

نانوتیوب کربن

سنتر، جذب سطحی، کارایی و خطرات زیست محیطی

مولفان :

مجید منجمی

(عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات)

لیلا مهدویان

(عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد درود)

فاطمه ملازمین

(عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم)

سرشناسه : منجمی، مجید، ۱۳۳۶
 عنوان و نام پدیدآور : نانوتیوب کربن: سنتز، جذب سطحی، کارایی و خطرات زیست محیطی /
 مجید منجمی، لیلا مهدویان، فاطمه ملا امین
 مشخصات نشر : تهران، مجید منجمی، لیلا مهدویان، فاطمه ملا امین، ۱۳۸۶.
 مشخصات ظاهری : ۲۲۶ ص. مصور، جدول، نمودار.
 شابک : 978-964-04-1378-4
 وضعیت فهرست نویسی: فیپا
 یادداشت : کتابنامه : ص. [۲۲۳]-۲۲۶
 موضوع: مواد نانو ساختار
 موضوع: نانو لوله های کربنی
 شناسه افزوده : مهدویان، لیلا
 شناسه افزوده : ملا امین، فاطمه، ۱۳۵۲
 رده بندی کنگره : ۱۳۸۶ م۸/ن۲/۹/۴۱۸/۴۱۸ TA
 رده بندی دیویی : ۶۲۰/۵
 شماره کتابشناسی ملی: ۱۱۷۱۳۷۶

نام کتاب : نانوتیوب کربن: سنتز، جذب سطحی، کارایی و خطرات زیست محیطی
 تالیف : مجید منجمی، لیلا مهدویان، فاطمه ملا امین
 چاپ اول : بهار ۱۳۸۷
 چاپ : دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات
 شابک : ISBN 978-964-04-1378-4
 قیمت : ۴۰۰۰۰ ریال

پیشگفتار

مواد و توسعه آن از پایه های تمدن بشری به شمار می آیند و به همین علت دوره های تاریخی را به نام مواد نامگذاری کرده اند. ما هم اکنون در عصر کربن زندگی می کنیم. این در حالی است که بدون شناخت یک ماده ی جدید، از طریق بهینه سازی و ترکیب مواد نیز می توان قدم در عرصه های نوین گذاشت.

دستیابی به فناوری نانو می تواند مقدمه ای بر ایجاد تغییراتی شگرف و جدید در مواد باشد. هر چند آزمایش ها و تحقیقات پیرامون نانوتکنولوژی از ابتدای دهه ۸۰ قرن بیستم بطور جدی پیگیری شد، اما اثرات تحول آفرین، معجزه آسا و باورنکردنی نانوتکنولوژی در روند تحقیق و توسعه باعث گردید که نظر تمامی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و فناوری نانو را به عنوان یکی از مهمترین اولویت های تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن بیست و یکم محسوب نمایند.

تحقیقات در زمینه فناوری نانو، روز به روز گسترده تر می شود. امروزه در فرآیند های نجومی، بیوشیمی حیاتی، پایداری داروها، پزشکی، آلوده کننده های محیط زیست، صنعت پلیمر، خودروسازی، ذخیره منابع طبیعی و ده ها مورد دیگر کاربرد پیدا کرده است. هدف عمده تدوین این کتاب، آشنایی با روش های سنتزی مواد نانو بلاخص، نانوتیوب کربن، خواص و کاربردهای آن می باشد و در انتها اشاره مختصری به خطرات زیست محیطی و انسانی آن شده است. امید است این مجموعه راهی برای پیشبرد این علم و صنعت جدید در کشور مان محسوب گردد.

فهرست

صفحه	عنوان
۹	مقدمه
۱۱	فصل اول: فناوری نانو تکنولوژی
۱۱	تاریخچه
۱۴	۱: نانو تکنولوژی
۲۲	۱-۱: نانو ذرات
۲۴	۱-۲: نانو کریستال ها
۲۵	۱-۳: نانوالیاف
۲۵	۱-۴: نانوسیم
۲۶	۱-۴-۱: سنتز نانوسیم
۲۸	۱-۵: فولرن ها
۳۰	۱-۵-۱: شیمی فولرن ها
۳۰	۱-۵-۲: خواص فولرن C_{60}
۳۱	۱-۵-۳: مزایا و معایب فولرن
۳۲	۱-۵-۴: سنتز فولرن
۳۳	۲- نانوتیوب کربن
۳۸	۲-۱: ساختار هندسی نانوتیوب کربن تک لایه ای

- ۴۱: ۲-۲: تهیه SWCNT از راه های سنتزی مختلف
- ۴۴: ۲-۲-۱: سنتز نانولوله های کربن توسط روش CVD
- ۴۵: ۲-۲-۲: مکانیزم رشد کربن نانو تیوب ها در روش CVD
- ۴۷: ۲-۲-۳: دسته های کربن نانوتیوب مرتب
- ۴۹: ۲-۳: کربن نانوتیوب تک لایه ای
- ۵۲: ۲-۳-۱: ساختمان و تعیین مشخصات
- ۵۴: ۲-۳-۲: مکانیزم تشکیل
- ۵۵: ۲-۴: سنتز نانولوله های کربن توسط روش HiPco
- ۵۶: ۲-۵: سنتز نانو لوله های کربن چند لایه ای در آب توسط روش قوس

الکتریکی

- ۶۲: ۲-۶: مکانیزم رشد نانولوله های کربن در فرایند تبخیر پلاسما
- ۶۳: ۲-۶-۱: مراحل آزمایشگاهی
- ۶۴: ۲-۶-۲: تأثیرات دما در تشکیل CNT
- ۶۵: ۲-۶-۳: مراحل تغذیه خودبخودی با ترکیب فلزی
- ۶۷: ۲-۶-۴: مراحل تغذیه خودبخودی با تک فلز
- ۶۸: ۲-۶-۵: مراحل تغذیه دو مرحله ای
- ۶۸: ۲-۷: سنتز CNT و نانوفیبر توسط تجزیه متان بر روی گروه ۸-۱۰

فلزات مملو از کاتالیز MgO

- ۶۹: ۲-۷-۱: تهیه کاتالیزور
- ۷۰: ۲-۷-۲: واکنش کاتالیزور
- ۷۰: ۲-۸: بررسی سنتیکی سنتز نانولوله کربن بر روی کاتالیست

 $Mo/Co/MgO$

- ۷۱: ۲-۸-۱: روش آماده سازی کاتالیزور

۷۱	۲-۸-۲: سنتز CNT
۷۴	۲-۹: تبدیل چمن به نانوتیوب چند دیواره در چین
۷۵	۲-۱۰: خلق نانوتیوب های کربن ابر رسانا
۷۵	۲-۱۱: تولید نانوتیوب با استفاده از فروسن و تیوفن
۷۶	۲-۱۲: تعمیر لوله های کربن
۷۶	۳: ساختار الکترونی
۷۷	۳-۱: مادون قرمز و مدهای فعال رامان
۷۸	۳-۲: گرافیک منطقه چین دار
۷۹	۳-۳: تأثیرات انحنا
۸۱	۳-۴: آزمایش های انتقال الکترونی
۸۱	۳-۴-۱: اتصالات الکتریکی
۸۲	۳-۴-۲: انتقالات نفوذی
۸۴	۳-۴-۳: محاصره کولنی
۸۶	۳-۵: انرژی و پایداری دایره ای شکل در برابر لوله های متلاشی شده
۹۱	۳-۵-۱: لوله های متراکم و منبسط در شعاع های متقاطع
۹۲	۳-۵-۲: خواص ساختاری و مکانیکی کریستال های SWCNT
۹۳	۳-۵-۳: مدهای ارتعاشی و فرکانس های SWCNT
۹۳	۳-۵-۴: خواص مکانیکی
۹۳	۳-۵-۵: خواص دیگر کربن نانوتیوب
۹۵	۳-۶: فنون مدهای اسپکتروسکوپی
۹۵	۳-۶-۱: اسپکتروسکوپی رامان
۱۰۱	۳-۶-۲: اسپکتروسکوپی تونل زنی غیرالاستیک

- ۳-۶-۳: اسپکتروسکوپی مادون قرمز (IR) ۱۰۱
- ۴: خالص سازی ۱۰۲
- ۴-۱: جداسازی زیر میکرون و نانو با استفاده از دی الکتروفورز ۱۰۲
- ۴-۲: سنتز نانوتیوب کربن خالص به روش میدان مغناطیسی ۱۰۳
- ۴-۳: سنتز نانوتیوب کربن خالص تحت آب (de-ionized) یون ۱۰۴
- زدوده
- ۴-۴: تصحیح ساختار و خواص الکترونی نانو لوله کربن ۱۰۴
- ۴-۵: سنتز توسط پیوند کوالانسی آلی فلزی ۱۰۸
- ۵: ساخت باطری کاغذی نانو لوله کربن ۱۱۰
- فصل دوم: جذب سطحی نانوتیوب های کربن ۱۱۱
- ۱: بررسی فرایند جذب سطحی بر روی نانوتیوب کربن ها ۱۱۱
- ۱-۱: بررسی جذب گاز متان در مناطق مختلف نانوتیوب ۱۱۲
- ۱-۲: بررسی مکانیسم جذب متان در نانوتیوب های کربن ۱۱۳
- ۱-۳: بررسی اثر دما و قطر روی میزان جذب درون نانوتیوب ها ۱۱۴
- ۱-۴: بررسی اثر دما و قطر روی میزان جذب گاز در سطح بیرونی نانوتیوب ها ۱۱۶
- ۱-۵: بررسی تأثیر ساخت و سن نانوتیوب روی خواص جذبی آن ۱۱۷
- ۲: بررسی جذب و مهاجرت محوری کربن در CNT توسط تئوری تابع چگالی (DFT) ۱۱۸
- ۳: جذب و واجذبی آلبومین سرم گاوی (BSA) بر روی نانوتیوب های کربن ۱۲۱
- ۳-۱: مواد شیمیایی و دستگامی ۱۲۲
- ۳-۲: سطح (بستر عمل) ۱۲۲

۱۲۳	۳-۳: میکروسکوپی نیروی اتمی (AFM)
۱۲۳	۳-۴: رفرآکتومتری
۱۲۶	۴: جذب سطحی نانوتیوب کربن روی سطح هیدروژن شده سیلیس
	Si(001)
۱۳۱	۵: تشکیل لوله و حلقه فلزی روی CNT
۱۳۲	۵-۱: روش تولید
۱۳۳	۵-۲: بررسی و محاسبه تولید نانومفتول Al روی CNT
۱۳۸	۶: جذب ۱، ۲-دی کلرو بنزن از آب با نانوتیوب کربن
۱۳۹	۶-۱: نحوه تهیه مواد برای کاهش آلاینده های آلی از آب
۱۳۹	۶-۲: روش بکار برده شده برای کاهش
۱۴۳	۷: مطالعه سینتیکی جذب اتم های تک بر روی CNT
۱۴۵	۸: بررسی نفوذ لیتیم در سیستم CNT به روش ab initio
۱۴۶	۹: جداسازی و خالص سازی مواد و ترکیبات توسط نانوتیوب های کربن
۱۴۶	۹-۱: غربال مولکولی
۱۴۷	۹-۲: غربال کوانتومی
۱۴۷	۹-۳: هیدروژن
۱۴۸	۹-۴: زئولیت
۱۴۹	۱۰: نانوحسگرهای گازی
۱۵۰	۱۱: جداسازی توسط نانو فیلترها
۱۵۱	۱۲: نانوپلیمرهای متخلخل
۱۵۳	فصل سوم : کاربردهای فناوری نانو
۱۵۳	۱: نانوتکنولوژی

- ۱۶۰ ۱-۲: نانو ساختارهای مصنوعی بر پایه DNA
- ۱۶۱ ۱-۲-۱: نانو ساختارهایی از DNA خالص
- ۱۶۱ ۱-۲-۲: آرایش نانوذرات فلزی بر پایه ی DNA
- ۱۶۲ ۱-۲-۳: ترکیب بندی آرایه ای از نانوذرات نیمه هادی توسط DNA
- ۱۶۳ ۱-۲-۴: کاربرد نانو مواد بر پایه DNA بعنوان حسگرهای بیولوژیک
- ۱۶۵ ۱-۳: سنسورهای هیدروژن خود تمیز کننده
- ۱۶۷ ۱-۳-۱: استفاده از حسگرهای نانوذرات مغناطیسی در شناسایی ویروس ها
- ۱۶۸ ۱-۴: اهمیت نانوفناوری برای کشور ما
- ۱۶۹ ۱-۴-۱: تأثیرات امنیتی نانوفناوری (فرصت و تهدید)
- ۱۶۹ ۱-۴-۲: تقسیم بندی های فنی و صنعتی نانوفناوری
- ۱۷۰ ۱-۴-۳: کاربرد در ساخت مواد
- ۱۷۰ ۱-۴-۴: کاربرد در پزشکی و بدن انسان
- ۱۷۲ ۱-۴-۵: کاربردهای نانو در کشاورزی، آب، انرژی و محیط زیست
- ۱۷۳ ۱-۴-۶: کاربردهای نانوفناوری در هوافضا و امنیت ملی
- ۱۷۴ ۱-۴-۷: کاربرد نانوفناوری در صنایع بهداشتی و آرایشی
- ۱۷۵ ۱-۴-۸: کاربرد فناوری در صنعت الکترونیک
- ۱۷۵ ۱-۴-۹: کاربرد نانوفناوری در صنعت خودرو
- ۱۷۶ ۱-۴-۱۰: کاربردهای دیگر
- ۱۷۷ ۱-۵: ده محصول جاری شده با استفاده از فناوری نانو
- ۱۷۷ ۱-۵-۱: پارچه های ضد چروک و ضد لکه
- ۱۷۷ ۱-۵-۲: واکس اسکی با کیفیت برتر
- ۱۷۸ ۱-۵-۳: محافظ پوست با قابلیت نفوذ عمیق

- ۱۷۸ ۴-۵-۱: دوربین دیجیتال
- ۱۷۸ ۵-۵-۱: عینک های آفتابی با کیفیت بالا
- ۱۷۹ ۶-۵-۱: کلاه ایمنی هوشمند
- ۱۷۹ ۷-۵-۱: نانو جوراب
- ۱۸۰ ۸-۵-۱: کرم های ضد آفتاب
- ۱۸۰ ۹-۵-۱: توپ ها و راکت های تنیس با کیفیت بالا
- ۱۸۱ ۶-۱: نانو کامپوزیت های و دیرسوز کردن پلیمرها
- ۱۸۱ ۲: کاربرد مواد نانو ساختار در صنعت ساختمان
- ۱۸۳ ۳: مواد نانو کامپوزیت
- ۱۸۴ ۴: بتن با عملکرد بالا: *HPC*
- ۱۸۴ ۵: نانو سیلیس آمورف
- ۱۸۵ ۶: نانو لوله ها (*NANOTUBES*)
- ۱۸۶ ۱-۶: نانو لوله کربن
- ۱۹۱ ۲-۶: ساخت نانو بمب
- ۱۹۱ ۳-۶: خواص نانوتیوب کربنی
- ۱۹۲ ۴-۶: ذخیره سازی هیدروژن
- ۱۹۳ ۵-۶: گسیل جریان با چگالی بالا از نانوتیوب های کربن
- ۱۹۴ ۶-۶: ترمیم و ساخت استخوان های بدن
- ۱۹۵ ۷-۶: معایب نانوتیوب کربن ها
- ۱۹۶ ۷: فناوری تشخیص زیست پزشکی فوق العاده حساس آنتی ژن منفرد
- ۱۹۸ ۸: مقررات مربوط به نانوتکنولوژی
- ۲۰۱ فصل چهارم: نانو ذرات و سیستم ایمنی بدن

- ۱: نانو پزشکی ۲۰۱
- ۲: توانمندی های نانو پزشکی ۲۰۲
- ۳: خطرات زیست محیطی و ایمنی انسان ۲۰۳
- ۴: بررسی خطرات احتمالی نانو ذرات بر مغز ۲۱۴
- ۵: نحوه ی ردیابی نانو ذرات در سلول ۲۱۵
- ۶: درگیری محققان و طرفداران محیط زیست در زمینه نانو تکنولوژی ۲۱۶
- مراجع ۲۲۳

مقدمه

بشر از همان ابتدای تاریخ توجهی به ساختارهای خیلی بزرگ و یا خیلی کوچک نداشته، بلکه تمامی همت خود را معطوف ساخت و ساز در محدوده عادی و مورد دسترس نموده است. برای اینکه تصور جامع تری نسبت به موضوع ارائه دهیم میتوانیم از سیستم SI یاد کنیم، در این سیستم واحد طول متر انتخاب شده و دیگر اندازه های طولی از آن مشتق می شوند.

در حقیقت نانو در این واژه مخفف نانومتر و یا در کل اندازه 10^{-9} متر (یک میلیاردم متر) است که تلفیق آن با تکنولوژی مفهومی کلی را در بر می گیرد، به هر کاری که در اندازه اتمی و مولکولی انجام شود نانوتکنولوژی اطلاق می شود و هیچ نوع تفاوتی وجود ندارد که یک پروژه زیست شناسی باشد و یا اینکه برای درک ماهیت اتم و ساختن یک ساختمان اتمی صورت گیرد. نانوتکنولوژی با پیوند علم مواد، شیمی و علوم مهندسی عرصه ای را بوجود می آورد که ماشین آلات خود تکثیرکننده و محصولات خود اسمبل، از اتمهای اولیه ارزان ساخته شوند.

هر چند آزمایش ها و تحقیقات پیرامون نانوتکنولوژی از ابتدای دهه ۸۰ قرن بیستم بطور جدی پیگیری شد، اما اثرات تحول آفرین، معجزه آسا و باورنکردنی نانوتکنولوژی در روند تحقیق و توسعه باعث گردید که نظر تمامی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و فناوری نانو را به عنوان یکی از مهمترین اولویتهای تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن بیست و یکم محسوب نمایند.

نانوتیوب کربن نسل جدیدی از کربن است که از مواد نانوکربنی ساخته شده است. این ماده که مستحکمتر از فولاد، سبکتر از آلومینیوم و رساناتر از مس است، کاربردهای زیادی دارد که موارد کلیدی آن شامل الکترونیک، حسگرها، مواد و مصالح ساختمانی، پرکن ها (Fillers) و غیره است. مثلاً این ماده به عنوان پرکن در صنایع پلاستیک و رنگ به عنوان جایگزین کربن سیاه استفاده می شود که یکی از کاربردهای رایج آن است.