بسم الله الرحمن الرحیم

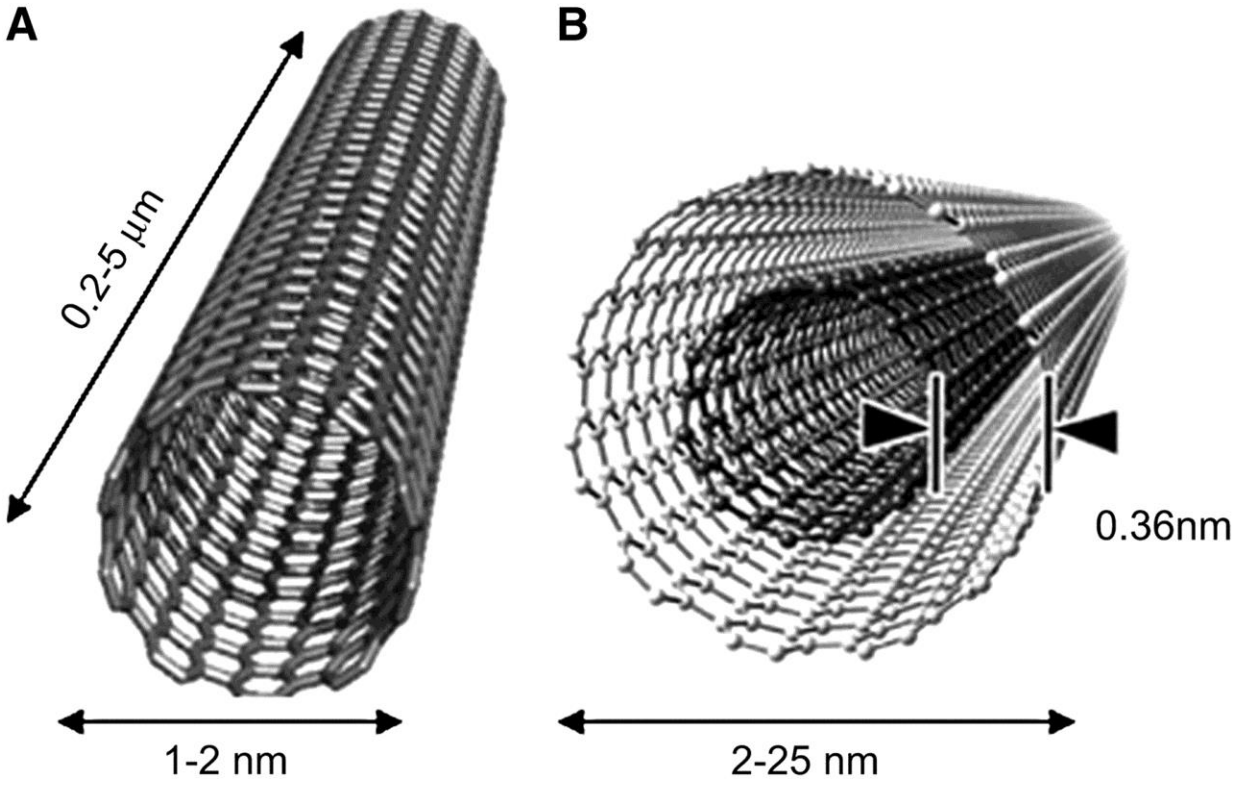
نانو لوله های کربنی

تاریخچه

- در سال ۱۹۹۱ توسط سامیو ایجیما از شرکت NECژاپن کشف شد.
- چاپ عکسی از نانو تیوب کربنی چند دیواره در سال ۱۹۵۲ در مجله Soviet *Journal of Physical Chemistry*
- چاپ مقاله به زبان روسی
- دسترسی محدود محققان غربی به مجله به علت جنگ سرد
- از صفحات کربن به ضخامت یک اتم و به شکل استوانه توخالی ساخته شده است.

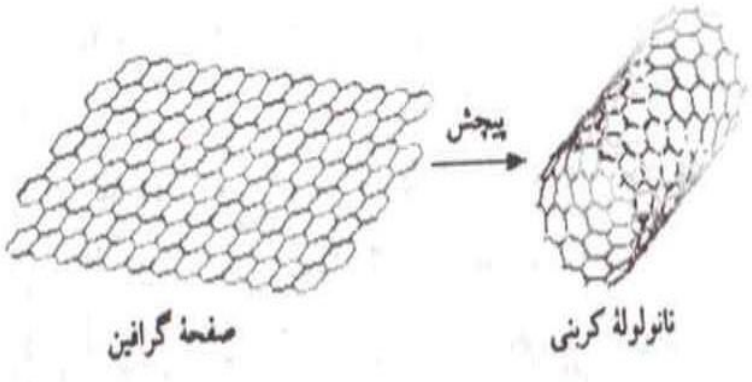
تاریخچه

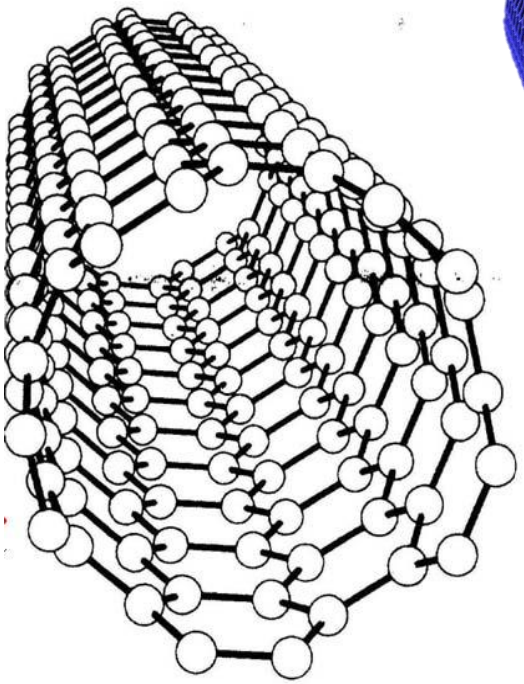
- متعارف ترین ماده تک بعدی با نسبت طول به قطر بالا
- قطر نانومتری و طول تا ۱۸ سانتی متر
- کسب بازار ۱۲میلیارد دلاری در ۵ سال

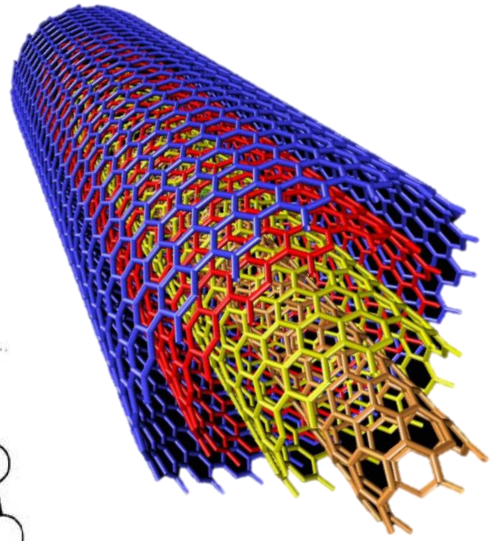


انواع نانو لوله های کربنی

- نانو لوله های کربنی تک دیواره (SWCNT)
- نانو لوله های کربنی چند دیواره (MWCNT)





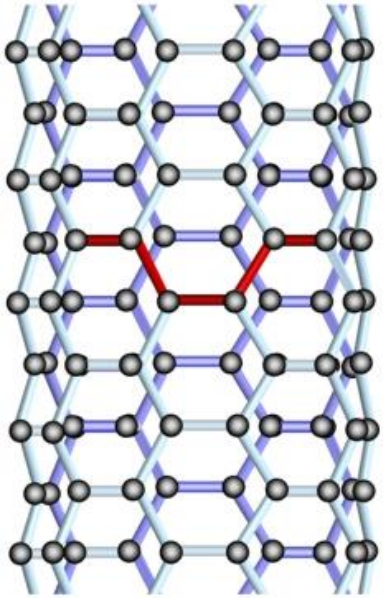


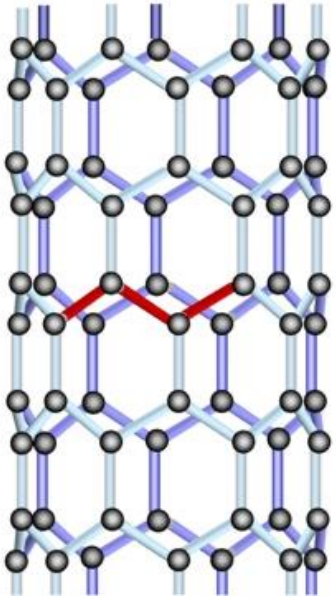
نانو لوله های کربنی تک دیواره

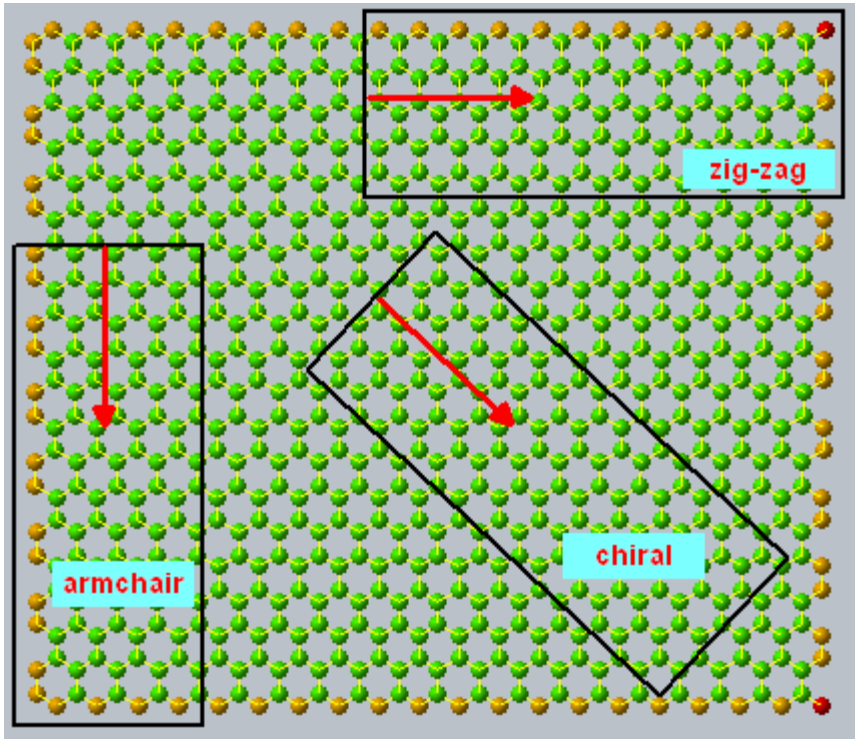
- Zig-zag
- Armchair

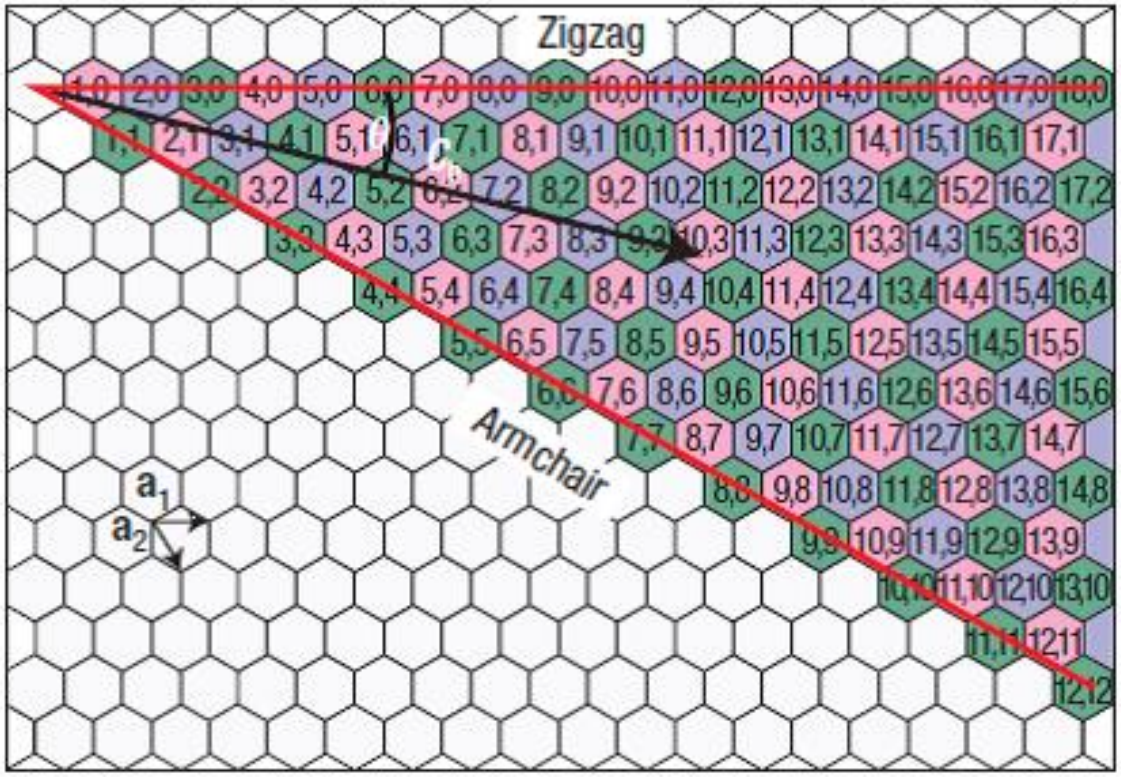
} تقارن بالا

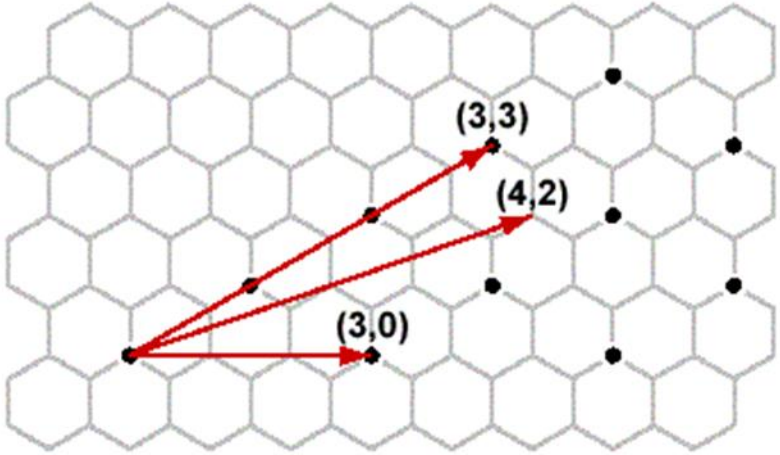
- Chiral





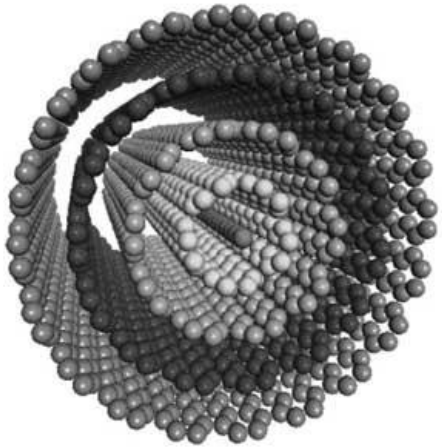



Zigzag
Armchair
a1
a2


(3,3)
(4,2)
(3,0)

نانو لوله های کربنی چند دیواره

- Russian doll Model
- Parchment Model



خواص و ویژگی ها

خواص مکانیکی

- مدول یانگ بسیار بالا
  - ۱۰۰۰ گیگا پاسکال (۵ برابر بیشتر از فولاد)
- استحکام کششی بالا
  - ۵۰ برابر بیشتر از فولاد
- دانسیته کم

مناسب برای کاربردهای ساختمانی

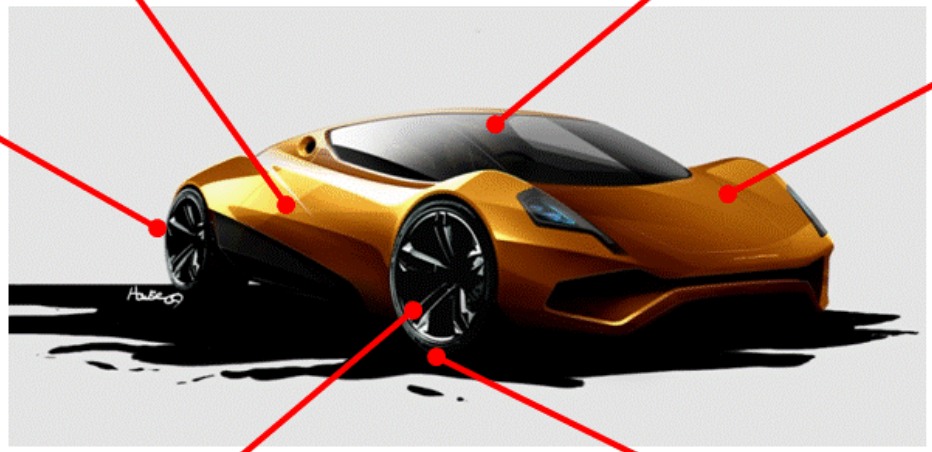
کاربردها

کاربردهای CNT
ترانزیستورها
روکش‌های کامپوزیتی ضد رادار
کامپوزیت های استحکام بالا
میکرو الکترونیک
رنگ‌های رسانا
جلیقه های ضدگلوله سبک
نمایشگرهای گسیل میدانی
حسگرها

The smart carbon fibre – carbon nanotube body will decreased the car's weigh and will also improve performance. The body could also be infused with carbon nanotube epoxy and this will give the body stronger structural and sensing properties.

Carbon nanotube composite materials could be used for the windows, windscreen etc. This will add good electrical conductivity properties and allow the windscreen and windows to be connected to a heater and the car to de-ice easily and quickly.

Carbon nanotubes are produced using hydrocarbon gases and catalysts in a similar conditions that exist in a vehicle exhaust systems. It might be possible to produce carbon nanoatubes in a vehicle exhaust using catalyst and reducing green house gas emission.

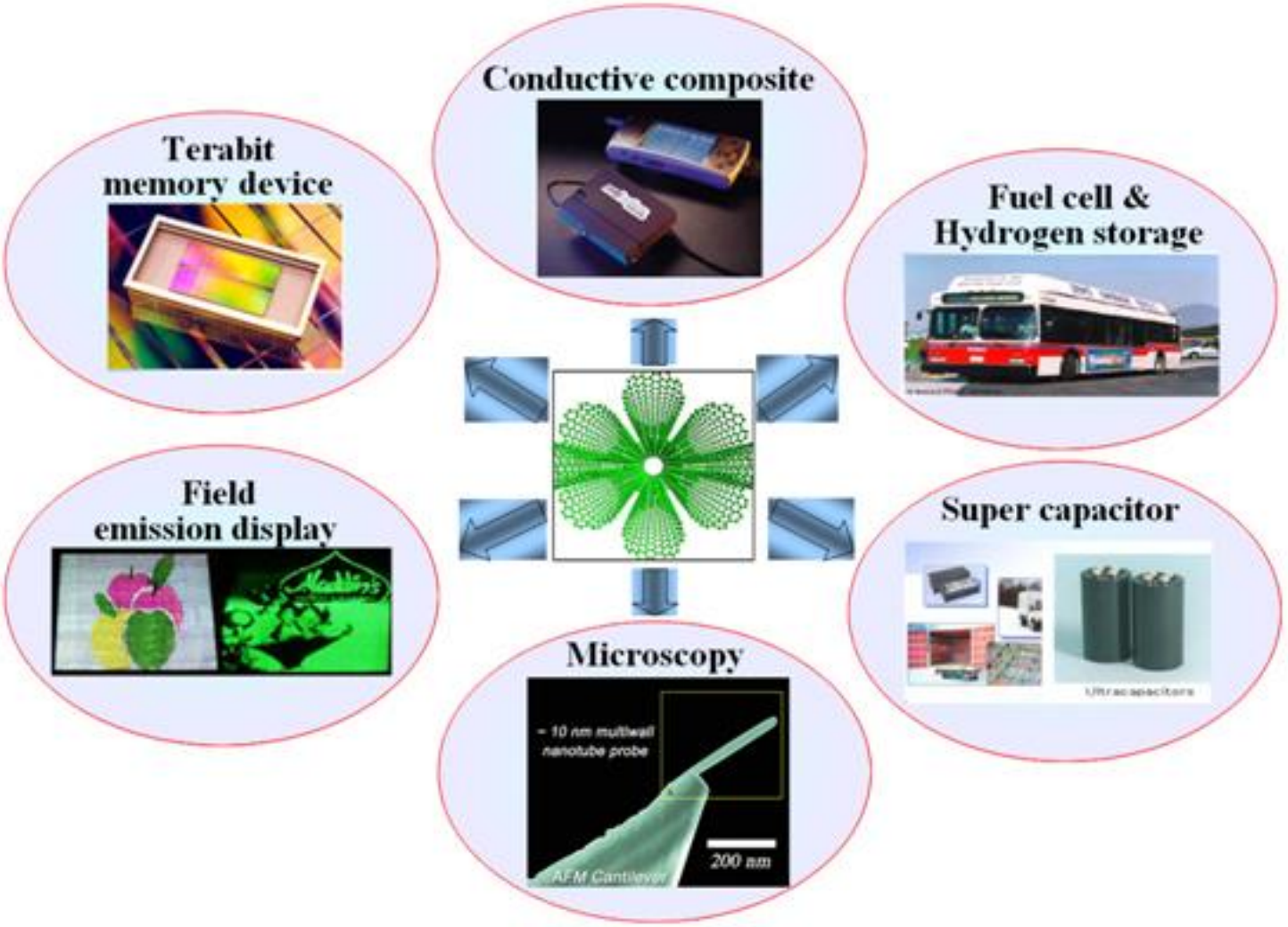


Carbon nanotubes used in MMC could make the engine weigh less and will also improve structural properties. Carbon nanomaterials could be also used in fuel cells and butteries in hybrid and cars powered by alternative energy.

Image courtesy of Jim Dowle from JJAD

Carbon nanotube carbon-carbon composites have already been developed for braking applications in aerospace industry. This brakes will add further weigh loss and improved performance.

A nanotube pressure gauge could be installed to measure air pressure in the tyres. The gauge could be very accurate and precise due to the unique electrical and mechanical properties of nanomaterials.

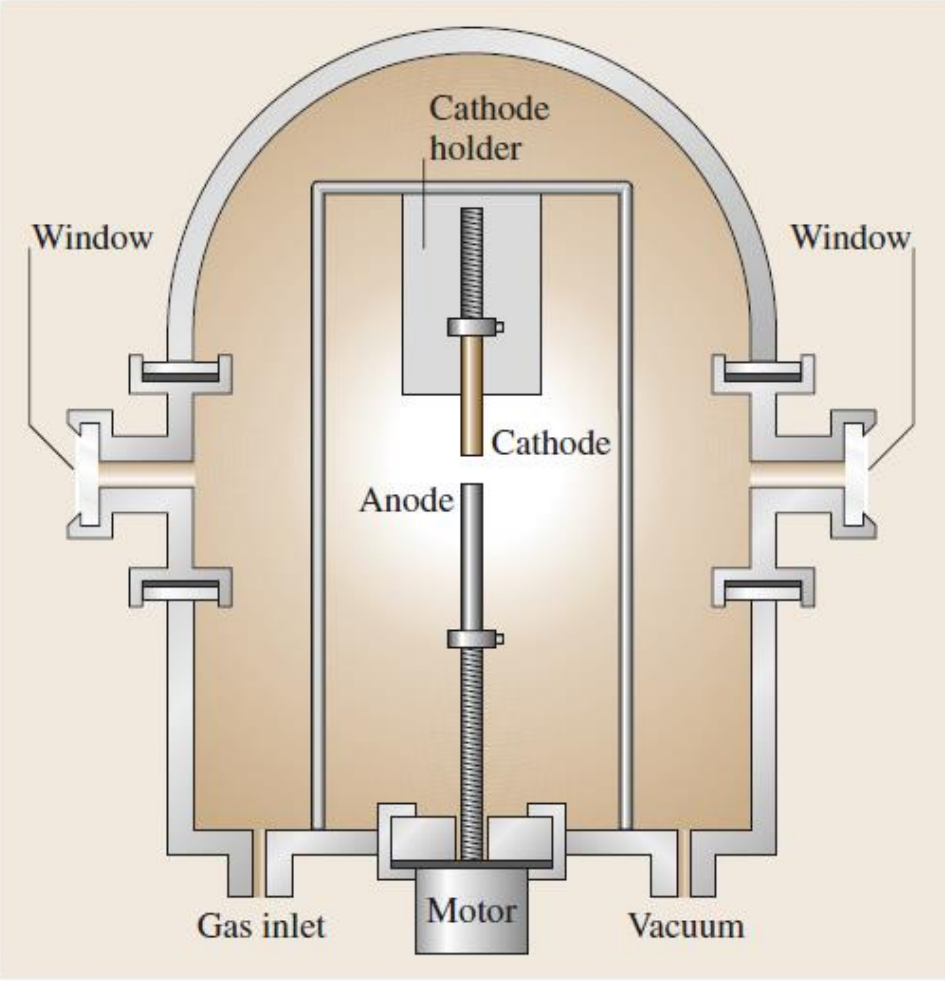

Conductive composite
Terabit memory device
Fuel cell & Hydrogen storage
Field emission display
Super capacitor
Microscopy
~ 10 nm multiwall nanotube probe
200 nm
AFM Cantilever

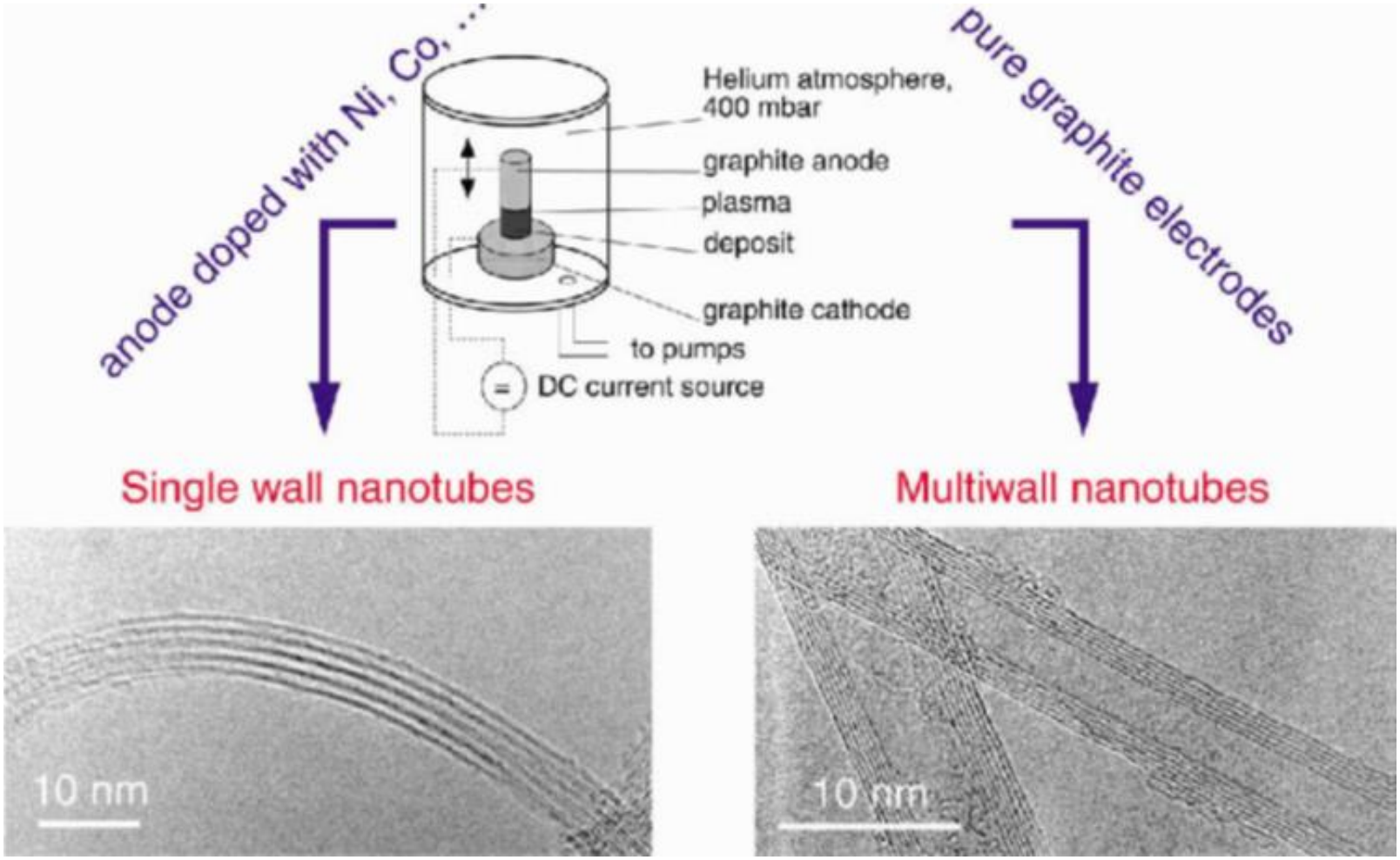
روش های تولید

- تخلیه قوس
  - قوس مشعل جوشکاری
  - تخلیه قوس پلاسما چرخان
  - تولید به کمک میدان مغناطیسی
  - تولید در نیتروژن مایع
- برش لیزری
  - پالس فوق سریع
  - روش موج پیوسته
- رسوب شیمیایی بخار
  - رشد از فاز بخار
  - تقویت شده با لیزر
  - بهبود یافته با پلاسما
  - رسوب شیمیایی حرارتی بخار
  - بخار کاتالیستی الکل

تخلیه قوس

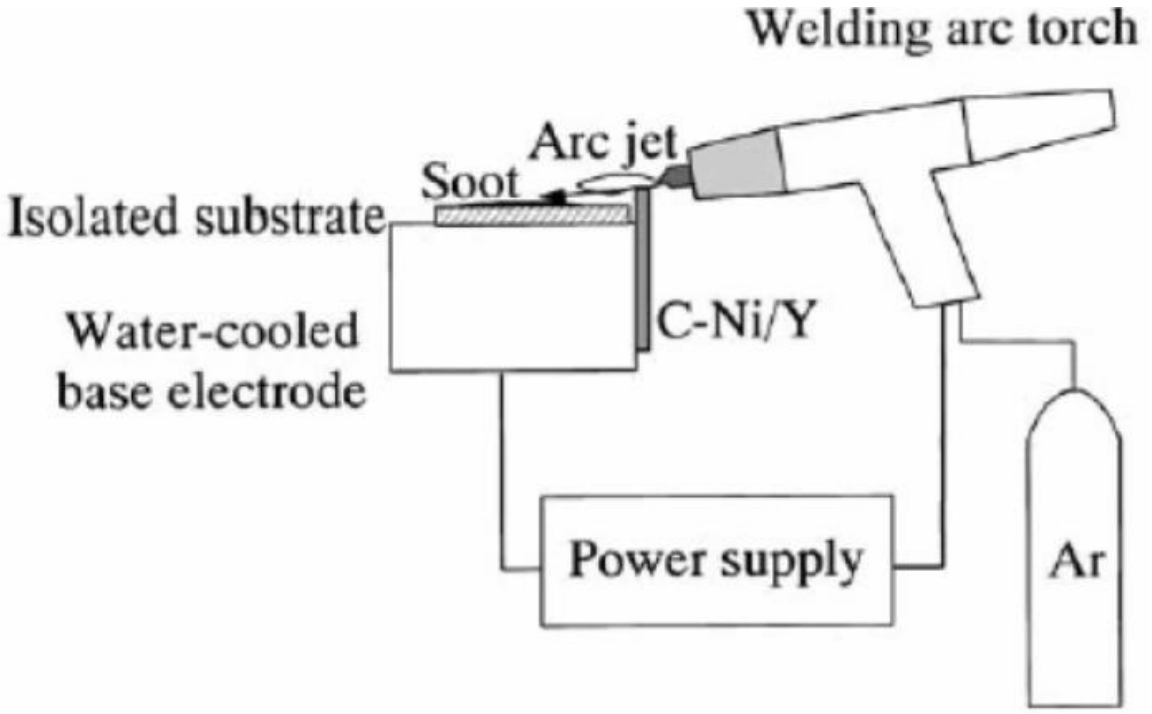
- عمده ترین روش و شاید ساده ترین راه
- توزیع متفاوت قطرها وابسته به مخلوط هلیوم و آرگون
- اگر هر دو الکترود گرافیتی باشند، محصول اصلی، نانولوله های چند دیواره‌ای خواهد بود




anode doped with Ni, Co, ...
pure graphite electrodes
Helium atmosphere,
400 mbar
graphite anode
plasma
deposit
graphite cathode
to pumps
DC current source
Single wall nanotubes
Multiwall nanotubes
10 nm
10 nm

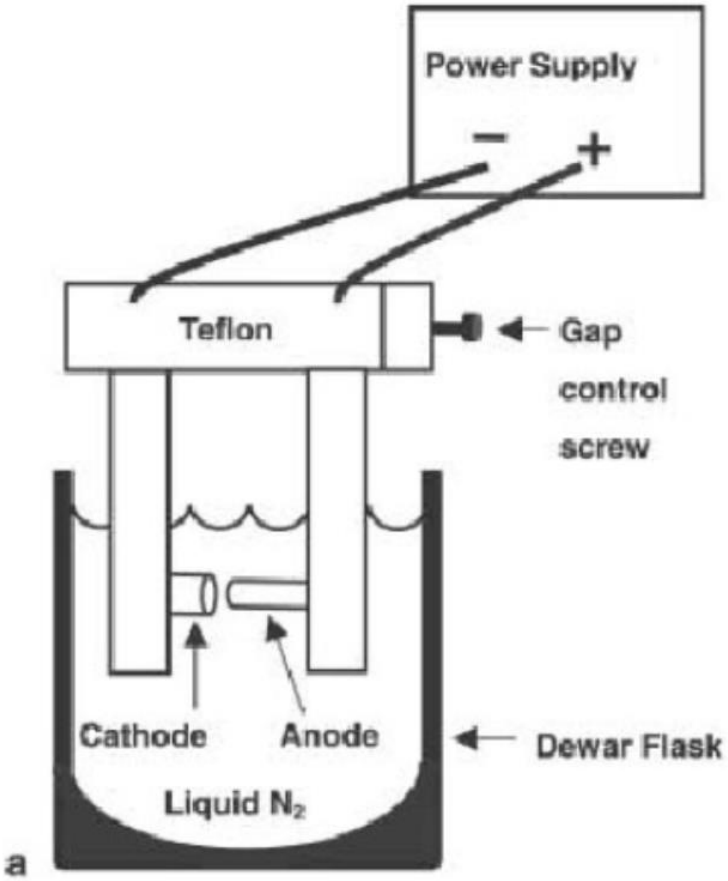
قوس مشعل جوشکاری

- امکان تولید نانولوله های تک و چند دیواره‌ای در اتمسفر محیط
- قوس مشعل به طرف لبه صفحه هدف گرافیتی حاوی نیکل و ایتریم نشانه گرفته می شود و دوده حاوی نانولوله روی زیرلایه، زیر هدف چگالش می شود
- مقدار تولیدی بسیار پائین تر از روش های معمول کم فشار تخلیه قوس



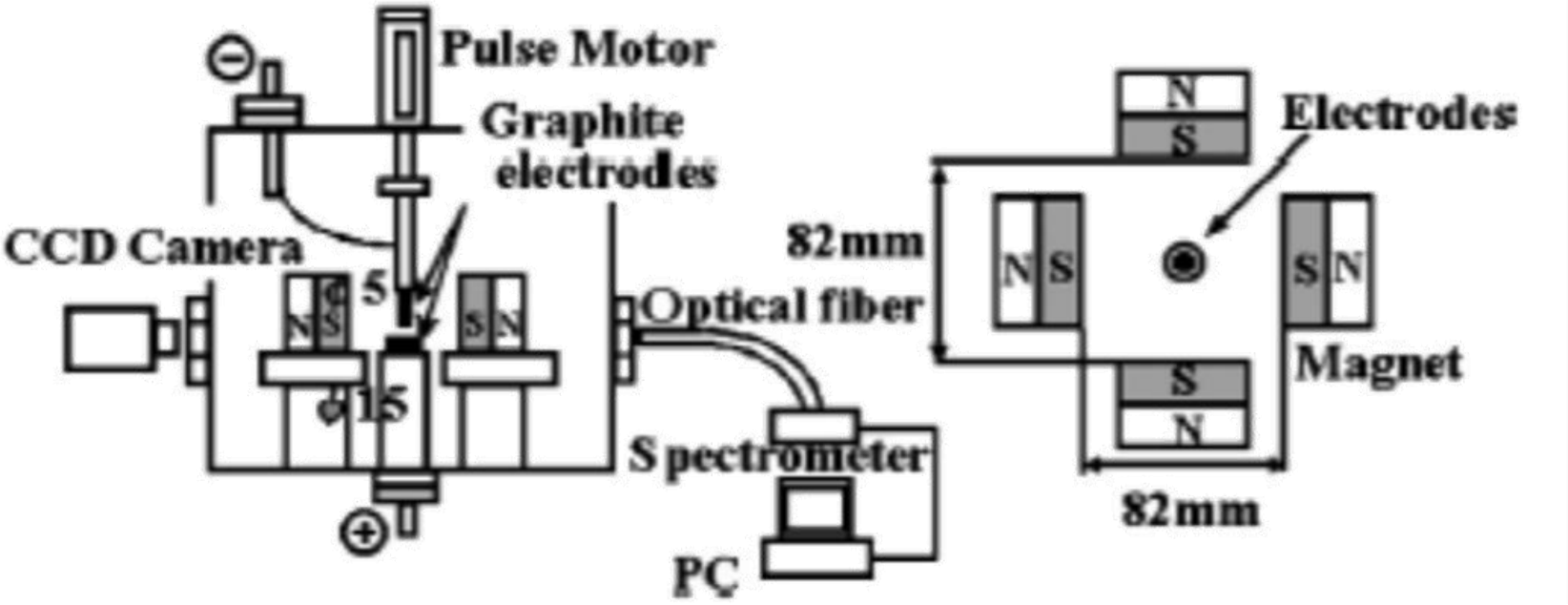
تولید در نیتروژن مایع

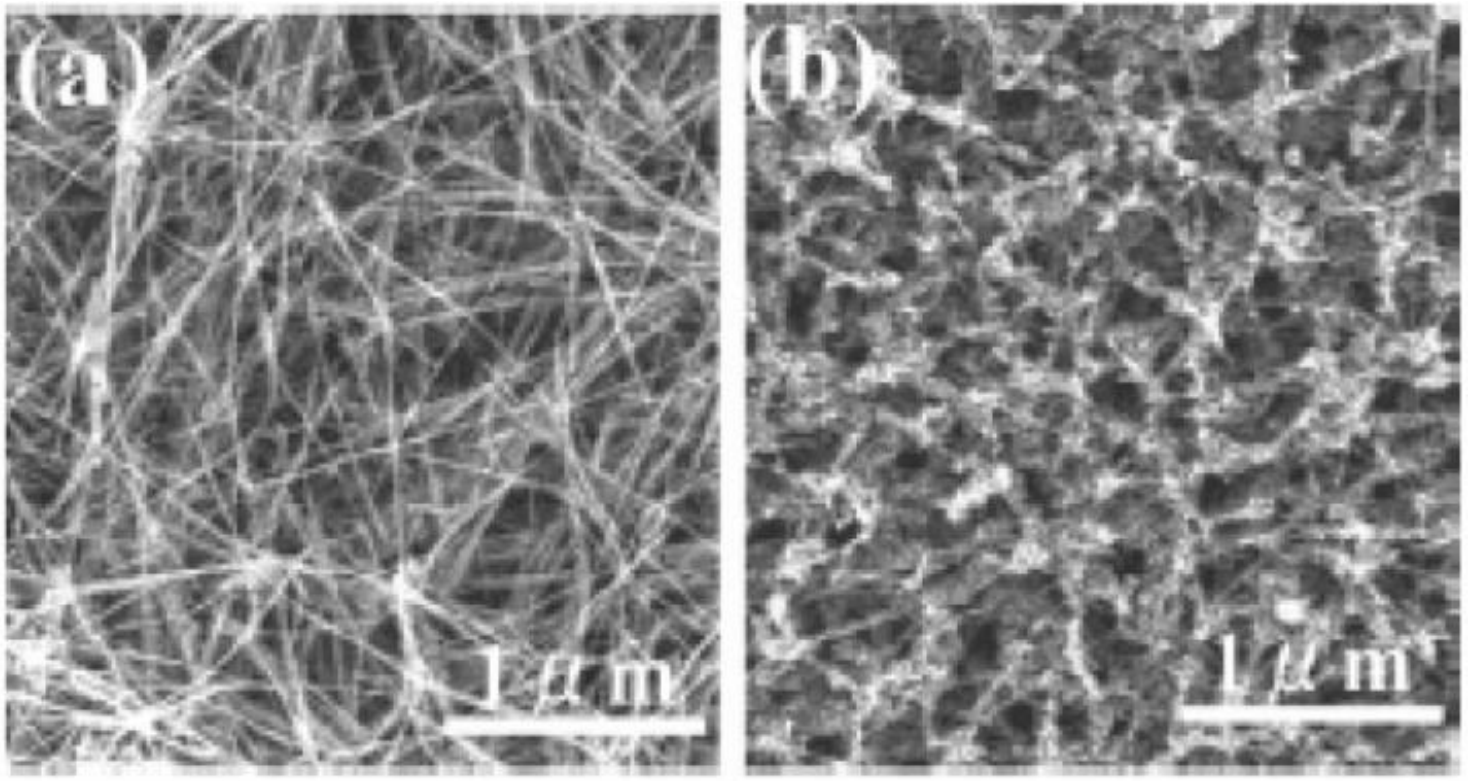
- اولین راه اقتصادی ممکن برای تولید نانولوله های چند دیواره‌ای در حجم زیاد
- عدم نیاز به فشار های پائین و گازختی گران قیمت
- بازده بیش از ۷۰ درصد



تولید به کمک میدان مغناطیسی

- اساس روش مشابه تخیله قوس است ولی در آن از یک میدان مغناطیسی استفاده می شود تا حجم تولید و کیفیت افزایش یابد

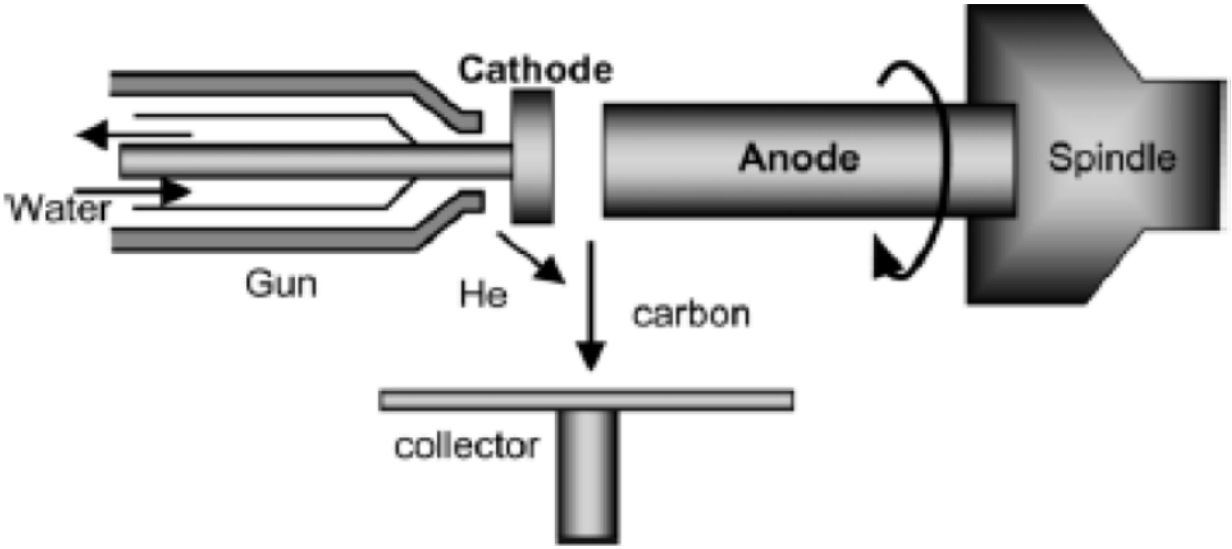




تصاویر میکروسکپ الکترونی عبوری با (الف) و بدون (ب) میدان مغناطیسی

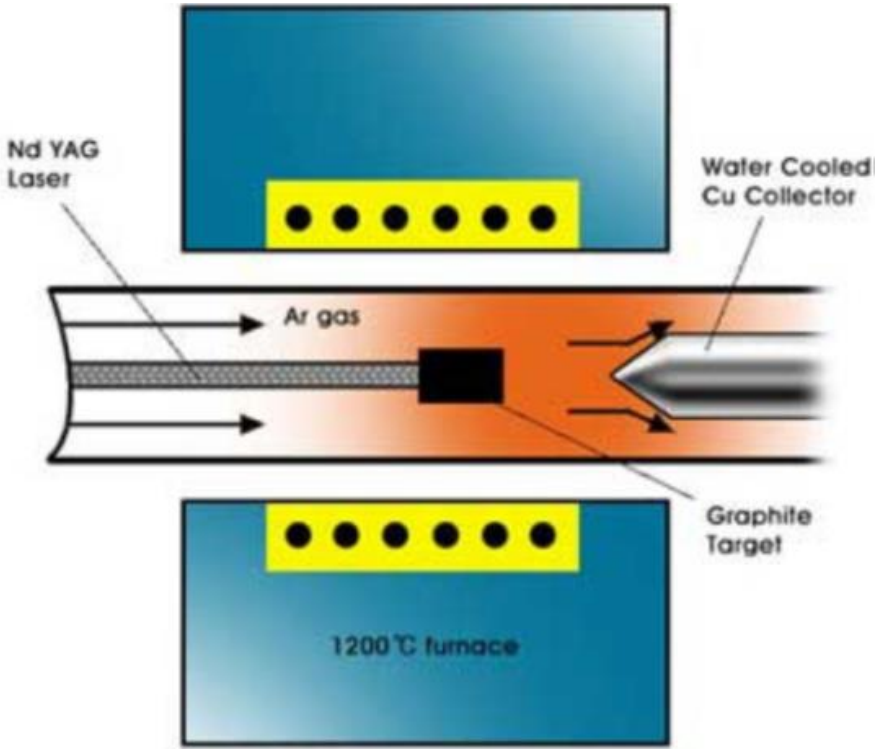
تولید قوس پلاسمای چرخان

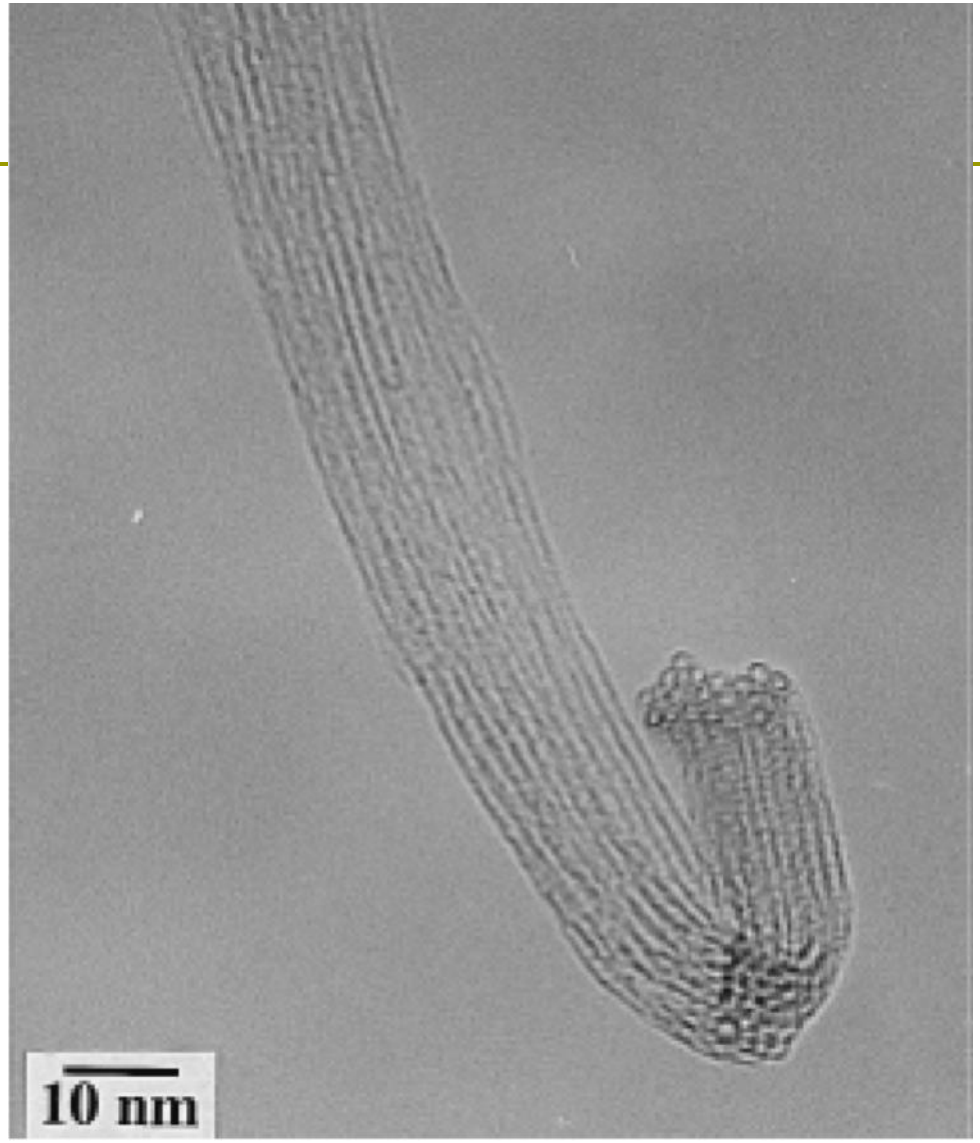
- نیروی گریز از مرکز با ایجاد چرخش و تولید آشفتگی در سیستم باعث شتاب دادن بخار کربن به صورت عمودی بر آند می شود
- چرخش سبب توزیع میکروبارها و تولید پلاسمای پایدار می شود
- چرخش باعث افزایش حجم پلاسما و افزایش دمای پلاسما می شود



برش لیزری

- استفاده از تابش لیزر پالسی و یا پیوسته جهت تبخیر هدف گرافیتی
- آلوده بودن محصول چگالش شده به نانو ذرات کربن
- تولید نانولوله های تک دیواره‌ای بیشتر با خواص بهتر
- توزیع اندازه یکنواخت تر نسبت به روش تخلیه قوس

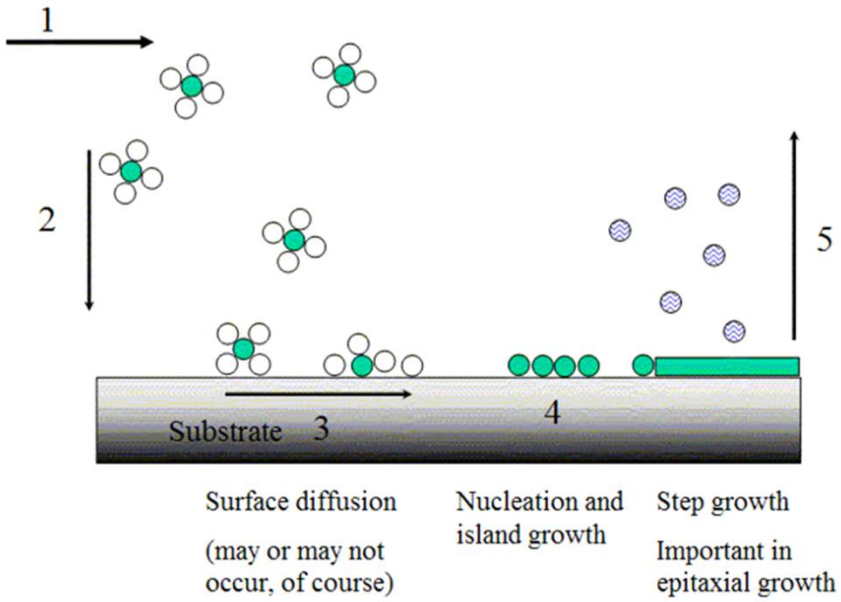


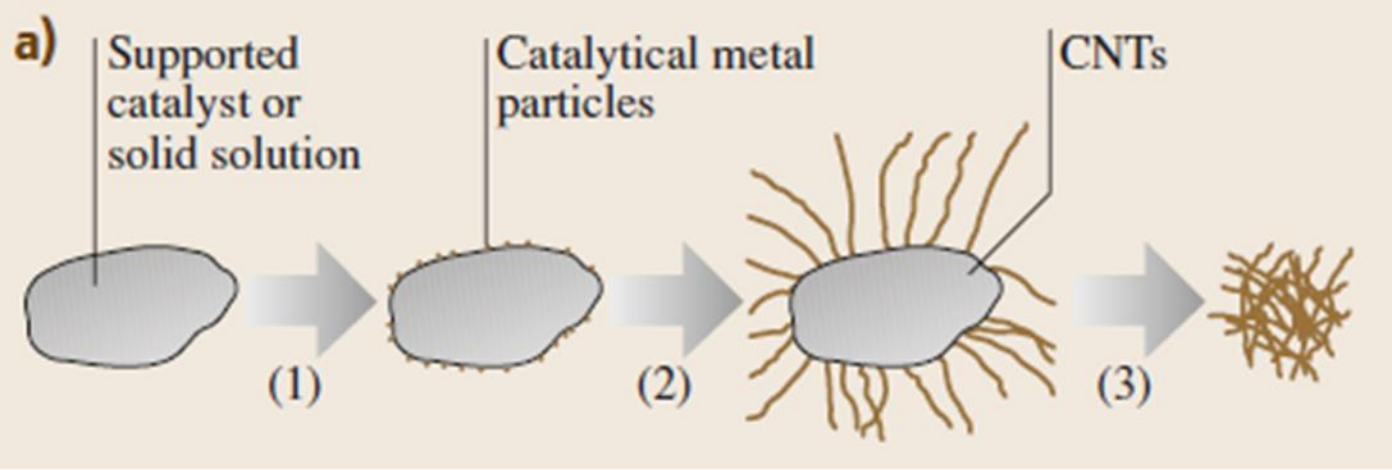


تصویر میکروسکپ الکترونی عبوری دسته ای از نانولوله های تک دیواره ای با مخلوطی از کاتالیست های (درصد اتمی 2:0. 5 Ni/Y)، تهیه شده با لیزر پیوسته.

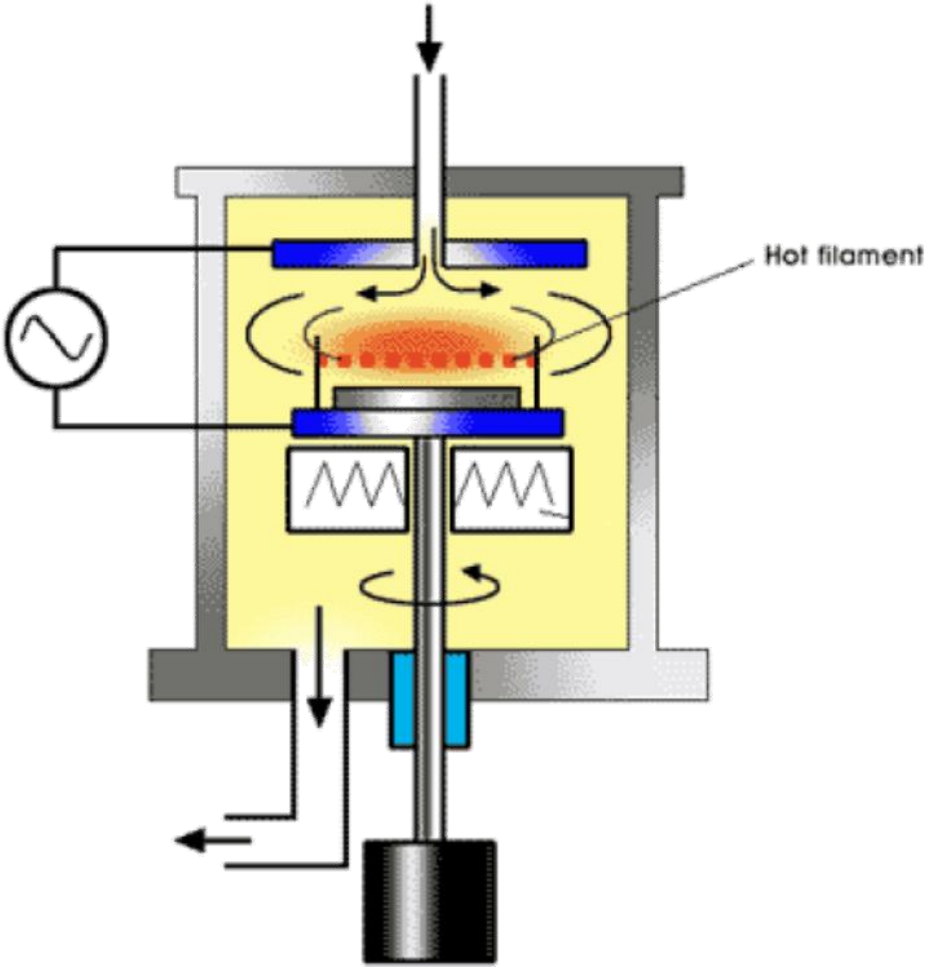
رسوب شیمیایی بخار

- تبدیل کربن به کربن گازی
- استفاده از گازهای متان-منواکسید کربن و استیلن به عنوان حامل کربن
- انتقال انرژی به ملکول های کربن گازی با استفاده از منبع انرژی
- استفاده از یک لایه از فلزات انتقالی مانند نیکل، آهن یا کبالت به عنوان زیرلایه
- شکستن مولکول‌های کربن به اتم کربن فعال
- رسوب کربن به صورت نانولوله های کربن بر روی زیرلایه
- جهت گیری عالی و کنترل موقعیت در ابعاد نانومتری
- امکان کنترل قطر و نرخ رشد نانو لوله ها


1
2
5
Substrate
3
4
Surface diffusion
(may or may not occur, of course)
Nucleation and island growth
Step growth
Important in epitaxial growth


a)
Supported catalyst or solid solution
Catalytical metal particles
CNTs
(1)
(2)
(3)

رسوب شیمیایی بخار به کمک پلاسما



- بهبود کیفیت و افزایش راندمان در نتیجه تشکیل پلاسما در محفظه
- موثر بودن نوع کاتالیست روی قطر، نرخ رشد، ضخامت دیواره، مورفولوژی و ریز ساختار نانولوله‌ها
- نیکل خالص بهترین کاتالیست فلزی برای رشد جهت دار نانولوله های چند دیواره‌ای
- قطر نانولوله های چند دیواره‌ای حاصل تقریباً ۱۵ نانومتر است