

Iškaitinimų nulemtos radiacinių defektų transformacijos elektronais, protonais ir pionais apšvitintuose Si dariniuose

Anneal induced transforms of radiation defects in electron, proton and pion irradiated Si structures

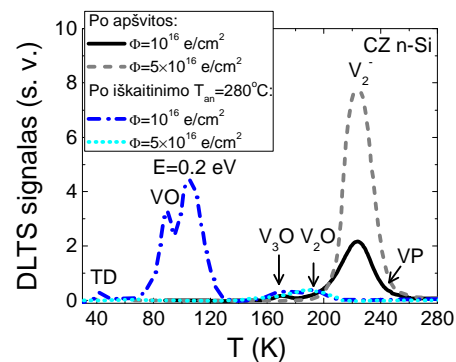
Laimonas Deveikis, Tomas Čeponis, Eugenijus Gaubas, Dovilė Meškauskaitė, Jevgenij Pavlov, Vytautas Rumbauskas
Vilniaus universitetas, Taikomųjų mokslų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius
laimonas.deveikis@ff.stud.vu.lt

Silicio pagrindu pagaminti dalelių detektoriai, plačiai taikomi aukštųjų energijų bei branduolinės fizikos eksperimentuose. Tačiau aukštųjų energijų įvairių tipų spinduliuotė, sąveikaudama su medžiaga sukuria defektus, kurie nulemia skirtingos aktyvacijos energijos lygmenis draustinių energijų tarpe, darančius įtaką pagamintų prietaisų funkcinėms charakteristikoms [1]. Seklūs lygmenys keičia efektyvų legirantų tankį. Vidutinio gylgio lygmenys veikia kaip pagavimo centrai, mažinantys krūvio surinkimo efektyvumą. Gilūs lygmenys nulemia nuotėkio srovės išaugimą, kuri yra ir triukšmų šaltinis. Todėl, siekiant pagaminti kokybiškus ir radiacijai atsparius prietaisus, prognozuoti detektorių charakteristikų kaitą jiems veikiant radiacinės spinduliuotės aplinkoje, padidinti detektorių tarnavimo laiką bei atstatyti spinduliuotės paveiktų sensorių funkcines charakteristikas, labai svarbu charakterizuoti išėjimą bei apšvitintas medžiagas, identifikuojant defektus ir priemaišas bei įvertinant jų koncentracijas. Spinduliuočių sensorių funkcinių charakteristikų atstatymui gali būti pasitelktos terminio iškaitinimo procedūros [2], nulemiančios žalingų radiacinių defektų transformacijas. Tačiau, siekiant išvystyti iškaitinimo procedūrų technologijas, būtina iširti ir suprasti terminio poveikių nulemtą radiacinių defektų evoliuciją.

Šiame darbe buvo iširti įvairiais elektronų (6 MeV), protonų (24 GeV/c) bei pionų (300 MeV/c) įtekiais apšvitinti ir iškaitinti (80–280°C temperatūrų intervale) Čiochralskio (CZ) ir zoninio lydymo (FZ) technologijos n- ir p-laidumo tipo Si dariniai. Tyrimams buvo pasitelkti giliųjų lygmenų nenuostoviosios spektroskopijos (Deep Level Transient Spectroscopy – DLTS) [3] bei prilipimo trukmių temperatūrinių kitimų spektroskopijos (Temperature Dependent Trapping Lifetime - TDTL) [4] metodai. DLTS eksperimentams buvo suformuoti Schottky diodai ant chemiškai paėsdinto Si paviršiaus užgarinant 30 nm storio Au sluoksnius. 100 nm storio Ni sluoksnis buvo užgarinamas ant priešingo Si plokštelės paviršiaus omino kontakto sudarymui. TDTL metodas buvo pasitelktas siekiant išvengti kontaktų netobulumo efektų. TDTL metodas ypač efektyvus didelių apšvitų įteklių atveju, kai radiacinių defektų tankis yra artimas arba viršija legirantų tankį.

Pasitelkiant išmatuotą DLTS (1 pav.) ir TDTL spektrų analizę buvo identifiukuoti dominuojantys radiaciniai defektai įvairiais elektronų ir hadronų įtekiais apšvitintuose, skirtingos technologijos Si dariniuose. Buvo iširtos iškaitinimų nulemtos radiacinių defektų transformacijos bei įvertinti defektų koncentracijų

kitimai. Būdingas DLTS spektrų kitimas, varijuojant iškaitinimo temperatūrą bei elektronų apšvitos įtekį 10^{16} - 5×10^{16} e/cm² intervale, yra iliustruojamas 1 pav. Nesunku pastebėti, kad radiacinių defektų tankis auga didinant apšvitos įtekį, o iškaitinimas lemia giliųjų centrų transformavimąsi į seklesnes gaudykles.



1 pav. DLTS spektrai, išmatuoti apšvitintuose 6.6 MeV energijos elektronų $\Phi_e=10^{16}$ ir $\Phi_e=5 \times 10^{16}$ e/cm² įtekiais n-tipo CZ Si bandiniuose, nekaitintuose ir iškaitintuose 280°C temperatūroje.

Pranešime bus apibendrinti radiacinių defektų identifikavimo ypatumai, defektų evoliucija po apšvitos ir iškaitinimų, bei gaudyklių tankio kitimai nuo apšvitos įtekio ir iškaitinimo temperatūros. Bus aptarta šių defektų įtaka detektorių funkcinių charakteristikų degradacijai ir nuotėkių srovių formavimuisi.

Reikšminiai žodžiai: Si, radiaciniai defektai, dalelių detektoriai, defektų spektroskopija.

Literatūra

- [1] H. Spieler, *Semiconductor Detector Systems*, (Oxford University Press, New York, 2005).
- [2] C. Claeys, E. Simoen, *Basic Radiation Damage Mechanisms in Semiconductor Materials and Devices*, (Springer, Berlin, 2002).
- [3] P. Blood, J.W. Orton, *The Electrical Characterization of Semiconductors: Majority Carriers and Electron States*, (Academic Press Inc., San Diego 1992).
- [4] E. Gaubas, E. Simoen, and J. Vanhellemont, *ECS J. Solid State Sci. Technol.* **5**, 3108 (2016).