاقی دیگر در ارتباط با فلورن‌ها بود، هرچند برای تولید فلورن‌ها، روش تخلیه‌ی قوس الکتریکی به خوبی شناخته شده بود. از آن پس محققین زیادی در سرتاسر جهان به مطالعه و بررسی این نانولوله‌ها مشغول اند.

به نظر می‌رسد، درست است که بگوییم نانولوله‌ها به طرز غیرمترقبه‌ای کشف شده‌اند. ولیکن در یک مقاله که توسط ابرلین[۹]، اندو[۱۰] و کویاما[۱۱] در سال ۱۹۷٦ چاپ شد، فیبرهای توخالی کربنی در ابعاد نانومتری به روش رشد بخار، به وضوح نشان داده شده بودند. همچنین در سال ۱۹۸۷، در آمریکا یک اختراع به نام جورج تنت[۱۲] برای تولید فیبرهای مجزای استوانه‌ای کربن با قطری بین ۳/۵ تا ۷۰ نانومتر و طولی حدود ۱۰۲ برابر قطر آن ثبت شد. اخیراً، اغلب، اعتبار کشف نانولوله‌های کربنی را به اندو می دهند و اعتبار شفاف سازی ساختار نانولوله‌ها به ایجیما داده می‌شود.

در اینجا در یک نگاه به تاریخچه اتفاقات مهم در زمینه نانوفناوری و به خصوص نانولوله های کربنی می پرد از یم :

۱۹۵۲

- رادشکویچ و لوکیانویچ در مقاله‌ای در ژورنال روسی شیمی فیزیک رشته‌های درون تهی کربن گرافیتی به قطر ۵۰ نانومتر را نشان دادند.

۱۹۷٦

- اندو، ابرلین و کومایا رشد CVD[۱۳] فیبرهای کربنی در ابعاد نانومتری را گزارش دادند.

---

[۹] Oberlin
[۱۰] Endo
[۱۱] Koyama
[۱۲] George Tennent
[۱۳] Chemical Vapor Deposition

۱۹۷۹

- آرتور کلارک[۱۴] در مجله‌ی علمی تخیلی «چشمه‌های بهشت» به خیال پردازی در مورد ایده‌ی بالابرهای فضایی با استفاده از «یک کریستالی خیالی الماس یک بعدی پیوسته» پرداخت.

۱۹۸۵

- فلورن‌ها کشف شدند.

۱۹۸۷

- در آمریکا ثبت اختراع فیبریل‌های توخالی به نام جورج تنت از شرکت هایپریون، صادر شد.

۱۹۹۱

- محقق ژاپنی شرکت NEC، سومیو ایجیما، به طور اتفاقی نانولوله‌های کربنی را در دوده‌ی حاصل از جرقه‌ی الکتریکی بین دو میله‌ی کربنی، کشف کرد.
- ماه اوت – هرینگتون[۱۵] و تام ماگاتاس[۱۶] از شرکت صنایع ماگاتاس نانولوله‌ها را در CVD کشف کردند که منجربه توسعه یک روش برای ساخت لایه‌های نازک پوششی تک مولکولی نانولوله شد.

۱۹۹۳

- گروه‌هایی از شرکت های IBM و NEC به سرپرستی دونالد بتیون[۱۷] و ایجیما، هر یک به طور جداگانه نانولوله‌های تک دیواره‌ی کربنی، و روش تولید آن با استفاده از کاتالیست‌های فلزی را کشف کردند.

۱۹۹۸

- ترانزیستور نانولوله‌ای در Delft و IBM ساخته شد.

۲۰۰۱

---

[۱۴] Arthur C.Clarke
[۱۵] Al.Harrington
[۱۶] Tom Msganas
[۱۷] Donald S.Bethune

- در آوریل این سال IBM شگردی را برای تولید اتوماتیک سطوح خالص و تمیز نیمه هادی از نانولوله‌ها را اعلام کرد.

۲۰۰۲

- نانولوله‌های کربنی چند دیواره به عنوان سریع‌ترین نوسان سازها (بیشتر از ۵۰ گیگاهرتز) به نمایش درآمدند.
- روشی سریع و دقیق برای مدل کردن رفتار کلاسیک نانولوله به روش REBO توضیح داده شد.

۲۰۰۳

- نشان داده شد که خم کردن نانولوله مقاومت آن را تغییر می‌دهد.
- روشی برای ساخت نانولوله‌های با خواص فلزی با خلوص بالای ۸۰٪ ارائه شد.
- NEC به یک فناوری ساخت با ثبات برای ساخت ترانزیستور نانولوله‌ی کربنی دست یافت.
- قیمت نانولوله‌ها در این سال از ۲۰ تا ۱۰۰۰ یورو در هر گرم، بسته به میزان خلوص، ترکیب (تک دیواره، دو دیواره و یا چند دیواره) و سایر مشخصات تغییراتی را نشان می‌دهد.

۲۰۰٤

- محققین دانشگاه تسینقوا[۱۸] و دانشگاه ایالتی لوئیزیانا کاربرد نانولوله در لامپ‌های رشته‌ای، به جای فیلمان‌های تنگستنی را به نمایش گذاشتند.
- مجله‌ی طبیعت عکس یک نانولوله‌ی منفرد تک دیواره به طول ٤ سانتیمتر را چاپ کرد.
- ملاحظه شد که تغییر ولتاژ اعمالی به یک نانولوله، باعث ساطع شدن نور در نقاط مختلف در طول آن می‌شود.

۲۰۰۵

- یک نمونه نمایشگر نانولوله‌ای صفحه‌ی تخت ۱۰ سانتیمتری با رزولوشن بالا به نمایش گذاشته شد.
- دانشگاه کالیفرنیا دریافت که نانولوله‌های به شکل Y می‌توانند به صورت یک ترانزیستور عمل کنند.

[۱۸] Tsinghua

- جنرال الکتریک اعلام کرد که دیودهای نانولوله‌ای را ساخته است که دارای بهترین عملکرد هستند و مطابق دیود ایده‌آل تئوری رفتار می‌کنند. همچنین اثر فوتوولتائیک در دیود نانولوله‌ای مشاهده شد که می‌تواند به یک تحول عظیم در ساخت سلول‌های خورشیدی منجر گردد، کارایی آنها را بهبود بخشد و بهره‌وری اقتصادی آنها را افزون سازد.
- صفحات نانولوله‌ای در ابعاد ۵ در ۱۰۰ سانتیمتر ساخته شدند.
- کمپانی Applied Nanotech در تگزاس به همراه شش شرکت ژاپنی دیگر یک تلویزیون نمونه‌ی ۲۵ اینچی نانولوله‌ای ساختند.
- محققین آزمایشگاه‌های LLNL نشان دادند که وقتی یک ماده‌ی منفجره نظیر PETN با لایه‌ای از نانولوله‌های تک دیواره غنی شده با ۲۹٪ آهن، پوشش داده شود می‌توان آن را با تاباندن نور یک فلاش دوربین منفجر کرد در صورتی که بدون استفاده از این پوشش این کار فقط با تاباندن نور لیزر قوی امکان پذیر بود.
- محققین روش جدیدی برای پوشاندن نانو لوله های کربنی چند دیواره با مواد مغناطیسی را به نمایش گذاشتند که بعد از مرتب شدن در یک میدان مغناطیسی می‌توانستند از فاصله‌ی ۱۰ میکرومتری همدیگر را جذب کنند. نانولوله‌ها، با گروه‌های اسید کربوکسیلیک با بار منفی، فعال شده بودند. نانو ذرات مغناطیسی تهیه شده به روش ماسارت با شستشو در اسید نیتریک بار مثبت پیدا می‌کنند که توسط نیروی الکترواستاتیک به نانولوله‌ها می‌چسبند.
- دانشمندان کره‌ای و آمریکایی شاغل در دانشگاه پوهانگ کره و کلمبیای آمریکا تحت هدایت پروفسور فیلیپ کیمی کلمبیا و کیم کوانگ سوی پوهانگ، موفق به بیرون کشیدن یک لوله‌ی تو در تو از نانو لوله ی کربنی چند دیواره شدند.
- محققین دانشگاه ایالتی فلوریدا تحقیق در خصوص کاربرد صفحات نانولوله‌ای را آغاز کردند.
- مشاهده شد که سرعت جریان مایع از داخل آرایه‌های نانولوله پنج برابر بیشتر از حد انتظار بود.
- موسسه‌ی صنعتی هندوستان (کانپور)، وجود نانولوله ی کربنی در کحل نرم را اعلام کرد.
- گزارشات صنعتی حاکی از رشد ۱۰ تا ۱۰۰ برابری تولید نانولوله با انواع و خلوص متفاوت در پنج سال آینده است.

۲۰۰۶

- ساخت لایه‌های نازک نانولوله به روش تبخیر.