

UGAONA ZAVISNOST IZLAZNIH PARAMETARA a-Si SOLARNE ĆELIJE

*Lidija Radovanović, Tomislav Pavlović, Jasmina Radosavljević**

Key words: *solar cells, photovoltaic, nominal power, conversion efficiency*

SAŽETAK:

U ovom radu prezentovani su principi karakterizacije performansi a-Si solarne ćelije. Eksperimentalni rezultati pokazuju uticaj promene ugla između ravni solarne ćelije i horizontalne ravni na nominalnu snagu, koeficijent efikasnosti i druge fotonaponske parametre solarne ćelije. Saglasno tome, rezultati dobijeni na taj način određuju optimalni ugao solarne ćelije.

1. - UVOD

Fotonaponska konverzija je pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju. Ovaj proces se odvija na solarnim ćelijama koje predstavljaju $p-n$ spoj u kome se na principu fotoefekta sunčevo zračenje pretvara direktno u električnu energiju. Izrađuju se od poluprovodnika, jednostavne su za upotrebu i ne zagađuju okolinu.

Materijali koji se koriste za izradu solarnih ćelija su poluprovodnici čija je širina zabranjene zone takva da omogućava postizanje maksimalne efikasnosti i maksimalne spektralne osetljivosti solarne ćelije u oblastima talasnih dužina u kojima je intenzitet sunčevog zračenja najveći. U takve materijale spadaju monokristalni, polikristalni i amorfni silicijum, galijum arsenid (GaAs), kadmijum sulfid (CdS) i kadmijum telurid (CdTe). Solarne ćelije od amornog silicijuma (a-Si) našle su najširu primenu. Pored netransparentnih, danas se proizvode semitransparentne a-Si solarne ćelije na staklu, fleksibilne solarne ćelije na plastičnoj osnovi ili čeličnom limu, kao i solarne ćelije u boji [1].

* Mr Lidija Radovanović, asistent, dr Tomislav Pavlović, redovni profesor, Prirodno-matematički fakultet, Niš, Čarnojevića 10, 18000 Niš, E-mail: petarli@ptt.yu, tel: 018/529-899, 018/531-154.

Mr Jasmina Radosavljević, asistent, Fakultet zaštite na radu, Niš, Čarnojevića 10, 18000 Niš.

2. - A-SI SOLARNE ĆELIJE NA STAKLU

Solarne ćelije od amornog silicijuma na staklu formiraju se tako što se na dobro očišćeno i zagrejano staklo (200-300^o C) vakuumskim napanjanjem nanosi transparentna SnO₂ elektroda debljine oko 0,4 μm. Preko SnO₂ elektrode isečene na uske trake nanose se a-Si slojevi. Kapacitivno-radiofrekvencnim pražnjenjem silana (SiH₄) dobija se legirani sloj a-Si:H. Legiranje vodonikom dovodi do popunjavanja nezasićenih veza i ostalih mikrodefekata u strukturi a-Si, tako da se legirani amorfni silicijum bez teškoća može dopirati fosforom i borom iz gasne faze. Za dopiranje se koristi diboran (B₂H₆) kao izvor p-donora i fosfin (PH₃) kao izvor n-donora. Pomoću lasera se n-i-p slojevi iseku na uske trake (sa i je označen nedopirani a-Si:H sloj), a preko njih se vakuumskim napanjanjem nanosi Al elektroda i zaštitna transparentna plastična folija [2].

Amorfni silicijum ima niz prednosti nad ostalim materijalima koje su odlučujuće pri izradi solarnih ćelija. To su pre svega veći koeficijent apsorpcije sunčevog zračenja, manji utrošak materijala (debljina a-Si solarnih ćelija je manja od 1 μm, a debljina monokristalnih Si solarnih ćelija je reda 200-300 μm), i niža cena. Glavni nedostatak solarnih ćelija na bazi amornog silicijuma je niska efikasnost (5-7%) u odnosu na efikasnost polikristalnih (14%), i monokristalnih (15%) solarnih ćelija. Osim toga, prilikom eksploatacije u toku dužeg vremena dolazi do degradacije njihovih optičkih i električnih karakteristika [3].

Efikasnost konverzije sunčeve energije u električnu određuje se snimanjem strujno-naponske karakteristike solarne ćelije, lociranjem tačke maksimalne snage $P_n = I_n U_n$ i merenjem insolacije. Upotrebom ovako dobijenih vrednosti, efikasnost konverzije sunčevog zračenja u električnu energiju se može izračunati pomoću sledeće relacije:

$$\eta = \frac{I_n U_n}{I_s S} = \frac{F U_{ok} I_{ks}}{I_s S} \quad (1)$$

gde je: I_n - nominalna struja, U_n - nominalni napon, I_s - intenzitet sunčevog zračenja, S - površina ćelije, F - filing faktor, U_{ok} - napon otvorenog kola, I_{ks} - struja kratkog spoja. Filing faktor pokazuje koliko je data solarna ćelija bliska idealnoj i može se izračunati pomoću sledeće relacije [4]:

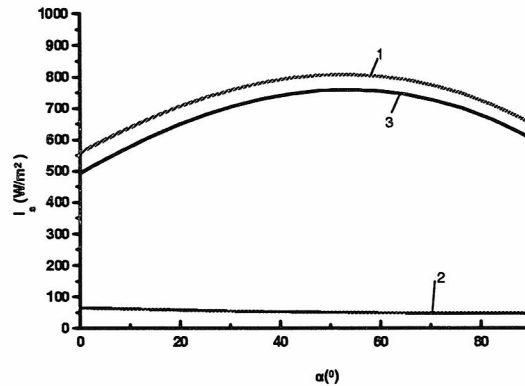
$$F = \frac{U_n I_n}{U_{ok} I_{ks}} \quad (2)$$

3. - EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U cilju dobijanja odgovora na pitanje od čega zavisi efikasnost a-Si solarne ćelije na staklu, praćen je njen rad u različitim uslovima. U tu svrhu izvršeno je snimanje strujno-naponskih karakteristika solarne ćelije pri različitim uglovima koje ravan solarne ćelije zaklapa sa horizontalnom ravni pri konstantnom intenzitetu sunčevog zračenja. Osim toga praćen je njen rad u toku dana i to pri različitim uglovima nagiba [5].

Ugaona zavisnost intenziteta sunčevog zračenja

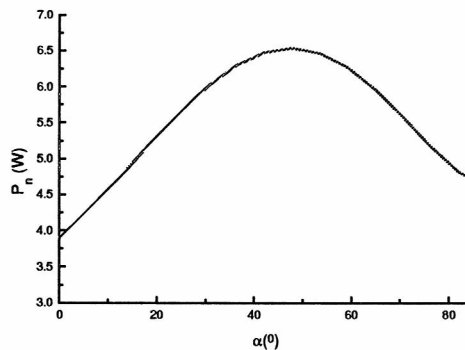
Intenzitet sunčevog zračenja koje pada na ravan nagnutu pod različitim uglovima u odnosu na horizontalnu ravan dat je na Slici 1.



Slika 1. - Ugaona zavisnost intenziteta sunčevog zračenja: 1) ukupno, 2) difuzno, 3) direktno.

Ugaona zavisnost izlaznih parametara solarne ćelije

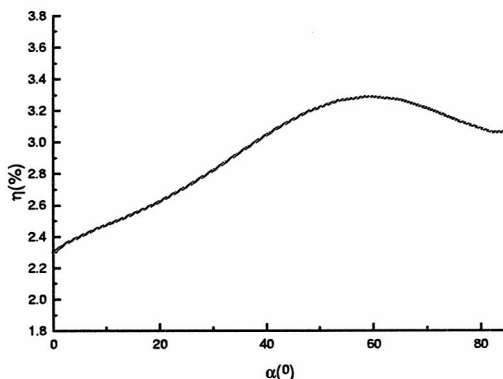
Merenje izlaznih parametara solarne ćelije orijentisane prema jugu za različite uglove njenog nagiba prema horizontalnoj ravni vršeno je pri konstantnom intenzitetu sunčevog zračenja. Ugaone zavisnosti nominalne snage i efikasnosti solarne ćelije date su na slikama 2 i 3.



Slika 2. - Ugaona zavisnost nominalne snage solarne ćelije pri konstantnom intenzitetu sunčevog zračenja

Analizirajući seriju strujno-naponskih karakteristika solarne ćelije snimljenih za razne uglove nagiba pri konstantnom intenzitetu sunčevog zračenja dobijeni su podaci o promjenama izlaznih parametara solarne ćelije sa promenom njenog nagiba. Može se videti da nominalna snaga i efikasnost solarne ćelije pokazuju zavisnost od nagiba ćelije koja po obliku odgovara zavisnosti intenziteta sunčevog zračenja od nagiba.

Snimanjem serije I-U karakteristika u toku dana za solarnu ćeliju u horizontalnom položaju, nagnutu za ugao $\alpha=45^\circ$ i u vertikalnom položaju dobijeni su podaci koji daju uporedni pregled izlaznih parametara solarne ćelije u toku dana za pomenuta tri položaja.



Slika 3. - Ugaona zavisnost efikasnosti solarne ćelije pri konstantnom intenzitetu sunčevog zračenja.

Nominalna snaga na solarnoj ćeliji menja se u toku dana sa promenom intenziteta sunčevog zračenja, pri čemu se može uočiti da bitno zavisi od nagibnog ugla solarne ćelije. Ova zavisnost data je na Slici 4 za tri položaja solarne ćelije pri jednakim ostalim uslovima.

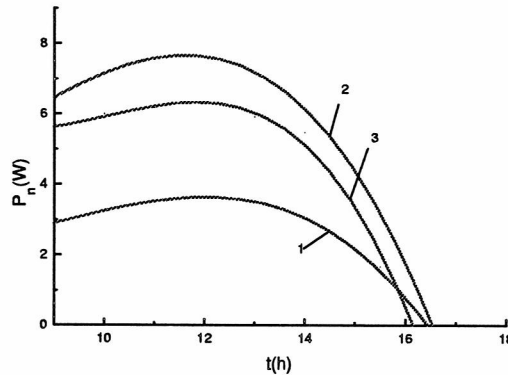
Dnevne promene fotonaponskih parametara solarne ćelije pokazuju da se najveći učinak može ostvariti ukoliko je solarna ćelija nagnuta. Ovakvo ponašanje je uslovljeno najvećim delom zavisnošću intenziteta sunčevog zračenja od upadnog ugla, odnosno od nagiba ravni solarne ćelije.

4. - ZAKLJUČAK

Upotrebom rezultata dobijenih na ovaj način može se odrediti ugao koji omogućava maksimalni zahvat sunčevog zračenja i njegovu konverziju u električnu struju.

LITERATURA

- [1] T.M. Pavlović, B.D. Čabrić: "Fizika i tehnika solarne energetike", *Građevinska knjiga*, Beograd, 1999.
- [2] M.A. Green: "Solar cells", *Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs*, New Jersey, 1982.
- [3] L. Radovanović, T. Pavlović: "Uticaj transparenta na izlazne parametre solarne ćelije", *DIT*, Zrenjanin, 12-13 (1999.), pp.51.
- [4] T. Nenadović, T. Pavlović: "Fizika i tehnika tankih slojeva", *Institut za nuklearne nauke*, Vinča, Beograd, 1997.
- [5] L. Radovanović: "Fizičke karakteristike a-Si solarnih ćelija na staklu", *magistarska teza*, PMF, NIŠ. 2000.



Slika 4. - Dnevna promena nominalne snage solarne ćelije nagnute za ugao:
1) $\alpha=0^\circ$, 2) $\alpha=45^\circ$ 3) $\alpha=90^\circ$.

INFLUENCE OF ANGLE CHANGING ON OUTPUT PARAMETERS OF a-Si SOLAR CELLS

ABSTRACT:

The principles of performances characterization of a-Si solar cell are presented in this paper. The experimental results show the influence of the changing of the angle between the plane of solar cell and horizontal plane on nominal power, conversion efficiency and other photovoltaics parameters of solar cell.

According to results obtained in this way the optimal angle of solar cell is determined.