بررسی اثرات پرتودهی لیزر بر مشخصات الکتریکی سلول‌های خورشیدی سیلیکونی

علی پوراکبر صفار

این مقاله به‌عنوان مقاله علمی- پژوهشی در اکتبر ۲۰۱۴ در نشریه بین‌المللی *Int. J. Renewable Energy Development*, 3(3), 184-187 به چاپ رسیده است.

چکیده

در این مقاله مشخصات الکتریکی سلول‌های خورشیدی سیلیکونی پلی‌کریستال (چندبلوری) و مونوکریستال (تک بلوری) در حین پرتودهی با لیزر دیودی ۶۵۰ *nm* و با توان ۸۰ *mW* در محیط آزمایشگاهی بررسی شده است. همچنین بررسی اثر گرما روی سطح سلول ناشی از پرتودهی لیزری بر مشخصات جریان- ولتاژ و بازده، نشان داد که همزمان با گرفتن خروجی جریان- ولتاژ از سلول در اثر تابش لیزر، میزان بازده آن در اثر افزایش دما کاهش می‌یابد. تغییرات مشخصه ای سلول مونوکریستال نسبت به پلی‌کریستال در طول پرتودهی لیزری و افزایش دما یکنواخت‌تر است.

کلید واژه

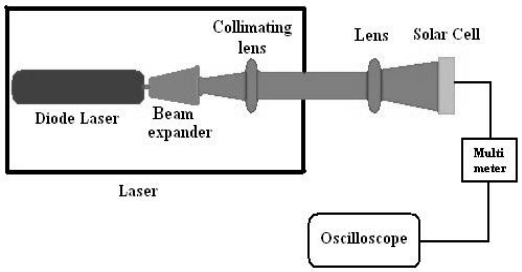
سلول‌خورشیدی، پرتودهی لیزری، مشخصه های الکتریکی و اثرات گرمایی.

مقدمه

سلول‌های خورشیدی انرژی یک سیستم الکتریکی را با تبدیل انرژی فوتون های تابشی به انرژی الکتریکی تامین می کنند. سیلیکون یکی از مهمترین مواد در صنعت فوتوولتاییک و سلول خورشیدی است و در این میان سیلیکون بلوری ماده اصلی این سلول‌ها را تشکیل می دهد. یکی از روش های افزایش بازده سلول، بافت‌سازی سطحی سلول ها با لیزر است که موجب کاهش بازتاب نور تابشی با یک پوشش ضد بازتابی و تله اندازی نور تابشی به وسیله سطح بافت سازی شده می شود. مقدار جریان تولیدشده به‌وسیله سلول فوتوولتائیک مستقیماً به تعداد فوتون جذب شده مربوط است. گاف باندهای کوچکتر تعداد فوتون‌های بیشتری را جذب نموده و در نتیجه تعداد الکترون‌های بیشتری را به باند هدایت نیمه رسانا ارسال می کن‌ند. جذب فوتون تنها زمانی رخ می‌دهد که انرژی آن‌ها بیشتر از انرژی گاف باند باشد.

در این مقاله اثر پرتو تکفام یک نوع لیزر دیودی در طول موج ۶۵۰ *nm* و با توان ۸۰ *mW* و همچنین اثر افزایش دما در حین پرتودهی بر مشخصه‌های الکتریکی سلول‌های خورشیدی سیلیکونی بررسی شده است.

شرح آزمایش



عملکرد یک سلول خورشیدی با مشخصه های V_{oc} ولتاژ مدار باز، I_{sc} ج I_{max} و ضریب تامین (*Fill Factor*) معین می‌شوند.

ضریب تامین FF از نسبت توان بیشینه به توان ایده آل مطابق معادله (به توان نور فرودی مطابق معادله (۲) محاسبه می‌شوند.

شکل ۱. چیدمان پرتودهی لیزری و اندازه‌گیری

$$FF = \frac{P_{max}}{P_{V_{oc}-I_{sc}}} = \frac{V_{max}.I_{max}}{V_{oc}.I_{sc}} \qquad (۱)$$

$$Eff = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100 = \frac{FF \times V_{oc} \times I_{sc}}{P_{in}} \times 100 \qquad (۲)$$

سلول‌های خورشیدی استفاده‌شده در این آزمایش عبارتند از سلول خورشیدی سیلیکونی مونوکریستال و پلی کریستال به ترتیب با ابعاد $31\times31\times0.25\ mm^3$ و $96\times96\times0.31\ mm^3$ که مطابق شکل ۱ تحت پرتودهی قرار گرفتند.

مشخصه‌های الکتریکی سلول های خورشیدی از جمله ولتاژ، جری ان و تغییرات آن ها، در حین پرتودهی‌لیزری، توسط یک مالتی‌متر دیجیتال و اسیلوسکوپ مدل *HAMEG HMO3524* محاسبه و مورد بررسی قرار گرفته شده است . اثر گرما روی سطح سلول خورشیدی در حین پرتودهی بر مشخصه‌های الکتریکی سلول نیز بررسی شده است.

نتایج و بحث

ولتاژ، جریان و توان خروجی سلول خورشیدی تحت پرتودهی مطابق جداول ۱ و ۲ برای سلول های مونوکریستال و پلی‌کریستال نشان داده شده است. بیشینه بازده توان حاصل از این پرتودهی به ترتیب ۱۰/۴ ٪ و ۱۱/۸ ٪ بدست آمده است.

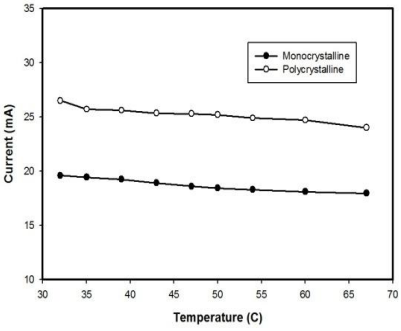
جدول ۱. مشخصات الکتریکی سلول‌مونوکریستال در اثر پرتودهی لیزری

Pin (mW)	*Voc (V)*	*Isc (mA)*	*Vm (V)*	*Im (mA)*	*Pm (mW)*	*FF*	*EFF (%)*
80	*0.6*	*100*	*0.425*	*19.6*	*8.33*	*0.138*	*10.4*

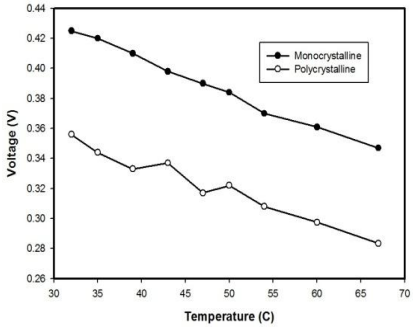
جدول ۲. مشخصات الکتریکی سلول‌پلی‌کریستال در اثر پرتودهی لیزری

Pin (mW)	*Voc (V)*	*Isc (mA)*	*Vm (V)*	*Im (mA)*	*Pm (mW)*	*FF*	*EFF (%)*
80	*0.6*	*120*	*0.356*	*26.5*	*9.434*	*0.131*	*11.8*

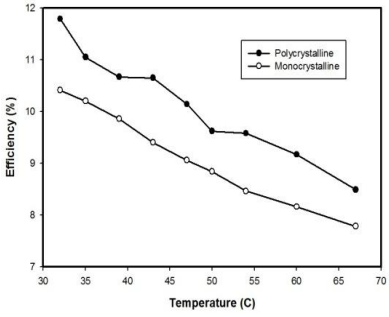
با توجه به ابعاد کوچکتر سلول مونوکریستال نسبت به پلی‌کریستال (تقریباً یک‌سوم) می‌توان بازده آن را بیشتر در نظر گرفت، که البته به‌طور کلی نیز سلول های تک‌بلور نسبت به چندبلوری دارای بازده بیشتری هستند. البته با توجه به انرژی گاف باند سیلیکون بلوری که در گستره طول موجی بین ۸۰۰ تا ۹۰۰ *nm* است، بهتر است از لیزرهایی در این رنج طول موجی برای رسیدن به بازده بالاتر استفاده کرد. در این آزمایش تغییرات در مشخصات جریان- ولتاژ سلول تحت پرتودهی لیزری بر حسب افزایش دما نیز مطابق شکل‌های ۲ تا ۴ بررسی شده است که نشان از تاثیرپذیری سلول سیلیکونی با تغییرات دمایی دارد.



شکل ۲. منحنی تغییرات جریان بر حسب دما



شکل ۳. منحنی تغییرات ولتاژ بر حسب دما



شکل ۴. منحنی تغییرات بازده بر حسب دما

همان‌طور که از شکل ها مشخص است کاهش ولتاژ سلول در نتیجه کاهش انرژی گاف باند سیلیکون با افزایش دمای سطح سلول و اتصال *p-n* است. برای یک میزان تابش فرودی ثابت میزان کاهش جریان الکتریکی کمتر از میزان کاهش ولتاژ خواهد بود و در نتیجه در اثر افزایش دما میزان بازده الکتریکی کاهش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری

پرتودهی لیزری در طول موج های مشخص با توجه به پیک پاسخ طیفی سلول‌های خورشیدی سیلیکونی می‌تواند باعث جذب بیشتر فوتون به‌وسیله سطح سلول شده و آن را فعال کند. به‌کارگیری لیزری در گستره طول موجی ۸۰۰ تا ۹۰۰ *nm* می‌تواند بازده بیشتری را از این سلول ها نتیجه دهد. با توجه به تاثیرپذیری سلول ها نسبت به دما، بازده سلول با افزایش دما کاهش خواهد یافت.

مراجع

[1] AHJ Al- Mousawy, "*Effect of laser annealing on defected silicon solar cells*", Journal of Physics: Conference Series 241(2010).

[2] M.A. Green, Third generation photovoltaics: advanced solar energy conversion, Berlin, Springer, (2003).

[3] L.A. Dobrzanski, A. Drygana, *Laser texturization in technology of multicrystalline silicon solar cells*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 29/1 (2008).