دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "*M.Sc*"

مهندسی مواد – شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

عنوان :

نانو لوله های کربنی روشهای تولید، خواص و کاربردها

استاد راهنما :

نگارش:

فهرست مطالب:

چکیده..... ۱
مقدمه..... ۲

فصل اول

ساختار و نحوهٔ شناسایی نانولوله های کربنی..... ۴
۱-۱ کلیات..... ۴
۱-۲ گونه های مختلف نانولوله ها..... ۶
۱-۲-۱ نانولوله های کربنی تک دیواره..... ۶
۱-۲-۲ نانولوله های کربنی دو دیواره..... ۹
۱-۲-۳ نانولوله های کربنی چند دیواره..... ۱۰
۱-۳ نحوهٔ شناسایی نانولوله ها..... ۱۱
۱-۳-۱ دستگاه طیف سنجی رامان..... ۱۱
۱-۳-۲ میکروسکوپ الکترونی عبوری..... ۱۵

فصل دوم:

روشهای تولید نانولوله های کربنی..... ۱۷
۲-۱ نقش کاتالیست در تولید نانولوله های کربنی..... ۱۷
۲-۲ انواع روشهای تولید..... ۲۱
۲-۲-۱ رسوب دهی بخار شیمیایی..... ۲۱
۲-۱-۲-۱ رونشست بخار شیمیایی..... ۲۳
۲-۱-۲-۲ فرآیند CO فشار بالا..... ۲۴
۲-۱-۲-۳ روش ساخت با شعله..... ۲۶
۲-۱-۲-۴ رونشست بخار شیمایی بهبود یافته توسط پلاسما(PECVD)..... ۳۳
۲-۲-۲ تخلیهٔ قوس الکتریکی..... ۳۵
۲-۲-۱-۲ تخلیه قوس الکتریکی تک پالسی..... ۳۸
۲-۲-۲-۲ تخلیه قوس الکتریکی با به کارگیری جریان متناوب ۱۲ فازی..... ۴۱
۲-۲-۳ تبخیر لیزری..... ۴۴
۲-۲-۴ استفاده از میدان الکتریکی در تولید نانولوله های کربنی..... ۴۶
۲-۲-۵ تولید نانولوله های کربنی با استفاده از ترکیب دو روش پلاسمای میکروویو و فیلامان

حرارتی.....۴۹
۶-۲-۲ تولید نانولوله های کربنی با استفاده از قالب.....۵۳

فصل سوم:

خواص نانولوله های کربنی.....۵۹
۱-۳ خواص الکتریکی.....۵۹
۲-۳ خواص مکانیکی.....۶۰
۱-۲-۳ مدول الاستیک.....۶۰
۲-۲-۳ استحکام.....۶۲
۳-۳ خواص حرارتی.....۶۴
۱-۳-۳ رسانش حرارتی.....۶۴
۲-۳-۳ انبساط حرارتی.....۶۴

فصل چهارم:

کاربردهای نانولوله های کربنی.....۶۶
۱-۴ کاربردهای مکانیکی.....۶۶
۱-۱-۴ کامپوزیتهای زمینه پلیمری.....۶۷
۲-۱-۴ کامپوزیتهای زمینه فلزی.....۷۰
۳-۱-۴ کامپوزیتهای زمینه سرامیکی.....۷۲
۲-۴ کاربردهای الکترونیکی.....۷۵
۳-۴ کاربردهای زیستی.....۷۸
۴-۴ ساخت حسگرها.....۸۰
۱-۴-۴ حسگرهای شیمیایی.....۸۰
۲-۴-۴ حسگرهای مکانیکی.....۸۱
۳-۴-۴ حسگرهای زیستی.....۸۳
۵-۴ کاربرد در زمینهٔ انرژی.....۸۴
۱-۵-۴ باتری یون- لیتیوم.....۸۴
۲-۵-۴ پیل های سوختی.....۸۵

فصل پنجم:

نتیجه گیری.....۸۸

منابع و مأخذ..... ۸۹
فهرست منابع فارسی..... ۸۹
فهرست منابع لاتین..... ۹۰
سایت های اطلاع رسانی..... ۹۷
چکیدۀ انگلیسی..... ۹۸

فهرست جدول ها:

جدول(۱-۱): گونه های متفاوت لیزر به کار رفته در دستگاه رامان.....۱۲
جدول(۱-۲): شرایط سه شعلهٔ حاصل از اختلاط اتیلن / اکسیژن که در آزمون مورد استفاده قرار گرفته است.....۳۱
جدول(۲-۲): شرایط آزمون تخلیهٔ قوس الکتریکی تک پالسی.....۳۹
جدول(۱-۳): خصوصیات مکانیکی انواع مختلف نانولوله های کربنی در مقایسه با فولاد ضد زنگ.....۶۳

فهرست شکل ها:

شکل(۱-۱) ساختار شماتیک فولرین C60 و C70 ..... ۵

شکل(۲-۱): نمایی از ساختار نانولوله کربنی تک دیواره..... ۷

شکل(۳-۱): نمایی از جهت گیری برداری نانولوله ها در دو ساختار زیگزاگ و آرمچیر..... ۷

شکل(۴-۱): پیچش متفاوت صفحهٔ گرافن به دور خودش در مقطع عرضی..... ۸

شکل(۵-۱) چیدمان اتمهای کربن در سطح نانولوله ها..... ۸

شکل(۶-۱): ساختار نانولوله دو دیواره..... ۹

شکل(۷-۱): ساختار نانولوله کربنی چند دیواره..... ۱۰

شکل(۸-۱): طیف رامان از نانولوله های چند دیواره..... ۱۱

شکل(۹-۱): نمایی از دستگاه طیف سنجی رامان..... ۱۲

شکل(۱۰-۱): الف) طیف رامان از نانولوله چند دیواره، پیک G باند و D باند قابل مشاهده است..... ۱۴

ب) طیف رامان از نانولوله تک دیواره، پیک RBM قابل مشاهده است

شکل(۱-۲): تأثیر قطر ذرات کاتالیست بر قطر نانولوله ها..... ۱۷

شکل(۲-۲): افزایش قطر نانو ذرات آهن در اثر افزایش دما..... ۱۹

شکل(۳-۲): ذرات فلزی نانومتری در ساختار پروسکایت..... ۲۱

شکل(۴-۲): دیاگرام شماتیک دستگاه CVD ۲۴

شکل(۵-۲): نمایی از دستگاه تولید کننده نانولوله های کربنی به روش گاز منواکسید کربن فشار بالا..... ۲۵

شکل(۶-۲): ترکیب شیمیایی شعلهٔ گاز استیلن و دمای شعله در راستای نازل..... ۲۷

شکل(۷-۲): عکس های میکروسکوپ الکترونی عبوری از محصولات تولید شده در شرایط متفاوت شعله..... ۲۸

شکل(۸-۲): الف: شعله حاصل از اختلاط اتیلن / اکسیژن..... ۳۱

ب: شعله حاصل از اختلاط اتیلن با درصد بالاتری از هوا

ج: شعله حاصل از اختلاط اتیلن / هوا

شکل(۹-۲): نتیجهٔ آزمون DMA بر روی محصولات حاصل از شعلهٔ اول..... ۳۲

شکل (۱۰-۲): نتیجهٔ آزمون DMA بر روی محصولات حاصل از شعلهٔ دوم..... ۳۲

شکل(۱۱-۲):): نتیجهٔ آزمون DMA بر روی محصولات حاصل از شعلهٔ سوم..... ۳۳

شکل(۱۲-۲): نمایی از دستگاه PECVD ۳۴

شکل(۱۳-۲): نمایی از دستگاه تخلیه قوس الکتریکی..... ۳۶

شکل(۱۴-۲): الف- نانولوله های تخلیص شده. ب- نانولوله ها و نانو ذرات کربن..... ۳۶

شکل(۱۵-۲): الف- نانولولهٔ چند دیواره. ب- نانولولهٔ تک دیواره..... ۳۸

شکل(۱۶-۲): نمایی از دستگاه تخلیه قوس الکتریکی تک پالسی.....۳۹
شکل(۱۷-۲): نمایش تأثیر پیک جریان و مدت زمان اعمال قوس بر روی میزان و طول نانولوله های کربنی.....۴۱
شکل(۱۸-۲): نمایی از دستگاه تخلیه قوس الکتریکی ۱۲ فازی.....۴۲
شکل(۱۹-۲): نمایی از محل قرار گیری زیر لایه در میان الکترودها.....۴۳
شکل(۲۰-۲): محل قرار گیری الکترودها و تصویر قوس الکتریکی.....۴۳
شکل(۲۱-۲): نمایی از دستگاه تبخیر لیزری.....۴۴
شکل(۲۲-۲): روشهای مختلف جهت تغییر راستا در نانولوله ها با استفاده از میدان الکتریکی.....۴۶
شکل(۲۳-۲): هم راستا نمودن نانولوله های کربنی به کمک میدان مغناطیسی پس از رشد.....۴۷
شکل(۲۴-۲): نانولوله های خم شده در اثر اعمال میدان مغناطیسی در حین رشد.....۴۸
شکل(۲۵-۲): ایجاد اختلاف پتانسیل میان شعله و کاتالیست موجب هم راستا شدن نانولوله ها می گردد.....۴۹
شکل(۲۶-۲): نمایی از دستگاه PEHFCVD که ترکیبی از دستگاه MPECVD و HFCVD است.....۵۰
شکل(۲۷-۲) : الف: نانولوله های تولید شده به روش HFCVD.....۵۲
ب:نانولوله های تولید شده به روش MPECVD
ج: نانولوله های تولید شده به روش PEHFCVD
شکل(۲۸-۲): الف: آزمون رامان از نانولوله های تولید شده به روشHFCVD.....۵۲
ب: آزمون رامان از نانولوله های تولید شده به روش PEHFCVD
شکل(۲۹-۲): الف: نمایی از پشت از قالب آلومینایی.....۵۳
ب: نمایی از روبه رو از قالب آلومینایی
شکل(۳۰-۲): الف: نمایی از رآکتور دستگاه.....۵۴
ب: نمایی از داخل دستگاه CVD در حالی که قالی آلومینایی در آن قرار داده شده است.
ج: قالب آلومینایی که میان دو نگهدارنده استیل قرار داده شده است
شکل(۳۱-۲): مسدود شدن منافذ قالب در اثر رسوب کربن بر روی مدخل ورودی منافذ.....۵۵
شکل(۳۲-۲): نتیجهٔ آزمون TPO بر روی قالب آلومینایی که جهت رشد نانولوله ها مورد استفاده قرار گرفته است.....۵۶
شکل(۳۳-۲): نانولوله های کربنی پس از حذف قالب آلومینایی به کمک اسید فلوئوریدریک.....۵۷
شکل(۱-۳): رابطهٔ قطر نانولوله ها با نیروی شکست.....۶۱
شکل(۲-۳) الف: نمودار تنش –کرنش نانولوله های تک دیواره ب:نمودار تنش-کرنش نانولوله های چند دیواره.....۶۲
شکل(۱-۴): افزایش چقرمگی شکست کامپوزیت به افزایش درصد نانولوله های کربنی.....۶۷
شکل(۲-۴) خودرویی که بدنهٔ آن از کامپوزیتهای پلیمری ساخته شده است.....۶۸
شکل(۳-۴) دوچرخه ای که از کامپوزیتهای پلیمری تقویت شده با نانولوله های کربنی ساخته شده است.....۶۸
شکل(۴-۴) موشک جنگی که در ساخت بدنهٔ استوانه ای آن از کامپوزیت اپوکسی تقویت شده با الیاف کربن استفاده شده است.....۶۹

شکل(۵-۴) نمایش ترکیب کاربید تیتانیم در آزمون پراش اشعه ایکس از کامپوزیت های تیتانیم-نانولوله کربنی..... ۷۱
شکل(۶-۴) افزایش استحکام کششی تیتانیوم با افزایش ۳/۵ درصد وزنی نانولولهٔ کربنی..... ۷۱
شکل(۷-۴) تصویر کلاچ ساخته شده با کامپوزیتهای فلزی تقویت شده با الیاف کربن..... ۷۲
شکل(۸-۴) الف: ذرات آلومینا ب: نانولوله های رشد داده شده بر روی ذرات آلومینا..... ۷۳
شکل(۹-۴) تغییرات چقرمگی شکست بر حسب درصد نانولوله های کربنی..... ۷۴
شکل(۱۰-۴) پل Peace در کشور کرهٔ جنوبی - سئول که در ساخت آن از بتون با استحکام بالا استفاده شده است..... ۷۴
شکل(۱۱-۴): تکه ای از کامپوزیت پارچه- نانولوله کربنی به عنوان سیم جهت برقرار کردن جریان برق..... ۷۶
شکل(۱۲-۴) نمایی از سویچ های الکتریکی ساخته شده از نانولوله های کربنی..... ۷۷
شکل(۱۳-۴) نمایی شماتیک از حافظهٔ کامپیوتر..... ۷۷
شکل(۱۴-۴) الف: اتصال مولکولDNA و مادهٔ فلورسانس به نانولولهٔ تک دیواره..... ۷۹
ب: اتصال پروتئین به نانولولهٔ تک دیواره
شکل(۱۵-۴) نمایی از حسگرهای ساخته شده با نانولوله های کربنی..... ۸۰
شکل(۱۶-۴) نمایش نحوهٔ اتصال مولکولهای گاز NO_2 به دیوارهٔ نانولولهٔ تک دیواره..... ۸۱
شکل(۱۷-۴) خم شدن نانولوله با استفاده از نیروی وارد شده از جانب الکترود میکروسکوپ..... ۸۲
شکل(۱۸-۴) الف: میزان کاهش رسانایی ب: میزان جابجایی نانولوله..... ۸۲
شکل(۱۹-۴) ترانزیستور اثر میدانی با کانال هدایت جریان ساخته شده از نانولولهٔ کربنی..... ۸۳
شکل(۲۰-۴) افزایش پایداری جریان در باتری در اثر افزایش درصد وزنی نانولوله های کربنی..... ۸۴
شکل(۲۱-۲) نمایی از پیل سوختی هیدروژنی..... ۸۵
شکل(۲۲-۲) نانولولهٔ تلقیح شده با فلز پلاتین..... ۸۶

چکیده:

نانولوله های کربنی از انواع آلوتروپهای کربن بوده و دارای ابعادی در اندازۀ نانو متر هستند و نسبت طول به قطر آنها در برخی موارد از یک میلیون واحد نیز فراتر می رود. این نانولوله ها شامل لایه هایی از گرافیت هستند که به دور خود پیچیده شده اند و با توجه به زاویه ای که این صفحات به دور خود پیچیده می شوند خواص متفاوتی را از خود نشان می دهند. این نانو لوله ها می توانند مانند فلزات رسانای جریان الکتریسیته یا نیمه رسانا شوند.

نانولوله های کربنی با روش ترسیب بخار شیمیایی با استفاده از کاتالیست های مختلف تهیه می شوند. کاتالیستهایی که برای رشد نانولوله های کربنی مورد استفاده قرار می گیرند شامل آهن، نیکل و کبالت هستند. در سالهای اخیر نانولوله های کربنی پایۀ بسیاری از تحقیقات علمی قرار گرفته اند که دلیل این امر خواص الکتریکی منحصر به فرد و خاص این مواد در صنایع الکترونیک است.

نانولوله های کربنی به دلیل کاربردهای فراوان و بیشمار خود به عنوان کاتالیست، الکترودهای سلولهای زیستی، سیستم های الکترونیکی و مکانیکی در ابعاد نانو، میکروسکوپهای الکترونی و موارد بیشمار دیگر مورد توجه بسیار قرار گرفته اند.

این مواد استحکام شگفت آوری از خود نشان می دهند. همچنین توانایی انتقال حرارت با راندمان بسیار بالا را دارا هستند.

مقدمه:

نانولوله های کربنی برای اولین بار در سال ۱۹۹۱ مشاهده شدند. با توجه به خصوصیات منحصر به فرد که گسترهٔ وسیعی از خواص مکانیکی، فیزیکی، حرارتی، الکتریکی و زیستی را در بر می گیرد توجه بسیاری از دانشمندان به این مواد جلب شد و متعاقب آن کاربردهای وسیعی در ساخت انواع کامپوزیت ها، حسگرهای مکانیکی و شیمیایی، حافظه های کامپیوتری و الکترود باتری های قابل شارژ برای این گروه از مواد یافته شد.

این ماده به عنوان مستحکم‌ترین و در عین حال انعطاف‌پذیرترین ماده در زمین شناخته می‌شود و این موضوع به دلیل استحکام کششی و مدول یانگ آن است. با توجه به استحکام ویژه بسیار بالای این ماده که از نسبت استحکام به وزن آن حاصل می‌شود، خصوصیات منحصر به فرد نانولوله‌های کربنی در مقایسه با سایر مواد ساخته شده به دست بشر مشخص می‌گردد.

در فصل اول به بررسی ساختار، گونه های مختلف و نحوهٔ شناسایی نانولوله های کربنی پرداخته شده است.

در فصل دوم روشهای گوناگون تولید نانولوله های کربنی که شامل روشهای مبتنی بر کاتالیست و روشهای غیر کاتالیستی است پرداخته شده است.

در فصل سوم خواص ویژه و منحصر به فرد این مواد که منجر به پیدایش کاربردهای بسیار گسترده و نوینی گردیده است مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت در فصل چهارم کاربردهای این مواد ذکر گردیده است.