

سلول‌های مورشی‌دی نقطه کوانتومی

تالیف:

حسین بیگی

سید عبدالکریم سجادی

گروه مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه فردوسی مشهد



انتشارات
واژگان خرد

انتشارات واژگان خرد

سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی

سرشناسه	بیگی، حسین، ۱۳۶۵
عنوان - نام پدیدآور	سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی / تألیف حسین بیگی، سیدعبدالکریم سجادی
مشخصات نشر	انتشارات واژگان خرد، ۱۳۹۶
وضعیت فیزیکی	فیب
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۸۷۸-۰۲
مشخصات فیزیکی	۲۵۰ ص. وزیری
موضوع	سلول‌های خورشیدی - طرح و ساختمان -
موضوع	تولید برق از انرژی خورشیدی
رده بندی دیویی	۱۳۹۶ شابک TK ۲۹۶
رده بندی کنگره	۴۱/۳۱۲۴۴
شماره کتابشناسی ملی	۵۰۱۵۱۶۴

سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی

تألیف : دکتر عبدالکریم سجادی؛ حسین بیگی

چاپ اول : ۱۳۹۶ - ۵۰۰ نسخه وزیری

چاپخانه : دانشگاه فردوسی

قیمت : ۱۵۰۰۰۰ ریال

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۸۸۷۸-۰۲-۵

واژگان خرد، مشهد، تقاطع آبکوه و کلاهدوز، شماره ۴۵۲ واحد ۷

(۰۹۱۵۳۱۷۹۱۸۵، ۰۵۱۳۸۴۶۶۹۷۶)

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است.

پیش گفتار

با توجه به بحرانی شدن میزان منابع انرژی و مساله هزینه، نیاز به تامین منابع انرژی روز به روز بیشتر احساس می شود. پیش بینی می شود که در سال ۲۰۵۰ دنیا به دلیل محدودیت سوخت های فسیلی با ۱۴ تراوات کمبود انرژی مواجه می شود و این در حالی است که انرژی خورشیدی فراوان ترین و ارزان ترین گزینه جهت پر کردن این خلاء است. انرژی خورشیدی به روش های مختلف و به شکل های انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی قابل استفاده می باشد. سلول های خورشیدی ایزاری هستند که برای تبدیل انرژی نورانی خود را به انرژی الکتریسته مورد استفاده قرار می گیرند. انواع مختلفی از سلول های خورشیدی تاکنون معرفی شده اند که با توجه به سه عامل قیمت، عمر و بازده تبدیل انرژی برخی بر برخی دیگر برتری یافته اند. سلول های سیلیکونی مشهورترین نوع سلول های خورشیدی می باشند که گرچه امروزه به صورت انبوه تولید می شود، اما بازده تبدیل انرژی پایین و قیمت بالا مانعی در برابر گسترش بیشتر آنها شده است. محققان، کاشناس فعال در حوزه انرژی معتقدند که ظهور نسل سوم سلول های خورشیدی می تواند منجر به ساخت سلول های با بازده بالاتر و قیمت پایین تر شود و لذا پیش بینی می شود که این سلول ها بتوانند در آینده نزدیک ارزش اقتصادی بالا تجاری سازی شوند.

سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی جدیدترین سادوات فوتولتایی می باشند که از زمان معرفی شان در سال ۲۰۰۸ میلادی تاکنون نظر بسیاری از محققین را به خود جلب کرده و به سرعت در حال گسترش و توسعه می باشند. قلب این سلول ها را نانوذرات نیمه رسانا (نقاط کوانتومی) تشکیل می دهند که وظیفه جذب فوتون های نور، تبدیل آنها به زوج الکترون-حفره و انتقال آنها به الکتردهای جانبی را بر عهده دارند.

با هدف معرفی دانش جدید سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی کتاب حاضر در هفت فصل تنظیم شده است. در فصل اول به معرفی انرژی خورشیدی و روش های بهره برداری از آن پرداخته می شود و سپس در فصل دوم، ساختمان و اجزای تشکیل دهنده سلول های خورشیدی، عوامل فیزیکی تبدیل فوتون های نورانی به انرژی الکتریکی و عوامل موثر در انتخاب مواد برای این سلول ها مطالعه خواهند شد. در فصل سوم، انواع سلول های خورشیدی به تفصیل معرفی می شوند و تکنولوژی های جدید (نسل سوم) در این خصوص مورد بررسی قرار می گیرند. خصوصیات ویژه نقاط کوانتومی، روش سنتز و مزایای استفاده از آنها در سلول های خورشیدی نیز در فصل چهارم بیان می شوند. نقاط کوانتومی با خواص ویژه خود قابلیت های فوق العاده ای را در این سلول ها ایجاد می کنند؛ قابلیت هایی مانند: استفاده از گستره وسیعی از طیف نور خورشید به دلیل محدودیت های کوانتومی، جذب بیشتر نور خورشید به دلیل نسبت سطح به حجم بالای نانوذرات، تولید چند اکسایتون و فرایند ساخت راحت تر و ارزان تر.

با وجود قابلیت‌های ویژه نقاط کوانتومی، استفاده از این نانوذرات برای ساخت سلول‌های خورشیدی با محدودیت‌هایی نیز مواجه می‌باشد. در حال حاضر محققین مختلفی، در حال بررسی روش‌های مختلف جهت بهبود عملکرد سلول‌های نقطه کوانتومی هستند. راهکارهایی که برای بهبود بازده این سلول‌ها وجود دارند، بر اساس دو رویکرد مختلف می‌باشند؛ بهبود ساختار سلول و اصلاح سطح نقاط کوانتومی. در فصل پنجم این کتاب، رویکرد بهبود ساختار سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی به تفصیل بحث و بررسی می‌شوند. علی‌رغم تأثیرات مستقیم اصلاح ساختار سلول بر راندمان آن، نتایج تحقیقات حاضر نشان می‌دهند که عمده پیشرفت‌های حاصله در این زمینه نتیجه‌ی تحقیقات صورت گرفته در مبحث اصلاح شیمی سطح نقاط کوانتومی بوده است. بر این اساس، رویکرد اصلاح شیمی سطح نقاط کوانتومی جهت ساخت سلول‌های خورشیدی در فصل ششم این کتاب به تفصیل معرفی می‌شود.

جدیدترین حوزه فعالیت محققین سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی، فرایندهای تک‌مرحله‌ای برای ساخت لایه نقاط کوانتومی به کمک جوهر این نانوذرات می‌باشد. این روش که نسبت به روش‌های پیشین دارای مزایای بسیاری می‌باشد. در فصل هفتم این کتاب معرفی و نهایتاً، آخرین دستاوردهای حاصله در این زمینه گزارش خواهند شد.

حسین بیگی - سید عبدالکریم سجادی
دانشگاه فردوسی مشهد
زمستان ۱۳۹۶

«فهرست مطالب»

پیش‌گفتار

فصل اول: انرژی خورشیدی..... ۱

۱-۱- مقدمه..... ۱

۲-۱- تبدیل انرژی خورشیدی..... ۳

فصل دوم: مبانی فتوولتایی..... ۹

۱-۲- مقدمه..... ۹

۲-۲- ساختمان سلولهای فتوولتایی..... ۱۰

۱-۲-۲- رگولاتور ولتاژ..... ۱۰

۲-۲-۲- باتری..... ۱۱

۳-۲-۲- تعقیب‌کننده خورشیدی..... ۱۲

۴-۲-۲- آرایه‌ها..... ۱۲

۲-۳- نیمه‌رساناها..... ۱۳

۲-۴- مبانی فتوولتایی..... ۱۶

۵-۲- آنالیز سلول‌های فتوولتایی..... ۱۸

۶-۲- بازده سلول‌های خورشیدی..... ۲۰

۷-۲- فاکتورهای انتخاب مواد سلول‌های فتوولتایی..... ۲۲

۱-۷-۲- لبه جذب..... ۲۲

۲-۷-۲- شکاف انرژی..... ۲۳

۳-۷-۲- ضریب جذب..... ۲۵

فصل سوم: انواع سلول‌های خورشیدی..... ۲۷

۱-۳- مقدمه..... ۲۷

۲-۳- سلول‌های خورشیدی نسل اول: سلیکونی..... ۲۸

۱-۲-۳- سلیکون تک کریستال..... ۳۰

- ۳۱-۲-۳-۲-سیلیکون پلی کریستال.....
- ۳۲-۳-۳-سلول های خورشیدی نسل دوم: لایه نازک.....
- ۳۲-۳-۳-۱-سیلیکون لایه نازک.....
- ۳۳-۳-۳-۲-نیمه رساناهای گروه III-V مانند GaAs.....
- ۳۴-۳-۳-۳-نیمه رساناهای گروه II-VI مانند CdTe.....
- ۳۵-۳-۳-۴-سلولهای خورشیدی CIGS.....
- ۳۷-۳-۳-۵-سلول های چنداتصال.....
- ۴۰-۳-۴-سلول های خورشیدی نسل سوم.....
- ۴۱-۳-۴-۱-سلول های خورشیدی حساس شده با رنگدانه.....
- ۴۵-۳-۴-۱-۱-سلول خورشیدی حساس شده با نقاط کوانتومی.....
- ۴۷-۳-۴-۲-سلول های خورشیدی آلی.....
- ۴۷-۳-۴-۱-۲-۱-سلول خورشیدی اتصال نامتجانس بالک.....
- ۴۹-۳-۴-۲-۲-سلول خورشیدی اتصال نامتجانس هیبریدی.....
- ۵۰-۳-۴-۲-۳-سلول های خورشیدی مبتنی بر کریستال های مایع.....
- ۵۰-۳-۴-۳-سلول های خورشیدی غیر آبی CZTS.....
- ۵۱-۳-۴-۴-سلول های خورشیدی پرومکایت.....
- ۵۳-۳-۴-۵-سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی.....
- ۵۴-۳-۵-جدیدترین رکورد بازده انواع سلولهای خورشیدی.....

۵۹ فصل چهارم: نقاط کوانتومی.....

- ۵۹-۴-۱-تعریف.....
- ۶۰-۴-۲-انواع نقاط کوانتومی.....
- ۶۲-۴-۳-سنتز نقاط کوانتومی.....
- ۶۲-۴-۳-۱-روش های بالا به پایین (نانو لیتوگرافی).....
- ۶۳-۴-۳-۲-روش های پایین به بالا (روش های شیمیایی).....
- ۶۳-۴-۳-۱-۲-روش میکرومولسیون.....
- ۶۵-۴-۳-۲-۲-روش سنتز کلونیدی.....
- ۶۶-۴-۴-شناسایی نقاط کوانتومی.....
- ۶۶-۴-۴-۱-مشخصه یابی ساختاری نقاط کوانتومی.....
- ۶۶-۴-۴-۱-۱-روش های میکروسکوپی.....
- ۶۶-۴-۴-۲-روش های مبتنی بر پراش.....
- ۶۸-۴-۴-۲-مشخصه یابی شیمیایی نقاط کوانتومی.....

- ۶۸..... ۴-۲-۱- آنالیز عناصر و ترکیبات غیر آلی
- ۷۱..... ۴-۲-۲- آنالیز عناصر و ترکیبات آلی سطح ذرات
- ۷۴..... ۴-۳-۳- مشخصه یابی نوری نقاط کوانتومی
- ۷۵..... ۴-۳-۱- طیف سنجی جذبی
- ۷۷..... ۴-۳-۲- طیف سنجی نشری
- ۸۰..... ۵-۴-۴- کاربردهای نقاط کوانتومی
- ۸۱..... ۴-۵-۱- نشانگرهای بیولوژیکی
- ۸۲..... ۴-۵-۲- دیودهای نورانی سفید
- ۸۲..... ۴-۵-۳- دیودهای نشر نوری
- ۸۲..... ۴-۵-۴- آسکار سازهای نوری
- ۸۳..... ۴-۵-۵- اتصالات مرسوم
- ۸۳..... ۴-۵-۶- عناصر مدارهای نوری
- ۸۳..... ۴-۵-۷- مولدهای رزونی لیزری
- ۸۴..... ۴-۶-۱- نقاط کوانتومی کالکونانای سرب
- ۹۱..... ۴-۶-۱- شیمی سطح نقاط کوانتومی
- ۹۵..... ۴-۶-۲- اکسیداسیون نقاط کوانتومی ZnS
- ۹۸..... ۴-۷-۱- مزایای استفاده از نقاط کوانتومی کالکونانای سرب در سلول های خورشیدی
- ۹۸..... ۴-۷-۱- سطح زیاد
- ۹۹..... ۴-۷-۲- محدودیت کوانتومی
- ۱۰۰..... ۴-۷-۳- تولید چند اکسایتون
- ۱۰۱..... ۴-۷-۴- استفاده از حاملهای گرم
- ۱۰۱..... ۴-۷-۵- هزینه فراوری کم

۱۰۳ فصل پنجم: ساختارهای سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی

- ۱۰۳..... ۵-۱- مقدمه
- ۱۰۵..... ۵-۲- ساختار شاتکی
- ۱۰۵..... ۵-۲-۱- اتصال شاتکی (فلز-نیمه رسانا)
- ۱۰۸..... ۵-۲-۲- سلول خورشیدی نقطه کوانتومی شاتکی
- ۱۱۷..... ۵-۳-۱- ساختار p-n
- ۱۱۷..... ۵-۳-۱- اتصال p-n (نیمه رسانا- نیمه رسانا)
- ۱۱۹..... ۵-۳-۲- سلول خورشیدی نقطه کوانتومی اتصال نامتعانسن تهی
- ۱۳۱..... ۵-۳-۳- ساختارهای دیگر مبتنی بر اتصال p-n

- ۱۳۱-۳-۳-۵ سلول خورشیدی نقطه کوانتومی اتصال ناهمگن توده‌ای تهی.....
- ۱۳۴-۳-۳-۵ سلول خورشیدی نقطه کوانتومی اتصال توده‌ای نانو.....
- ۱۳۵-۳-۳-۵ سلول خورشیدی نقطه کوانتومی گرادیانی.....
- ۱۳۶-۳-۳-۵ سلول خورشیدی نقطه کوانتومی چند-اتصال.....
- ۱۳۸-۳-۳-۵ سلول خورشیدی اتصال کوانتومی.....
- ۱۴۱-۴-۵ ساختار p-i-n.....
- ۱۴۱-۴-۵ اتصال p-i-n (نیمه‌رسانا-نیمه‌رسانا-نیمه‌رسانا).....
- ۱۴۲-۴-۵ سلول خورشیدی نقطه کوانتومی اتصال نامتجانس p-i-n.....

فصل ششم: اصلاح سطح و دوپینگ نقاط کوانتومی در سلول‌های خورشیدی..... ۱۴۷

- ۱۴۷-۶-۱ محدودیت‌های نقاط کوانتومی برای استفاده در سلول‌های خورشیدی.....
- ۱۴۸-۶-۲ اصلاح سطح نقاط کوانتومی.....
- ۱۵۱-۶-۳ اصلاح سطح نقاط کوانتومی توسط لیگاندهای آلی زنجیره کوتاه.....
- ۱۵۷-۶-۴ اصلاح سطح نقاط کوانتومی توسط لیگاندهای غیر آلی.....
- ۱۵۸-۴-۶-۱ اصلاح سطح هسته-پوش.....
- ۱۶۴-۴-۶-۲ کامپلکس مولکول فلزی (MCCs).....
- ۱۶۵-۴-۶-۳ لیگاندهای اتمی هالید.....
- ۱۶۹-۶-۵ اصلاح سطح هیبریدی.....
- ۱۷۱-۶-۶ اصلاح سطح و تشکیل نیمه‌رساناهای نوع-p و n.....

فصل هفتم: ساخت یک مرحله‌ای سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی..... ۱۷۵

- ۱۷۵-۷-۱ لایه‌نشانی لایه نقطه کوانتومی سلول‌های QDSC به روش لایه‌به‌لایه.....
- ۱۷۶-۷-۲ لایه‌نشانی لایه نقطه کوانتومی سلول‌های QDSC به روش تک‌مرحله‌ای.....
- ۱۷۹-۳-۷ جوهر نقاط کوانتومی توسط لیگاندهای آلی کوتاه‌زنجیره خطی.....
- ۱۸۴-۴-۷ جوهر نقاط کوانتومی توسط لیگاندهای آلی کوتاه‌زنجیره غیر خطی.....
- ۱۹۱-۵-۷ جوهر نقاط کوانتومی توسط لیگاندهای هیبریدی هالید.....
- ۱۹۵-۶-۷ جوهر نقاط کوانتومی توسط لیگاندهای غیر آلی یدید.....
- ۲۰۱-۷-۷ جوهر نقاط کوانتومی توسط لیگاندهای پروسکایت.....

مراجع..... ۲۰۷