

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ ПРИБОРОВ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Учебное пособие

Москва
Российский университет дружбы народов
2022

УДК 004.94:620.3(075.8)
ББК 32.844.2+32.973.2я73
К63

Утверждено
РИС Ученого совета
Российского университета
дружбы народов

Рецензенты:

начальник НТЦ АО «НИИ “Полус” им. М.Ф. Стельмаха»
доктор технических наук, профессор *А.А. Мармалюк*;

генеральный директор ООО «НПИ ФИРМА “Типерион”»
доктор технических наук, профессор *А.Г. Гудков*;

первый заместитель-заместитель директора по науке инженерной академии РУДН
доктор технических наук, профессор *С.А. Купреев*

Авторы:

Н.А. Ветрова, С.В. Попов, С.В. Агасиева, К.П. Пчелинцев

К63 Компьютерное моделирование гетероструктурных приборов наноэлектроники : учебное пособие / Н. А. Ветрова, С. В. Попов, С. В. Агасиева, К. П. Пчелинцев. – Москва : РУДН, 2022. – 120 с. : ил.

ISBN 978-5-209-10999-0

В пособии рассматриваются задачи, решаемые при компьютерном моделировании электрических характеристик гетероструктурных приборов наноэлектроники. Приводится подробное описание основных применяемых на сегодняшний день математических моделей электронного транспорта в таких приборах. Излагаются вычислительные алгоритмы (FDTD, FD) с их MATLAB-реализацией для расчета электрических характеристик гетероструктур, в том числе коэффициента прозрачности потенциального профиля типа барьер. Особое внимание уделяется верификации численных алгоритмов. Пособие содержит множество примеров с различными вариантами реализаций, а также задачи и практические упражнения для закрепления теоретических знаний.

Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 28.03.02 и 28.04.02 «Наноинженерия» (бакалавриат и магистратура), 28.03.01 и 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (бакалавриат и магистратура), 12.03.01 и 12.04.01 «Приборостроение» (бакалавриат и магистратура), а также по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

УДК 004.94:620.3(075.8)
ББК 32.844.2+32.973.2я73

ISBN 978-5-209-10999-0

© Ветрова Н.А., Попов С.В., Агасиева С.В.,
Пчелинцев К.П., 2022
© Оформление. Российский университет
дружбы народов, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. КВАНТОВЫЕ СТРУКТУРЫ С ПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ БАРЬЕРАМИ.....	9
2. УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА: ФОРМЫ ЗАПИСИ ДЛЯ ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫХ ПРИБОРОВ.....	16
3. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНОГО ВРЕМЕННОГО УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА.....	21
4. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР В КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ.....	38
4.1. Аналитический метод для расчета «высокого» барьера ($E < U_0$).....	39
4.2. Аналитический метод для расчета «низкого» барьера ($E > U_0$).....	44
4.3. Численный метод для расчета высокого и низкого барьеров.....	48
4.4. Моделирование движения электрона в потенциальном профиле типа барьер.....	52
4.5. Скрипт моделирования движения электрона в потенциальном профиле типа барьер.....	55
5. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ НАНОЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА В РАМКАХ ПРИБЛИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ МАСС.....	66
5.1. Теоретические сведения.....	66
5.2. Моделирование потенциального барьера активной области нанозлектронного устройства в рамках приближения эффективных масс.....	72
5.3. Скрипт моделирования активной области нанозлектронного устройства в рамках приближения эффективных масс.....	75
5.4. Программное обеспечение для моделирования активной области нанозлектронного устройства.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	92
ЛИТЕРАТУРА.....	93
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	97