

## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

### کوپل شدن نانولوله‌های چند دیواره آمین‌دار به نانوذرات CdSe- TGA

سونیا محمدحسینی ترامونی<sup>۱</sup>؛ فریناز روشنی<sup>۲</sup>؛ محسن عادل<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رباط کریم، دانشگاه آزاد اسلامی، رباط کریم، ایران

<sup>۲</sup> گروه فیزیک، دانشکده فیزیک و شیمی، دانشگاه الزهراء، تهران

<sup>۳</sup> دانشکده شیمی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، لرستان

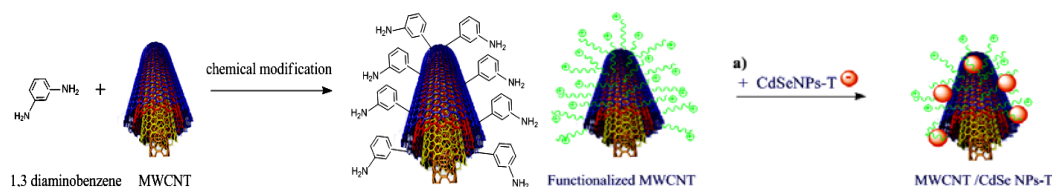
#### چکیده

در این پژوهش هدف ما اتصال نانوکریستال‌های کادمیوم سلناید بر روی سطح نانوتیوب‌ها می‌باشد. در ابتدا 2-anilin به صورت کوالانسی به نانولوله‌های کربنی چند دیواره (MWCNTs) وصل می‌شوند. بعد از آن نانوذرات کادمیوم سلناید با عامل‌های تثبیت‌کننده تیوگلیکولیک اسید (TGA) از طریق جاذبه الکتروستاتیکی با نانوتیوب‌ها مزدوج می‌شوند. ساختارها، مشخصات و اثرات جفت‌شدگی این سیستم‌ها با روش‌های میکروسکوپی TEM و اسپکتروسکوپی IR مورد بررسی قرار گرفتند. استفاده از 2-anilin به عنوان عامل متصل‌کننده نانوذرات کادمیوم سلناید به سطح نانوتیوب‌های کربنی چند دیواره از طریق جاذبه الکتروستاتیکی روشی نوین است.

از زمان کشف نانولوله‌های کربنی، جنبه‌های جالب توجه زیادی از مشخصه‌یابی و کاربردهای بالفعل نانولوله‌ها در زمینه‌های مختلف بوجود آمده است. با این حال خصوصیت آروماتیک نانولوله‌ها، واکنش‌پذیری آنها را مقید می‌کند. عامل‌دار کردن نانوتیوب‌ها محدوده کاربردهای آنها را گسترش می‌دهد. اسمبل شدن نانوذرات رسانا و نیمه‌رسانا به ساختارهای یک بعدی یا دوبعدی برای تشکیل ساختارهای نانومقیاس بویژه نانوتیوب‌ها، بدلیل کاربردهای بسیار در مدارهای الکترونی، حسگرها و قطعات فوتوالکترونیکی، به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است [۴-۱]. در این پژوهش هدف ما اتصال نانوکریستال‌های کادمیوم سلناید بر روی سطح نانوتیوب‌ها می‌باشد. استفاده از 2-anilin به عنوان عامل متصل‌کننده نانوذرات کادمیوم سلناید به سطح نانوتیوب‌های کربنی از طریق جاذبه الکتروستاتیکی روشی نوین است.

نمای تصویری مراحل عامل‌دار کردن نانولوله‌های کربنی در شکل ۱ ترسیم شده است. نانولوله‌های کربنی آمین‌دار شده و نانوذرات کادمیوم سلناید را تحت همزن مغناطیسی واکنش دادیم. شکل ۲ نمای تصویری تشکیل نانوکامپوزیت را نشان می‌دهد. مولکول‌های 2-anilin به صورت شیمیایی (کوالانسی) به سطح نانوتیوب‌ها متصل می‌شوند. 2-anilin با ایزوآمیل نیتريت واکنش داده و نمک دیازونیوم آریل‌دار را ایجاد می‌کند که در مرحله بعد با دیواره بیرونی MWCNTs واکنش داده و رادیکال آریل را در جو نیتروژن تولید می‌کند، این رادیکال‌ها به دیواره تیوب حمله کرده و جفت شدن پی در پی رادیکال به نانوتیوب را موجب می‌شوند. عامل‌دار کردن شیمیایی نانوتیوب‌ها فرصت جدیدی برای اتصال نانوذرات CdSe به سطح MWCNTs ایجاد می‌کند. نانوذرات CdSe با عامل پوششی TGA، (به اختصار CdSe NPs-TGA می‌نامیم) به دلیل گروه انتهایی کربوکسیل عامل پوششی دارای بار منفی است. و نانوتیوب‌های چند دیواره عامل‌دار شده با 2-anilin (به اختصار NH<sub>2</sub>-MWCNTs می‌نامیم) به دلیل گروه انتهایی آمین روی سطحشان دارای بار مثبت است. لذا نانوذرات با بار منفی می‌توانند از طریق برهم‌کنش‌های الکتروستاتیکی به سطح نانولوله‌های با بار مثبت متصل شوند.

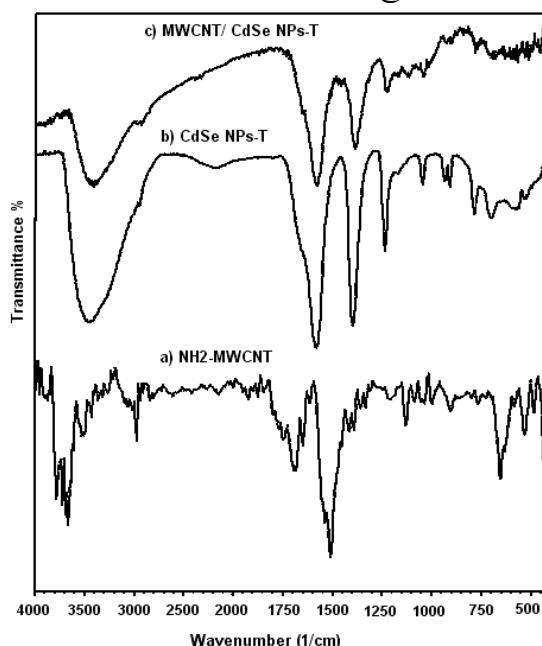
## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)



شکل ۲: تصویر تشکیل نانوکامپوزیت

شکل ۱: نمای تصویری مراحل تهیه NH<sub>2</sub>-MWCNTs

شکل ۳ طیف‌های FT-IR مربوط به (a) MWCNT عامل‌دار شده با 2-anilin، (b) نانوذرات کادمیوم سلناید (عامل پوششی TGA)، و (c) نانوذرات کادمیوم سلناید (عامل پوششی TGA) وصل شده به نانولوله‌های آمین‌دار را نشان می‌دهد. در شکل ۳-a حضور 2-anilin بر روی NH<sub>2</sub>-MWCNTs توسط طیف FT-IR تأیید می‌شود. پیک‌های واقع در  $1512$  و  $1460$   $\text{cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاشات کششی C-C و خمشی C-H حلقه‌های بنزن می‌باشد. پیک در محل  $810$   $\text{cm}^{-1}$  معروف به ارتعاش خمشی خارج از صفحه C-H بنزن است. باندهای مشاهده شده در اطراف در  $1600$  و  $3600$   $\text{cm}^{-1}$  به ترتیب به علت ارتعاش کششی آروماتیک/خمشی N-H و کششی N-H می‌باشند. پیک‌های ذکر شده حضور 2-anilin بر روی NH<sub>2</sub>-MWCNTs را اثبات می‌کند. در شکل ۳-b پیک‌های مشاهده شده در مکان‌های  $516$ ،  $570$ ،  $694$ ،  $779$ ،  $902$ ،  $927$ ،  $1039$ ،  $1226$ ،  $1388$  و  $1571$   $\text{cm}^{-1}$  به علت جذب مولکول TGA روی سطح CdSe است. از مقایسه طیف‌های شکل ۳ به این نتیجه می‌رسیم که پیک‌های واقع در  $688$ ،  $799$ ،  $902$ ،  $927$ ،  $1041$ ،  $1224$ ،  $1386$ ،  $1577$  و  $2923$  حضور CdSe NPs-TGA بر سطح MWCNTs را تصدیق می‌کند.



شکل ۳: طیف FT-IR مربوط به (a) MWCNT عامل‌دار شده با 2-anilin، (b) نانوذرات کادمیوم سلناید (عامل پوششی TGA)، و (c) نانوذرات کادمیوم سلناید (عامل پوششی TGA) وصل شده به نانولوله‌های آمین‌دار

## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

شکل ۴ تصویر TEM نانولوله‌های چند دیواره اولیه را نشان می‌دهد. تصویر TEM در شکل ۵ مورفولوژی سطح نانوتیوب‌ها بعد از عامل‌دار شدن با 2-anilin را نشان می‌دهد. در این شکل لایه‌ای از 2-anilin بر سطح MWCNTs را به طور واضح می‌توان مشاهده کرد. از مقایسه شکل ۴ و ۵ قطر MWCNT حدود ۴۵ nm و ضخامت لایه آمینی حدود ۲۲ nm می‌باشد. شکل ۶ تصویر TEM نانوذرات کادمیوم سلناید با عامل تثبیت کننده TGA را نمایش می‌دهد. در این شکل نانوذرات نامنظم هستند و اکثراً به هم چسبیده‌اند. اندازه متوسط ذرات تقریباً ۲۰ nm است. شکل ۷ تصاویر TEM مواد هیبریدی CdSe NPs-TGA/ NH<sub>2</sub>-MWCNTs را نشان می‌دهد. در این تصویر نقاط تیره معرف نانوذرات کادمیوم سلناید هستند. می‌توان ملاحظه کرد که در این تصویر CdSe NPs-TGA به سطوح MWCNTs بواسطه عامل آمینی 2-anilin، به علت برهم‌کنش بارهای مخالف متصل شده‌اند.



80 nm

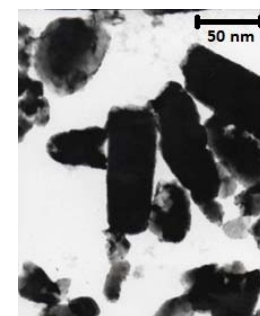


شکل ۵: تصویر TEM نانولوله کربنی عامل‌دار شده.

شکل ۴: تصویر TEM نانولوله کربنی.



شکل ۷: تصویر TEM مواد هیبریدی CdSe NPs-TGA/ NH<sub>2</sub>-MWCNTs



شکل ۶: تصویر TEM نانوذرات کادمیوم سلناید.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش نانولوله‌های کربنی از طریق اصلاح کوالانسی دیواره MWCNTs بوسیله 2-anilin آمین‌دار شدند. نانوذرات کادمیوم سلناید نیز از طریق برهم‌کنش الکتروستاتیکی میان مواد با بار مخالف به سطح MWCNTs متصل شدند. برهم‌کنش میان نانومواد با اسپکتروسکوپی IR و تصویر TEM بررسی شدند. اطلاعات اسپکتروسکوپی به طور واضح اتصال CdSe NPs بر سطح MWCNTs عامل‌دار شده را در نتیجه برهم‌کنش الکتروستاتیکی نشان می‌دهند. این مواد چند جزئی، امکانات جدیدی در بسیاری از حوزه‌های علم فراهم می‌آورند. این نانوکامپوزیت‌های هیبریدی در حوزه‌های مغناطیسی، اپتیکی، الکترونیکی، کاتالستی و پزشکی می‌توانند به کار گرفته شوند.

## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

### مرجع‌ها

1. M. Salavati-Niasari, M. Bazarganipour, *Applied Surface Science* **255** (2009) 7610–7617.
۲. محمدحسینی، سونیا؛ عادل، محسن؛ بهاری، علی؛ سیزدهمین همایش دانشجویی فناوری نانو، انجمن علمی نانوفناوری پزشکی ایران، دانشگاه تهران، تهران، (۲۰۱۳).
۳. محمدحسینی، سونیا؛ عادل، محسن؛ بهاری، علی؛ هجدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز، تبریز (۲۰۱۰).
4. S. Mohamad Hosseini, M. Adeli, A. Bahari, International Congress on Nanoscience and Nanotechnology (2010) Shiraz, Iran.