



# نانو تیوب کرین



## تاریخچه نانو تیوب کربنی

- کشف نانو لوله های کربنی یکی از اتفاقات مهم حوزه فناوری نانو است نانو لوله های کربنی اولین بار توسط «سومیو ایجیما» در سال ۱۹۹۱ و به صورت کاملاً اتفاقی کشف شدند.
- ایجیما در حال مطالعه سطوح الکترودهای کربنی با استفاده از روش تخلیه قوس الکتریکی بود که با نانولوله های کربنی مواجه شد.



- در یک نانو لوله کربنی، اتمهای کربن در ساختاری استوانه ای شکل، آرایش یافته اند یعنی این ماده یک لوله توخالی است که جنس دیواره اش از اتمهای کربن است.
- آرایش اتمهای کربن در دیواره این ساختار استوانه ای، دقیقا مشابه آرایش کربن در صفحات گرافن است.
- در گرافن، شش ضلعی های منظم کربنی در کنار یکدیگر قرار می گیرند و یک صفحه را تشکیل می دهند.
- در نانو لوله های کربنی صفحات گرافن لوله میشوند و استوانه هایی با قطر چند نانو متر تولید می کنند .



# انواع لوله های کربنی از نظر جداره

• انواع نانو لوله های کربنی بر اساس ساختارشان به سه گروه طبقه بندی می شوند که هر گروه دارای خواص متفاوت و کاربردهای مختلفی است که در ادامه شرح داده شده است.

۱- نانو تیوب کربنی تک جداره

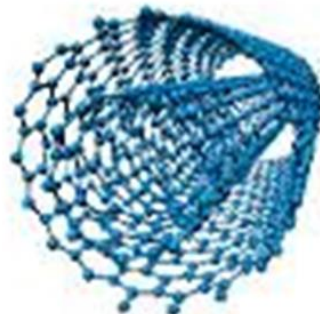
۲- نانو تیوب دو جداره

۳- نانو تیوب چند جداره

single-walled  
carbon nanotube  
(SWCNT)



double-walled  
carbon nanotube  
(DWCNT)



triple-walled  
carbon nanotube  
(TWCNT)



## نانو تیوب کربنی تک جداره

- نانو تیوب های کربنی تک جداره آلوتروپ کربن هیبرید شده **SP2** هستند . این ساختار حلقه های کربن شش اتمی را به شکل شش ضلعی تشکیل می دهد که مشابه گرافیت است.



# نانو تیوب کربنی دو جداره

- نانوتیوب های کربنی دو جداره از دو نانوتیوب کربنی تک جداره متحد المרכז SWNT تشکیل شده است.
- پوسته های خارجی اضافی آنها به نانوتیوب کربنی دو جداره خواص الکترونیکی و نوری منحصر به فردی در مقایسه با نانو تیوب های کربنی تک جداره می بخشد و همینطور مقاومت شیمیایی بالاتری به آنها می دهد.



# نانو تیوب کربنی چند جداره

- نانوتیوب های کربنی چند جداره، نانوتیوب هایی هستند که از چندین نانوتیوب به هم پیوسته متحد المركز ساخته شده اند. قطر آنها به بیش از ۱۰۰ نانومتر می رسد.
- یکی از معایب نانولوله های چند جداره نسبت به تک جداره این است که استحکام دهی آنها کمتر می باشد زیرا پیوند های صفحات داخلی ضعیف میباشند .
- اما از آنجا که در حال حاضر کاربرد های نانولوله ها در تقویت پلیمرها باعث بهبود خواص الکتریکی و گرمایی میشود تا بهبود خواص مکانیکی کاربرد نانولوله های کربنی چند جداره بسیار زیاد میباشد از طرفی تکنیک های موجود نیز برای تولید نانولوله های تک جداره به اندازه کافی بازدهی ندارد و خلوص لازم را نیز به همراه نمی آورد تلخیص این مواد بسیار زحمت آور استو در نهایت ممکن است به ساختار نانولوله نیز صدمه بزند .



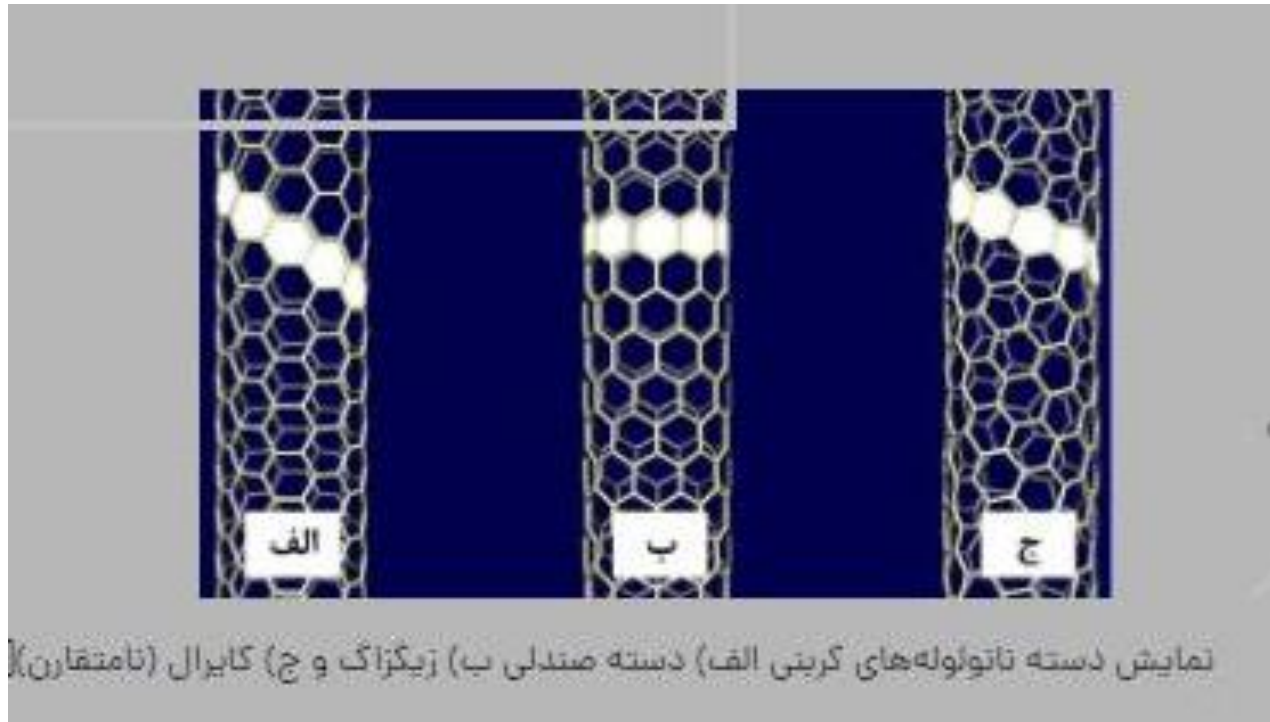


# انواع لوله های کربنی از مقطع

- بر حسب نحوه ی قرار گیری واحدی های شش ضلعی در پیرامون یک استوانه، سه ساختار هندسی را می توان برای نانو لوله های کربنی تصور کرد. ساختارهای هندسی صندلی و زیگزاگ، دو موردی می باشند که ساختار ساده ای دارند. سومین دسته از این ساختار ها، ساختار کایرال بوده که واحد های شش ضلعی به شکل مارپیچ حول محور استوانه قرار گرفته اند. ساختار های هندسی مذکور تاثیر بسزایی در ویژگیهای نانو لوله های کربنی دارند



- مطابق شکل زیر مشاهده می‌کنید که با دیدن نانولوله‌های کربنی می‌توان نوع آنها را متوجه شد. نانولوله‌های کربنی زیگزاگ دارای طرح زیگزاگی در راستای عرضشان هستند. نانولوله‌های کربنی دسته صندلی نیز دارای طرح منظم در طول عرضشان یا به صورت مورب هستند. نانولوله‌های کربنی که هیچ کدام از نظم‌های مذکور را نداشته باشند از نوع کایرال هستند.
- لوله با لبه‌های صندلی شکل خواص یکسان داشته و بخاطر خاصیت رسانایی فوق العاده شان خواهان فراوانی دارند. بر خلاف آنها لوله‌های زیگزاگ شکل خاصیت نیمه هادی نشان می‌دهند.



## روشهای سنتز نانولوله های کربنی

- روشهای سنتز نانولوله های کربنی متنوع بوده و از جمله آنها

- میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

تخلیه قوس الکتریکی

سایش لیزری

رسوب شیمیایی فاز بخار



# تخلیه قوس الکتریکی

- اصول روش تخلیه قوس کربنی:
- روش تخلیه قوس کربنی بر اساس ایجاد قوس الکتریکی بین دو الکترود کربنی (معمولاً گرافیت) عمل می‌کند. این قوس الکتریکی دماهای بسیار بالایی (حدود ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ درجه سانتی‌گراد) تولید می‌کند که باعث تبخیر کربن و تشکیل بخار کربن می‌شود.
- . اجزای سیستم:
- الکترودها: دو الکترود کربنی که معمولاً از گرافیت ساخته شده‌اند.
- منبع تغذیه: برای ایجاد قوس الکتریکی بین الکترودها.
- محفظه تخلیه: یک محفظه که در آن واکنش انجام می‌شود و معمولاً تحت گاز بی‌اثر (مثل آرگون) قرار دارد تا از اکسیداسیون جلوگیری شود.



- . مراحل سنتز:
- آماده‌سازی الکترودها: الکترودها به صورت مناسب شکل دهی و در محفظه قرار می‌گیرند.
- ایجاد قوس الکتریکی: با روشن کردن منبع تغذیه، قوس الکتریکی بین دو الکتروود ایجاد می‌شود. این قوس باعث تبخیر کربن و تولید بخار کربن می‌شود.
- تولید نانو تیوب‌ها: بخار کربن در دماهای بالا به نانو تیوب‌های کربنی تبدیل می‌شود. این نانو تیوب‌ها به صورت ساختارهای لوله‌ای با قطر نانومتری و طول‌های مختلف تشکیل می‌شوند..

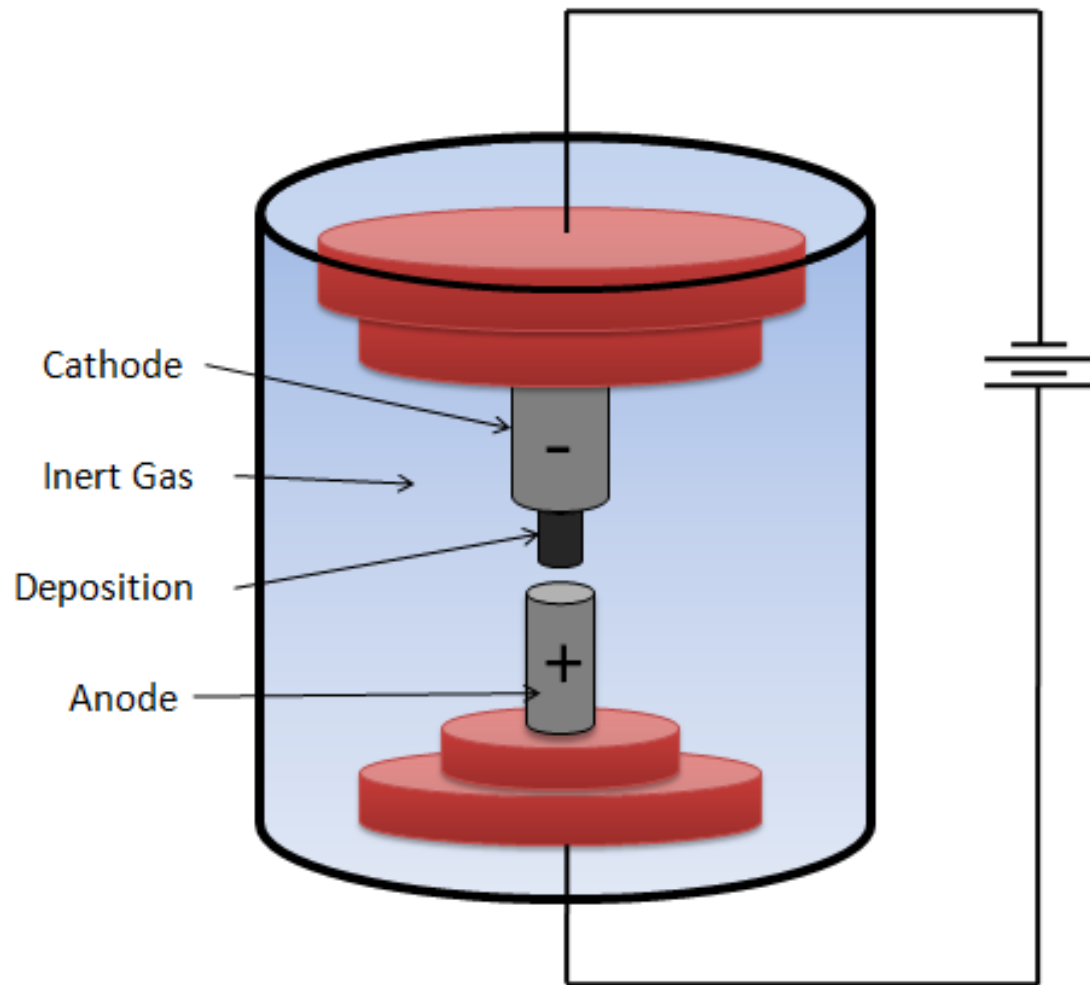
### مزایا:

- تولید نانو تیوب‌های با کیفیت بالا.
- امکان کنترل شرایط سنتز برای تولید انواع مختلف نانو تیوب‌ها (مانند نانو تیوب‌های تک دیواره و چند دیواره).

### معایب:

- هزینه بالای تجهیزات.





# سایش لیزری

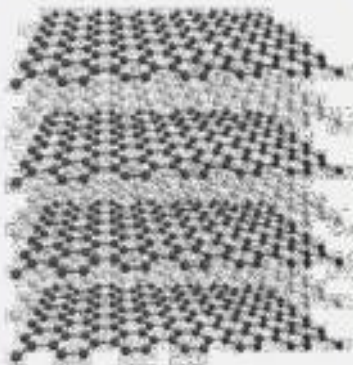


در سال 1996، گروه اسمایی از دانشگاه رایس تکنیک تبخیر از طریق لیزر برای بهینه سازی روش لیزر به منظور تولید نانوتیوب های تک جداره ای در مقادیر چند گرم به کار رفت.

تاریخچه

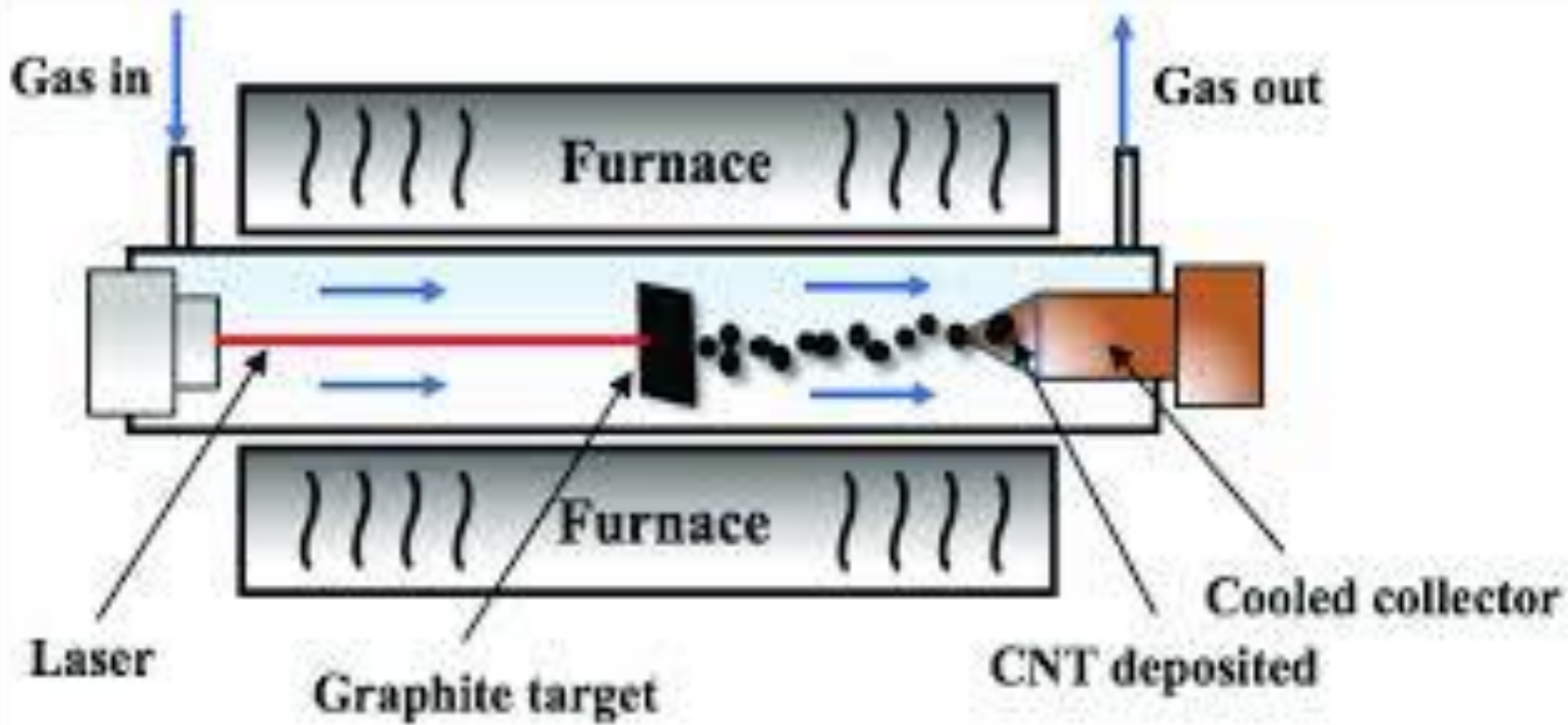
گرافیت مخلوط شده با مقادیر کمی از فلز انتقالی (نیکل و کبالت) در انتهای یک لوله کوارتز قرار داده میشود. در معرض پرتو یون لیزر، گرافیت تبخیر شده و نانولوله های کربنی بدست می آید. دمای کوره در حدود 1200 درجه می باشد

ساخت



%70

بازده



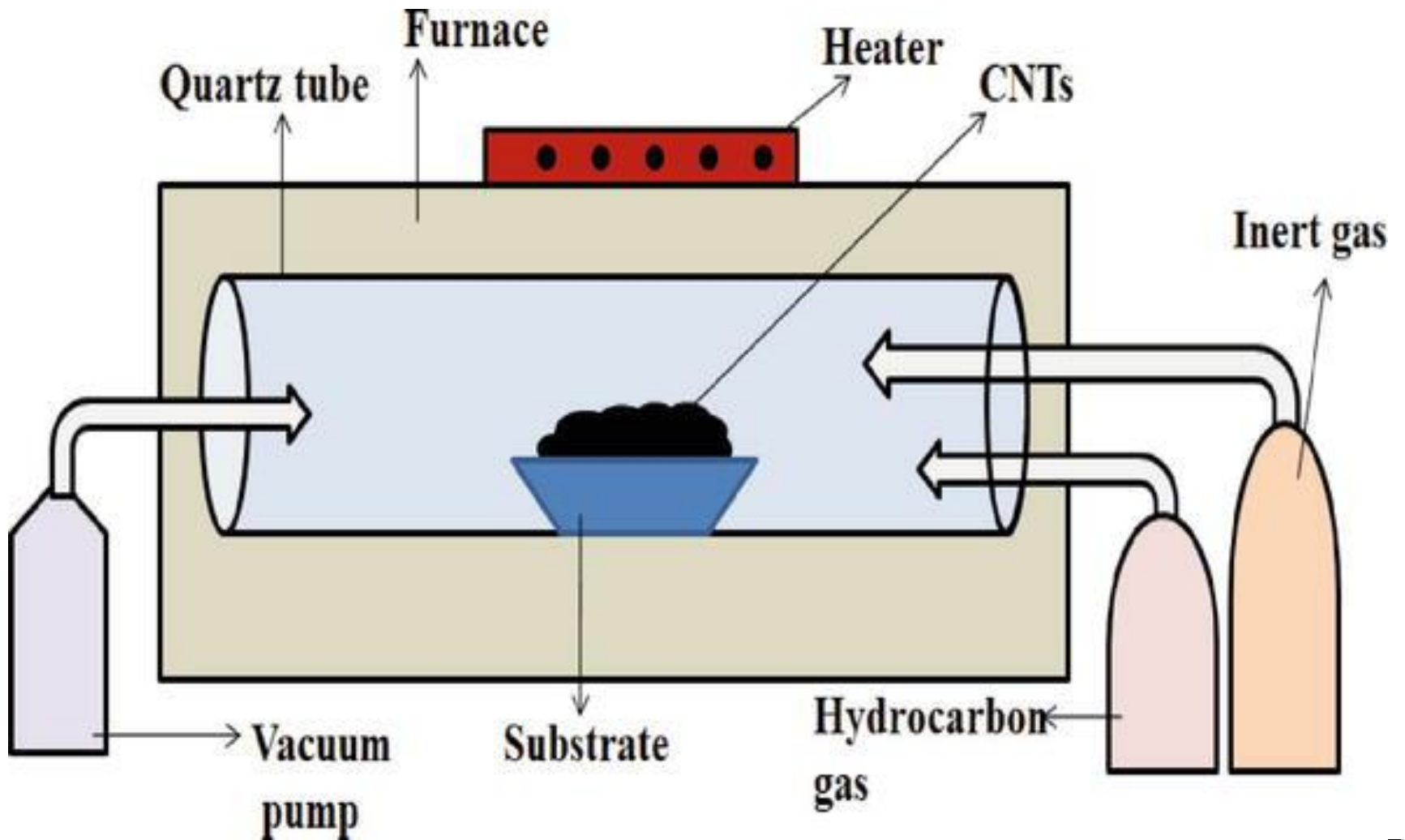


# رسوب شیمیایی بخار

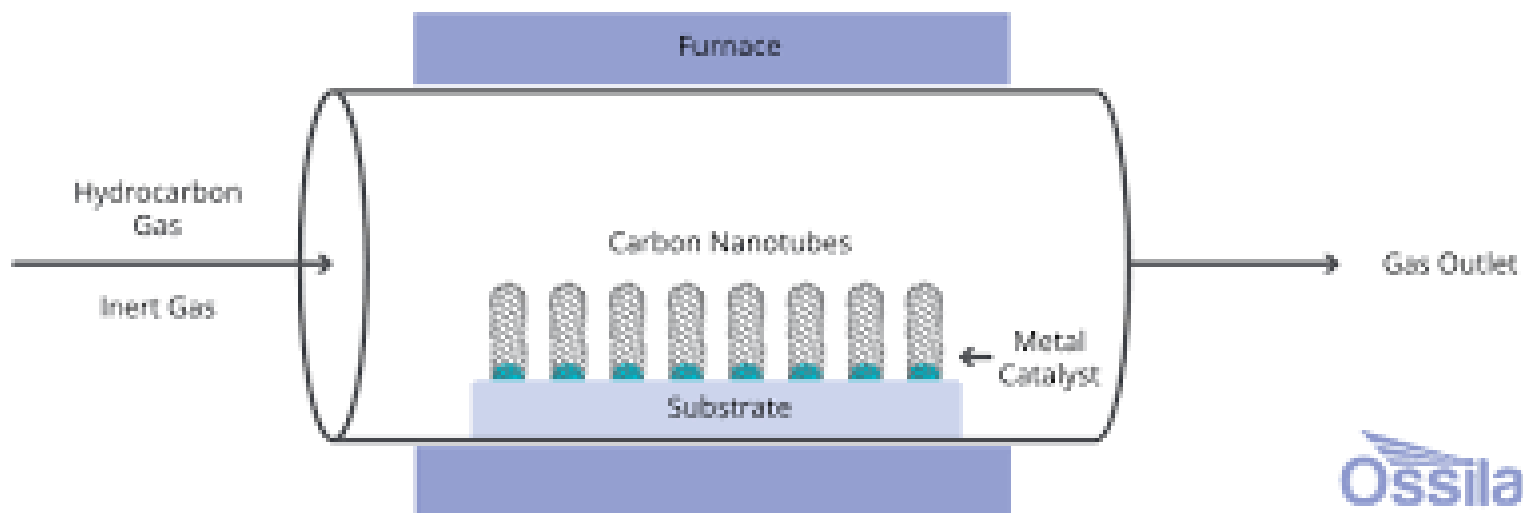
- روش CVD از دیگر روش‌های تولید نانولوله‌های کربنی است که برای تولید انبوه (در حد چند کیلوگرم) به کار می‌رود. این روش شامل رشد کاتالیزوری عنصر کربن در دمای بالاست. در این فرآیند از نانوذرات فلزی که به عنوان کاتالیست عمل می‌کنند، استفاده می‌شود.

- منبع تأمین کربن ترکیباتی مانند مونوکسید کربن، هیدروکربن‌های آروماتیک مانند بنزن، تولوئن، زایلن، نفتالن، یا مخلوطی از آن‌ها و نیز هیدروکربن‌های غیرآروماتیک مانند متان، اتان، پروپان، اتیلن، پروپیلن، استیلن یا مخلوطی از آن‌ها و همچنین هیدروکربن‌های اکسیژن‌دار از قبیل فرمالدئید، استالدئید، متانول، اتانول یا مخلوطی از آن‌هاست.





- معمولاً کاتالیزور تحت هیدروژن و در حدود دمای ۴۰۰ درجه به مدت ۳۰ دقیقه روی زیر لایه می نشیند



روش‌های تولید نانولوله‌های کربنی، مزایا و معایب آنها

معایب	مزایا	شرایط عملیاتی	نام روش
<p>۱- ایجاد چگالی بالایی از عیوب در ساختار نانولوله‌های کربن</p> <p>۲- وجود محصولات جانبی شامل کربن آروماتیک، کربن آمورف و چندوجهی و ذرات فلزی</p>	<p>۱- تولید در مقیاس بزرگ و هزینه کم</p> <p>۲- تولید نانولوله‌هایی با قطر، طول و تعداد لایه‌های کنترل شده</p> <p>۳- تولید SWCNT با خلوص و کریستالیت بالا</p>	<p>تجزیه گازهای هیدروکربنی با کاتالیست‌های فلزی در دمای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ °C</p>	<p>رسوب بخار شیمیایی</p>
<p>۱- تولید نانولوله‌های کربنی در مقدار کم</p> <p>۲- وجود محصولات جانبی از جمله فولرن‌ها، کربن آمورف، ذرات گرافیتی و ذرات فلزی</p>	<p>۱- تولید MWCNT بدون کاتالیست‌های فلزی</p> <p>۲- تولید نانولوله‌هایی با عیوب کم، کیفیت و استحکام بالا</p>	<p>عبور جریان مستقیم از یک محیط گازی بین دو الکترود</p>	<p>تخلیه الکتریکی</p>
<p>۱- تولید نانولوله‌های کربنی در مقدار کم</p> <p>۲- وجود محصولات جانبی از جمله فولرن‌ها، کربن آمورف، ذرات گرافیتی و ذرات فلزی</p>	<p>۱- تولید نانولوله‌هایی با عیوب کم و کیفیت بالا</p> <p>۲- رشد SWCNT با قطر باریک و کنترل شده (<math>\sim 1/4 \text{ nm}</math>)</p>	<p>تاباندن پرتولیزری توان بالا به هدف گرافیتی</p>	<p>فرسایش لیزری</p>



# خواص کلی نانو تیوب کربن

- CNTها می توانند استحکام کششی مکانیکی ۴۰۰ برابر فولاد معمولی داشته باشند.
- آنها بسیار سبک وزن هستند زیرا چگالی آنها یک ششم چگالی فولاد است. هدایت حرارتی CNTها بهتر از الماس است.
- نانوتیوب های کربنی نسبت ابعادی بسیار بالایی بیش از ۱۰۰۰ دارند
- نانو لوله کربنی نسبت به سیم های مسی برای عبور جریان الکتریسیته بهتر هستند، زیرا این لوله ها می توانند با انتقال بالستیک الکترون را از سطح خود عبور دهند. به همین دلیل برای موارد میکروالکترونیک بیشتر از این لوله ها استفاده می شود.
- مانند گرافیت، آنها از نظر شیمیایی بسیار پایدار هستند و تقریباً در برابر هرگونه ضربه شیمیایی مقاومت می کنند، مگر اینکه همزمان در معرض دمای بالا و اکسیژن قرار گیرند.
- فضای داخلی توخالی آنها را می توان با نانومواد مختلف پر کرد و آنها را از محیط اطراف جدا کرد و از آنها محافظت کرد - خاصیتی که برای کاربردهای نانوپزشکی مانند دارو رسانی بسیار مفید است.



## برخی از کاربردهای مهم نانو تیوب کربنی

- کامپوزیت
- کاتالیزور
- حسگرها
- جوهر نانو
- نمایشگرها
- پزشکی
- صنعت تصفیه آب و تصفیه هوا



## کامپوزیت

- برخی مواد کامپوزیتی در حال حاضر در موارد زیر استفاده می شوند:
- کالاهای ورزشی (قاب دوچرخه، راکت تنیس، چوب هاکی، چوب و توپ گلف، اسکی، کایاک، پیکان های ورزشی)
- قایقرانی (دکل ها، بدنه ها و سایر قسمت های قایق های بادبانی)
- منسوجات (منسوجات آنتی استاتیک و رسانای الکتریکی، جلیقه های ضد گلوله، منسوجات مقاوم در برابر آب و مقاوم در برابر شعله)
- خودرو، هوانوردی و فضا (کامپوزیت های ساختاری سبک وزن و با استحکام بالا)
- مهندسی صنایع (به عنوان مثال پوشش پره های روتور توربین بادی، بازوهای ربات صنعتی)



# کاتالیست

- چیزی که نانوتیوب‌های کربنی را برای کاتالیست بسیار جذاب می‌کند، سطح فوق‌العاده بالای آن‌ها همراه با توانایی اتصال هر گونه مواد شیمیایی به دیواره‌های کناری آنها است.
- در حال حاضر CNTها به عنوان کاتالیزور در بسیاری از فرآیندهای شیمیایی مربوطه استفاده شده‌اند.
- استفاده از نانو لوله های کربنی به عنوان نانو کاتالیست برای جذب و ذخیره سازی گاز طبیعی و هیدروژن، سولفورزدایی از نفت خام.





# حسگرها

- بسیاری از مطالعات نشان داده اند که اگرچه نانوتیوب های کربنی دارای ساختاری قوی و بی اثر هستند، اما خواص الکتریکی آنها به اثرات انتقال بار و دوپینگ شیمیایی توسط مولکول های مختلف بسیار حساس است.
- اکثر حسگرهای مبتنی بر CNTها ترانزیستورهای اثر میدانی FET هستند
- اگرچه CNT ساختارهای قوی و بی اثری دارند اما خواص الکتریکی آنها به اثرات انتقال بار و دوپینگ شیمیایی توسط مولکول های مختلف بسیار حساس است.
- CNTs-FETها به طور گسترده ای برای شناسایی گازهایی مانند گازهای گلخانه ای در کاربردهای زیست محیطی مورد استفاده قرار می گیرند.



# جوهر نانو

- فرمول‌های جوهر مبتنی بر پراکندگی **CNT** برای کاربردهای الکترونیک چاپی مانند الکترودهای شفاف، ، ترانزیستورهای لایه نازک، دستگاه‌های ساطع کننده نور و سلول‌های خورشیدی بسیار کاربردی هستند.



# نمایشگر

- نانوتیوب های کربنی با توجه به رسانایی الکتریکی بالا و وضوح باورنکردنی انتهای آنها (هرچه شعاع انحنای پایانی کوچک تر و میدان الکتریکی متمرکزتر باشد توسعه میدان بیشتر است)، امیدوارکننده ترین ماده برای ساطع کننده های میدانی در نظر گرفته می شوند. به عنوان مثال CNTها به عنوان تابشگر الکترون برای نمایشگرهای انتشار میدانی FED مورد استفاده قرار می گیرند.
- فناوری نمایشگر انتشار میدانی FED کلاس جدیدی از نمایشگرهای صفحه تخت با مساحت بزرگ، وضوح بالا و کم هزینه را ممکن می سازد.



# پزشکی

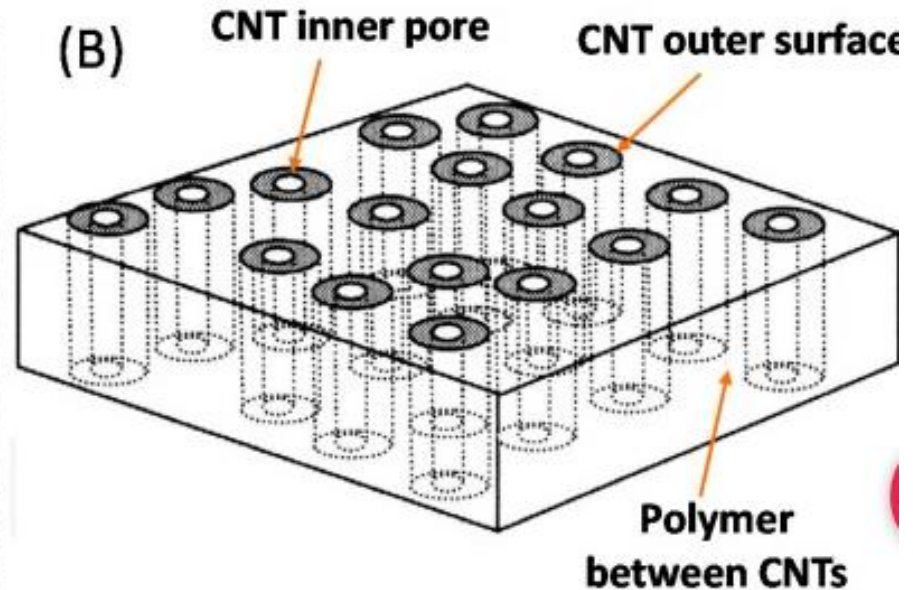
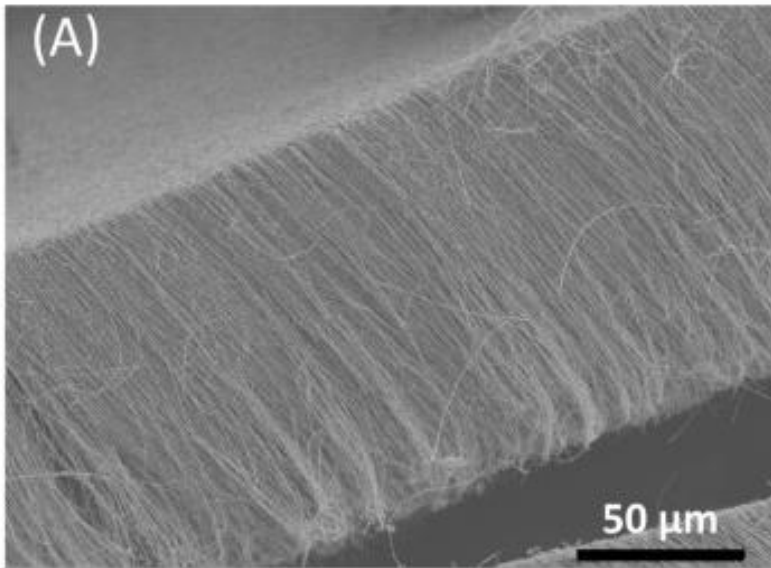
- یکی از بیماری های بسیار رایج در جهان امروز سرطان است که سالانه جان انسانهای زیادی را میگیرد. راه های فعلی درمان سرطان عبارتند از جراحی، شیمی درمانی و رادیوتراپی (درمان با امواج الکترومغناطیسی). این روش ها گاهی اوقات دردناک هستند و علاوه بر سلولهای بیمار، سلولهای سالم بدن را نیز مورد هدف قرار می دهند و با عوارض جانبی همراه هستند.

- نانوتیوب های کربنی به عنوان حاملهای دارو، میتوانند سلولهای نوع خاصی از سرطان را مورد هدف قرار دهند و با استفاده از دوز کمتری از دارو، سلولهای سرطانی را از بین ببرند. همین دقت در هدفگیری سلولهای بیمار، باعث میشود صدمه کمتری به سلولهای سالم وارد شود و در نتیجه عوارض دارو را کاهش میدهد.



## صنعت تصفیه آب و تصفیه هوا

- نانوتیوب های کربنی بدلیل سطح ویژه زیادی که دارند و همچنین اندازه حفره داخلیشان، گزینه مناسبی برای فرآیند های تصفیه و فیلتراسیون هستند. نانولوله ها ممکن است به چند شکل مختلف برای فیلتراسیون استفاده شوند. یکی از اینها میتواند مانند شکل زیر باشد:



- باوجودی که اندازه حفرات غشا های نانولوله های کربنی بسیار کوچکتر از غشاهای معمولی است، اما نرخ جریان عبوری از آنها، تقریبا برابر با غشا های عادی است. غشاهای نانولوله های کربنی توانایی حذف بسیاری از آلودگی ها مانند باکتری ها، ویروسها، ترکیبات آلی و روغن ها را دارند

