بیست و هفتمین کنفرانس
اپتیک و فوتونیک ایران و
سیزدهمین کنفرانس مهندسی
و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران. ۱۴-۱۶ بهمن
۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۲۵۲۶-۱۰-A

شبیه‌سازی سلول خورشیدی تندم CGS/CIGS

دکترمعراج رجایی[۱]، مریم شاپورجانی[۲]، زهرا سادات الهام نیک[۳]

استادیار دپارتمان مهندسی برق دانشکده شریعتی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

[۱]mrajaee@tvu.ac.ir

دانشجویان دپارتمان مهندسی برق دانشکده شریعتی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

Elhamnik03@gmail.com[۳]Shapourjani.maryam@gmail.com, [۲]

چکیده - در این مقاله به بررسی افزایش راندمان ناشی از اضافه شدن لایه CGS بر روی سلول CIGS پرداخته شده است. با تغییر پارامترهای مختلف و استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز Silvaco، سلول خورشیدی تک قطبی CIGS شبیه‌سازی و سپس عملکرد سلول خورشیدی دو اتصالی CGS/CIGS به صورت عددی شبیه‌سازی شد. ضخامت و غلظت لایه‌های مختلف نیمه‌رسانا برای دستیابی به حداکثر موجود بهینه شده و حداکثر بازده تبدیل ۴۴/۳۷٪ حاصل شد.

کلید واژه - بازده، تک قطبی، دو اتصالی، سلول خورشیدی CGS / CIGS، Silvaco

CGS / CIGS Solar Cell Simulation

Dr.Meraj Rajaee[1], Maryam Shapourjani[2], Zahra sadat Elhamnik[3]

Assistant Professor of the Department of Electrical Engineering, Shariaty University,Tehran,Iran

mrajaee@tvu.ac.ir [۱]

Students of the Department of Electrical Engineering, Shariaty University, Tehran,Iran

[2]Shapourjani.maryam@gmail.com, [3]Elhamnik03@gmail.com

Abstract- In this paper, the efficiency increase due to the addition of CGS layer on CIGS cell is investigated. by changing different parameters and using Silvaco simulation software, CIGS unipolar solar cell was simulated and then the performance of CGS / CIGS dual-junction solar cell was numerically simulated. To achieve the maximum amount available,the thickness and concentration of different semiconductor layers were optimized and the maximum conversion efficiency was 44.37%.

Keyword: CGS / CIGS Solar Cell , Dual- Junction , efficiency , Silvaco , unipolar

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

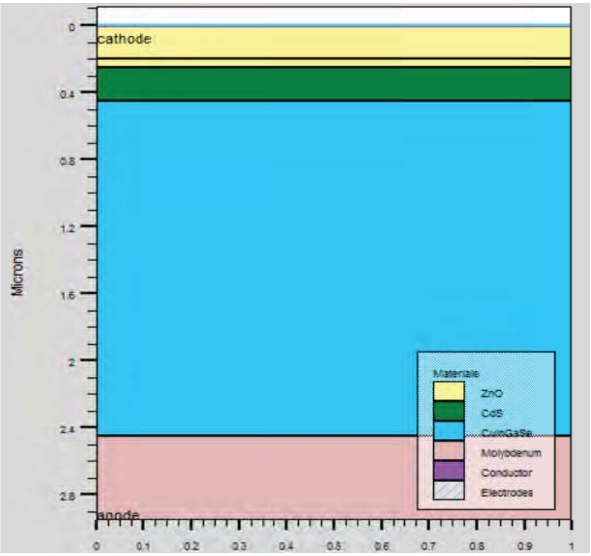
بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، ۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

مقدمه

از مهمترین سلول های خورشیدی نسل دوم می توان به خانواده 2I–III–VI اشاره نمود که مهمترین آن ها سلول های CIGS هستند. ماده ای مرکب از عناصر گروه های یک، سه و شش جدول تناوبی شامل مس، ایندیوم، گالیوم و سلنیوم که موسوم به CIGS است. این سلول ها به دلیل بالا بودن بازده و پایین بودن هزینه مواد مصرفی، از امیدبخش ترین فناوری های لایه نازک هستند. این سلول ها نیز مانند سایر انواع سلولهای لایه نازک از رسوب روی شیشه یا پلاستیک ساخته می شوند. بهترین بازده سلول های CIGSحدود ۲۰٪ و بازدهی مدل های آن بین ۱۳٪ تا ۱۵٪ است که بیشترین مقدار در میان انواع سلول های لایه نازک به حساب می آید .
[4و5]

مدل پیشنهادی CIGS بهینه

ساختار سلول CIGS تک لایه باتوجه به مرجع شماره[1] بهینه سازی شده ،که در شکل (۱) قابل مشاهده است.این سلول با استفاده از نرم افزار شبیه ساز SILVACO شبیه سازی شده است.

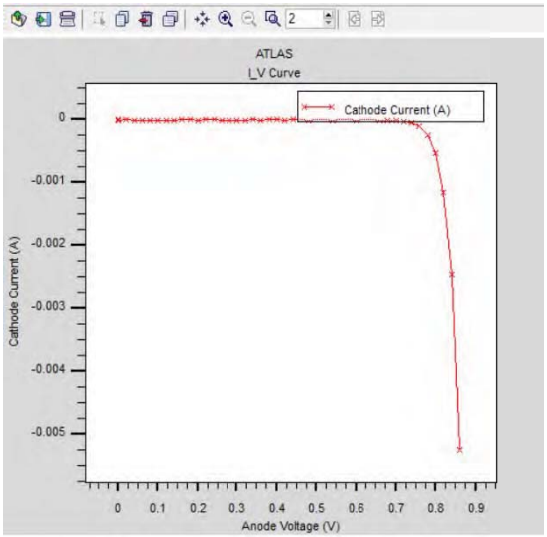


شکل (۱) ساختار CIGS بهینه سازی شده

ساختار سلول بگونه ایست که با تغییر ضخامت لایه ی Cds و ZnO و بررسی موارد مختلف تاثیر گذار در تغییر پارامتر های این سلول خوشیدی مانند تغییر ضخامت لایه ی Cdsبه۰/۲umو تغییر ضخامت ZnO به ۰/۰۵um و ضخامت Molybdinum به ۰/۵um و با ثابت نگه داشتن ضخامت CIGS به میزان ۲um که سایر اطلاعات که در جدول شماره (۱) قابل مشاهده است، مقادیر۸۹/۵۸=FF و ۰/۰۳۳=J_{sc} و ۰/۶=V_{oc} و ۲۸/43 =Eff در بهترین حالت حاصل شد. نمودار جریان-ولتاژ، سلول در شکل (۲) قابل مشاهده است.

جدول (۱) پارامترهای سلول خورشیدی CIGS بهینه

	ZnO	Cds	CIGS
(ضخامت um)	۰/۰۵	۰/۲	۲
گذردهی	۹	۱۰	۱۳/۶
پیوستگی	۴/۵	۴/۱۸	۴/۵۸
MUN	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
MNP	۲۵	۲۵	۲۵
NV	$۱/۸\times e^{۱۹}$	$۲/۵۷\times e^{۱۹}$	$۱/۸\times e^{۱۹}$
NC	$۲/۲\times e^{۱۸}$	$۲/۴۱\times e^{۱۸}$	$۲/۲\times e^{۱۸}$

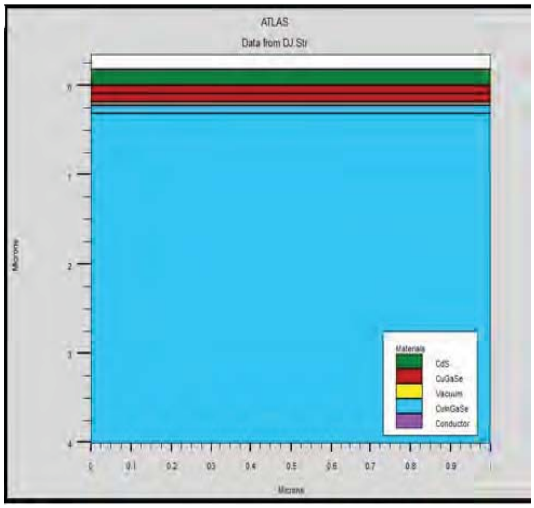


شکل (۲) منحنی جریان-ولتاژ سلول تک لایه CIGS بهینه

بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران، ۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

ساختار CGS/CIGS پیشنهادی

در بالای سلول طراحی شده یک لایه نازک CdS به عنوان لایه پنجره ضد انعکاس استفاده شده است.پارامترهای ساختاری از جمله ضخامت و غلظتمتفاوت است و لایه های نیمه هادی بهینه سازی شده اند تا به حداکثر بازده تبدیل موجود برسند . با در نظر گرفتن سلول بالا و پایین، لایه خلا، مانند تونل شبیه سازی می شود. سلول بالا از یک لایه پنجره ضد بازتابنده ۱۸۷ نانومتری ، یک لایه جاذب ۹۰ نانومتری p-CGS ($p=4\times10^{19}cm^{-1}$) و یک لایه بافر ۹۰ نانومتری n-CGS($n=1\times10^{22}cm^{-1}$) تشکیل شده است . ضخامت لایه خلا ۴۰ نانومتر است و سلول پایین از یک لایه جاذب ۹۰ نانومتری p-CIGS($p=8\times10^{20}cm^{-1}$) و یک لایه بافر n-CIGS ، ۳/۷۰۵ میکرومتری ($n=9\times10^{16}cm^{-1}$)تشکیل شده است. شکل (۳) شماتیک سلول پیشنهادی را نشان می دهد. مشخصات الکتریکی و نوری مواد استفاده شده در مدل پیشنهادی در جدول (۲) نشان داده شده است. در شکل(۴) منحنی های V-I مشاهده می شود که منحنی آبی رنگ مربوط به سلول CGS، منحنی قرمز، سلولCIGS و منحنی سبز سلول ایده آل را نشان می دهد. در این نمودار مشاهده می شود که شدت چگالی جریان در منحنی ایده آل بیشتر شده در نتیجه بازدهی به ۴۴/۳۷% رسیده است.

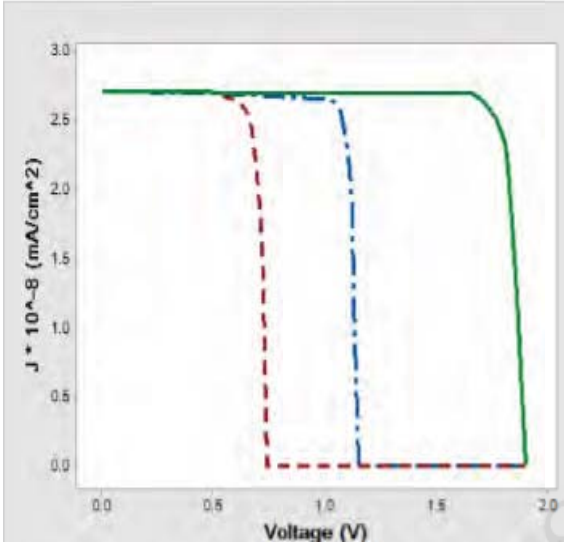


شکل (۳) شماتیک سلول پیشنهادی CGS / CIGS

جدول(۲) مشخصات مواد استفاده شده در سلول پیشنهادی

	Cds	CIGS	CGS
شکاف باند	۲/۴	۱/۵۵	۱/۰ ۱۱
ضریب الکترون خواهی	۳/۷۵	۴/۸	۴/۸
NC	۲/۲×۱۰ ۱۸	۲/۲×۱۰ ۱۸	۲/۲×۱۰ ۱۸
NV	۱/۸×۱۰ ۱۹	۱/۸×۱۰ ۱۹	۱/۸×۱۰ ۱۹

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.



شکل (۴) منحنی های V-Iمربوط به سلول CGSو سلول CIGSو سلول ایده آل

در جدول (۳) پارامترهای عملکرد محاسبه شده ساختار بهینه سلول خورشیدی دو پیوندی CGS/CIGSارائه شده است.

جدول (۳) پارامترهای عملکرد محاسبه شده ساختار پیشنهادی

	J_{SC}	V_{OC}	P_m	FF	EFF
CGS/CIGS	۱۰⁻ ۲/۷۰۹×۸	۱/۹	۴/۴۳۷	۸۶/۲۱	۴۴/۳۷

در این مقاله ، پنج پارامتر ساختاری بهینه شده است: شکاف باند لایه های CIGS ، ناخالصی لایه های CGS نوع P و نوع N و ناخالصی لایه های CIGS نوع P و نوع N .

۱-با بررسی صورت گرفته در شکاف باند لایه های نیمه هادی CIGS اوج کارایی در=۱/۵۵EgeVاتفاق می افتد.

۲- با بررسی صورت گرفته در تاثیر ناخالصی لایه های CGS نوع P و N اوج کارایی در$p = 4 \times 10^{19}cm^{-3}$ و $n = 1 \times 10^{22}cm^{-3}$رخ می دهد.

۳- با بررسی صورت گرفته در تاثیر ناخالصی لایه های CIGS نوع P و N اوج کارایی در$p = 8 \times 10^{20}cm^{-3}$ و $n = 9 \times 10^{16}cm^{-3}$رخ می دهد.

در ساختار بهینه، مطابقت جریان با تنظیم ضخامت لایه CdS حاصل می شود و با تنظیم ضخامت این لایه برابر با ۱۸۵ نانومتر جریان سلول های بالا و پایین همسان می شوند. درصد کارایی ساختار بهینه به طور قابل توجه ای بالا میباشد.

نتیجه گیری

سلول خورشیدی دو اتصال CGS/CIGS به صورت عددی شبیه سازی شد. برای دستیابی به حداکثر درصد راندمان موجود، پنج پارامتر ساختاری بهینه سازی شد: شکاف باندلایه هایCIGS، ناخالصی لایه های CGS نوع P وN و ناخالصی لایه های CIGS نوع Pو N . نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد که تحت نور استاندارد AM۱/۵، V_O =۱/۹V وJ_{SC}=۲۷/۰۹ mA / cm^2، حداکثربازده تبدیل ۴۴/۳۷٪ حاصل شد. همان طورکه مشاهده شد راندمان سلول تک قطبی CIGS به تنهایی ۲۸/۴۳٪ بدست آمده است سپس با اضافه کردن CGS به آن مشاهده شد که این سلول تندم جدید به راندمان ۴۴ /۳۷ ٪ افزایش پیدا کرده است که در نهایت ۱۵/۹۴٪ افزایش بازدهی حاصل شده است.

مراجع

[۱]معراج رجائی ((مدل سازی و بهینه سازی ساختار سلول خورشیدی لایه نازکCIGS به منظور افزایش بازدهی))مجله علمی و پژوهشی کارافن شمارهچهلویکم۱۳۹۶

[2] معراج رجائی ،سید محمد باقر قرشی "آنالیز و بهینه سازی سلول های خورشیدی چند گانه با پیوند تونلی"بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و هفتمین کنفرانس هندسی و فناوری فوتونیک ایران دانشگاه شهید بهشتی دی ماه ۹۳

[3]] J. Krc, G. Cernivec, A. Campa, J. Malmström, M.EdoffF. Smole,andM. Topic, “Optical and electrical modeling of Cu(In,GA)Se2 solar cell s”,optical and quantumelectronics, vol. 38, PP.1115-1123, 2006

[4] Theoretical study and simulation of solar cell structure by Seyede Mansoore MousaviNasab

[5] Kokate, S.K.; Jagtap, C.; Baviskar, P.K. & Mohite, K. (2018), “CdS sensitized cadmium doped

ZnO solar cell: Fabrication and characterizations", Optik international journal for li ght and electron optics 157, pp. 628-634.

[6] Gjessing, J.; Marstein, E.S. & Sudbø, A. (2010), "2D back-side diffraction grating for improved light trapping in thin silicon solar cells", Opt express, 18 (6):5481-5495

[7] Feldman, F.; Simon, M.; Bivour, M.; Reichel, C.; Hermle, M. & Glunz, S.W. (2014), "Efficient carrier-selective p-and n-contacts for Si solar cells", Solar energy materials and solar cells 131, pp. 100-104.

[8] Farhadi, Bita, and Mosayeb Naseri. "Structural and physical characteristics optimization of a dual junction CGS/CIGS solar cell: A numerical simulation." Optik-

International Journal for Light and Electron Optics 127.21 (2016): 10232-10237.

[9] Chelvanathan, Puvaneswaran, Mohammad Istiaque Hossain, and Nowshad Amin. "Performance analysis of copper–indium–gallium–diselenide (CIGS) solar cells with various buffer layers by SCAPS." Current Applied Physics 10.3 (2010): S387-S391.

[10] Repins, Ingrid, et al. "19· 9%-efficient ZnO/CdS/CuInGaSe2 solar cell with 81· 2% fill factor." Progress in Photovoltaics: Research and applications 16.3 (2008): 235-239

[11] Elbar, M., and S. Tobbeche. "Numerical simulation of CGS/CIGS single and tandem thin-film solar cells using the Silvaco-Atlas software." Energy Procedia 74 (2015): 12201227.

[12] Elbar, M., S. Tobbeche, and A. Merazga. "Effect of top-cell CGS thickness on the performance of CGS/CIGS tandem solar cell." solar energy 122 (2015): 104-112.