

Abstract

GaAs and SiC semiconductor materials based power structures: static and dynamic behavior analysis.

The current thesis is in the field of numerical simulation of power semiconductor devices. An overview covering the worldwide directions of power semiconductor industry development is given. After general introduction into numerical simulation of semiconductor devices, an overview of specific models applicable to GaAs and SiC is given. In the further chapters numerical simulation is used to investigate two different tasks.

Numerical simulation is used to investigate experimental GaAs PIN diodes manufactured by Clifton AS. The problem is the snappy behavior of the reverse recovery process. The static and dynamic characteristics and transient characteristics of three diodes with different doping profiles are calculated and compared. The conclusion is that the snappy recovery process is observed due to inductance somewhere in the measurement equipment – not caused by any physical process in the device in case of pure resistive load. Simulations in the field of device safe operating area are continuing. There is 1 paper published on this topic and 1 paper accepted for publishing

For the second task numerical simulation is used to explain the positive temperature coefficient of p-substrate SiC JBS diode. Simulations reveal the significant influence of forbidden band deep traps in the device. The possibility is supported by the find of deep traps using DLTS measurements by another workgroup. There are 4 papers published on this topic.

Keywords: GaAs PIN diode, SiC JBS diode, numerical simulation, temperature influence, self-heating phenomenon, switching properties, snappy effect, deep traps

Kokkuvõte

GaAs ja SiC pooljuhtmaterjalidel põhinevad jõustruktuurid: staatiliste ja dünaamiliste karakteristikute käitumise analüüs.

Käesolev töö käsitleb jõupooljuhtseadiste numbrilise simuleerimise valdkonda. Töö üldosas antakse ülevaade pooljuhtseadiste numbrilisest simuleerimisest, tuginedes pooljuhtmaterjalide põhivõrrandite süsteemile. Analüüsitakse sobivaid mudeleid töö edasises ülesannete osas vajalike materjalide, GaAs ja SiC arvutuste teostamiseks.

Esimene ülesanne on uurida Clifton AS toodetud eksperimentaalsete GaAs PIN diodide taastumise võnkuva iseloomu põhjuseid. Töös uuritakse kolme Clifton AS erinevat legeeritusprofiiliga seadet. Töös on toodud nii staatilise režiimi graafikud (päri- ja vastuvoltamperkarakteristikud) ja dünaamilist režiimi – taastumisprotsessi. Seadiste käitumise füüsikaliste mudelitega ei ole puhtalt aktiivtakistusliku koormuse korral võimalik võnkuvat taasteprotsessi saavutada. Võnkuv protsess on saavutatav, lisades simuleeritavasse ahelasse induktiivsuse, mis viitab, et mõõtmiste tulemusel saadud võnkuv taasteprotsess on eelkõige tingitud mõõteahela induktiivsusest. Töö tulemused on avaldatud 1. artiklis, teine artikkel on avaldamiseks aktsepteeritud.

Teine ülesanne numbriliseks simulatsiooniks oli uurida p-alusmaterjalil SiC JBS-diooni positiivse temperatuuriteguri põhjusi. Simulatsioonil selgus sügavate keelutsooninivoode märgatav mõju parameetrite väärtuste korral, mis on reaalses seadistes füüsikaliselt põhjendatavad. Hilisemad teise töögrupi teostatud sügavate nivoo de mõõtmised reaalsel seadisel kinnitavad vastavate defektide olemasolu simulatsiooniga samas piirkonnas. Töö tulemused on avaldatud 4. artiklis.

Võtmesõnad: GaAs PIN diod, SiC JBS diod, numbriline simulatsioon, temperatuuri mõju, isesoojenemise fenomen, *snappy effect*, sügavad keelutsooni nivood