

Konvencionalni in nekonvencionalni postopki izdelave elektrod na silicijevih sončnih celicah

Leszek Adam Dobrzański – Małgorzata Musztyfaga* – Aleksandra Drygała
Ślezijska tehniška univerza, Institut za tehnične materiale in biomateriale, Pojska

Članek podaja primerjavo konvencionalnih in nekonvencionalnih postopkov oblikovanja elektrod na silicijevih sončnih celicah z namenom izboljšanja kakovosti elektrod. Kontakti komercialnih silicijevih sončnih celic se najpogosteje oblikujejo po postopku sitotiska. Selektivno lasersko sintranje (SLS) je sodoben proizvodni postopek, kjer se delci kovinskega prahu na točno določenih mestih talijo ali sintrajo v želeno trodimenzionalno obliko s pomočjo CO₂-laserja velike moči, celoten postopek pa nadzoruje program za mikroobdelavo. V članku so predstavljeni rezultati preiskave sprednjih elektrod, izdelanih iz dveh vrst srebrove paste (PV 145 proizvajalca Du Pont in eksperimentalnega nanopraha) na monokristalnih silicijevih sončnih celicah, cilj pa je bil zmanjšanje kontaktne upornosti.

Jedro raziskave torej predstavlja iskanje optimalne zgradbe stika, ki mora zagotavljati trajno povezavo med elektrodo in silicijevim substratom, ne sme imeti por ali mikrorazpok ter daje minimalno upornost sistema. Pri tem so bili preučeni vplivi parametrov obdelave na strukturo in lastnosti sprednje elektrode. Minimalna upornost stika med silicijem in sprednjo elektrodo fotonapetostne celice je ključen element pri snovanju fotonapetostnih celic, ki neposredno vpliva na vzporedno upornost fotonapetostne celice ter določa vrednost faktorja polnjenja, zato je neposredno povezan z izkoristkom fotonapetostne pretvorbe. Dejanski cilj projekta je priprava smernic za izbiro primerne postopka izdelave sprednje elektrode ter orodja za samodejno oblikovanje elektrode. Upornost sprednje elektrode je bila določena po metodi prenosnih vodov (TLM) na preizkuševališču, ki je bilo razvito in zgrajeno na Institute za tehnične materiale in biomateriale. Metoda TLM vključuje neposredno merjenje toka (I) in napetosti (U) med dvema ločenima kontaktoma.

Raziskana je bila topografija vzorcev, izdelanih z žganjem v infrardeči peči oz. taljenih/sintranih v napravi Eosint M250 Xtended s CO₂-laserjem. Kontakti so bili pregledani s pomočjo konfokalnega laserskega mikroskopa (CLSM 5) in vrstičnega elektronskega mikroskopa (SEM) z energijsko disperzijskim spektrometrom (EDS) za mikrokemijsko analizo. Tako površinska topografija kot prerez sprednje elektrode sta bila preiskana z mikroskopom SEM. Analiza fazne sestave sprednjih elektrod je bila opravljena po metodi XRD. Sprednje elektrode so bile oblikovane na površini sončnih celic z različno morfologijo, srednja velikost piramid pa je bila izmerjena z mikroskopom na atomsko silo (AFM).

Ugotovljeno je bilo, da ima najboljše električne in strukturne lastnosti med analiziranimi sprednjimi elektrodami lasersko sintrana elektroda, izdelana iz nanopaste, medtem ko daje med konvencionalnimi postopki najboljše električne in strukturne lastnosti lasersko sintranje elektrode iz paste PV 145. Podana so eksperimentalno določena tehnološka priporočila za lasersko mikroobdelavo sprednje elektrode silicijevih sončnih celic, ki vključujejo optimalno sestavo paste, moč in hitrost skeniranja laserskega žarka ter morfologijo silicijevega substrata, zagotavljajo pa enakomerno pretalitev materiala, ki se dobro drži substrata, kakor tudi majhno upornost stika sprednje elektrode in substrata. V tem delu je bila uporabljena tudi inovativna rešitev nanosa srebrove nanoplasti za začetni sloj sprednje elektrode pri metodi SLS.

Kontaktna upornost izdelane sprednje elektrode je odvisna od sestave paste, morfologije površine silicijeve rezine ter pogojev žganja in laserske mikroobdelave.

Ključne besede: električne lastnosti, sončna celica, selektivno lasersko sintranje, sitotisk, kontaktna upornost, model prenosnega voda (TLM), monokristalni silicij

*Naslov avtorja za dopisovanje: Ślezijska tehniška univerza, Institut za tehnične materiale in biomateriale, Konarskiego St. 18a, Gliwice, Poljska, malgorzata.musztyfaga@polsl.pl