Nanomeghyas
www.nanomeghyas.ir
نانومقیاس

# بررسی اثر افزودن نانوذرات طلا در عملکرد نانو حسگر گامای پلی وینیل استات/ نقاط کوانتومی کادمیم تلوراید: معرفی یک نانوحسگر گامای جدید

محمد حسین محرابیان[۲]، شهزاد فیضی*[۱] و شهرام مرادی [۲]

۱ - پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، کرج
۲- دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران

**چکیده:** پیشرفت‌های سال‌های اخیر در زمینه سنتز نانوذرات راه را برای توسعه نانوچندسازه‌های جدید که دارای ویژگی جدید و منحصر به فرد هستند، هموار کرده است. کنترل دقیق ساختارهای اولیه نانوذرات، مانند اندازه، شکل یا فرمولاسیون، ما را قادر می-سازد چندسازه‌هایی از این نانوذرات را بسازیم که دارای ویژگی برتر هستند. در این پژوهش، نانوچندسازه حاوی نقاط کوانتومی کادمیوم تلورید در ماتریس پلی وینیل استات سنتز شد و قابلیت‌های این نانوچندسازه به عنوان حسگر گاما مورد بررسی قرار گرفت. سپس، نانوذرات طلا سنتز و شناسایی شد. نانوچندسازه سه جزیی نانوذرات طلا/ نقاط کوانتومی کادمیم تلورید در ماتریس پلی وینیل استات تهیه و ویژگی های این نانوحسگر در برابر پرتو گاما بررسی شد. نتایج نشان داد، نانوچندسازه سه جزیی حاوی نانوذرات طلا عملکرد بهتر و حساس تری نسبت به نانوچندسازه دو جزیی دارد.

**واژگان کلیدی:** نقاط کوانتومی، کادمیم تلورید، نانوذرات طلا، حسگر گاما.

*sfeizi@aeoi.org.ir .ac*

## ۱- مقدمه

در طول چند دهه‌ی گذشته، نانوذرات طلا با توجه به ویژگی منحصر به فرد خود مانند رزونانس سطح پلاسمون قوی و قابل تنظیم با اندازه ذرات (SPR)[1]، داشتن خاصیت فلورسانس و قابلیت عامل‌دار شدن سطح با مولکول های متفاوت شیمیایی به طور گسترده‌ای در حسگرهای زیستی، تصویربرداری و درمان سلول‌های سرطانی استفاده شده است [۱و۲]. در این پژوهش‌ها نشان داده شده است که برهم‌کنش فوتونها با نانوذرات طلا منجر به انتشار الکترونهای ثانویه با انرژی کم و برد کوتاه می شود که به نوبه خود دوز دریافت شده در بافتها را افزایش می‌دهد و منجر به بهبود درمان بیماران می‌شود[۱]. فوتون ها هنگام برخورد با مواد، می توانند با چهار نوع فعل و انفعالات عمده ضعیف شوند: اثر فوتوالکتریک، اثر کامپتون، تولید جفت و پراکندگی ریلی [۳و۴]. برای عناصر با عدد اتمی بالا مانند طلا، به دلیل سطح مقطع بزرگتر، احتمال تعامل فوتون با اتم بیشتر است. برای طلا، اثر فوتوالکتریک در انرژی ۲۰۰ کیلو الکترون ولت و پایین تر بسیار قوی است [۵]. در عین حال که نانوذرات دارای برهمکنش بسیار بالا با فوتون‌ها هستند، پرتوهای پرانرژی گاما هیچگونه تغییری در سایز و پایداری این نانوذرات ایجاد نکرده و در

[1] size-tunable surface plasmon resonance (SPR)


تاریخ دریافت : ۱۳۹۹/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش : ۱۴۰۰/۰۲/۰۱

غلظت‌های پایین هیچگونه سمیتی بر سلول‌های انسانی ندارند [۶]. از آنجا که نانوذرات طلا نسبت سطح به حجم زیادی دارند، دارای سطح موثر بالایی هستند و به دلیل ریخت‌شناسی کروی، فضای بینابینی امکان انتقال بار کارآمد را فراهم می‌کنند. با توجه به ماهیت فلزی نانوذرات طلا، هدایت الکتریکی را می توانند افزایش داده و موجب افزایش حساسیت نانوحسگر شوند [۷].

با توجه به استفاده روزافزون از نقاط کوانتومی در ساخت نانوحسگرهای گاما در چند سال گذشته و عملکرد قابل قبول این دسته از مواد در افزایش کارایی حسگرها با ماتریس بسپاری، افزایش عملکرد این دسته از نانوحسگرها با افزودن نانو مواد ثانویه در دستورکار پژوهشگران قرار گرفته است [۸و ۹].

در این پژوهش، سعی بر آن شد تا نانوچندسازه حاوی نقاط کوانتومی کادمیم تلورید در ماتریس پلی وینیل استات سنتز و قابلیت های این نانوچندسازه به عنوان حسگر گامای پایه مورد مطالعه قرار گیرد. سپس، نانوذرات طلا سنتز و شناسایی شد. نانو چندسازه سه جزیی نانوذرات طلا/ نقاط کوانتومی کادمیم تلورید در ماتریس پلی وینیل استات تهیه و ویژگی های این نانوحسگر در برابر پرتو گاما بررسی شد تا اثر افزودن نانوذرات طلا در این نانوحسگر به صورت کمی و دقیق مشخص شود.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- سنتز نقاط کوانتومی کادمیم‌تلوراید ( CdTe QDs)

سنتز CdTe QDs مطابق با روش گزارش شده پیشین این گروه پژوهشی انجام شد [۱۰]. به طور خلاصه، ۷/۳ میلی مول سدیم بوروهیدرید به ۷ میلی لیتر آب دیونیزه تحت اتمسفر آرگون افزوده شد. سپس، ۰/۸۷ میلی مول پودر تلوریم به محلول افزوده شد. محلول به مدت سه ساعت هم‌زده شد. سپس، محلول شفاف صاف و NaHTe حاصل شد.۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه به این محلول افزوده شد. ۳/۹۲ میلی مول تیوگلیکولیک اسید در یک فلاسک ۱۵۰ میلی لیتری حاوی ۱۶ میلی مولار محلول آبی $CdSO_4$ افزوده شد. سپس، pH با استفاده از محلول ۴ میلی مولار سود در حدود ۹/۵ تنظیم شد. محلول NaHTe به فلاسک حاوی محلول Cd-TGA منتقل شد. محلول در دمای ۱۰۰ °C به مدت ۶۰۰ دقیقه حرارت دید. سنتز نقاط کوانتومی کادمیم‌تلوراید (CdTe QDs) با گروه‌های پوشیده شده با تیوگلیکولیک اسید، با استفاده از استون رسوب داده شد و سپس گریزانه شده و دوباره در آب دیونیزه توزیع شد (شکل شماره ۱).

### ۲-۲- سنتز و شناسایی نانوذرات طلا

نانوذرات طلا بر اساس روش شناخته شده بین المللی انجام شد [۱۱]. برای تهیه هر بچ نانوذرات طلا، ۱۵۰ میلی لیتر محلول سیترات سدیم ۲/۲ میلی مولار، در یک فلاسک دو دهانه ته گرد ریخته شد و تا دمای ۹۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. ۱ میلی لیتر محلول ۲۵ میلی مولار تتراکلرو آئوریک اسید به آن افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد هم زده شد. سپس، مخلوط واکنش تا دمای محیط سرد شد. نگه‌داری نمونه ها نیز تحت جو آرگون انجام شد. شکل‌گیری نانوذرات بلافاصله پس از افزودن تتراکلرو آئوریک اسید به محلول احیا کننده شروع می شود و در طول زمان تکامل می‌یابد. با تشکیل نانوذرات رنگ محلول واکنش به صورتی کم رنگ در می‌آید. برای آنالیز اندازه نانوذرات آنالیز میکروسکوپ الکترونی عبوری بر نمونه‌ها انجام شد.

شکل ۱. تصویر نقاط کوانتومی CdTe سنتز شده (الف )، تصویر نانوذرات طلای سنتز شده (ب)

### ۲-۳- سنتز نانوچندسازه

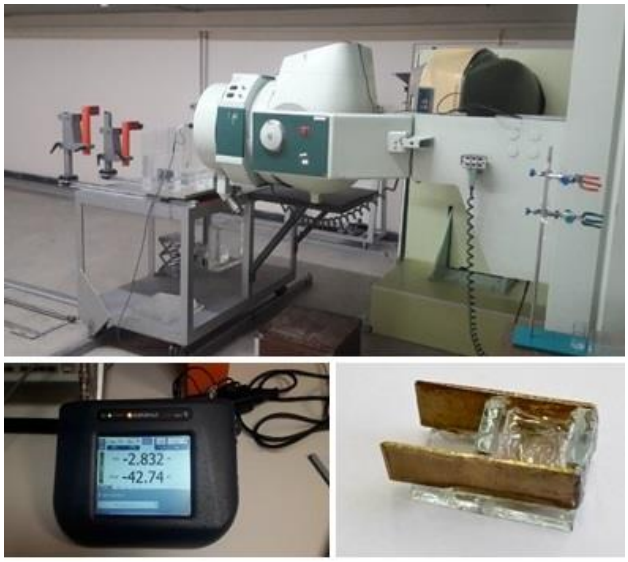
در ۲ میلی‌لیتر مخلوط دو حلالی استون: آب (۱: ۱۰) و ۰/۴ گرم پلی‌وینیل استات، مقادیر کافی از CdTe QDs و نانوذرات طلا (مثلا برای نانوچندسازه w/w٪ ۰/۱ : مقدار ۰/۰۰۴ گرم از هر یک از نانومواد) افزوده شد. محلول شفاف حاصل تا کمترین حجم ممکن تغلیظ و سپس، به یک سلول دارای دو وجه هادی آبکاری شده با طلای فوق خالص (شکل ۲) که دارای حفره ۱*۱*۱ سانتی متر مکعب است، منتقل شد. محل قرار گرفتن نانوچندسازه

در شکل ۲ نشان داده شد.  سل به مدت یک شبانه روز در دمای اتاق قرار گرفت تا کامل خشک شود.

شکل ۲. تصویر سلول رسانا (Conductive Cell) ساخته شده

## ۴-۲- پرتودهی و اندازه گیری‌های جریان الکتریکی

نانوحسگرهای چندسازه ساخته شده تحت پرتودهی با پرتوهای گامای ۱/۲۵ MeV یک چشمه کبالت-۶۰ با ماشین Picker $^{60}$Co V9 تحت آهنگ‌های دز در گستره ۱۴۰ mGy/min – ۲۰ در یک میدان استاندارد $cm^2$ ۱۰×۱۰ قرار گرفتند.  برای اندازه گیری‌ها بایاس ولتاژ ۱۰۰ ولت با الکترومتر SuperMAX, STANDARD IMAGING بر نمونه‌ها اعمال و جریان الکتریکی تاریک (Dark current بدون حضور پرتو گاما) و جریان الکتریکی تابشی ( Photocurrent در حضور پرتو گاما) اندازه‌گیری شد (شکل ۳).

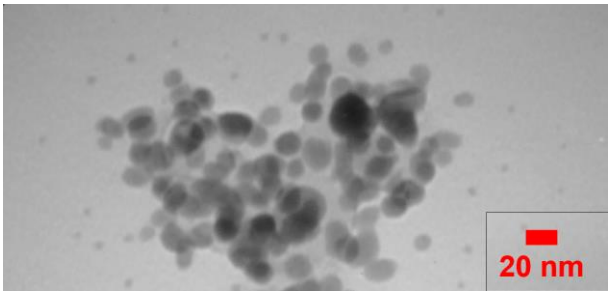



شکل۳. ماشین Picker V9 $^{60}$Co حاوی چشمه ی پرتو گاما  و نانوحسگر که با سیم درمقابل آن قرار گرفته است (بالا)و الکترومتر وحسگر آماده شده (پایین).

# ۳- بحث و نتایج

## ۱-۳- سنتز

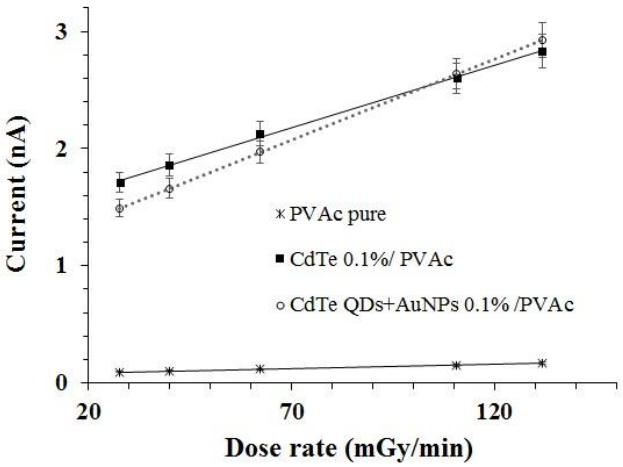
آنالیز TEM نانوذرات طلا نشان می  دهد که، این ذرات با میانگین اندازه ۱۲ نانومتر با ریخت‌شناسی کروی سنتز شده است (شکل ۴).




شکل۴ .تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانوذرات طلا

## ۱-۳- شناسایی دزیمتری CdTe QDs/Au/PVAc

منحنی شکل ۵، جریان- آهنگ دزِ بسپار خالص و نانوچندسازه حاوی نقاط کوانتومی تنها و نانوچندسازه‌ها با درصدهای متفاوت (۰/۱، ۰/۲و ۰/۳ ٪ از نانوذرات طلا) طلای افزوده شده به نقاط کوانتومی کادمیم تلوراید (۰/۱ ٪)، تحت پرتوهای گامای کبالت-۶۰ و بایاس ولتاژ ۱۰۰ ولت را نشان می‌دهد. قابل مشاهده است که تمامی پاسخ‌ها در گستره دز mGy/min ۱۳۰-۳۰ خطی هستند. پاسخ نانوچندسازه ها در جدول ۱  آورده شده‌اند.




شکل ۵. شناسایی دزیمتری CdTe QDs/Au/PVAc و CdTe QDs/PVAc و بسپار خالص بدون نانو مواد

جدول۱. اطلاعات منحنی جریان– آهنگ دز نمونه های نانوچندسازه.

| ردیف | نوع نانوچندسازه | معادله خط |
|---|---|---|
| 1 | PVAc pure | y = 0.0007 x + 0.07 |
| 2 | CdTe $_{0.1\%}$/ PVAc | y = 0.0106 x + 1.43 |
| 3 | CdTe QDs $_{0.1\%}$+AuNPs $_{0.1\%}$ /PVAc | y = 0.0124 x + 1.33 |
| 4 | CdTe QDs $_{0.1\%}$+AuNPs $_{0.2\%}$ /PVAc | y = 0.0138 x + 1.11 |
| 5 | CdTe QDs $_{0.1\%}$+AuNPs $_{0.3\%}$ /PVAc | y = 0.0141 x + 1.10 |

همانطور که در شکل ۵ نشان داده شد، با افزوده شدن طلا به نانو چندسازه، شیب خط که بیان کننده حساسیت نانوچندسازه ها هست افزایش یافته و عرض از مبدا که نشان دهنده جریان تاریک (جریان در غیاب پرتو) است، کاهش یافته که باعث افزایش مقدار سیگنال به نویز خواهد شد.

## ۴- نتیجه‌گیری

با افزایش مقدار نانوذرات طلا، انباشت نانوذرات و برهمکنش های بین نانوذرات وپرتو گاما افزایش می‌یابد و جریان تاریک (عرض از مبدا) تقریبا کاهش می‌یابد. مطالعه لی و همکارانش، نشان داد که دستگاه‌های الکتریکی حاوی نقاط کوانتومی CdTe با الکترودهای دارای پوشش طلا از نظر گرمایی پایدارتر هستند [۱۲]. بنابراین، در این پژوهش نیز از این نوع الکترودها بهره برده شد تا افزون بر این اثر، از نفوذ یونهای مس به درون نانوچندسازه و تغییر ناخواسته هدایت الکتریکی جلوگیری شود. تمام الکترودها با استفاده از $HAuCl_4$ فوق العاده خالص به عنوان پیش ماده طلا، پوشش داده شد. افزوده شدن نانو ذرات طلا منجر به افزایش ۲۵ ٪ حساسیت این نانوچندسازه در مقابل پرتو گاما شد.

در مقایسه با نمونه مشابه این نانوچندسازه ها، نمونه CdTeQDs 0.1%/ PVK ، که از بسپار پلی ان–وینیل کربازول در آن استفاده شده است، بسپار مورد استفاده در این تحقیق، PVAc، دارای حساسیت بالاتری است [۹]. با توجه به این نکته که افزودن مقادیر بالاتر از کادمیم تلوراید باعث افزایش دقت حسگرها نمی‌شود و فقط جریان تاریک را می‌افزاید [۹]، افزودن یک ماده با قابلیت جذب پرتو گاما باعث افزایش دقت و کارایی نانوحسگر شد.

پاسخ آنلاین نانوچندسازه‌های نهایی به آهنگ دوز، پایدار و تکرار پذیر است. نتایج نشان می دهد که PVAc یک ماده نویدبخش به عنوان میزبان برای نانو ذرات معرفی شده برای ساخت حسگرهای گاما با کارایی هدفمند و قابلیت اطمینان بالا است. با توجه به نتایج نانوچندسازه CdTe / Au / PVAc برای شمارش پرتوهای گاما (زمان واقعی) در دستگاه‌های حسگر مدرن معرفی می‌شود.

## مراجع

[1] M. Laprise-Pelletier, T. Simão, M. André Fortin, “Gold Nanoparticles in Radiotherapy and Recent Progress in Nanobrachytherapy,” Advanced Healthcare Materials, 7, 1701460-87, 2018

[2] Y. Fazaeli, O. Akhavan, R. Rahighi, M.R. Aboudzadeh, E. Karimi, H. Afarideh, “In vivo SPECT imaging of tumors by 198,199Au-labeled graphene oxide nanostructures,” Materials Science and Engineering: C, 45, 196-204, 2014.

[3] F.H. Attix, “Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry,” Wiley, New York, NY 1986.

[4] H. E. Johns, J. R. Cunningham, “The Physics of Radiology,” Charles C. Thomas, Springfield, IL 1983.

[5] National Institute of Standards and Technology, http://www.nist. gov/pml/data/xraycoef

[6] X.D. Zhang, M. L. Guo, H. Y. Wu, Y. M. Sun, Y. Q. Ding, X. Feng, L. A. Zhang, “Irradiation

stability and cytotoxicity of gold nanoparticles for radiotherapy," International Journal of Nanomedicine, 4, 165-173, 2009.

[7] L. M. Sousa, L. M. Vilarinho, G. H. Ribeiro, A. L. Bogado, L. R. Dinelli, "An electronic device based on gold nanoparticles and tetraruthenated porphyrin as an electrochemical sensor for catechol," Royal Society Open Science, 4, 170675-86, 2017.

[8] C. Liu, Z. Li, T.J. Hajagos, D. Kishpaugh, "Transparent ultra-high-loading quantum dot/polymer nanocomposite monolith for gamma scintillation," ACS Nano, 11, 6422-6430, 2017.

[9] M.A. Hosseini, S. Feizi, A. Mehdizadeh, P. Ashtari, M. Mojtahedzadeh, M. A. Mosleh-Shirazi, A. Alipour, " Dosimetric investigation of a new quantum dots/nanocomposite (CdTe QDs/PVK) sensor for real-time gamma radiation detection," Applied Physics A,125, 868, 2019.

[10] M. H. Mehrabian, S. Feizi, S. Moradi Dehaghi, "Cadmium telluride quantum dots/graphene oxide/poly vinyl acetate (CdTe QDs/GO/PVAc) nanocomposite: a novel sensor for real time gamma radiation detection," Radiochimica Acta, 108, 483-490, 2020.

[11] I. Ojea-Jiménez, F. M. Romero, N. G. Bastús, V. Puntes, "Small Gold Nanoparticles Synthesized with Sodium Citrate and Heavy Water: Insights into the Reaction Mechanism," The Journal of Physical Chemistry C, 114, 1800-1804, 2010.

[12] J. Li, Y. Zhang, T. Gao, C. Hu, T. Yao, Q. Yuan, X. Wang, P. Xu, Z. Zhang, J. jian, X. Zhang, B. Song, "Quantum dot-induced improved performance of cadmium telluride (CdTe) solar cells without a Cu buffer layer," Journal of Materials Chemistry A, 5, 4904-07, 2017.

Nanomeghyas
www.nanomeghyas.ir
نانومقیاس

# Investigation of the effect of adding gold nanoparticles on the performance of polyvinyl acetate/ cadmium telluride gamma nanosensor: Introduction of a new gamma nanosensor

**M. H. Mehrabian[2], S. Feizi*,[1], S. Moradi[2]**

1-Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Karaj

2 Faculty of Chemistry, Islamic Azad University Tehran North Branch, Tehran

**Abstract:** Recent advances in synthesis of nanoparticles have paved the way for the development of new nanocomposites with new and unique properties. Precise control of the basic structures of nanoparticles, such as size, shape or formulation, enables us to make composites of these nanoparticles that have superior properties. In this study, a nanocomposite containing cadmium telluride quantum dots in a polyvinyl acetate matrix was synthesized and the capabilities of this nanocomposite as a gamma sensor were studied. Gold nanoparticles were then synthesized and characterized. Three- component nanocomposite of gold nanoparticles / cadmium telluride quantum dots in a polyvinyl acetate matrix was prepared and the properties of this nanosensor against gamma radiation were investigated. The results showed that three-component nanocomposite containing gold nanoparticles have better and more sensitive performance than two-component nanocomposite.

**Keywords:** Quantum dots, Cadmium Telluride, Gold Nanoparticles, Gamma Sensor.

*Correspondent Author Email: **sfeizi@aeoi.org.ir .ac*