



بررسی خواص نورتابی نقاط کوانتومی تحت تابش پرتوهای گاما جهت کاربرد در دزیمتری

عفت عصار نوقابی^۱ | حسن اله داغی^{۱*} | بهنام آزادگان^۱ | علی اصغر مولوی^{۲،۱} | جواد باعدی^۱ | بهروز ملکی^۲

^۱ گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

^۲ مرکز فیزیک نظری، تریست، ایتالیا

^۳ گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

چکیده: در این پژوهش برای اولین بار مشخصات نوری نقاط کوانتومی کادمیوم سولفید و کربن تحت تاثیر تابش دهی گاما مورد بررسی قرار گرفت. نقاط کوانتومی کادمیوم سولفید به روشی سریع، ساده، کم هزینه و محلول در آب با استفاده از تابش ریزموج و نقاط کوانتومی کربن به روش هیدروترمال سنتز شدند. این نقاط کوانتومی به صورت لایه نازک و محلول در آب تحت تابش چشمه گامای کبالت-۶۰ برای دزهای مختلف در بازه $0 \Delta 20 \text{ kGy}$ قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شدت فتولومینسانس با افزایش دز چشمه گاما کاهش می‌یابد. برای نقاط کوانتومی CdS که با یک پلیمر به عنوان ماده زمینه روی شیشه لایه نشانی شده بودند یک رابطه خطی بین شدت فتولومینسانس و لگاریتم دز برقرار شد. با استفاده از عکس میکروسکوپ الکترونی گذاری اندازه نقاط کوانتومی CdS حدود $3/4 \text{ nm}$ بدست آمد. پاسخ فلورسانس نقاط کوانتومی تحت تابش پرتوهای گاما سبب می‌شود که بتوان از این نقاط کوانتومی به عنوان دزیمتری جدید استفاده نمود.

واژگان کلیدی: مشخصات نوری، نقاط کوانتومی، تابش گاما، CdS، CQD، دزیمتر

h.alehdaghi@hsu.ac.ir

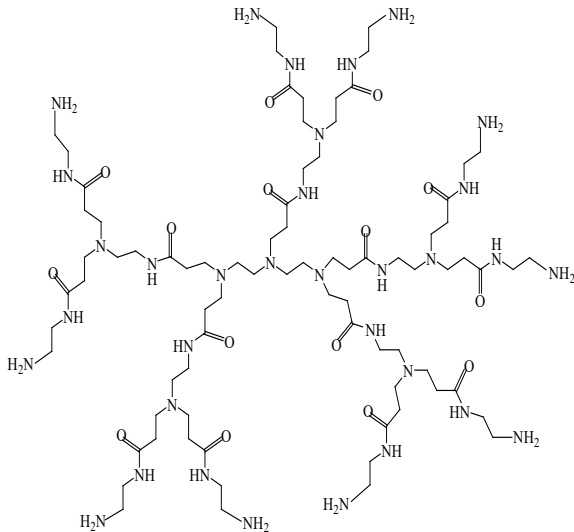
آنها را براحتی تغییر داد. از دیگر مزایای این سیستم‌ها می‌توان به پهنای گاف وسیع برانگیختگی، پهنای باریک گاف گسیل (معولا ۳۰ درصد پهنای فلورسانس‌های رایج)، ضرایب تضعیف مولی بالا، مقاومت در برابر ناپایداری نوری، نیمه عمر فلورسانس بالا و شدت فلورسانس بالا که حداقل یک مرتبه بهتر از بهترین رنگدانه‌های آلی است، اشاره کرد [۳].

اطلاعات در مورد برهم‌کنش نقاط کوانتومی با تابش‌های یونیزان بسیار محدود است. با این وجود ممکن است کاربردهای قابل توجهی در زمینه‌های مختلف آشکارسازی داشته باشند. لتانت و وانگ در سال ۲۰۰۶ با استفاده از نقاط کوانتومی در رابطه با آشکارسازی تابش گاما گزارش‌هایی ارائه کردند [۴]. ویتز و

۱- مقدمه

کاربردهای بسیار متنوع نقاط کوانتومی (QDs) در حوزه اپتوالکترونیک تا زیست پزشکی باعث شده است که در سال‌های اخیر تحقیق بر روی آنها بصورت چشمگیری افزایش پیدا کند [۳-۱]. هنگامی که اندازه نانوکریستال‌ها کوچکتر یا در حد اکسایتون-های تولید شده‌ی متناظر با ماده حجیم شود، اثرات محدودیت کوانتومی ظاهر می‌گردد که برای نامیدن آنها از واژه نقطه کوانتومی استفاده می‌شود. خواص اپتیکی نقاط کوانتومی می‌تواند وابسته به اندازه‌ی آنها باشد. بنابراین با تغییر اندازه می‌توان خواص اپتیکی

مولکولی آن در شکل ۱ آمده است. جزئیات ساخت این پلیمر در مرجع مذکور بیان شده است.



شکل ۱: ساختار مولکولی پلیمر Modified Pamam Dendrimers

۲-۲- روش سنتز نقاط کوانتومی CdS

به عنوان پیش ماده و $Na_2S_2O_3 \cdot 2H_2O$ و $3CdSO_4 \cdot 5H_2O$ به عنوان پیش ماده و TGA به عنوان عامل پوششی استفاده گردیدند. با قرار گرفتن محلول حاوی این سه ماده در داخل اجاق ریزموج خانگی، نقاط کوانتومی CdS سنتز گردید. $Na_2S_2O_3$ ماده ای حساس به نور و گرما می باشد و اتم های S را در طول واکنش تهیه می نماید. در این کار دما تا نقطه جوش در داخل ریزموج بالا می رود که منجر به شکسته شدن $Na_2S_2O_3$ و آزاد شدن اتم های S می شود. برای ساخت محلول مورد نظر، ابتدا در ۳۰ cc آب DI، محلولی از $3CdSO_4$ و TGA به ترتیب با غلظت های ۵ mM و ۲۵ mM تهیه شد سپس pH محلول توسط NaOH روی حدود ۹ تنظیم شد. در ادامه ۲۰ cc محلول $Na_2S_2O_3$ با غلظت ۶۵ mM اضافه گردید و حجم کل محلول به ۵۰ cc رسانیده شد. با قرار دادن محلول برای مدت زمانی از بازه ۲-۸ دقیقه داخل ریزموج، با توان تابشی ۵۰۰ W، نقاط کوانتومی نورتاب CdS تشکیل شدند. با تغییر زمان تابش دهی ریزموج، اندازه نقاط کوانتومی تغییر می کند بطوریکه هر چه زمان تابش دهی بیشتر باشد، نانوذرات بیشتر رشد خواهند نمود و اندازه شان افزایش خواهد یافت. پس از انتقال و سرد کردن محلول در دمای اتاق، به محلول مورد نظر استن، به عنوان ضد محلول، اضافه گردید. سپس توسط سانتریفیوژ با سرعت rpm

همکاران در سال ۲۰۰۸ اثر تابش گاما را بوسیله ی چشمه سزیوم ۱۳۷ روی خواص فتولومینسانس CdSe/ZnS تحقیق کردند [۵]. آن ها آسیب اپتیکی را با بررسی وابستگی شدت فتولومینسانس به دز تابشی پرتوهای گاما مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش مشاهده شد که نقاط کوانتومی CdSe/ZnS مقاومت تابشی ضعیفی داشتند بطوریکه پس از تابش دهی ۱۷۴/۴ Gy پرتوی گاما به طور شدید آسیب دید. استودیلکا و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز نقاط کوانتومی CdSe/ZnS تحت تابش پرتوهای گامای کبالت-۶۰ مورد بررسی قرار دادند [۳]. آنها دزهای تجمعی ۰/۱ Gy ، ۱ ، ۱۰ و ۱۰۰ را به نقاط کوانتومی CdSe/ZnS محلول در هگزان تاباندند و آن را جهت کاربرد دزیمتری بررسی نمودند. محدودیتی که در پژوهش آنها وجود داشت این بود که نقاط کوانتومی CdSe/ZnS برای بازه کوچک دز گاما فقط می توانست استفاده گردد و در دزهای بالا پاسخگو نبود. عامل دیگر این که نقاط کوانتومی استفاده شده در روش آنها در محلول های آلی از جمله هگزان یا تولن قابل حل هستند که این مواد علاوه بر این که سمی هستند بسیار فرار نیز می باشد.

در این پژوهش اثر تابش چشمه ی گامای کبالت-۶۰ بر روی دو دسته نقاط کوانتومی CdS و کربنی محلول در آب برای اولین بار بررسی گردید. برای تهیه نقاط کوانتومی CdS مورد نظر، از روش ساده و سریع تابش ریزموج در محلول آبی استفاده شد و برای سنتز نقاط کوانتومی کربنی از روش هیدروترمال استفاده شد. شیشه های پوشش داده شده با نقاط کوانتومی تحت تابش با دز تابشی در بازه ۲۰-۰ kGy نیز در نظر گرفته شد. اثر تابش با دزهای متفاوت روی شدت فتولومینسانس نقاط کوانتومی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد شیمیایی

در سنتز نقاط کوانتومی از کادمیوم سولفات $3CdSO_4 \cdot 5H_2O$ ، سدیم تیوسولفات $Na_2S_2O_3 \cdot 2H_2O$ ، تیوگلیکولیک اسید (TGA)، اتانول (C_2H_5OH)، استن (CH_3COCH_3) و آمونیاک (Na_4OH) خریداری شده از شرکت مرک آلمان مورد استفاده قرار گرفت. پلیمر Modified Pamam Dendrimers جهت ماده زمینه در طی مراحل آزمایش به کار برده شد [۶] که ساختار

۲-۵- مشخصه یابی

تابش دهی ریزموج محلول توسط اجاق ریزموج خانگی ۲/۴۵ GHz انجام گردید. طیف فتولومینسانس با دستگاه اسپکتروفوتومتر فتولومینسانس Avantes با طول موج برانگیختگی ۳۶۰ nm ثبت گردید. طیف عبوری توسط دستگاه -UV Perkin-Elmer: VIS Lambda 25 قبل و پس از تابش دهی نمونه ها اندازه گیری شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری JEOL-JEM 1400 با ولتاژ شتابدهنده ۸۰ kV ثبت گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر تابش پرتوهای گاما روی خواص نوری نقاط کوانتومی کادمیوم سولفید

شکل ۲ طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی CdS در ناحیه طول موج ۴۰۰-۶۰۰ nm برای دزهای مختلف چشمه گاما را نشان می-دهد، شدت PL در بازه ۰-۱۳۰۰ متغیر بوده و پیک شدت PL برای تمام نمودارها در طول موج ۴۷۵ nm اتفاق افتاده است. این طیف مربوط به نقاط کوانتومی CdS که روی شیشه های $inch^2$ $0/5 \times 0/5$ قرار گرفتند، می باشد. به دلیل اینکه ممکن بود نقاط کوانتومی CdS به طور یکنواخت روی شیشه قرار نگرفته باشند آنالیزهای مربوطه برای هر نمونه قبل و بعد از تابش اندازه گیری شد و در نهایت طیف فتولومینسانس بهنجار گردید. در این آزمایش سه نمونه تحت تابش ۱۰ Gy، ۴۰۰ و ۲۰k قرار گرفتند. نمونه مرجع تحت تابش قرار نگرفت (۰ Gy). همانطور که مشاهده می-شود با افزایش دز، شدت فتولومینسانس کاهش می یابد اما روند کاهشی خطی منظمی وجود ندارد.

۳۵۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه، نقاط کوانتومی CdS از محلول استخراج شد. در نهایت محلول حاوی نقاط کوانتومی روی شیشه های $inch^2$ $0/5 \times 0/5$ قرار گرفت و در شرایط محیطی خشک گردید. چندین نمونه برای نمونه مرجع و جهت تابش دهی دزهای مختلف پرتوی گاما در نظر گرفته شد.

به منظور داشتن سطحی یکنواخت و تراکم بیشتر لایه ها، تمام مراحل ذکر شده در بالا اما با غلظت ۴ برابر تکرار گردید و در نهایت با یک پلیمر Modified Pamam Dendrimers (MPD) به عنوان ماده زمینه (ماتریکس) روی شیشه های $inch^2$ $0/5 \times 0/5$ لایه نشانی گردید.

۲-۳- روش سنتز نقاط کوانتومی کربن

نانو ذرات کربن به وسیله روش هیدروترمال سنتز گردیدند به این صورت که مخلوط ۴۰ cc آب پرتقال با ۳۰ cc اتانول به داخل ظرف اتوکلاو با گنجایش ۱۰۰ cc منتقل شد. سپس اتوکلاو داخل کوره در دمای ثابت ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵۰ دقیقه گذاشته شد [۷]. بعد از اتمام واکنش، اتوکلاو از کوره خارج گردید تا در دمای اتاق سرد شود. سپس به محلول که قهوه ای روشن رنگ بود استن اضافه گردید تا محلول شسته شود و قسمت هایی که واکنش نداده اند جدا شوند و نیز محلول را به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفیوژ گردید. ذرات بزرگی که نورتابی کمی داشتند و در انتهای محلول جمع شده بودند، دور ریخته شدند و روی محلول به عنوان نانوذرات کربنی جمع آوری شد.

۲-۴- تابش دهی

نقاط کوانتومی کادمیوم سولفید و کربن به وسیله چشمه گامای ^{60}C در معرض تابش قرار گرفتند. چشمه کبالت پرتوهای گاما دو انرژی ۱/۱۷ MeV و ۱/۳۳ تولید می نماید. آهنگ دز تابشی این چشمه ۱/۸۵ Gy/s بود. نمونه ها تحت تابش با دز تابشی در بازه ۲۰-۰ kGy قرار گرفتند. بدین معنی که نمونه ها برای تابش با دزهای بیشتر، زمان های بیشتری تحت تابش قرار گرفتند.

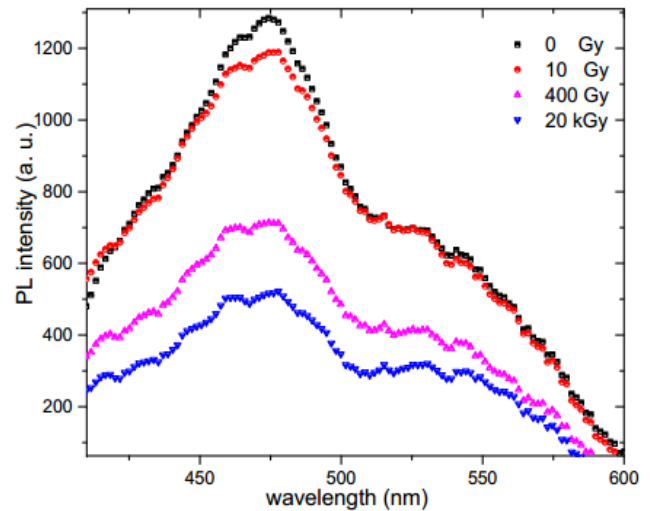
$$E(x) = E_{\infty}(x) + \frac{\hbar^2}{2d^2} \left(\frac{1}{\mu(x)} \right) - \frac{3.572 e^2}{\varepsilon(x)d} - \frac{0.779 e^4}{\hbar \varepsilon(x)^2} \frac{1}{\mu(x)} \quad (1)$$

که $E(x)$ ، $E_{\infty}(x)$ ، d ، $\mu(x)$ ، $\varepsilon(x)$ و \hbar به ترتیب انرژی گاف QD، انرژی گاف ماده حجیم، قطر QD، جرم کاهش یافته، ثابت دی الکترونیک، ثابت پلانک و بار الکترون می باشد. اندازه نقاط کوانتومی در جدول ۱ آمده است، همانطور که مشاهده می شود طول موج مربوط به گاف انرژی حدود ۳۸۵ nm می باشد در حالی که در نمودار شکل ۲ قله طیف PL در طول موج ۴۷۵ nm مشاهده می شود. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود اندازه نقاط کوانتومی برای پودر CdS به طور متوسط حدود ۳/۴ nm بدست آمد و تغییر بسیار ناچیزی در اندازه نقطه کوانتومی قبل و بعد از تابش رخ داده است. این امر بیانگر این است که مکانیزمی که سبب کاهش شدت PL شده است مربوط به افزایش اندازه نقاط کوانتومی نمی باشد. با توجه به اینکه شدت قله PL مربوط به نقص های سطحی بود بنابراین کاهش شدت PL با افزایش دز تابشی چشمه گاما می تواند مربوط به از بین رفتن لیگاند های سطحی باشند. اما فهم مکانیزم دقیق کاهش شدت PL با افزایش دز گاما نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

جدول ۱: داده های مربوط به اندازه و انرژی گاف نقاط کوانتومی به صورت پودر و محلول CdS

| نوع CdS | اندازه (nm) | انرژی گاف (eV) | دز گاما (kGy) |
|-----------|-------------|----------------|---------------|
| | پودر CdS | ۳/۴۸ | ۳/۲۱ |
| ۳/۵۱ | | ۳/۱۹ | ۲۰ |
| محلول CdS | ۳/۳۴ | ۳/۳۱ | نمونه مرجع |
| | ۳/۵۸ | ۳/۱۷ | ۲۰ |

در شکل ۴ الف) طیف فتولومینسانس لایه نازک نقاط کوانتومی (CdS-MPD) در ناحیه طول موج ۴۰۰-۶۵۰ nm برای مقادیر متفاوت دز حاصل از پرتوی گاما رسم شده است. سه نمونه به عنوان نمونه مرجع در معرض تابش قرار نگرفتند (۰ Gy) و دیگر نمونه ها در معرض تابش دزهای مختلف چشمه گاما شامل مقادیر ۱۰، ۳۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ قرار گرفتند که نیز برای هر مقدار دز

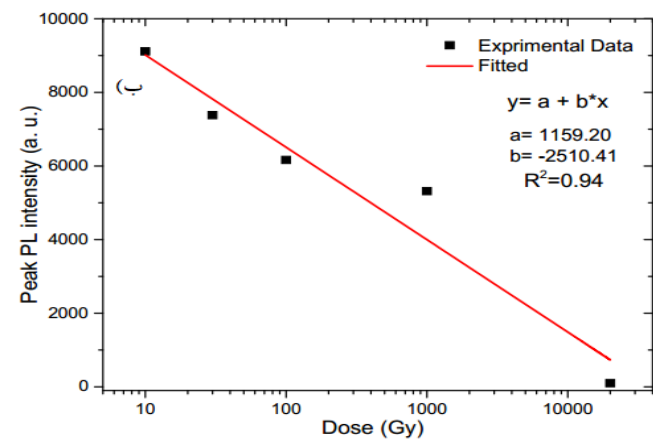
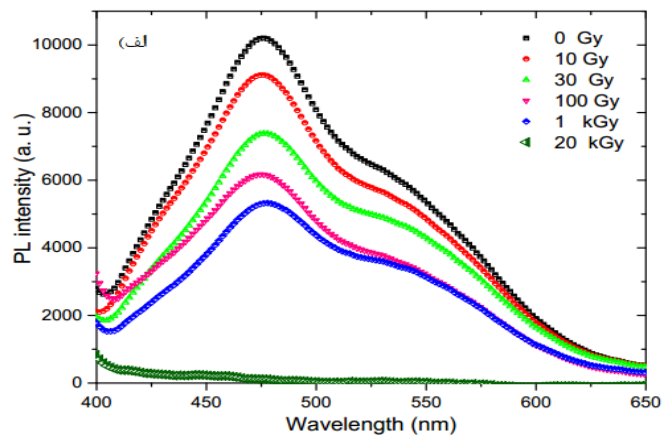


شکل ۲: طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی پودر CdS برای دزهای مختلف تابش پرتوهای گاما

در شکل ۳ الف) نمودار طیف عبوری لایه های CdS نشانده شده روی شیشه مربوط به دز ۲۰ kGy از شکل ۲ ترسیم شده است. در این شکل طیف عبوری بخوبی نشان می دهد که چگونه تحت تابش گاما تغییر کرده است. طیف عبوری در بازه ۴۰۰ nm تا ۳۵۰ nm دچار افت شدید می شود که به علت انرژی گاف CdS است. از مقایسه دو طیف عبوری قبل و بعد از تابش در قسمت الف، نتیجه می شود که انرژی گاف نقاط کوانتومی بعد از تابش کمی بزرگ می شود (انتقال به قرمز در ناحیه ۳۵۰-۴۰۰ nm). با توجه به اینکه تابش گاما باعث کدوری زیر لایه های شیشه ای نیز می شود، طیف عبور از نظر مقدار نیز، بعد از تابش تا حدودی قهوه ای رنگ می شود که باعث کم شدن شدت عبور می شود. در شکل ۳ ب) طیف عبور شیشه خالی، قبل و بعد از تابش نشان داده شده است. این تغییر رنگ به سبب ایجاد مراکز رنگ در بعد از تابش است که توسط مواد موجود در شیشه از قبیل: سدیم، کلسیم، مگنزیوم و... ایجاد می شود. با توجه به مقادیر انرژی گاف و مکان قله نورتایی ها در طیف PL این نکته مشهود است که نورتایی نمونه ها مربوط به لبه نواری نیست. بر طبق گزارشات متعدد، این نورتایی ها به علت نقص های سطحی است [۹ و ۸]. با استفاده از نمودار طیف عبوری، انرژی گاف بدست آمد (جدول ۱). سپس با استفاده از رابطه تقریب جرم مؤثر اندازه نقاط کوانتومی CdS محاسبه گردید. رابطه تقریب جرم مؤثر در زیر آمده است.

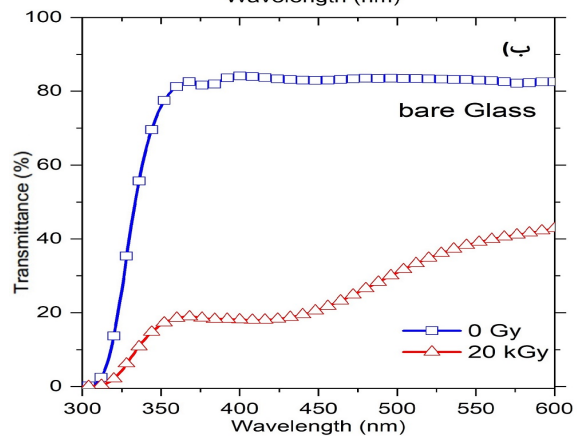
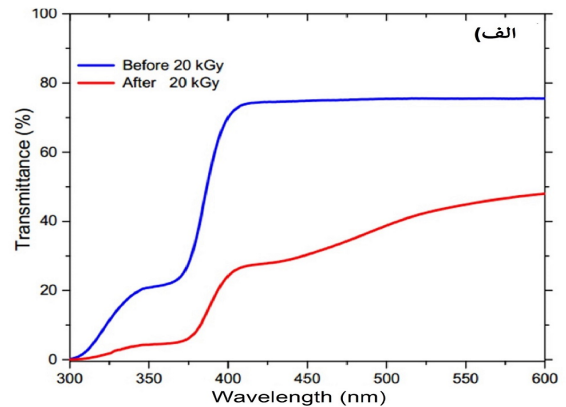
$$Y = a + bx \quad (2)$$

که Y بیانگر مقدار شدت پیک فتولومینسانس و x بیانگر لگاریتم دز تابیده شده است. مقادیر عرض از مبدا (a)، شیب نمودار (b) و ضریب تعیین (R^2) به ترتیب برابر با 1159.2 ، $0.4/2510$ و 0.94 می باشد. مقدار ضریب تعیین نشان می دهد که معادله برازش شده داده های آزمایش را به خوبی در بر می گیرد.



شکل ۴: الف) طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی لایه نازک CdS-MPD برای دزهای مختلف تابش پرتوهای گاما ب) نمودار مقدار شدت پیک طیف فتولومینسانس بر حسب دز تابشی پرتوهای گاما

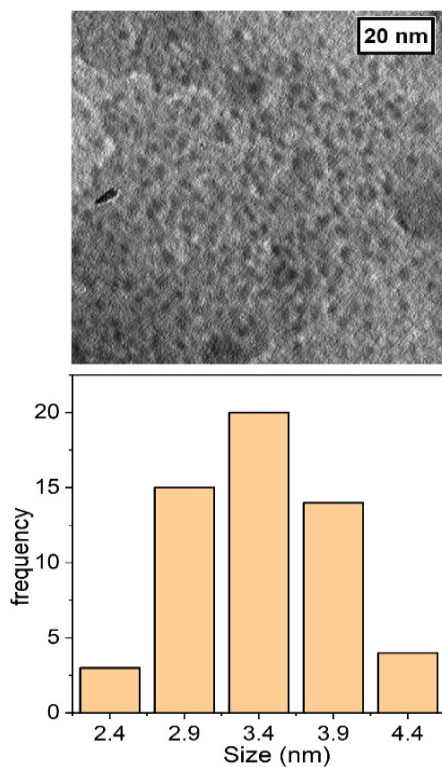
شکل ۵ الف) طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی محلول در آب را برای نمونه مرجع و دز تابشی 20 kGy نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در این نمودار نیز شدت PL نمونه ای که به آن 20 kGy تابیده شده است نسبت به نمونه مرجع کاهش چشمگیری داشته است. شکل ۵ ب) طیف عبور نقاط کوانتومی محلول در آب برای نمونه مرجع (0 Gy) و دز تابشی 20 kGy را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود طیف عبور برای نمونه تحت تابش نسبت به نمونه مرجع به سمت طول موج های بلندتر



شکل ۳: طیف عبوری قبل و بعد از تابش 20 kGy الف) - نقاط کوانتومی پودر CdS ب) شیشه خالی

سه نمونه در معرض تابش قرار گرفتند. سه بار آزمایش تکرار گردید که خطاهای احتمالی کاهش یابد. قله طیف PL در طول موج 475 nm و شدت آن حدودا بین بازه $1000-0$ متغیر بوده است که بیشترین مقدار PL مربوط به نمونه مرجع و با افزایش دز پرتوی گاما شدت PL کاهش می یابد. به علاوه همانطور که مشاهده می شود در دز 20 kGy پرتوی گاما شدت PL تقریبا صفر شده است، (یعنی نقاط کوانتومی CdS به طور کامل آسیب دیدند) در حالی که در پژوهشی که توسط ویتروز و همکاران گزارش شده است [۳]، در دز تابشی حدود 174 Gy نقاط کوانتومی CdSe/ZnS به شدت آسیب دیدند. این امر دلیل بر این مزیت است که می توان نقاط کوانتومی CdS را برای بازه دز بزرگتری به کار برد. به علاوه نکته حائز اهمیت دیگر نقاط کوانتومی CdS مربوط به روش سنتز آن می باشد که روشی ساده و کم هزینه می باشد. در شکل ۴ ب) نمودار مقدار پیک طیف فتولومینسانس بر حسب مقدار دز تابیده شده رسم گردیده است. مقادیر بدست آمده از آزمایش با برازش خطی پردازش شد. همانطور که مشاهده می شود رابطه خطی زیر بین شدت فتولومینسانس و لگاریتم دز تابیده شده برقرار است.

شکل ۶ الف تصویر TEM نقاط کوانتومی CdS که به مدت ۵/۵ دقیقه تحت تابش ریزموج سنتز شدند را نشان می‌دهد. ذرات (نقاط مشکلی) به صورت دایره ای مانند با یک توزیع تقریباً یکنواخت هستند. شکل ۶ ب هیستوگرام اندازه ذرات که تصویر الف استخراج شده، می باشد. اکثر ذرات دارای اندازه ۳/۴ nm می‌باشند.

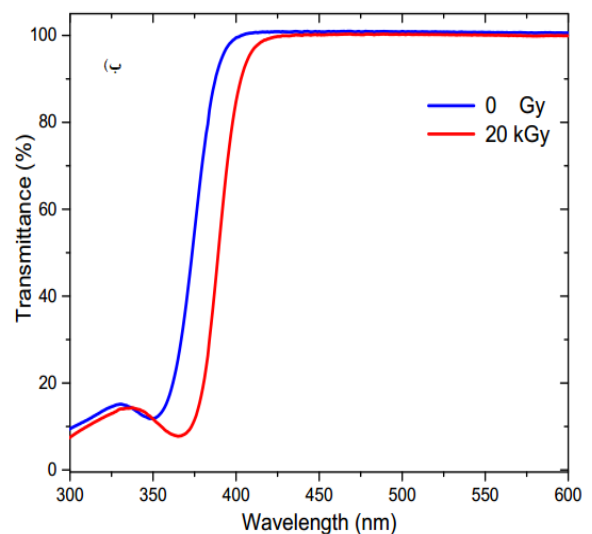
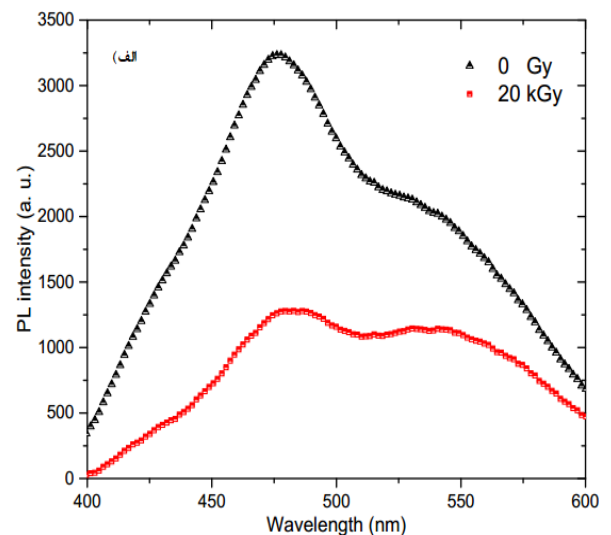


شکل ۶: الف) تصویر TEM نقاط کوانتومی سنتز شده کادمیوم سولفید ب) هیستوگرام اندازه نقاط کوانتومی کادمیوم سولفید که از تصویر TEM بدست آمده است.

۳-۲-۱ اثر تابش پرتوهای گاما روی طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی کربن

در شکل ۷ الف) نمودار طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی کربن قرار گرفته روی شیشه برای نمونه مرجع و دز ۲۰ kGy تابش چشمه گاما در بازه ۴۰۰-۶۰۰ nm رسم شده است. همانطور که مشخص است این طیف شامل دو قله مشخص است. در پاسخ به این که چرا این دو قله ایجاد شده است باید به ساختار نواری و ترازهای انرژی این ماده رجوع کرد. در کارهای دیگران نیز بعضاً وجود دو قله در طیف فتولومینسانس نیز دیده شده است [۱۰-۱۲]. وو [۱۱] و همکاریانش این دو قله را به ترازهای انرژی نقاط

جابجا شده است، بنابراین انرژی گاف آن کاهش یافته و اندازه نقطه کوانتومی افزایش یافته است. مقادیر مربوطه در جدول ۱ آمده است. استدلال می‌شود که کاهش انرژی گاف و افزایش اندازه ذرات باعث کاهش شدت PL شده است. افزایش اندازه نقطه کوانتومی نشان می‌دهد که در اثر تابش پرتوهای گاما ذرات رشد کردند، که ممکن است در اثر چسبیدن نقاط کوانتومی به یکدیگر باشد و یا در محلول مقادیری از پیش ماده‌ها وجود داشتند که در اثر تابش پرتو گاما واکنش دادند و به نقاط کوانتومی CdS موجود چسبیده باشند. در حالی که برای نقاط کوانتومی غیر محلول این تغییر اندازه وجود نداشت، در نتیجه مکانیزم کاهش شدت PL نقاط کوانتومی CdS به صورت محلول و غیر محلول در اثر تابش پرتوهای گاما متفاوت می‌باشد.



شکل ۷: الف) طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی محلول در آب و ب) طیف عبوری نقاط کوانتومی محلول در آب برای دز ۰ و ۲۰ kGy پرتوی گاما

۴- نتیجه گیری

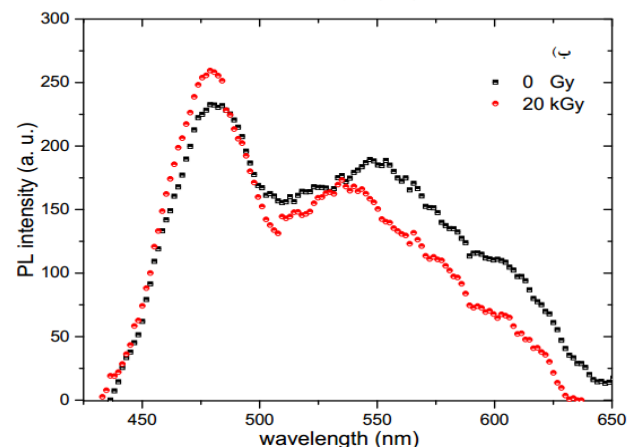
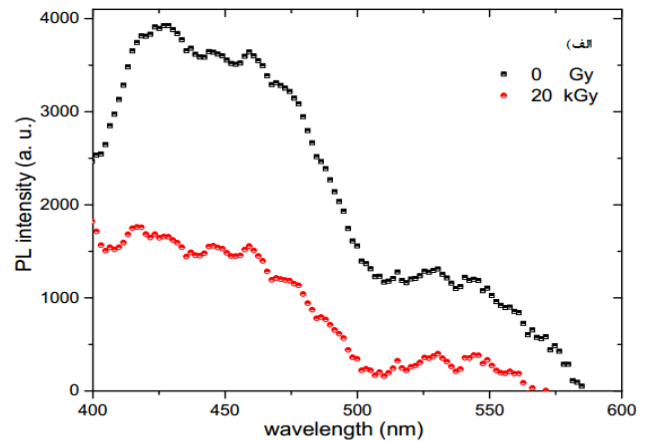
در این پژوهش برای اولین بار مشخصات نوری نقاط کوانتومی CdS که به روش آبی سنتز گردید، تحت تابش پرتوهای گاما مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دز تابشی پرتوهای گامای کبالت-۶۰ شدت فتولومینسانس کاهش می‌یابد. برای لایه نازک CdS-MPD وجود یک رابطه خطی بین شدت فتولومینسانس و لگاریتم دز تابشی مشاهده شد که می‌تواند به عنوان یک دزیتر جدید استفاده گردد. نشان داده شد که نقاط کوانتومی CdS بکار رفته، مقاومت تابشی بالاتری نسبت به پژوهش‌های قبلی دارند، بنابراین می‌توانند برای بازه بزرگتری از دز تابشی استفاده شوند. مکانیزم کاهش شدت PL با افزایش دز پرتوهای گاما احتمالاً مربوط به از بین رفتن لیگاندهای سطحی می‌باشد. نتایج نشان داد که شدت فتولومینسانس برای پودر نقاط کوانتومی کربنی در مقابل تابش گاما کاهش پیدا می‌کند در حالیکه برای محلول آن کاهش مشاهده نشد.

مراجع

- [1] G. Gaur, D. Koktysh, D.M. Fleetwood, R.A. Weller, R A Reed, B Rogers, and S M Weiss. Influence of Ionizing Radiation and the Role of Thiol Ligands, ACS Appl. Mater. Interfaces, 8, 7869–7876, 2016.
- [2] P. Juzenas, W. Chen, Y.P. Sun, M.A.N. Coelho, R Generalov, N Generalova, I.L. Christensen, Quantum Dots and Nanoparticles for Photodynamic and Radiation Therapies of Cancer”, Adv. Drug Deliv. Rev., 60, 1600–1614, 2008.
- [3] R.Z. Stodilka, J.J. L.Carson, K. Yu, Md. B Zaman, C. Li, D Wilkinson ; “Optical Degradation of CdSe/ZnS Quantum Dots upon Gamma-Ray Irradiation”; J. Phys. Chem. C, 113, 2580–2585, 2009.
- [4] S.E. Letant, T.F. Wang, Semiconductor Quantum Dot Scintillation under γ -Ray Irradiation, Nano Lett., 6, 2877–2880, 2006.

کوانتومی ربط دادند. در واقع دام‌های موجود در داخل شکاف انرژی که معمولاً بوسیله دام‌های پدیدار می‌شود، باعث تشکیل دو یا چند قله در طیف فتولومینسانس می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود شدت PL کاهش بسزایی برای دز ۲۰ kGy نسبت به نمونه مرجع داشته است. این روند کاهش امید بخش این نکته می‌باشد که با گسترش مطالعات و آزمایشات ممکن است بتوان از نقاط کوانتومی مواد آلی به عنوان دزیتر تابش گاما استفاده نمود. کادمیوم یک عنصر سمی می‌باشد و برای انسان و محیط زیست مضر می‌باشد اما نقاط کوانتومی کربن برای انسان و محیط زیست دارای زبانی نمی‌باشد. بنابراین استفاده از نقاط کوانتومی کربن سودمند خواهد بود.

شکل ۷ب) نمودار طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی کربن محلول در آب را نشان می‌دهد که همانطور که دیده می‌شود در شدت PL برای دز ۲۰ kGy نسبت به نمونه مرجع تفاوت زیادی دیده نمی‌شود. این مشاهدات نشان می‌دهد که نقاط کوانتومی کربنی بکار گرفته در این مقاله، اگر محلول در آب باشند در مقابل تابش گاما با دز ۲۰ kGy بسیار مقاوم هستند.



شکل ۷: نمودار طیف فتولومینسانس نقاط کوانتومی کربن (الف) پودر (ب) محلول

doped high quantum yield graphene quantum dots, *Nanoscale*, 6, 3868-3874, 2014.

[12] R.K. Das, S. Mohapatra, Highly luminescent, heteroatom-doped carbon quantum dots for ultrasensitive sensing of glucosamine and targeted imaging of liver cancer cells, *Journal of Materials Chemistry B*, 5, 2190-2197, 2017.

[5] N.J. Withers, K. Sankar, B.A. Akins, T.A. Memon, T. Gu, J. Gu, et al, Rapid degradation of CdSe/ZnS colloidal quantum dots exposed to gamma irradiation, *Appl. Phys. Lett.* 9, 173101, 2008.

[6] F. Jafari-Soghieh, B. Maleki, H. Behniafar, Effect of Dendrimer-Functionalized Magnetic Iron Oxide Nanoparticles on Improving Thermal and Mechanical Properties of DGEBA/IPD Epoxy Networks, *High Perform. Polym.*, 31, 24-31, 2019.

[7] S Sahu , B Behera, T K. Maiti, S Mohapatra, Simple One-Step Synthesis of Highly Luminescent Carbon Dots From Orange Juice: Application as Excellent Bio-Imaging Agents, *Chem. Commun.*, 48, 8835-8837, 2012.

[8] H. Alehdaghi, M. Marandi, M. Molaei, A. Irajizad, N. Taghavinia, Facile Synthesis of Gradient Alloyed $Zn_xCd_{1-x}S$ Nanocrystals Using a Microwave-Assisted Method, *J ALLOY COMPD*, 586, 380–384, 2014.

[9] M. Molaei, E. Saievar Iranizad, M. Marandi, N. Taghavinia, R. Amrollahi, Synthesis of CdS Nanocrystals by a Microwave Activated Method and Investigation of The Photoluminescence and Electroluminescence Properties, *Appl. Surf. Sci.*, 257, 9796–9801, 2011.

[10] Z. Tian, X. Zhang, D. Li, D. Zhou, P. Jing, D. Shen, S. Qu, R. Zboril, A.L. Rogach, Full-Color Inorganic Carbon Dot Phosphors for White-Light-Emitting Diodes, *Adv. Opt. Mater.*, 5, 1700416, 2017.

[11] Z.L. Wu, M.X. Gao, T.T. Wang, X.Y. Wan, L.L. Zheng, C.Z. Huang, A general quantitative pH sensor developed with dicyandiamide N-



Investigation on the effect of Gamma-ray irradiation on the luminescence properties of Quantum Dots in order to Dosimetry Applications

E. Assar¹, H. Alehdaghi^{1*}, B. Azadegan¹, A. A. Mowlavi^{1,2}, J. Baedi¹, B. Maleki³

¹ Department of Physics, School of Sciences, University of Hakim Sabzevari, Sabzevar

² International Center for Theoretical Physics (ICTP), Trieste, Italy

³ Department of Chemistry, School of Sciences, University of Hakim Sabzevari, Sabzevar

Abstract: Herein, the optical properties of CdS and Carbon quantum dots (QDs) for the first time under gamma irradiation was studied. The CdS QDs were synthesized by a rapid, facile and low cost microwave assisted method and carbon QDs extracted from orange juice by hydrothermal method. The CdS QDs were prepared just after a couple minute of microwave irradiation and the carbon QDs were synthesized after 150 min. in 120 C° in oven. The samples were exposure by gamma ray with source of Co-60 within 0-20 kGy. The results showed that gamma irradiation suppress the photoluminescence (PL) intensity of QDs. A linear relation between PL intensity and logarithmic dose of gamma was found for the matrixed CdS QDs deposited top of glass. The initial size of CdS QDs was indicated about 3.4 nm by transmission electron microscopy (TEM). For water-soluble CdS QDs and powdered carbon QDs, PL intensity was decreased as dose of 20 kGy gamma irradiation. While the water-soluble carbon QDs were stable after gamma irradiation. These results shows that the luminescent nanostructure can be a new candidate for dosimetry.

Keywords: Optical properties, Quantum Dots, Gamma irradiation, Dosimetry, CdS, CQD