



دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی

گروه برق

عنوان:

بررسی سیستم های فتوولتاییک حرارتی و روش های خنک سازی آن

تحقیق و نگارش

علیرضا امامیان

تایستان ۱۳۹۶

فهرست مطالب

فصل اول: آناتومی سلول های خورشیدی ۱

۱-۱ فناوری های سیستم های فتوولتائیک ۱

۱-۲ نسل اول فناوری های فتوولتائیک: سلول های کریستالی ۲

۱-۳ نسل سوم فناوری های فتوولتائیک ۳

۱-۴ اتلاف انرژی در یک سلول خورشیدی ۴

۱-۵ تامین انرژی خانه با سلول خورشیدی ۵

۱-۶ حل مشکلات سیستم تامین نیروی خورشیدی ۶

۱-۷ پیشرفت های تکنولوژی سلول خورشیدی ۶

۱-۸ هزینه های انرژی خورشیدی ۸

۱-۹ داستان انرژی خورشیدی در ایران ۸

فصل دوم: بررسی سیستم های فتوولتائیک حرارتی ۱۰

۲-۱ مقدمه ۱۰

۲-۲ تکنولوژی فیلتر های نوری مبتنی بر سیالات: ۱۱

۲-۳ تکنولوژی فتوولتائیک حرارتی ۱۵

۲-۴ شرح مدل ۱۹

۲-۵ معادلات ۲۰

۲-۶ نتایج و بحثها: ۲۵

۲-۷ بررسی تأثیر پکینگ فاکتور (β_{sc}) بر روی رفتار PVT ۲۶

۲-۸ فهرست علائم و اختصارات ۲۷

۲-۹ زیر نویسها ۳۰

۲-۱۰ ترموسیفون ۳۰

۲-۱۱ شرح دستگاه و آزمایش ۳۳

۲-۱۲ نحوه انجام آزمایش ها ۳۵

فصل اول:

آناتومی سلول های خورشیدی

۱-۱ فناوری های سیستمهای فتوولتائیک

سلول فتوولتائیک نور خورشید را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. اصل مقدماتی در این تکنولوژی پدیده "فتوالکتریک" است که اولین بار توسط انیشتین مطرح گردید. "فتو" به معنای نور و

"ولتائیک" به معنای الکتریسیته می باشد. عنصر اصلی در ساخت سلولهای خورشیدی، نیمه هادیهای مانند سیلیکون و گالیم آرسناید می باشد. اساس کار سلولهای خورشیدی بر مبنای تئوری الکترونهای مدارات اتم قابل توجه است. در سطح خارجی تراز انرژی اتم دو سطح تراز مشخص وجود دارد. سطح تراز

ظرفیت اتم (والانس) که در عملیات شیمیایی دخالت دارد و سطح تراز هدایت اتم (لایه هدایت) که در هدایت الکتریکی نقش دارد. همان طور که میدانید هر اتم برای اینکه از تراز ظرفیتی خود به تراز هدایت انتقال یابد، احتیاج به مقدار مشخصی انرژی دارد که به آن انرژی گپ می گویند. علت استفاده از نیمه هادی ها

هم دقیقاً به این خاطر است که این عناصر نیاز به انرژی گپ بسیار پائین دارند تا به تراز هدایت منتقل گردند و با حرارتی کم در حد حرارت محیط می توانند این انرژی را تامین نمایند. در نیمه هادیها با اضافه کردن ناخالصی به کریستال خالص آنها می توان میزان انرژی گپ را بیش از پیش کاهش داد. اگر به

سیلیسیم که یک نیمه هادی است فسفر اضافه شود دارای بار منفی و اگر (بر) اضافه شود دارای بار مثبت می گردد. حال اگر به الکترونی که در تراز ظرفیت است انرژی بیش از مقدار انرژی گپ داده شود به تراز هدایت منتقل شده و باعث ایجاد الکترون و حفره ای آزاد می گردد. لذا از همین خاصیت برای ساخت نیمه

هادی های نوع **N** و **P** استفاده می گردد. در اثر برخورد نور به سطح نیمه هادی نوع **PN** و کسب انرژی گپ، حاملهای بار (الکترون - حفره) بوجود آمده که می توانند در داخل نیمه هادی حرکت نموده و تولید الکتریسیته نمایند.

سیلیکون یکی از فراوان ترین عناصر حال حاضر کره زمین می باشد. این عنصر یک نیمه هادی بسیار مناسب برای استفاده در سیستمهای فتوولتائیک می باشد. سلولهای کریستالی سیلیکون بسته به این که ویفرهای سیلیکونی به چه روش ساخته می شوند به ۲ دسته کلی تقسیم بندی می شوند: مونو کریستال سیلیکونی و پلی کریستال سیلیکونی. دسته دیگر از سلولهای کریستالی شامل گالیم آرسناید می باشد.

نسل دوم فناوریهای فتوولتائیک: سلولهای خورشیدی تین فیلم

پس از بیش از ۲۰ سال تحقیق و توسعه، سلولهای خورشیدی تین فیلم شروع به گسترش نمودند. تین فیلم ها به طور قابل ملاحظه ای در هزینه تولید الکتریسیته نسبت به ویفرهای سیلیکونی کاهش ایجاد نمودند.

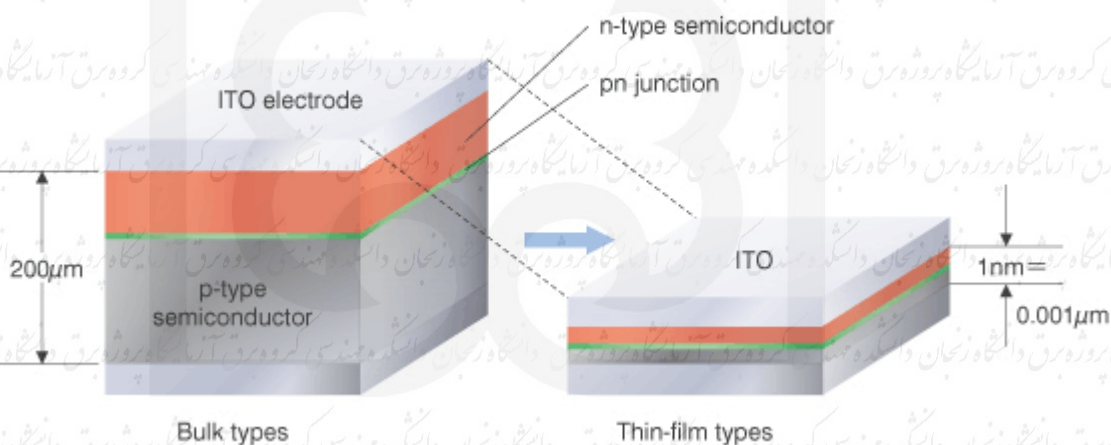
سه نوع اصلی سلولهای خورشیدی تین فیلم که در حال حاضر تجاری شده اند شامل:

سیلیکونهای آمورف (a-Si) و (a-Si / $\mu\text{c-Si}$)

کادمیوم تلورید (Cd-Te)

مس- ایندیم- سلنید (CIS) و مس- ایندیم- گالیم- دیسلنید (CIGS)

Silicon thickness required in thin-film Photovoltaic cells



۱-۳ نسل سوم فناوریهای فتوولتائیک

فناوری های این نسل در مرحله پیش از تجاری سازی به سر می برند. فناوری های نسل سوم به دسته آزمایشگاه پروژه های زیر تقسیم می شوند:

- ۱- سلول های خورشیدی ارگانیک
- ۲- سلول های خورشیدی حساس به رنگ

نتیجه گیری

در این تحقیق، یک سیستم فتوولتائیک/ حرارتی ساخته شد و مورد آزمایش قرار گرفت. در این سیستم، از ترموسیفون‌ها برای خنک کاری پانل فتوولتائیک استفاده شد. از متانول به عنوان سیال عامل ترموسیفون‌ها استفاده شد و آزمایش‌ها در نسبت‌های پر شدن مختلف برای ترموسیفون‌ها انجام گرفت. با مقایسه نسبت-

های پر شدن مختلف، نسبت پر شدن ۵۰ درصد به عنوان بهترین نسبت پر شدن انتخاب شد، چرا که در این نسبت، سیستم فتوولتائیک/ حرارتی توان الکتریکی بیشتری در مقایسه با سیستم فتوولتائیک تولید نمود. همچنین در این نسبت در مقایسه با سایر نسبت‌های پر شدن، حرارت بیشتری در سیستم

فتوولتائیک/ حرارتی بازیافت شد. در نسبت پر شدن ۵۰ درصد در طول مدت آزمایش، خنک کاری پانل در سیستم فتوولتائیک/ حرارتی سبب شد که این سیستم به طور متوسط $W1/1$ توان الکتریکی بیشتری در مقایسه با سیستم فتوولتائیک تولید نماید. همچنین سیستم فتوولتائیک/ حرارتی به طور متوسط $16/35$

درصد راندمان حرارتی تولید نمود.

منابع و مراجع

سایت وزرات نیرو

نشریه ی علمی انرژی ایران، دوره ی ۱۶ شماره ی ۱ بهار ۹۲، نیرو گاه های خورشیدی، اهمیت سیستم های ترموسیفون در خنک کاری ۳۴ صفحات و ۳۵

مجموعه ی مقالات پنجمین کنفرانس بین المللی گرمایش، سرمایش و تهویه ی مطبوع، بهار

۹۴، ایران، تهران، پژوهشکده صنعت نفت

[1] Chow, T., T., Pei, G., Fong, K., F., Lin, Z., Chan, A., L., S., Ji, J.2009.

“Energy and exergy analysis of photovoltaic-thermal collector with and without glass cover”, Applied Energy, Vol. 86, pp. 310-316. [2] Foster, R., Ghassemi,

M., Cota, A.2009. “Solar Energy Renewable Energy and the Environment”, Crc Press.

[3] Joshi, A. S., Dincer, I., Reddy, B. V.2009. “Performance analysis of photovoltaic systems: a review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 1884-1897.

[4] Kern, J., Harris, I.1975. “On the optimum tilt of a solar collector”, Solar Energy, Vol. 17, pp. 97-102.

[5] Lewis, G.1987. “Optimum tilt of a solar collector”, Solar and Wind Technology, Vol. 4, No. 3, pp. 407-410.

[6] Lof, G. O. G., Tybout, R. A.1973. “Cost of house heating whit solar energy”, Solar Energy, Vol. 14, pp. 253-278.

[7] Noie, S. H.2005. “Heat transfer characteristics of a two-phase closed thermosyphon”, Applied thermal engineering, Vol. 25, pp. 495-506.

[8] Tiwari, G.N., Mishra, R.K., Solanki, S.C.2011. “Photovoltaic modules and their applications: a review on thermal modelling”, Applied Energy, Vol.88, pp. 2287-2304.

[9] . Weng, Z. J., Yang, H. H.2008. “Primary analysis on cooling technology of solar cells under concentrated illumination”, Energy Technology, Vol. 29, No. 1, pp. 16-18.

1. v.v.tyagi, s.c.kaushik, s.k.tyagi,2012. Advancement in solar photovoltaic/thermal (PV/T) hybrid collector technology. Renewable and sustainable energy reviews, 16 pp. 1383-1398.

2. Kalogirou SA,2001. Use of TRYSYS for modeling and simulation of a

- hybrid PV thermal solar system for Cyprus. *Renew Energy*, 23, pp. 247-60.
3. Zondag HA, de Vries DW, Van Helden WJG, Van Zolingen RJC, Van Steenhoven AA, 2002. The thermal and electrical yield of a PV-thermal collector. *Sol Energy*, 72(2), pp. 113-28.
 4. Erdil E, Ilkan M, Egelioglu F., 2008. An experimental study on energy generation with a photovoltaic (PV)-solar thermal hybrid system. *Energy*, 33, pp. 1241-5.
 5. Chow TT, He W, Ji J., 2007. An experimental study of façade-integrated photovoltaic/ water-heating system. *Applied Thermal Engineering*, 27, pp. 37-45.
 6. Swapnil Dubey, Andrew A.A.Tay, 2013. Testing of two different types of photovoltaic-thermal (PVT) Modules with heat flow pattern under tropical climatic condition. *energy for sustainable development*, 17, pp. 1-12.
 7. Dubey S, Tiwari GN., 2008. Thermal modeling of a combined system of photovoltaic thermal (PV/T) solar water heater. *Sol Energy*, 82, pp. 602-12.
 8. Kalogirou SA, Tripanagnostopoulos Y., 2006. Hybrid PV/T solar systems for domestic hot water and electricity production. *Energy Conversion and Management*, 47, pp. 3368-82.
 9. Saitoh H, Hamada Y, Kubota H, Nakamura M, Ochifuji K, Yokoyama S, et al., 2003. Field experiments and analysis on a hybrid solar collector. *Appl Therm Eng*, 23, pp. 2089-105.
 10. Tripanagnostopoulos Y, Nousia Th, Souliotis M, Yianoulis P., 2002. Hybrid photovoltaic/thermal solar system. *Sol Energy*, 72(3), pp. 217-34.
 11. Wolf M., 1976. Performance analyses of combined heating and photovoltaic power systems for residences. *Energy Conversion*, 16, pp. 79-90.
 12. Winston R., 1974. Principles of solar concentrators of a novel design. *Solar Energy*, 16, pp. 89-95.
 13. Sarhaddi F, Farahat S, Ajam H, Behzadmehr A, Mahdavi Adeli M., 2010. An improved thermal and electrical model for a solar photovoltaic thermal (PV/T) air collector. *Applied Energy*, 87, pp. 2328-39.
 14. Sukamongkol Y, Chungpaibulpatana S, Limmeechokchai B, Sripadungtham P., 2010. Condenser heat recovery with a PV/T air heating collector to regenerate desiccant for reducing energy use of and air conditioning room. *Energy and Buildings*, 42, pp. 315-25.
 15. Assoa YB, Menezo C, Fraisse G, Yezou R, Brau J., 2007. Study of a new concept of photovoltaic-thermal hybrid collector. *Sol Energy*, 81, pp. 1132-43.

16. Tiwari A, Sodha MS, Chandra A, Joshi JC., 2006. Performance evaluation of photovoltaic thermal solar air collector for composite climate of India. *Sol Energy Mater Sol Cells*, 90(2), pp. 175-89.
17. Dubey S, Tiwari GN., 2008. Thermal modeling of a combined system of photovoltaic thermal (PV/T) solar water heater. *Sol Energy*, 82, pp. 602-12.
18. Behrooz M. Ziapour, Azad Aghamiri., 2014. Simulation of an enhanced integrated collector-storage solar water heater. *Energy Conversion and Management*, 78, pp. 193-203.
19. Kanchan Vats, G.N. Tiwari., 2012. Performance evaluation of a building integrated semitransparent photovoltaic thermal system for roof and facade. *Energy and Buildings*, 45, pp. 211-218.
20. Arvind Tiwari, M.S.Sodha., 2006. Performance evaluation of hybrid PV/thermal water/air heating system: A parametric study, *Renewable Energy*, 31, pp. 2460-2474.
21. R. Ruther, H.G. Beyer, A.A. Montenegro, M.M. Dacoregio, I.T. Salamoni, P. Knob., 2004. Performance results of the first grid connected thin film PV installation in Brazil: high performance ratios over six years of continuous operation, in: *Proceedings of the 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Paris, France, pp. 1487-1490.
22. Rakesh Kumar, Marc A. Rosen., 2001. Performance evaluation of double pass PV/t solar air heater with and without fins. *Applied thermal engineering*, 31, pp. 1402-1410.
23. Tiwari A, Sodha MS., 2006. Performance evaluation of solar PV/T system: an experimental validation. *Solar Energy*, 80, pp. 751-9.