

Radiacinių defektų spektroskopija silicio pin struktūros dalelių sensoriuose

Spectroscopy of radiation defects in silicon pin particle sensors

Augustas Baliukonis¹, Tomas Čeponis¹, Eugenijus Gaubas¹, Jevgenij Pavlov¹, Vytautas Rumbauskas¹, Marius Burkanas², Jonas Venius²

¹Vilniaus universitetas, Fotonikos ir nanotechnologijų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

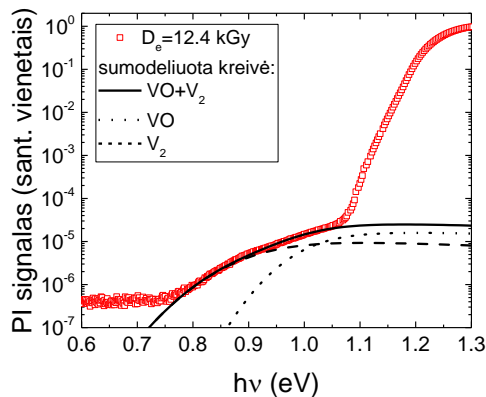
²Nacionalinis vėžio institutas, Santariškių g. 1, LT-08660, Vilnius

augustas.baliukonis@ff.stud.vu.lt

Mažo ploto spinduliuotės jutikliai yra plačiai naudojami šiuolaikinėje onkologijoje, pavyzdžiui, išorinėje Rentgeno / gama spindulių arba elektronų pluošto apšvitijoje, taip pat gama spindulių brachiterapijoje. Švitinimo tikslumui yra reikalingi mažo aktyvaus tūrio spinduliuotės jutikliai generuojantys įrašomus elektrinius signalus. Pavyzdžiui dozimetrijai brachiterapijoje yra reikalingi mažų matmenų (<1 mm) didelio jautrumo jutikliai, kad būtų galima registruoti ¹⁹²Ir spinduliuotę [1]. Tačiau spinduliuotė neigiamai veikia spinduliuotės jutiklius, sukuria defektus, kurie nulemia jutiklių funkcinę charakteristiką degradaciją, pvz.: išaugusi nuotėkio srovė, sumažėjęs generuojamas elektrinis signalas. Todėl siekiant užtikrinti patikimą spinduliuotės registravimą, padidinti jutiklių tarnavimo laiką, labai svarbu charakterizuoti radiacijos nepaveiktus bei apšvitintus jutiklius, identifikuojant radiacinius defektus, įvertinant jų koncentracijas, įtaką jutiklių funkcinėms charakteristikoms.

Tyrimams pasirinkti OSRAM pagaminti komerciniai silicio (Si) *pin* diodai, kaip potencialūs mažo ploto ($S=0.35 \text{ mm}^2$) spinduliuotės jutikliai. Jutikliai apšvitinti 6 MeV elektronais ir 6 MeV Rentgeno spinduliais skirtingomis dozėmis nuo 0,7 iki 20 kGy, Nacionaliniame Vėžio Institute.

Jutiklių elektrinių charakteristikų įvertinimui pasitelktos volt-amperinių (I-V) ir volt-faradinių (C-V) charakteristikų matavimų metodikos. Spinduliuotės sukurtų defektų tyrimui pasitelktos giliųjų lygmenų kinetinės spektroskopijos (DLTS) ir fotojonizacijos spektroskopijos (PIS) metodikos.



1 pav. Fotojonizacijos spektras bandinyje ašvitintame 6 MeV elektronais.

I-V charakteristikų matavimai parodė, kad didėjant apšvitės dozei didėja ir nuotėkio srovė jutikliuose, tai sietina su padidėjusia radiacinių defektų, veikiančių kaip rekombinacijos centrai koncentracija. Iš PIS spektro laiptelių (1 pav.) įvertinta dominuojančių radiacinių defektų optinės aktyvacijos energija.

PI spektro laiptelių modeliavimui pasirinktas Kopylov- Pikhtin [2] artynys:

$$\sigma(h\nu) = M_{ik}^2 \int_0^{\infty} \frac{e^{-(E+E_f-h\nu)^2/\Gamma^2} \sqrt{E} dE}{h\nu(E+E_f)^2} \quad (1)$$

Jame papildomai įvertinama elektron-fononinė sąveika kurią apibūdina išplitimo parametras Γ . Modeliuojant skirtingomis dozėmis apšvitintų jutiklių PI spektrus įvertintos dominuojančių radiacinių defektų optinės aktyvacijos energijos (E_{OA}) ir Γ parametro vertės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Identifikuotos foto aktyvios gaudyklės elektronais ir Rentgenų apšvitintuose Si *pin* struktūros dioduose, jų optinės aktyvacijos energija E_{OA} ir išplitimo parametras Γ .

Priskiriama defektui	E_{OA} (eV)	Γ
VO	1.0	0.085 ± 0.005
$V_2^{(-)}$	0.9	0.13 ± 0.02

Reikšminiai žodžiai: jutiklis, dozimetrija, radiacinis defektas, spektroskopija.

Literatūra

- [1] EPO patent - SYSTEM AND METHOD FOR BRACHITHERAPY PROCEDURE PLANNING AND VERIFICATION, Authors: Eugenijus Gaubas, Tomas Čeponis, Kornelijus Pūkas, Vytautas Rumbauskas, Milita Užgirytė, Jonas Venius, Kęstutis Akelaitis, Aleksandras Cicinas. Application No. EP21210650.4, submission date: 2021 11 26.
- [2] A.A. Kopylov, A.N. Pikhtin, Influence of temperature on spectra of optical absorption by deep levels in semiconductors, Sov. Phys. Solid State 16 (1975) 1200-1203.