

## ساخت نانوذرات ZnS:Mn و بررسی توانایی تولید گونه‌های فعال اکسیژن توسط آن‌ها

احسان صادقی<sup>1,2\*</sup>، مصطفی زاهدی فر<sup>1,2</sup>، زهرا محمودیان بیدگلی<sup>2</sup>

<sup>1</sup> گروه فیزیک، دانشکده فیزیک دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

<sup>2</sup> پژوهشکده علوم و فناوری نانو، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

دریافت: 1396/04/15 ویرایش نهایی: 1396/12/04 پذیرش: 1396/12/13

### چکیده

امروزه نانوذرات نیمه‌هادی، توجه بسیاری را در شاخه‌های نانو پزشکی به خود جلب کرده‌اند. در این تحقیق توانایی نانوذرات ZnS:Mn در تولید گونه‌های فعال اکسیژن شامل رادیکال هیدروکسیل بررسی شد و همچنین روش سنتز نانوذرات ZnS:Mn گزارش شد. نانوذرات ZnS:Mn به روش هم‌رسوبی ساخته شد. تحریک نانوذرات توسط پرتو UV انجام گرفت. مشخصه‌یابی ساختار نانوذرات تهیه شده با استفاده از آنالیزهای XRD، SEM، TEM و PL انجام گرفت. طیف نشر نانوذرات ZnS:Mn دارای 2 قله مشخص در طول موج‌های 444 و 587 نانومتر است. اندازه نانوذرات تولید شده با استفاده از طیف XRD حدود 24 نانومتر به دست آمد که این با تصاویر SEM و TEM به دست آمده در توافق است. با توجه به کاهش شدت جذب شناساگر متیلن بلو در پرتو دهی به همراه نانوذرات ساخته شده نسبت به حالت بدون پرتو دهی، می‌توان گفت که نانوذرات ZnS:Mn قادر به ایجاد رادیکال هیدروکسیل می‌باشند. این امر نشان‌دهنده امکان استفاده از این نانوذرات در درمان سرطان به روشی مانند فوتوداینامیک می‌باشد.

کلیدواژگان: نانوذرات ZnS:Mn، رادیکال هیدروکسیل، متیلن بلو، طیف جذبی، PL

### مقدمه

داروی حساس به نور، بیان نمود [7]. واکنش نوع اول ممکن است از انتقال الکترون در اثر نور، که واسطه تولید گونه‌های فعال اکسیژن است، رخ دهد [8]. تحریک نانوذرات با نور، منجر به ارتقاء یک الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانش و تولید جفت الکترون-حفره می‌شود. الکترون یا حفره ممکن است به ترتیب با پذیرنده یا دهنده الکترون واکنش دهد که حفره مثبت می‌تواند مولکول‌های آب را اکسید کند تا رادیکال هیدروکسیل تولید کند. الکترون‌ها در نوار رسانش می‌توانند مولکول اکسیژن را کاهش دهند تا سوپر اکسید و هیدروژن پراکسید تولید کنند. بنابراین نانوذرات

نانوذرات نیمه‌هادی، با توجه به قابلیت گسترده‌ای که در نانوپزشکی در زمینه‌های مختلفی همچون دارورسانی، تصویربرداری بیولوژیکی و اهداف درمانی دارند، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند [1-4]. نانوذرات ممکن است به دلیل توانایی در تولید اکسیژن یگانه یا رادیکال آزاد به عنوان عامل حساس به نور برای درمان سرطان استفاده شوند [5-6]. مکانیسم‌های تولید گونه‌های فعال اکسیژن<sup>1</sup> (ROS) توسط نانوذرات را می‌توان مشابه با واکنش‌های نوع اول و دوم مربوط به

\* نویسنده مسئول: Sdgh@kashanu.ac.ir

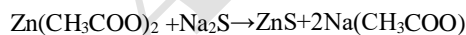
<sup>1</sup> Reactive Oxygen Species (ROS)

در معرض نور آبی و قرمز برای درمان فتودینامیک گزارش شده است [12]. در سال 2016 توانایی نانوذرات ZnO و ZnS در تولید رادیکال هیدروکسیل، اکسیژن یگانه، سوپر اکسید، الکترون‌های القا شده و اکسیژن مصرف شده در طول تابش مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است که نانوذرات ZnO در تولید رادیکال هیدروکسیل و اکسیژن یگانه بسیار مؤثرتر از نانوذرات ZnS عمل می‌کنند در حالی که نانوذرات ZnS در تولید انیون سوپراکسید موفق‌تر است [13]. تولید رادیکال هیدروکسیل توسط نقاط کوانتومی ZnS پوشش داده شده با چیتوسان<sup>4</sup> در سال 2014 گزارش شده است [14].

در این پژوهش علاوه بر ساخت و گزارش روش ساخت نانوذرات ZnS:Mn، توانایی این نانوذرات در تولید گونه‌های فعال اکسیژن از جمله رادیکال هیدروکسیل برای اولین بار مطالعه شد.

### مواد و روش‌ها

مواد اولیه روی استات، سدیم سولفید، بریج-35، منگنز کلراید، متیلن بلو (ساخت شرکت مرک) و آب به‌عنوان حلال استفاده شد. برای سنتز نانوذرات ZnS:Mn روش هم‌رسوبی بر طبق واکنش زیر به کار برده شد



ابتدا روی استات و سدیم سولفید به ترتیب در 20 و 50 سی سی آب دیونیزه حل شدند. سپس 2 گرم بریج-35 که به‌عنوان سورفکتانت استفاده می‌شود در 50 سی سی آب دیونیزه بر روی هم‌زن مغناطیسی در دمای اتاق قرار داده شد تا بریج به‌طور کامل حل شود، به‌طوری که محلولی شفاف به‌دست آید. محلول روی استات را به‌عنوان پایه در نظر گرفته و در حالی که بر روی هم‌زن مغناطیسی قرار داشت، محلول بریج به آن اضافه شد.

تحریک شده با نور ممکن است به واسطه هر کدام از فرایندهای انتقال الکترون اکسایش یا کاهش گونه‌های فعال اکسیژن مانند آنیون رادیکال سوپراکسید و رادیکال هیدروکسیل تولید کنند [9].

گونه‌های فعال اکسیژن از جمله اکسیژن یگانه و رادیکال آزاد می‌توانند موجب مرگ سلولی و نابودی سلول سرطانی شوند. این عامل باعث می‌شود که بتوان از نانوذراتی که قابلیت ایجاد این گونه‌ها را دارند در درمان سرطان به‌روشی‌هایی همچون روش فوتودینامیک استفاده کرد. با استفاده از دو روش طیف‌سنجی رزونانس پارامغناطیسی الکترون<sup>1</sup> (EPR) و فلومتریک نشان داده شده است که در حالی که نقاط کوانتومی CdS ظاهراً قدرت اکسیداسیون و کاهش کافی برای تولید هر دو رادیکال هیدروکسیل و سوپراکسید را دارند، نقاط کوانتومی CdSe به‌طور انحصاری رادیکال هیدروکسیل تولید می‌کنند. در مقابل تحت تابش به نقاط کوانتومی پوسته-هسته CdSe/ZnS تحت همان شرایط رادیکال آزاد تولید نمی‌شود [10]. کوپر<sup>2</sup> و همکاران تولید شکل‌های مختلف گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) از نقاط کوانتومی CdSe/ZnS ترکیب شده و ترکیب نشده با ناقل عصبی دوپامین در تولوئن و در آب را بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که نقاط کوانتومی CdSe/ZnS برخلاف C<sub>60</sub>، قادر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشند که در آن بین میزان تولید اکسیژن یگانه ناچیز است. همچنین نشان دادند که نقاط کوانتومی پوشش داده شده با مرکاپتوپروپیونیک اسید<sup>3</sup> (MPA)، رادیکال‌های هیدروکسیل و سوپر اکسید تولید می‌کنند و هنگامی که دوپامین با نقاط کوانتومی ترکیب شود، میزان قابل توجهی اکسیژن یگانه تولید می‌کنند [11]. تولید اکسیژن یگانه و گونه‌های دیگر رادیکال توسط نقاط کوانتومی CdSe/ZnS و نقاط کربن قرار گرفته

<sup>3</sup> Mercaptopropionic Acid (MPA)

<sup>4</sup> Chitosan

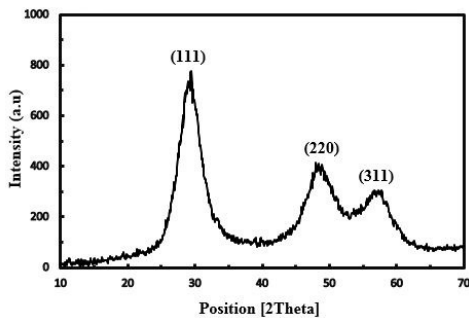
<sup>1</sup> Electron Paramagnetic Resonance (EPR)

<sup>2</sup> Cooper

به‌دست آمده از پراش تشکیل ساختار ZnS را به‌خوبی تأیید می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که ساختار نانوذرات تهیه شده دارای شبکه مکعبی می‌باشد که با شماره کارت 80-0020 تطابق دارند. برای تعیین اندازه نانوذرات، می‌توان از رابطه شرر<sup>1</sup> استفاده کرد [15].

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad 1$$

در این معادله D اندازه ذرات،  $\lambda$  طول موج تابشی، k ثابت بدون بعد و برابر با 0,9،  $\theta$  زاویه براگ و  $\beta$  پهنای قله در نصف بیشینه می‌باشد. با جای‌گذاری داده‌های مربوط به قله اصلی صفحه (111) در فرمول شرر، قطر متوسط نانوذرات در حدود 24 نانومتر به‌دست آمد.



شکل 1. الگوی پراش پرتو ایکس نانوذرات ZnS:Mn ساخته شده به‌روش هم‌رسوبی.

### آنالیز SEM

اندازه، شکل و ریخت‌شناسی نانوذرات ساخته شده با استفاده از آنالیز SEM مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل 2 دیده می‌شود نتیجه به‌دست آمده ساخت ذراتی با میزان همگنی بالا و اندازه‌ای در محدوده نانو را تأیید می‌کند. مشاهده می‌شود که اندازه نانوذرات با توجه به عکس SEM با نتیجه به‌دست آمده از الگوی پراش XRD در توافق است.

سپس 0,0014 گرم منگنز کلراید در 10 سی‌سی آب حل گشته و به محلول قبلی اضافه شد. در نهایت محلول سدیم سولفید به‌صورت قطره به‌محلول نهایی اضافه گردید. رسوب به‌دست آمده با سانتریفیوژ از محلول کاملاً جدا شد و پس از چندین بار شستشو با آب دیونیزه در آون در دمای 90 درجه به‌مدت 4 ساعت خشک شد. همچنین به‌منظور تبخیر بریج، نانوذرات ZnS:Mn در آون به‌مدت 2 ساعت در دمای 150 درجه خشک شدند.

برای مطالعه ساختارشناسی نانوذرات و محاسبه اندازه تقریبی آن‌ها، از دستگاه پراش پرتو ایکس مدل Philips X Pert Pro MPP با استفاده از پرتونگاری  $Cu K\alpha$  فیلتر شده با Ni انجام شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل Hitachi S4160 تهیه شد. همچنین ریخت‌شناسی نانوذرات با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری مدل JEOL 2100 نیز مورد تحلیل قرار گرفت. از دستگاه طیف‌سنج Perkin-Elmer مدل LS55 برای ثبت طیف فوتولومینسانس استفاده شد. طیف‌های جذبی با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری فرابنفش Shimadzu UV-Vis Scanning Spectrometer ثبت شدند و تحریک نانوذرات توسط لامپ فرابنفش UVC مدل Philips TUV 55W HO انجام گرفت. نانوذرات در سل کوارتز به ابعاد  $10 \times 10 \times 30$  میلی‌متر در فاصله 19 سانتیمتری از لامپ قرار گرفتند.

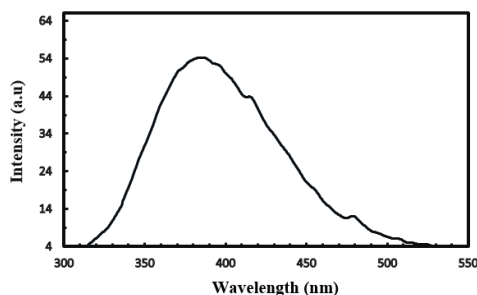
### یافته‌های پژوهش:

#### XRD

شکل 1 الگوی پراش XRD نانوذرات ZnS:Mn را نشان می‌دهد. قله‌های این طیف بر صفحات (111)، (220) و (311) منطبق است که به‌ترتیب در زوایای  $29,17$ ،  $48,46$  و  $57,05$  درجه واقع شده است. الگوی

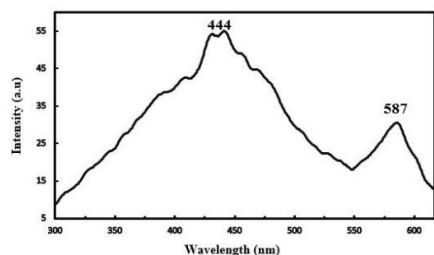
<sup>1</sup> Scherrer

واقع شده است. این طول موج در توافق با طول موج گزارش شده برای طیف نشری PL نانوذرات خالص ZnS است [16].



شکل 4. طیف نشری فوتولومینسانس نانوذرات ZnS.

شکل 5 طیف نشری فوتولومینسانس (PL) نانوذرات ZnS:Mn که در طول موج 250 نانومتر تحریک شده‌اند را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینیم، این طیف دارای دو قله نشری در طول موج 444 و 587 نانومتر می‌باشد. نشر آبی در طول موج 444 نانومتر مربوط به نواقص شبکه‌ای و نشر نارنجی در طول موج 587 نانومتر مربوط به انتقال یون‌های  $Mn^{2+}$  از حالت برانگیخته  $^4T_1$  به حالت پایه  $^6A_1$  در شبکه نانوبلورهای ZnS می‌باشد [17].



شکل 5. طیف نشر فوتولومینسانس نانوذرات ZnS:Mn ساخته شده به روش هم‌رسوبی. نمونه‌ها در طول موج 250 نانومتر تحریک شده‌اند.

### آشکارسازی گونه‌های فعال اکسیژن

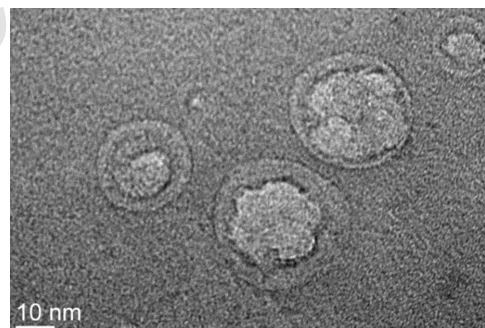
برای بررسی نقش نانوذرات در تولید رادیکال هیدروکسیل از معرف متیلن بلو استفاده شد. متیلن بلو نوعی رنگ است که برای تشخیص رادیکال



شکل 2. تصویر SEM نانوذرات ZnS:Mn.

### آنالیز TEM

با توجه به کوچک بودن اندازه نانوذرات ساخته شده جهت ارزیابی دقیق‌تر آن‌ها از نانوذرات ZnS:Mn آنالیز TEM نیز به‌عمل آمد. شکل 3 تصاویر TEM نانوذرات ZnS:Mn را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل که در توافق با نتایج قبلی است، اندازه نانوذرات ساخته شده بین 10 تا کمتر از 30 نانومتر می‌باشد.

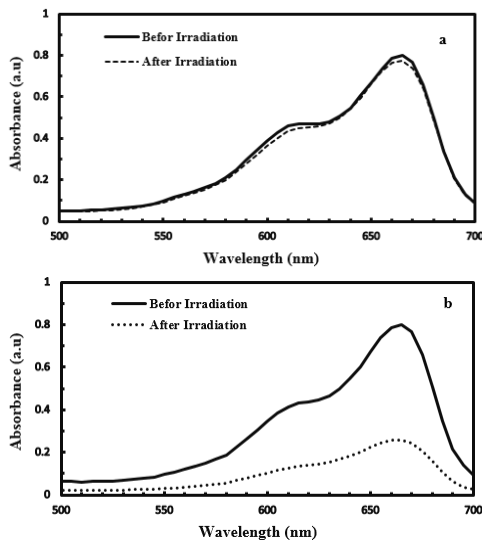


شکل 3. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نانوذرات ZnS:Mn.

### طیف فوتولومینسانس

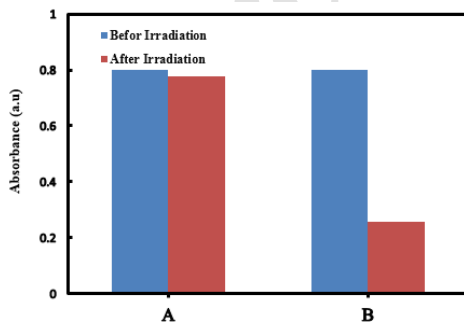
در مطالعه نانوذرات ساخته شده به روش هم‌رسوبی هم از نانوذرات ZnS بدون ناخالصی و هم از نانوذرات ZnS:Mn آنالیز فوتولومینسانس<sup>1</sup> (PL) به‌عمل آمد. در شکل 4 طیف نشری فوتولومینسانس نانوذرات ZnS خالص نشان داده شده است. این طیف دارای یک قله نشری اصلی است که تقریباً در طول موج 390 نانومتر

<sup>1</sup> Photoluminescence



شکل 6. a: طیف جذب نمونه A (متیلن بلو) و b: نمونه B (متیلن بلو) و نانوذرات (ZnS:Mn) قبل و بعد از پرتودهی UV به مدت یک ساعت.

همان‌طور که در شکل 7 دیده می‌شود، میزان شدت قله 665 نانومتر در طیف جذبی متیلن بلو در نمونه B که مربوط به محلول متیلن بلو همراه با نانوذرات ZnS:Mn می‌باشد، به‌طور چشمگیری کاهش یافته است، این نشان می‌دهد که میزان رادیکال آزاد بیشتری نسبت به نمونه بدون نانوذره تولید شده است.



شکل 7. نمودار مقایسه‌ای از محلول‌های A, B.

شکل 8 تصویر محلول نمونه B را قبل و بعد از پرتودهی نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود رنگ محلول بعد از پرتودهی کم‌رنگ‌تر شده است که این می‌تواند

هیدروکسیل استفاده می‌شود. هنگامی که متیلن بلو در برابر رادیکال آزاد هیدروکسیل قرار می‌گیرد، ساختار آن تخریب شده و به  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}_2$  تجزیه می‌شود که در این حالت رنگ محلول نیز از بین می‌رود. تغییر در ساختار متیلن بلو با کاهش در مقدار طیف جذبی آن همراه است و در نتیجه می‌توان کاهش در شدت جذب این ماده بعد از پرتودهی نسبت به شدت جذب آن قبل از پرتودهی را در نتیجه تولید رادیکال‌های هیدروکسیل دانست [14]. برای بررسی تولید رادیکال هیدروکسیل ابتدا دو نمونه A (متیلن بلو) و B (متیلن بلو و نانوذرات ZnS:Mn) با غلظت‌های یکسان آماده شدند. ابتدا طیف جذبی هر یک از این محلول‌ها توسط دستگاه طیف سنج ثبت شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت تحت تابش UV قرار گرفتند. بعد از تابش مجدداً طیف جذبی آنها در شرایط مشابه با حالت قبل ثبت شد. همان‌گونه که توضیح داده شد، بررسی تولید رادیکال هیدروکسیل از تغییر شدت جذب متیلن بلو قبل و بعد از پرتودهی انجام گرفت. در شکل 6 طیف جذب این نمونه‌ها قبل و بعد از پرتودهی نشان داده شده است. شکل 6a طیف جذب نمونه A که فقط شامل متیلن بلو است را قبل و بعد از پرتودهی نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود کاهش جزئی در شدت جذب متیلن بلو بعد از پرتودهی اتفاق افتاده است. همچنین طیف جذبی نمونه B که متشکل از نانوذرات ZnS:Mn به همراه متیلن بلو می‌باشد قبل و بعد از پرتودهی در شکل 6b نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شدت جذب متیلن بلو نمونه B بعد از پرتودهی به میزان چشمگیری کاهش یافته است.

### بحث و نتیجه گیری

نانوذرات ZnS:Mn به روش هم‌رسوبی تهیه شد و توانایی تولید گونه‌های فعال اکسیژن توسط آنها در تحریک با پرتو UV مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند که پرتو UV به‌تنهایی تأثیر چندانی در تغییر شدت طیف جذب متیلن بلو ندارد. این در حالی است که در حضور نانوذرات ساخته شده در کنار متیلن بلو، پرتودهی UV به‌طور مشخصی بر رنگ محلول متیلن بلو و شدت طیف جذبی آن مؤثر است. هم‌رنگ و هم‌شدت طیف جذبی متیلن بلو در حضور نانوذرات ZnS:Mn کاهش می‌یابند که با توجه به توضیحات قبلی در متن می‌توان دلیل آن را تشکیل رادیکال‌های آزاد در پرتودهی نمونه دانست. از آنجایی که این رادیکال‌ها می‌توانند در نابود کردن سلول‌های سرطانی به‌کار گرفته شوند، نانوذرات ZnS با ناخالصی Mn کاندیدای خوبی برای استفاده در درمان این سلول‌ها در روش فوتوداینامیک می‌باشد.

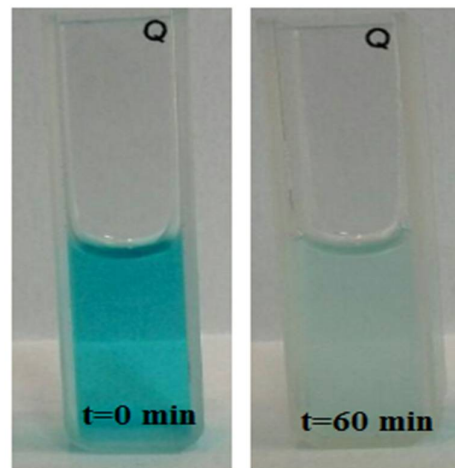
### تشکر و قدردانی

از مساعدت و همکاری دانشگاه کاشان که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

### مرجع‌ها

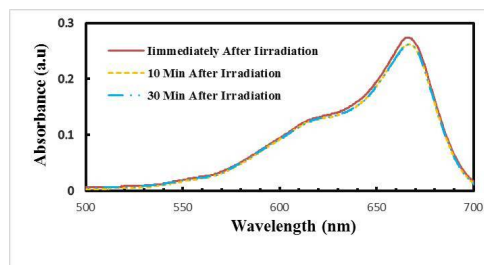
- [1] S.D. Caruthers, S.A Wickline, G.M. Lanza, Nanotechnological applications in medicine, *Current Opinion in Biotechnology* **18** (2007) 26–30.
- [2] W. Chen, Nanoparticle fluorescence based technology for biological applications, *Journal of nanoscience and nanotechnology* **8** (2008) 1019–51.
- [3] A.C.S. Samia, S. Dayal, C. Burda, Quantum Dot-based Energy Transfer: Perspectives and Potential for Applications in Photodynamic Therapy, *Photochemistry photobiology* **82** (2006) 617-625.

به‌علت تخریب و تجزیه متیلن بلو در اثر وجود رادیکال هیدروکسیل باشد.



شکل 8. تغییر رنگ متیلن بلو در نمونه B بعد از پرتودهی UV به مدت 1 ساعت.

به‌منظور بررسی پایداری نمونه B پس از یک ساعت پرتودهی UV، طیف جذب این نمونه بدون انجام پرتودهی دیگر، در زمان‌های مختلف پس از پرتودهی ثبت گردید و نتایج مربوطه در شکل 9 ثبت گردید. طبق نتایج به‌دست آمده در این شکل، بعد از 10 دقیقه از اتمام پرتودهی شدت قله جذب نمونه مقدار بسیار کمی نسبت به این شدت بلافاصله بعد از اتمام پرتودهی کاهش یافته است در حالی که شدت برای 10 و 30 دقیقه پس از اتمام پرتودهی ثابت مانده است.



شکل 9. نمودار تخریب نمونه B بعد از پرتودهی.

- W.G. Wamer, J.J. Yin, Production of Reactive Oxygen Species and Electrons from Photoexcited ZnO and ZnS Nanoparticles: A Comparative Study for Unraveling their Distinct Photocatalytic Activities, *Journal of Physical Chemistry C* **120** (2016) 3187–3195.
- [14] A.A.P. Mansur, H.S. Mansur, P.P. De Souza, F.P. Ramanery, L. Carlos, P.P. De Souza, 'Green' colloidal ZnS quantum dots / chitosan nano-photocatalysts for advanced oxidation processes: Study of the photodegradation of organic dye pollutants, *Applied Catalysis B: Environmental* **158** (2014) 269–279.
- [15] B.D. Cullity, Elements of X-ray diffraction, Utgivningsort okänd: Scholar's Choice, (2015).
- [16] B. Xin, Q. Huang, S. Chen, X. Tang, High-purity nano particles ZnS production by a simple coupling reaction process of biological reduction and chemical precipitation mediated with EDTA, *Biotechnology progress* **24** (2008) 1171–7.
- [17] S. Wei, B.I. Lee, Z. Lin, W. Tong, B.K. Wagner, W. Park, C.J. Summers, Synthesis and photoluminescence enhancement of Mn<sup>2+</sup>-doped ZnS nanocrystals, *Journal of Luminescence* **92** (2000) 73–80.
- [4] M. Zahedifar, E. Sadeghi, M.M. Shanei, A. Sazgarnia, M. Mehrabi, Afterglow properties of CaF<sub>2</sub>: Tm nanoparticles and its potential application in photodynamic therapy, *Journal of Luminescence* **171** (2016) 254–258.
- [5] 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, *Advanced Drug Delivery Reviews* **60** (2008) 1600–1614.
- [6] J.Y. Chen, Y.M. Lee, D. Zhao, N.K. Mak, R.N.S. Wong, W.H. Chan, N.H. Cheung, Quantum dot-mediated photoproduction of reactive oxygen species for cancer cell annihilation, *Photochemistry photobiology* **86** (2010) 431–437.
- [7] I.J. Macdonald, T.J. Dougherty, Basic principles of photodynamic therapy, *Journal of Porphyrins and Phthalocyanines* **5** (2001) 105–129.
- [8] A.P. Castano, T.N. Demidova, M.R. Hamblin, Mechanisms in photodynamic therapy: part one—photosensitizers, photochemistry and cellular localization, *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* **1** (2004) 279–293.
- [9] E. Yaghini, A.M. Seifalian, A.J. MacRobert, Quantum dots and their potential biomedical applications in photosensitization for photodynamic therapy, *Nanomedicine* **10** (2009) 353–363.
- [10] B.I. Ipe, M. Lehnig, C.M. Niemeyer, On the Generation of Free Radical Species from Quantum Dots, *Small* **1** (2005) 706–709.
- [11] D.R. Cooper, N.M. Dimitrijevic, J.L. Nadeau, Photosensitization of CdSe/ZnS QDs and reliability of assays for reactive oxygen species production, *Nanoscale* **2** (2010) 114–121.
- [12] R. Generalov, I.L. Christensen, W. Chen, Y.P. Sun, S. Kristensen, P. Juzenas, Generation of singlet oxygen and other radical species by quantum dot and carbon dot nanosensitizers, *Proceedings of SPIE* **7380** (2009) 738072.
- [13] W. He, H. Jia, J. Cai, X. Han, Z. Zheng,

## Synthesis of ZnS:Mn nanoparticles and investigation of its ability to produce reactive oxygen species

Ehsan Sadeghi<sup>1,2,\*</sup>, Mostafa Zahedifar<sup>1,2</sup>, Zahra Mahmoodian Bidgoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Nanoscience and Nanotechnology, University of Kashan, Kashan, Iran

<sup>2</sup>Physics Department, University of Kashan, Kashan, Iran

Received: 06.07.2017    Final revised: 23.02.2018    Accepted: 04.03.2018

### Abstract

Today, semiconductor nanoparticles have attracted much attention in nano-medicine branches. In this study, the ability of the ZnS:Mn nanoparticles to produce reactive oxygen species including radical hydroxyl was investigated and also the preparation method of these nanoparticles was reported. ZnS:Mn nanoparticles were synthesized using co-precipitation method. Excitation of nanoparticles was done by UV radiation. The formation and structure of nanostructures was investigated by XRD, SEM and PL analysis. The PL emission spectrum of the ZnS:Mn nanoparticles shows two main peaks in wavelengths of 444 and 587 nm. The size of ZnS:Mn nanoparticles was obtained at about 24 nm using XRD result which is in agreement with SEM and TEM images. According to the decrease in absorption intensity of methylene blue detector in irradiation alongside prepared nanoparticles, it can be said that ZnS:Mn nanoparticles are able to create hydroxyl radicals. This suggests that ZnS:Mn nanoparticles can be used in cancer therapy using photodynamic therapy method.

**Keywords:** ZnS:Mn nanoparticles, absorption spectrum, Methylene blue, Hydroxyl radical, PL

---

\* Corresponding Author: Sdgh@kashanu.ac.ir