

Saulės elementų voltamperinių charakteristikų tyrimas

Investigation of current-voltage dependences of solar cells

Aiva Bagušinskaitė - Šležienė, Tomas Aleinikovas, Artūras Jukna

Fizikos katedra, Vilniaus Gedimino Technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius
bagusinskaite@gmail.com

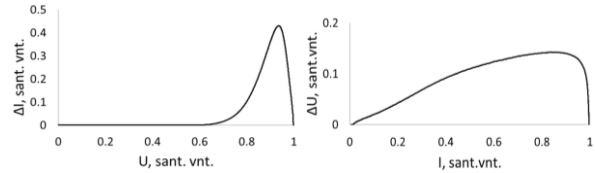
Saulės energijos potencialas – ypatingai didelis, o viena iš panaudos realizacijų – fotoelektra. Svarbiausias saulės elementų (SE) technologijos ir eksploatacijos rodiklis – šviesos energijos konversijos į elektros energiją efektyvumas, priklausantis nuo SE kristalinės struktūros tobulumo, gamybos, transportavimo, montavimo ir eksploataavimo metu atsiradusių defektų dydžio, skaičiaus ir tankio. Fotoelektrai vis labiau populiarėjant, SE ir fotoelektrinių modulių (FE) kokybės kontrolė tampa vis svarbesne technologijos, serijinės gamybos bei eksploatacijos dalimi [1].

Vienas iš daugelio ypač patikimų SE kokybės kontrolės metodų – SE elektroliuminescencijos tyrimų metodas – labai brangus (aukšta tyrimų įrangos kaina) ir nepatogus (reikalinga mobili tyrimų įranga). Tad kokybės tyrimams reikalingi paprastesni ir todėl pigesni būdai, vienas iš kurių – SE voltamperinės charakteristikos (VACH) tyrimas, tarpusavyje palyginant (išmatuotą) ir etaloninę VACH, suskaičiuojamas iš [2]:

$$I = I_{ph} - I_D \left(\exp \left[\frac{U + I R_2}{U_t} \right] - 1 \right) - \frac{U + I R_2}{R_1} \quad (1)$$

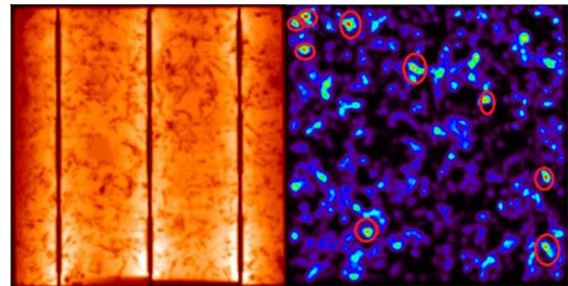
sąryšio. Čia I_{ph} – fotoelektrinės srovės amplitudė, I_D – $p-n$ sandūra tekančios elektros srovės stipris, o R_1 ir R_2 – parazitinė lygiagrečioji (t.y. elektrinio šunto) ir nuosekioji FM elektrinės varžos, U_t – elektrinių nuostolių, sąlygotų SE šilimu, įtampos amplitudė. Defektų skaičiui ir tankiui didėjant, kinta pavienių SE ar sujungtų į FM R_1 ir R_2 varžos. Tuomet, elektrinės įtampos amplitudė SE išėjime sumažėja proporcingai $\Delta U = R_2/R_a$, čia R_a – SE/FM elektrinės pilnutinės elektrinės apkrovos varža, sudaryta iš FM esančių SE vidinių elektrinių varžų ir/ar fotoelektros prietaiso apkrovos varžos. VACH tyrimų metodikoje siekiama įvertinti trumpojo jungimo elektros srovės I_{tr} , atvirosios grandinės elektrinės įtampos U_0 bei užpildos faktoriaus FF kitimo priežastis, jas susiejant su SE-uose esančių defektų charakteristikomis.

1 paveiksle pavaizduotos sunormuotos $\Delta I = f(U)$ (*kairėje*) ir $\Delta U = f(I)$ (*dešinėje*) priklausomybės, kuriose $\Delta I = I_0 - I$ ir $\Delta U = U_0 - U$. Čia I_0 ir U_0 išreiškia sunormuotas elektrinės srovės ir įtampos vertes etaloninio SE (t.y. SE, turintis maksimalų VACH užpildos faktorių), o I ir U – tiriamojo SE, kuriame iš anksto suformuoti, žinomos rūšies, dydžio ir tankio defektai. ΔI didėjimas, didėjant elektrinės įtampos amplitudei elemento išėjime, sietinas su elemento nuosekiosios elektrinės varžos R_2 augimu, o ΔU didėjimą, didėjant elektros srovei apkrovos varžoje, – su elemento lygiagrečiosios elektrinės varžos R_1 didėjimu. VACH tyrimų rezultatai lyginami su tiriamo SE elektroliuminescencijos vaizdu (2 pav.), kuriam spalvine



1 pav. Elektros srovės stiprio $\Delta I = f(U)$ priklausomybė nuo įtampos (*kairėje*) ir įtampos $\Delta U = f(I)$ priklausomybė nuo srovės (*dešinėje*) SE išėjime, suskaičiuotų tiriamojo SE VACH atėmus iš etaloninio SE VACH

gama pavaizduotas SE elektroliuminescencijos intensyvumas, srovei elementu tekant tiesiogine (*kairėje*), $p-n$ sandūros atžvilgiu, ir užtvarine (*dešinėje*) kryptimis. Pirmuoju atveju švytėjimo intensyvumas (šviesos sritys) mažėja, didėjant SE mikroįtrūkių, įskilių skaičiui ir/ar blogos elektrodų adhezijos plotui, o antruoju, – švytėjimo intensyvumą (šviesos sritys) lemia srovės parazitiniai nuotėkiai $p-n$ sandūra. $\Delta I = f(U)$ ir $\Delta U = f(I)$ kreivėmis (1 pav.) apribotas plotas, priklausantis nuo defektų SE dydžio, skaičiaus ir tankio proporcingas tamsesnių sričių plotui elektroliuminescencijos vaizduose (2 pav.), gautuose matuojant tiesioginės ir šviesos sričių plotui – užtvarinės krypties elektros srovės atvejais.



2 pav. SE elektroliuminescencijos vaizdas, elementu tekant tiesioginės (*kairėje*) ir užtvarinės (*dešinėje*) krypties elektros srovei

Darbe gauti rezultatai leidžia daryti išvadą, jog SE VACH forma priklauso nuo SE esančių defektų rūšies, skaičiaus ir tankio, o VACH tyrimų rezultatai koreliuoja su SE/FM elektroliuminescencijos tyrimų rezultatais.

Reikšminiai žodžiai: saulės elementai, defektai, voltamperinė charakteristika, elektroliuminescencija.

Literatūra

- [1] J. Bishop, and H. Ossenbrink. IEEE 25th PVSC, May 13-17, 1191 (1996).
- [2] T.C. Banwell and A. Jayakumar. Electr. Lett. **36**(4), 291 (2000).