

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра физики полупроводников и нанoeлектроники

Общая характеристика магистерской диссертации

Выпрямление прыжкового тока
в трехуровневой полупроводниковой системе

Ковалев Александр Игоревич

Научный руководитель:
доктор физ.-мат. наук,
профессор кафедры физики
полупроводников и нанoeлектроники
Н. А. Поклонский

Минск, 2014

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Магистерская диссертация 47 с., 22 рис., 49 формул, 31 источник, 1 приложение.

ПРЫЖКОВАЯ ПРОВОДИМОСТЬ, САМОКОМПЕНСИРОВАННЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК, ТОЧЕЧНЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ, ВОДРОДОПОДОБНЫЕ АТОМЫ ПРИМЕСЕЙ, КОНТАКТНАЯ РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ, ДЛИНА ЭКРАНИРОВАНИЯ, НАПРЯЖЕННОСТЬ, ЗАРЯДОВЫЕ СОСТОЯНИЯ, ВОЛЬТ-АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.

Цель работы — вывести аналитические выражения для длины экранирования внешнего электрического поля и длины диффузии носителей заряда в полупроводниках с прыжковой миграцией одного и двух электронов по точечным дефектам структуры, которые могут находиться в одном из трех возможных зарядовых состояний $Z = -1, 0, +1$. Разработать модель ζ -перехода (аналог pn -перехода), на основе полупроводника, содержащего наряду с водородоподобными атомами примесей (акцепторами и донорами) и точечные, глубоко лежащие радиационные дефекты в одном из трех зарядовых состояний $Z = -1, 0, +1$. Найти контактную разность потенциалов, распределение и напряженность встроенного потенциала в ζ -переходе. На основе полученных результатов построить вольт-амперную характеристику ζ -перехода при прыжковой миграции электронов между радиационными дефектами в отсутствие зонной проводимости.

Методы исследования — численные и аналитические решения дифференциальных уравнений в пакете *Mathematica*.

В работе получены аналитические соотношения для длины экранирования внешнего электростатического поля и длины диффузии носителей заряда в кристаллах, содержащих собственные радиационные дефекты. Произведена численная оценка контактной разности электрических потенциалов, образующейся вследствие контакта двух полупроводников различных типов проводимости, содержащих точечные радиационные дефекты, в условиях только прыжкового механизма переноса электронов по дефектам. Рассчитана зависимость уровня Ферми как функция координаты. Рассчитаны потенциал и напряженность внутреннего поля ζ -перехода как функции координаты и внешнего напряжения смещения. Вычислена вольт-амперная для полной плотности прыжкового тока.

Степень возможного внедрения результатов — поиск методов создания активных полупроводниковых структур для инъекции электронов через границу полупроводник–электролит для управления скоростью химических реакций в электролите вблизи границы с полупроводником.

GENERAL WORK CHARACTERISTICS

Master thesis 47 p., 22 figures, 49 formulae, 31 bibliographic sources, 1 appendix.

HOPPING CONDUCTIVITY, SELFCOMPENSATED SEMICONDUCTOR, POINT RADIATION DEFECTS, HYDROGEN-LIKE IMPURITY ATOMS, CONTACT POTENTIAL DIFFERENCE, SCREENING LENGTH, FIELD STRENGTH, CHARGE STATE, CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS.

The work purpose is to derive analytical expressions for the screening length of the external electric field and the diffusion length of charge carriers in semiconductors with a hopping migration of one and two electrons on point defects of the structure, which can be in one of three possible charge states $Z = -1, 0, +1$. To elaborate a model of ζ -junction (an analog of pn -junction), based on a semiconductor containing hydrogen impurity atoms (acceptors and donors) as well as point, deep-lying radiation defects in one of the three charge states $Z = -1, 0, +1$. To find the contact potential difference, the distribution and intensity of the built-in potential in ζ -junction. On the basis of the results obtained to construct the current-voltage characteristics of the ζ -junction at hopping electron migration via the radiation defects in the absence of band conduction.

Research methods are numerical and analytical solutions of differential equations using the *Mathematica* package.

In this work we derived analytical expressions for the screening length of the external electrostatic field and the diffusion length of charge carriers in crystals containing intrinsic radiation defects. The numerical estimation of the contact electrical potential difference generated by the contact of two semiconductors, with different types of conductivity, containing point radiation defects under the conditions of only hopping mechanism of electron transfer via defects was made. The dependence of the Fermi level as a function of the coordinate was calculated. A potential and strength of the internal field of ζ -transition as a function of the coordinate and the external bias voltage were calculated. The current-voltage characteristics for the total hopping current density was calculated.

A degree of possible application of results is a search for methods of creating of active semiconductor structures for the injection of electrons through the semiconductor–electrolyte interface to control the rate of chemical reactions in the electrolyte near the interface with the semiconductor.

АГУЛЬНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА ПРАЦЫ

Магістарская дысертацыя 47 с., 22 мал., 49 формул, 31 літ. крыніца, 1 прыкладанне.

СКАЧКОВАЯ ПРАВОДНАСЦЬ, САМАКАМПЕНСАВАННЯ ПАЎПРАВАДНІКІ, КРОПКАВЫЯ РАДЫЯЦЫЙНЫЯ ДЭФЕКТЫ, ВАДАРОДОПАДОБНЫЯ АТАМЫ ПРЫМШАК, КАНТАКТНАЯ РОЗНАСЦЬ ПАТЭНЦЫЯЛАЎ, ДАЎЖЫНЯ ЭКРАНАВАННЯ, НАПРУЖАННЕ, ЗАРАДАВЫ СТАН, ВОЛЬТА-АМПЕРНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА.

Мэта працы — вывесці аналітычныя выразы для даўжыні экранавання знешняга электрычнага поля і даўжыні дыфузіі носьбітаў зараду ў паўправадніках з скачковай міграцыяй аднаго і двух электронаў па кропкавым дэфектам структуры, якія могуць знаходзіцца ў адным з трох магчымых зарадавых станаў $Z = -1, 0, +1$. Распрацаваць мадэль ζ -пераходу (аналаг pn -пераходу), на аснове паўправадніка, які змяшчае разам з водародоподобнымі атамамі дамешкаў (акцэптарамі і донарамі) і кропкавыя, глыбока ляжачыя радыяцыйныя дэфекты ў адным з трох зарадавых станаў $Z = -1, 0, +1$. Знайсці кантактную рознасць патэнцыялаў, размеркаванне і напружанасць убудаванага патэнцыялу ў ζ -пераходзе. На аснове атрыманых вынікаў пабудаваць вольт-амперную характарыстыку ζ -пераходу пры скачковай міграцыі электронаў паміж радыяцыйнымі дэфектамі ў адсутнасці зоннай праводнасці.

Метады даследавання — лікавыя і аналітычныя рашэнні дыферэнцыяльных ураўненняў у пакеце *Mathematica*.

У працы атрыманы аналітычныя суадносіны для даўжыні экранавання знешняга электростатычнага поля і даўжыні дыфузіі носьбітаў зараду ў крышталях, якія змяшчаюць ўласныя радыяцыйныя дэфекты. Праведзена лікавая ацэнка кантактнай рознасці электрычных патэнцыялаў, якая ўтвараецца з кантакту двух паўправаднікоў розных тыпаў праводнасці, якія змяшчаюць кропкавыя радыяцыйныя дэфекты, ва ўмовах толькі скачковага механізму пераносу электронаў па дэфектах. Разлічана залежнасць ўзроўню Фермі як функцыя каардынаты. Разлічаны патэнцыял і напружанасць ўнутранага поля ζ -пераходу як функцыі каардынаты і знешняга напружання змяшчэння. Вылічана вольт-амперная характарыстыка для поўнай шчыльнасці прыжковага току.

Ступень магчымага ўкаранення вынікаў — пошук метадаў стварэння актыўных паўправадніковых структур для ін'екцыі электронаў праз мяжу паўправаднік-электраліт для кіравання скорасці хімічных рэакцый ў электраліце паблізу мяжы з паўправадніком.