

10^{16} - 10^{17} cm⁻² neutronų įtėkiu paveikto Si fotolaidumas ir magnetovaržinis judris

Photoconductivity and magnetoresistance mobility in the irradiated to 10^{16} - 10^{17} cm⁻² neutron fluence Si

Juozas Vaitkus, Algirdas Mekys, Vilius Vertelis

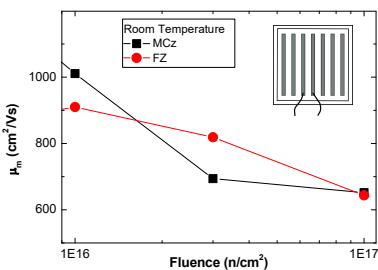
Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, ir Taikomųjų mokslų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius
juozas.vaitkus@ff.vu.lt

Tirti labai dideliu neutronų įtėkiu (10^{16} - 10^{17} cm⁻²) paveikti silicio monokristalai, kas reiškia, kad neutronų skaičius patekęs į kristalo kvadratinį centimetrą viršija paviršiaus atomų skaičių 10-100 kartų. Yra įvertinta [1], kad neutronas, patekęs į Si branduolį, jam perduoda tokį judesio kiekį, kad išjudintas Si atomas judėdamas kristalu sukuria klasterius, ir įtėkis $1e14$ cm⁻² sukuria defektų apie $1e14$ cm⁻³. Eksperimentiškai yra gauta, kad klasteriai yra pagrindiniai rekombinacijos centrai apšvitintame hadronais Si [2], ir jų koncentracija proporcinga įtėkiui $1e12$ - $3e16$ cm⁻² įtėkių intervale. Klasteriai gaudo krūvininkus kaip įelektrintos priemonės, todėl tokiais įtėkiais paveiktame Si krūvininkų judris turi mažėti didėjant klasterių koncentracijai. Pasirinktas tyrimui įtėkių intervalas yra aktualus Didžiojo hadronų kolaiderio (LHC) detektorių konstravimui, nes tokiais įtėkiais bus paveikiami detektoriai trakeriuose ir kalorimetruose, kada bus padidintas protonų pluošto tankis LHC.

Šis darbas pristato preliminarinius tyrimų rezultatus, kurie vėliau bus patikslinti padidinus ištirtų bandinių statistiką.

Krūvininkų judris buvo matuojamas panaudojant standartinį magnetovaržos efektą mikrostripiniuose bandiniuose (atstumas tarp kontaktų 43 μm, bandinio ilgis – keli mm) magnetiniame lauke iki 1,75 T. Tyrimai atlikti 260-290 K temperatūroje. Tirti Čochralskio metodu (magnetiniame lauke) (MCz) ir zoninio lydymo ((FZ) būdais užauginti Si bandiniai.

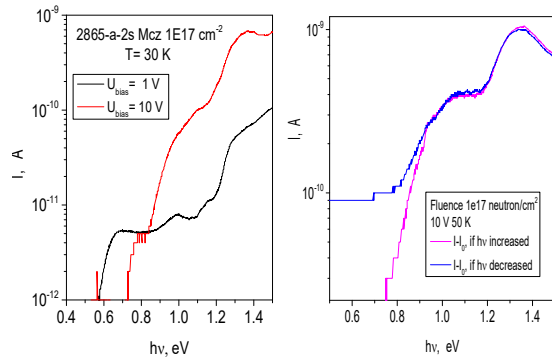
Judrio kitimą nuo įtėkio iliustruoja 1 pav.



1 pav. Magnetovaržinio judrio priklausa nuo neutronų įtėkio dviejų tipų Si. Intarpe bandinio principinis vaizdas (mastelio nesilaikoma).

Fotolaidumo spektrinis pasiskirstymas matuotas 0,4-1,5 eV fotonų energijų intervale, sužadavimo metu palaikant pastovų fotonų skaičių, tyrimus atliekant 20-150 K temperatūroje. Šie tyrimai leidžia nustatyti gilių centrų aktyvacijos energiją, aktyvius centrus ir įvertinti paviršinės rekombinacijos įtaką.

2 pav. parodytos tipinės fotolaidumo prieklausos nuo fotonų energijos.



2 pav. Fotolaidumo prieklausos nuo fotonų energijos Si bandinyje apšvitintame neutronais (eksperimento detalės pateiktos intarpe).

Šie tyrimai parodė, kad vyraujančių centrų optinės aktyvacijos energijos yra 0,57 – 1,1 eV intervale, sudarantys būsenų juostą, kuri sąlygoja ir tamsinio laidumo prieklausą nuo temperatūros.

Seklesniųjų lygmenų užpildymas sąlygoja ilgalaikės relaksacijos pasireiškimą, o šio efekto priklausa nuo elektrinio lauko parodo vidinio elektrinio lauko pasiskirstymo pokytį.

Didinant elektrinį lauką didėja paviršinės rekombinacijos greitis, kas parodo vykstantį lauko persiskirstymą mikrostripinėje sandaroje ir pasyvuojančio SiO₂ sluoksnio įtakos didėjimą priklausančių nuo elektrinio lauko.

Pagrindinis rezultatas: elektronų judris ženkliai priklauso nuo neutronų įtėkio, ir ši prieklausą turi būti įskaitoma nustatant Si detektorių darbo režimą LHC.

Darbas atliktas CERN RD50 programos rėmuose, tyrimus parėmė LMA ir AIDA-2020 TNA.

Reikšminiai žodžiai: silicis, magnetovaržinis judris, apšvita neutronais.

Literatūra

- [1] M. Huhtinen, Nucl. Instrum. Methods. A 491, 194–215 (2002).
- [2] E. Gaubas, T. Čeponis, A. Uleckas, and J. Vaitkus. Nucl. Instrum. Methods. A 612(3), 563–565 (2010)