

۲۰۳۱۹۷  
۵۸۴۴۱

به نام خدا

مؤسسه فرهنگی هنری  
دیبانگران تهران

# کاربرد نوارات کادمیوم سلنید و کادمیوم سولفید در سلول های خورشیدی

مؤلف

مهندس امیر حسین مرتضوی

هر گونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی  
ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق  
مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

مؤسسه فرهنگی هنری  
دیبگران تهران

«عنوان کتاب: کاربرد نانوذرات کادمیوم سلیند و کادمیوم سولفید

## در سلول های خورشیدی

«مؤلفان: مهندس امیر حسین مرتضوی

«ناشر: موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

«صفحه آرای: نازنین حسیری

«طراح جلد: داریوش فرید

«نوبت چاپ: اول

«تاریخ نشر: ۱۳۹۸

«چاپ و صحافی: درج عقیق

«تیراژ: ۱۰۰ جلد

«قیمت: ۴۸۰۰۰۰ ریال

«شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۱۱۹-۲

«نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

«خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

«پلاک ۱۲۵۱

«تلفن: ۰۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

«فروشگاههای اینترنتی دیباگران تهران :

[WWW.MFTBOOK.IR](http://WWW.MFTBOOK.IR)

[www.dibagarantehran.com](http://www.dibagarantehran.com)

[www.mftdibagaran.ir](http://www.mftdibagaran.ir)

«نشانی تلگرام: @mftbook

«اپلیکیشن دیباگران تهران را از سایت های اینترنتی دیباگران دریافت نمایید.

«سرشناسه: مرتضوی، امیر حسین، ۱۳۷۲-

«عنوان و نام پدیدآور: کاربرد نانوذرات کادمیوم سلیند و

«کادمیوم سولفید در سلول های خورشیدی / مؤلف: امیر

«حسین مرتضوی.

«مشخصات نشر: تهران: دیباگران تهران: ۱۳۹۸

«مشخصات ظاهری: ۱۷۰ ص: مصور.

«شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۲۱۸-۱۱۹-۲

«وضعیت فهرست نویسی:

«یادداشت: کتابنامه: ص: ۱۴۹-۱۷۰

«موضوع: نقطه های کوانتومی quantum dots

«موضوع: سل های خورشیدی solar cells

«رده بندی ده گانه: ۱۳۹۸ م ۴ ن ۶/۶ QC

«رده بندی ده گانه: ۶۲۱/۳۸۱

«شماره کتابشناسی: ۵۶۱۷۳

# فهرست مطالب

صفحه

عنوان

|         |            |
|---------|------------|
| ۱۲..... | مقدمه ناشر |
| ۱۳..... | چکیده      |

## فصل اول / مقدمه

|         |                                                                  |
|---------|------------------------------------------------------------------|
| ۱۵..... | ۱-۱- معرفی نانوذرات کوانتومی                                     |
| ۱۶..... | ۱-۱-۱- خواص نانوذرات کوانتومی                                    |
| ۲۶..... | ۲-۱-۱- سنتز نانوذرات کوانتومی و شش سطح آن‌ها                     |
| ۲۶..... | ۱-۲-۱-۱- عوامل مؤثر بر سنتز نانوذرات کوانتومی                    |
| ۲۸..... | ۳-۱-۱- سمیت نانوذرات کوانتومی                                    |
| ۲۹..... | ۴-۱-۱- انواع نانوذرات کوانتومی                                   |
| ۳۱..... | ۵-۱-۱- کاربرد نانوذرات کوانتومی                                  |
| ۳۱..... | ۲-۱- سلول‌های خورشیدی، اهمیت و کاربردهای آن                      |
| ۳۱..... | ۱-۲-۱- پیدایش سلول‌های خورشیدی                                   |
| ۳۲..... | ۲-۲-۱- اصول کار یک سلول خورشیدی                                  |
| ۳۳..... | ۳-۲-۱- مزایای سلول‌های خورشیدی                                   |
| ۳۴..... | ۴-۲-۱- معایب سلول‌های خورشیدی                                    |
| ۳۵..... | ۵-۲-۱- کاربردهای سلول‌های خورشیدی                                |
| ۳۶..... | ۶-۲-۱- معرفی سلول‌های خورشیدی و نسل‌های مختلف آن                 |
| ۴۳..... | ۷-۲-۱- سلول‌های خورشیدی لایه نازک GaAs                           |
| ۴۳..... | ۳-۱- فناوری نوین نانوذرات و استفاده در سلول‌های خورشیدی          |
| ۴۴..... | ۱-۳-۱- سلول‌های خورشیدی کارآمدتر با استفاده از نانوذرات کوانتومی |
| ۴۵..... | ۲-۳-۱- ساختار سلول‌های خورشیدی ساخته شده از نانوذرات کوانتومی    |

## فصل دوم/ ساختار و مواد

- ۱-۲- استفاده از مخلوط نانوذره کوانتومی CdSe با پلیمر در ساختارهای هیبریدی سلول‌های خورشیدی..... ۴۸
- ۲-۲- سنتز نانوذرات کوانتومی CdSe و عملکرد دوگانه OCTYLAMINE برای سلول‌های خورشیدی هیبریدی..... ۴۹
- ۳-۲- تأثیر مخلوط نانوذره کوانتومی CdSe با پلیمر بر خواص الکتریکی سلول‌های خورشیدی..... ۵۰
- ۴-۲- تجزیه و تحلیل مخلوط نانوذرات کوانتومی CdSe با پلیمر در سازه‌های سلول‌های خورشیدی..... ۵۲
- ۵-۲- بهبود عملکرد سلول‌های خورشیدی با استفاده از نانوذرات کوانتومی CdSe در غلظت P3HT:PCBM..... ۵۳
- ۶-۲- افزایش عملکرد سلول‌های خورشیدی با استفاده از بخار شیمیایی ائیل..... ۵۵
- ۷-۲- امل کاهش بازده در سلول‌های خورشیدی تک پیوند..... ۵۷
- ۸-۲- رویک‌های متفاوت با بهره گرفتن از ویژگی‌های نقاط کوانتومی در طراحی QDSSCs..... ۵۷
- ۱-۲- تنظیم گاف انرژی در نقاط کوانتومی..... ۵۷
- ۸-۲- اثر حامل‌ها و ناخالصی‌ها..... ۵۸
- ۳-۸-۲- تولید عین تحت الکترون-خفیه (اکسایتون)..... ۶۰
- ۴-۸-۲- سلول‌های خورشیدی با ر میانی..... ۶۱
- ۹-۲- سلول‌های خورشیدی بر پایه نقاط کوانتومی (QDSSCs)..... ۶۲
- ۱-۹-۲- ساختار و اصول عملکرد سلول‌های خورشیدی بر پایه نقاط کوانتومی..... ۶۳
- ۲-۹-۲- اجزای مختلف سلول خورشیدی بر پایه نقاط کوانتومی..... ۶۴
- ۳-۵-۲- برهم‌کنش‌های انتقال و عبور الکترون-خفیه در سلول‌های خورشیدی بر پایه نقاط کوانتومی..... ۶۸
- ۱۰-۲- مقایسه سلول‌های خورشیدی حساس شده با رنگ به سلول‌های کوانتومی..... ۷۰
- ۱-۱۰-۲- تفاوت‌های ساختاری و زمان انتقال بار در QDSSCs و SSSCs..... ۷۱
- ۱۱-۲- مروری بر نقاط کوانتومی به کار برده شده در QDSSCs در زمینه حساس‌کننده..... ۷۶
- ۷۸- مروری بر کاتدهای به کار برده شده در QDSSCs..... ۷۸

## فصل سوم/ طراحی آزمایش

- ۱-۳- مواد و تجهیزات..... ۸۲
- ۱-۳-۱- مواد و تجهیزات برای تهیه نانوذرات کوانتومی CdSe محلول در آب..... ۸۲
- ۲-۳- روش سنتز نانوذرات کوانتومی CdSe..... ۸۴
- ۱-۳-۲- سنتز نانوذرات کوانتومی CdSe..... ۸۴
- ۳-۳- استفاده از نانوذرات کوانتومی CdSe در پلیمر P3HT..... ۸۸
- ۴-۳- آنالیز نانوذرات کوانتومی CdSe..... ۸۹
- ۳-۴-۱- آنالیز رسوب نانوذرات کوانتومی CdSe تحت اشعه UV..... ۸۹

- ۸۹-۲-۴-۳- آنالیز رسوب نانوذرات کوانتومی CdSe تحت پراش پرتو ایکس.....
- ۸۹-۳-۴-۳- آنالیز رسوب نانوذرات کوانتومی CdSe تحت میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM.....
- ۹۰-۵-۳- مواد و تجهیزات مورد نیاز.....
- ۹۰-۱-۵-۳- مواد اولیه.....
- ۹۱-۲-۵-۳- تجهیزات مورد استفاده در فرایند ساخت.....
- ۹۲-۶-۳- ساختار کلی سلول های حساس شده با نقاط کوانتومی.....
- ۹۲-۱-۶-۳- آماده سازی فوتوآند.....
- ۱۰۰-۲-۶-۳- آماده سازی الکتروود کاتد.....
- ۱۰۲-۳-۶-۳- ساخت الکترولیت پلی سولفید برای سلول های خورشیدی حساس شده با نقاط کوانتومی.....
- ۱۰۳-۴-۶-۳- حتن سلول های QDSSCs.....
- ۱۰۴-۷-۳- روش های مشخصه یابی رولتایی سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی.....
- ۱۰۴-۱-۷-۳- اندازه گیری پهنای باند و ناخالصی - جریان.....
- ۱۰۶-۲-۷-۳- اندازه گیری افت ولتاژ، ولتاژ مدار باز.....
- ۱۰۸-۳-۷-۳- طیفسنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS).....

## فصل چهارم آزمایشات

- ۱۱۲-۱-۱-۴- نانوذرات کوانتومی CdSe.....
- ۱۱۲-۱-۱-۴- آنالیز ساختاری نانوذرات کوانتومی CdSe با تست XRD.....
- ۱۱۳-۲-۱-۴- نتایج اندازه نانوذرات کوانتومی CdSe به وسیله تست TEM.....
- ۱۱۴-۳-۱-۴- نتایج خصوصیات فلورسانسی نانوذرات کوانتومی CdSe تحت UV.....
- ۱۱۷-۲-۴- نتایج خصوصیات مخلوط نانوذرات کوانتومی CdSe با پلیمر.....
- ۱۱۷-۱-۲-۴- نتایج تست UV مخلوط نانوذرات کوانتومی CdSe در پلیمر P3HT.....
- ۱۱۸-۲-۲-۴- نتایج فلورسانسی مخلوط نانوذره کوانتومی CdSe در آگار.....
- ۱۱۹-۳-۴- آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نانوذرات تیتانیوم اکسید.....
- ۱۲۱-۴-۴- طیف جذب و عبور آنها.....
- ۱۲۲-۵-۴- مشخصه یابی کاتدها به روش SEM.....
- ۱۲۵-۶-۴- مشخصات فوتولتایی سلول های ساخته شده بر پایه کاتدهای مختلف.....
- ۱۳۰-۷-۴- بررسی اثر افزایش تعداد سیکل های سیلار در ساخت کاتدهای نانو کامپوزیتی.....
- ۱۳۳-۸-۴- آنالیز امپدانس الکتروشیمیایی.....
- ۱۳۵-۹-۴- بررسی گرافن به عنوان کاند در QDSSCs.....
- ۱۳۵-۱-۹-۴- ساخت کاتد با پوشش گرافن و کامپوزیت آن با سرب سولفید.....

- ۴-۹-۲- بررسی مشخصه‌های فوتوولتایی سلول‌ها با کاتد گرافن / سرب سولفید..... ۱۳۶
- ۴-۹-۳- ساختار ترکیبی گرافن با دیگر ساختارهای نانو کامپوزیتی به‌عنوان کاتد..... ۱۳۷
- ۴-۱۰- مقایسه کاتدهای نانو کامپوزیتی با کاتدهای ترکیبی با گرافن..... ۱۴۰

## فصل پنجم/ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری..... ۱۴۵
- پیشنهادات..... ۱۴۶
- فهرست منابع فارسی..... ۱۴۷
- فهرست منابع لاتین..... ۱۴۸

www.ketab.ir

سلول‌های خورشیدی پلیمری به دلیل وزن کم، انعطاف‌پذیری، هزینه ساخت پایین و امکان تهیه در مقیاس بزرگ مورد توجه قرار گرفتند. برای افزایش بازدهی سلول‌های خورشیدی از نانو ساختارها به دلیل افزایش جذب نور و انتقال حامل‌ها و در نهایت بهبود کارایی استفاده می‌شود. در این کتاب به ساخت و مشخصه‌یابی سلول‌های خورشیدی حساس شده با نقاط کوانتومی کادمیوم سولفید و کادمیوم سولفید با استفاده از کاتدهای مختلف از جمله مس سولفید و سرب سولفید و کاتدهای نانوکامپوزیتی با پوشش‌های پی‌درپی از این دو ماده پرداخته می‌شود. این کتاب به دنبال به نه کردن مشخصات فوتوولتایی این سلول‌ها است. با توجه به پایین بودن فاکتور کارکرد در این سلول‌ها و بررسی عدس باز ترکیب طبق آنالیز امدانس الکتروشیمیایی این سلول‌ها، با معرفی کاتدهای مؤثر به دنبال افزایش این مشخصه هستیم. با بهره‌گیری از ساختارهای پی‌درپی و ترکیبی مس سولفید و سرب سولفید که به روش سیلار لایه‌نشانی شده بازدهی این سلول‌ها تا بیش از سه برابر نسبت به سلول‌هایی که کاتد آن‌ها مس سولفید یا سرب سولفید است افزایش یافته است؛ یعنی  $3/63\%$  در مقابل  $0/4\%$  و  $1/48\%$  همچنین فاکتور کارکرد در کاتدهای نانوکامپوزیتی مس سولفید/سرب سولفید/مس سولفید/سرب سولفید دو برابر شده است؛ یعنی  $0/49$  در مقابل  $0/26$ . به‌علاوه با بررسی خاص فوتوولتائیک سلول‌های خورشیدی به تحلیل کارکرد کاتد گرافن در این سلول‌ها می‌پردازیم. از صفحات گرافن به دلیل داشتن ساختار دوبعدی و سطح مؤثر بالا و همچنین رسانایی الکتریکی مناسب و ترکیب آن با مس سولفید، سولفید به‌منظور افزایش خواص فوتوولتائیک و بازدهی سلول‌ها استفاده شده است. در اینجا گرافن به دلیل سطح و اثر زیادی که فراهم می‌کند در کاتدهای ترکیبی به‌عنوان بستری مناسب برای لایه‌نشانی مس سولفید و سرب سولفید روی آن به کار گرفته شده است و بازدهی را از  $2/54\%$  تا  $3/21\%$  افزایش داده است.

کلمات کلیدی: کادمیوم سولفید و کادمیوم سولفید سلول‌های خورشیدی - نقاط کوانتومی