

Основан в 1995 г.
Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Belgorod State University
Scientific Bulletin
Mathematics & Physics

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Издатель:

НИУ «БелГУ»
Издательский дом «Белгород»
Адрес редакции, издателя, типографии:
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77-63055 от 10 сентября 2015 г.
Выходит 4 раза в год.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ЖУРНАЛА

Главный редактор

О.Н. Полухин,
ректор НИУ «БелГУ», доктор политических наук, профессор

Зам. главного редактора

И.С. Константинов,
проректор по научной и инновационной работе НИУ «БелГУ», доктор технических наук, профессор

Научный редактор

В.М. Московкин,
профессор кафедры мировой экономики НИУ «БелГУ», доктор географических наук

Ответственный секретарь:

О.В. Шевченко,
зам. начальника УНИИ НИУ «БелГУ», кандидат исторических наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ ЖУРНАЛА

Главный редактор серии

А.В. Носков
(доктор физико-математических наук, профессор НИУ «БелГУ»)

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

А.В. Глушак О разрешимости начальной задачи для уравнения Бесселя-Струве с ограниченным оператором	5
И.В. Оганисян Об аналитических функциях классов N_α ($-1 < \alpha < +\infty$)	12
С.А. Алдашев Многомерная задача Дирихле для одного класса сингулярных гиперболических уравнений	18
А.С. Калитвин, В.А. Калитвин О линейных операторах с несобственными частными интегралами	24
И.В. Рахмелевич О решениях типа агрегированных бегущих волн для линейных уравнений в частных производных с переменными коэффициентами	30
В.В. Корниенко Спектральные свойства задачи Дирихле для гиперболической системы второго порядка	39
Д.В. Корниенко Спектральная классификация некоторых систем линейных дифференциальных уравнений	45
М.В. Кукушкин Теорема о полноте пространства дробно-дифференцируемых функций	53
До Дык Там О нулях Дзета-функции Римана, лежащих на почти всех очень коротких промежутках критической прямой	59
До Дык Там О количестве нулей $\zeta(s)$ в окрестности критической прямой	67
А.Н. Шелковой Асимптотика собственных значений дифференциального оператора с нелокальными краевыми условиями	72

Заместитель главного редактора

Н.В. Малай

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

Ответственный секретарь

Р.А. Загороднюк

(аспирант НИУ БелГУ)

Члены редколлегии:

С.В. Блажевич

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

А.Н. Беляков

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

И.П. Борисовский

(кандидат физико-математических наук,
доцент НИУ «БелГУ»)

А.Г. Брусенцев

(доктор физико-математических наук,
профессор БГУ им. В.Г. Шухова)

И.Е. Внуков

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

А.В. Глушаков

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

Р. Кавалла

(профессор, Технический университет,
Фрайберг, Германия)

В.В. Красильников

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

А.П. Солдатов

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

В.В. Сыщенко

(доктор физико-математических наук,
профессор НИУ «БелГУ»)

Художественный редактор *А.Н. Оберемок*

Оригинал-макет *А.В. Носков*
E-mail: noskov_a@bsu.edu.ru

Подписано в печать 20.06.2016
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Impact
Усл. п. л. 22,9.
Заказ 150
Цена свободная
Тираж 1000 экз.
Дата выхода 30.06.2016.

Подписной индекс в Объединенном
каталоге «Пресса России» – 18078

Оригинал-макет подготовлен
и тиражирован в Издательском доме
«Белгород»

Адрес: 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

М.М. Бухурова

Задача оптимизации потенциальных переменных,
возникающая при решении задачи синтеза сети 81

В.Н. Орлов, Т.Ю. Леонтьева

Влияние возмущения подвижной особой точки
на приближенное решение одного класса нелинейных
дифференциальных уравнений второго порядка 88

ФИЗИКА

**Е.Р. Шукин, Н.В. Малай, Э.Л. Шулиманова,
А.А. Стукалов**

О фотофлоресценции однородной по теплопроводности
умеренно крупной черной аэрозольной частицы 96

**С.В. Блажевич, А.В. Носков, С.Н. Немцев,
О.Ю. Шевчук**

Когерентное рентгеновское излучение пучка
релятивистских электронов в трехслойной мишени 104

А.С. Деев, А.А. Мазилев, М.Ю. Шулика

Поглощение электронов слоистыми структурами 115

**Я.Т. Схоменко, И.Е. Внуков, А.Ю. Исупов,
В.П. Ладыгин, С.Г. Резников**

Разработка программного обеспечения для управления
системой питания на основе Wiener Mrod 126

**С.И. Кучеев, В.С. Захвалинский, Е.А. Пилюк,
Л.В. Борисенко**

Инжекция из двойного электрического слоя
в нематической ячейке с пористым кремнием 134

**С.Б. Рыбалка, Е.Ю. Краюшкина, В.А. Хвостов,
А.А. Демидов**

Моделирование вольт-амперной характеристики диода
шоттки на основе карбида кремния 4H-SiC 140

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

О.А. Гальцева, О.В. Гальцев

О новом подходе к математическому описанию
взаимодействия жидкости и упругого грунта 144

Р.О. Кенетова

Моделирование внутриэтнических эволюционных
процессов 151

В.И. Ванько

Цилиндрическая оболочка конечной длины
под внешним гидростатическим давлением 156

Д.Б. Десятов, Л.А. Коробова, Т.В. Курченкова

Математическая модель вероятностного конфликта при
управлении рисками 169

Л.А. Коробова, Т.В. Курченкова, И.А. Матыцина

Программная реализация нечеткой модели распознавания
звуковых сигналов 174

Сведения об авторах 179

№ 13 (234), Issue 43

June 2016

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Founded in 1995

The Journal is included into the list of the leading peer-reviewed journals and publications coming out in the Russian Federation that are recommended for publishing key results of the theses for Doktor and Kandidat degree-seekers.

**Belgorod State University
Scientific Bulletin**

Mathematics & Physics

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Математика Физика

Founder:

Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod State National Research University»

Publisher:

Belgorod State National Research University
Belgorod Publishing House

Address of editorial office, publisher, letter-press plant: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor)

Mass media registration certificate
ПИ № ФС 77-63055 September 10, 2015 r.

Publication frequency: 4 /year

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-chief

O.N. Poluchin,

Rector of Belgorod State National Research University, Doctor of political sciences, Professor

Deputy editor-in-chief

I.S. Konstantinov,

Vice-Rector on Scientific and Innovative Work of Belgorod State National Research University, Doctor of technical sciences, Professor

Scientific Editor

V.M. Moskovkin,

Professor of World Economy Department of Belgorod State National Research University, Doctor of Geographical Sciences

O.V. Shevchenko,

Deputy Head of Scientific and Innovative Activity Department of Belgorod State National Research University, Candidate of Historical Sciences

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Chief editor:

A.V. Noskov,

Professor (Belgorod State National Research University)

Deputies of chief editor:

N.V. Malay,

Professor (Belgorod State National Research University)

CONTENTS

MATHEMATICS

A.V. Glushak

On solvability of the initial problem for Bessel-Struve equation with bounded operator 5

I.V. Hovhannisyan

On analytical functions classes N_α ($-1 < \alpha < +\infty$) 12

S.A. Aldashev

Multidimensional Dirichlet's problem for one class singular hyperbolic equalizations 18

A.S. Kalitvin, V.A. Kalitvin

On linear operators with improper partial integrals 24

I.V. Rakhmelevich

On the solutions type of aggregated travelling waves for linear partial differential equations with variable coefficients 30

V.V. Kornienko

Spectral properties of the Dirichlet problem for hyperbolic systems of second order 39

D.V. Kornienko

Spectral classification of some systems linear differential equations 45

M.V. Kukushkin

Theorem of completeness of space fractional-differentiable functions 53

Do Duc Tam

On zeros of the Riemann Zeta function lying in almost all very short critical line 59

Do Duc Tam

On the number of zeros of $\zeta(s)$ in the neighborhood of the critical line 67

A.N. Shelkovej

Asymptotic behavior of the eigenvalues of a differential operator with non-local boundary conditions 72

Editorial assistant:

R.A. Zagorodnyuk,
graduate student (Belgorod State National
Research University)

Members of editorial board:

S.V. Blazhevich,
Professor (Belgorod State National
Research University)

A.N. Belyakov,
Professor (Belgorod State National
Research University)

I.P. Borisovsky,
Associated Professor (Belgorod State
National Research University)

A.G. Brusentsev
Professor (Belgorod State Technological Uni-
versity named after V.G. Shukhov)

I.E. Vnukov,
Professor (Belgorod State National
Research University)

A.V. Glushak,
Professor (Belgorod State National
Research University)

R. Kawalla,
Professor of Technische Universität
Bergakademie Freiberg

V.V. Krasilnikov,
Professor (Belgorod State National
Research University)

A.P. Soldatov,
Professor (Belgorod State National
Research University)

V.V. Syshchenko,
Professor (Belgorod State National
Research University)

Art editor *A.N. Oberemok*

Dummy layout by *A.V. Noskov*
E-mail: noskov_a@bsu.edu.ru

Passed for printing 20.06.2016

Format 60×84/8

Typeface Georgia, Impact

Printer's sheets 22,9.

Order 150

Circulation 1000 copies

Date of publishing: 30.06.2016.

Subscription reference in The Russian Press
common catalogue – 18078

Dummy layout is replicated at Publishing
House "Belgorod", Belgorod State National
Research University Address: 85 Pobeda St.,
Belgorod, 308015, Russia

M.M. Bukhurova

The optimization problem of potential variables arising in
solving the problem of the synthesis network **81**

V.N. Orlov, T.Yu. Leont'eva

Influence of perturbations of the movable singular point
on the approximate solution of a class of nonlinear
differential equations of second order **88**

PHYSICS

**E.R. Shchukin, N.V. Malay, Z.L. Shulimanova,
A.A. Stukalov**

About the photophoresis of a homogeneous thermal
conductivity of moderately large aerosol particles black **96**

**S.V. Blazhevich, A.V. Noskov, S.N. Nemtsev,
O.Yu. Shevchuk**

Coherent X-ray radiation by relativistic electron beam in a
trilaminar target **104**

O.S. Deiev, A.A. Mazilov, M.Yu. Shulika

Absorption of electrons by layered structures **115**

**Ya.T. Skhomenko, I.E. Vnukov, A.Yu. Isupov,
V.P. Ladygin, S.G. Reznikov**

Software development for multi-channel LV/HV supply
system based on Wiener Mpod **126**

**S.I. Kucheev, V.S. Zakhvalinskii, E.A. Pilyuk,
L.V. Borisenko**

Injection from double electric layer in nematic cell with
porous-silicon **134**

**S.B. Rybalka, E.Yu. Krayushkina, V.A. Khvostov,
A.A. Demidov**

Current-voltage characteristics simulation of the schottky
diode on the base of 4H-SiC silicon carbide **140**

MATHEMATICAL PHYSICS. MATHEMATICAL MODELING

O.A. Galtseva, O.V. Galtsev

A new approach to the mathematical description of
interaction between the liquid and elastic ground **144**

R.O. Kenetova

Modeling of intraethnic evolutionary processes **151**

V.I. Vanko

The finite length cylindrical shell under external
hydrostatic pressure **156**

D.B. Desjatov, L.A. Korobova, T.V. Kurchenkova

Mathematical model probabilistic risk management with
conflict **169**

L.A. Korobova, T.V. Kurchenkova, I.A. Matycina

Software implementation fuzzy recognition model beeps ... **174**

Information about Authors **179**



УДК 537.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДА ШОТТКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ 4H-SiC**CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS SIMULATION OF THE SCHOTTKY DIODE ON THE BASE OF 4H-SiC SILICON CARBIDE****С.Б. Рыбалка, Е.Ю. Краюшкина, В.А. Хвостов, А.А. Демидов
S.B. Rybalka, E.Yu. Krayushkina, V.A. Khvostov, A.A. Demidov***Брянский государственный технический университет, Россия, 241035, г. Брянск, ул. 50 лет Октября, 7
Bryansk State Technical University, 7, 50 let Oktyabrya Boulevard, Bryansk, 241035, Russia**E-mail: sbrybalka@yandex.ru*

Аннотация. Вольт-амперная характеристика диода Шоттки 4H-SiC с контактом Шоттки из Ni в прямом направлении была рассчитана и смоделирована на основе теории термоэлектронной эмиссии и физической аналитической модели основанной на уравнении Пуассона, уравнений диффузии и непрерывности. Показано что прямая вольт-амперная характеристика в рамках предложенной модели диода Шоттки соответствует «неидеальному» диоду в рамках теории термоэлектронной эмиссии с высотой барьера Шоттки $\phi_B = 1.4\text{эВ}$ с коэффициентом идеальности диода Шоттки $n = 1.37$.

Resume. Forward current-voltage characteristics of 4H-SiC Schottky diode with Ni Schottky contact based on thermionic emission theory and simulation in the physical analytical models based on Poisson's equation, drift-diffusion and continuity equations has been calculated and simulated. It is shown that forward current-voltage characteristics in terms of the proposed the simulation model of Schottky diode corresponds to the "non-ideal" diode in terms of the thermionic emission theory with Schottky barrier height $\phi_B = 1.4\text{eV}$ with ideality factor of Schottky diode $n = 1.37$.

Ключевые слова: диод, Шоттки, карбид кремния, моделирование, термоэлектронная эмиссия.
Key words: diode, Schottky, silicon carbide, simulation, thermionic emission.

Введение

Карбид кремния (SiC) является перспективным полупроводниковым материалом для создания приборов микроэлектроники и оптоэлектроники. Это связано с большой шириной запрещенной зоны полупроводника, высокой теплопроводностью, высокими пробивными полями и скоростью насыщения электронов, а также значительной радиационной и термической стабильностью. Исследования карбида кремния как материала для полупроводниковой электроники начались в Ленинграде (С.-Петербурге) в ФТИ им. А. Ф. Иоффе в тридцатых годах прошлого века [1]. С тех пор были разработаны прототипы целого ряда полупроводниковых приборов на основе SiC: диодов Шоттки, полевых транзисторов, р-і-п диодов и др. В настоящее время весьма перспективным материалом для изготовления высоковольтных диодов Шоттки является политип карбида кремния 4H-SiC, который предпочтительнее остальных используемых политипов карбида кремния (3С, 2H-SiC, 6H-SiC и др.) для силовых полупроводников благодаря высокой подвижности основных носителей и относительно небольшими величинами энергии активации легирующих примесей [1].

Подобные диоды Шоттки для силовой электроники на основе карбида кремния 4H-SiC были разработаны совместно ФТИ им. А. Ф. Иоффе и компанией Cree Inc. (США) и уже производятся,

а в перспективе будут впредь изготавливаться и на отечественных заводах, в частности, на заводе ЗАО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» (г. Брянск). Очевидно что для развития отечественной компонентной базы для силовой электроники необходимо изучение и оптимизация электрических характеристик диода Шоттки на основе SiC.

Материалы и методы исследования

В настоящей работе проведено моделирование вольт-амперной характеристики в прямом направлении для диода Шоттки на основе политипа 4H-SiC. Для расчета электрических характеристик диода Шоттки применялась классическая термоэмиссионно-диффузионная теория [2], учитывающая электрон-фононное взаимодействие, квантовомеханическое туннелирование носителей через барьер и уменьшение высоты барьера под влиянием сил изображения. Для моделирования вольт-амперной характеристики диода Шоттки была использована физическая аналитическая модель решения уравнений переноса заряда на основе уравнения Пуассона совместно с уравнениями диффузии и уравнениями непрерывности [3].

Результаты и их обсуждение

В соответствии с классической теорией термоэлектронной эмиссии [2] для прямой ветви вольт-амперной характеристики зависимость силы прямого тока I от приложенного напряжения V для полупроводников описываются следующей формулой:

$$I = I_o e^{\frac{qV}{nk_B T}} (1 - e^{-\frac{qV}{k_B T}}) \quad (1)$$

где I_o – ток насыщения [А], T – абсолютная температура [К], V – приложенное напряжение [В], q – элементарный электрический заряд [Кл], k_B – постоянная Больцмана [Дж/К], n – коэффициент идеальности диода Шоттки.

Ток насыщения определяется в соответствии с теорией термоэлектронной эмиссии [2]:

$$I_o = SA^* T^2 e^{-\frac{\phi_B}{k_B T}} \quad (2)$$

где S – площадь контакта Шоттки, [см²]; A^* – эффективная константа Ричардсона, [А/(К²·см²)]; T – температура, [К]; ϕ_B – эффективная высота барьера Шоттки, [эВ]; k_B – постоянная Больцмана, [Дж/К].

Для компьютерной модели вольт-амперной характеристики диода Шоттки, концентрации носителей заряда, распределения электрических полей решалось электростатическое уравнение Пуассона совместно с уравнениями переноса заряда, связывающими концентрацию носителей заряда и электрическое поле [2,3]. В частности, предполагали, что в предельном случае статистика Ферми-Дирака может быть аппроксимирована распределением Максвелла-Больцмана, а подвижности носителей и коэффициенты диффузии могут быть описаны уравнениями Эйнштейна. Итоговая система уравнений имела для компьютерной модели диода Шоттки следующий вид [3]:

$$\nabla(\epsilon_r \nabla V) = q(n - p - N_D^+) \quad (3)$$

$$\frac{1}{q} \nabla \cdot \mathbf{j}_n = -V_n \quad (4)$$

$$\frac{1}{q} \nabla \cdot \mathbf{j}_p = -V_p \quad (5)$$

$$\mathbf{j}_n = n\mu_n \nabla E_c + \mu_n k_B T_l \nabla n \quad (6)$$

$$\mathbf{j}_p = p\mu_p \nabla E_v + \mu_p k_B T_l \nabla p \quad (7)$$

$$E_c = -q(V + \chi) \quad (8)$$

$$E_v = -q(V + \chi + E_g) \quad (9)$$

где $\epsilon_r = 9.7$ – относительная диэлектрическая проницаемость, n и p – концентрация электронов и дырок, $N_D^+ = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ – концентрация донорной примеси, $N_c = 1.7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ – плотность состояний в зоне проводимости, $N_v = 2.5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ – плотность состояний в валентной зоне, $E_g = 3.23 \text{ В}$ – ширина запрещенной зоны карбида кремния 4H-SiC, \mathbf{j}_n и \mathbf{j}_p – плотность потока носителей n и p -типа, $\chi = 3.7 \text{ В}$ – сродство электронов, $\mu_n = 800 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ – подвижность электронов, $\mu_p = 115 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ – подвижность дырок в соответствии с данными [1–3]. Граничные условия между металлическими контактами и слоем 4H-SiC и на боковой поверхности цилиндра задавались стандартные для диода Шоттки [2].

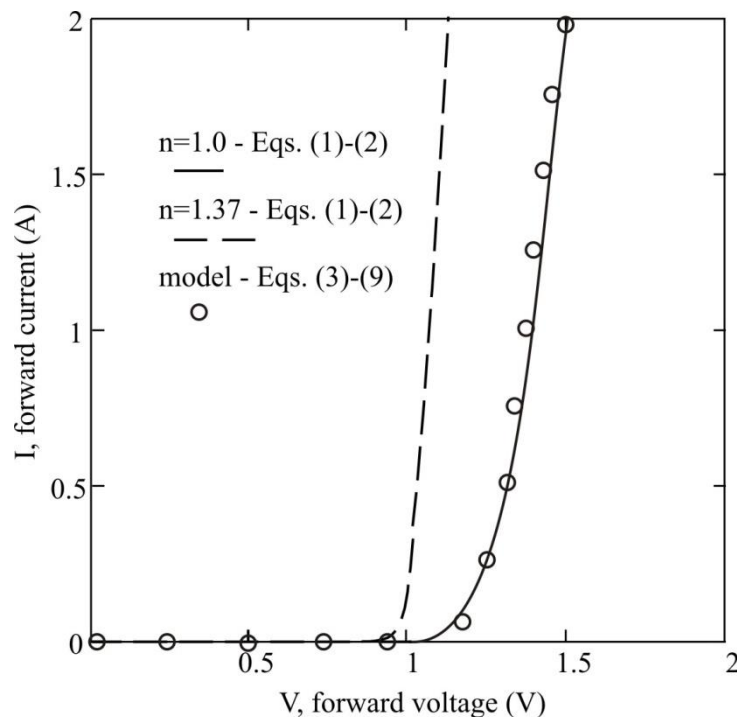


Рис. 1. Прямая вольт-амперная характеристика для Ni/4H-SiC диода Шоттки.
Fig. 1. Forward current-voltage characteristics for Ni/4H-SiC Schottky diode.

Для расчета силы прямого тока I от приложенного напряжения V в рамках теории термоэлектронной эмиссии в соответствии с уравнениями (1) и (2) использовали данные: $A^* = 146 \text{ A}/(\text{K}^2 \cdot \text{см}^2)$ – эффективная константа Ричардсона [4–7], $T = 298 \text{ K}$ – температура, $\phi_B = 1.4 \text{ эВ}$ – эффективная высота барьера Шоттки в соответствии с данными [4–7]. В качестве модели диода Шоттки использовали цилиндр радиусом $R = 2.54 \text{ мм}$, состоящий из слоя карбида кремния 4H-SiC высотой $h = 254 \text{ мкм}$, контакта Шоттки из Ni и омического контакта. Результаты

расчетов в рамках классической теории термоэлектронной эмиссии по уравнениям (1)–(2) и численных расчетов компьютерной модели по уравнениям (3)–(9) представлены на Рисунке 1.

Как видно из рис. 1, результаты компьютерной модели диода Шоттки качественно удовлетворительно описывают вольт-амперную характеристику диода Ni/4H-SiC в прямом направлении, однако не совпадают с вольт-амперной характеристикой для случая «идеального» диода Шоттки с коэффициентом идеальности $n = 1.0$. При этом, результаты вольт-амперной характеристики диода в рамках теоретического анализа на основе теории термоэлектронной эмиссии и компьютерной физической моделью диода Шоттки совпадают при условии того, что коэффициент идеальности диода Шоттки n должен быть равен 1.37 (при высоте барьера Шоттки равном 1.4 эВ), что примерно соответствует экспериментально наблюдаемому значению для карбида-кремниевый диода Шоттки типа 4H-SiC с контактом Шоттки из Ni [6].

Заключение

В настоящей работе была рассчитана и смоделирована вольт-амперная характеристика диода Шоттки 4H-SiC с контактом Шоттки из Ni была на основе теории термоэлектронной эмиссии и физической аналитической модели основанной на уравнении Пуассона, уравнениях диффузии и непрерывности. Показано что прямая вольт-амперная характеристика в рамках предложенной компьютерной модели диода Шоттки соответствует «неидеальному» диоду в рамках теории термоэлектронной эмиссии с высотой барьера Шоттки $\phi_B = 1.4 \text{ эВ}$ с фактором идеальности диода Шоттки $n = 1.37$. Таким образом, предложенная модель в дальнейшем успешно может быть использована для проектирования и расчета диодов Шоттки на основе других политипов карбида кремния (3C, 2H-SiC, 6H-SiC и др.) с контактами Шоттки из других металлов (Ti, Mo, Pt и др.).

Работа выполнена в рамках комплексного проекта при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (договор № 02.G25.31.0201).

Список литературы References

1. Ivanov P.A., Levinshtein M.E., Mnatsakanov T.T., Palmour J.W., Agarwal A.K. 2005. Power bipolar devices based on silicon carbide. *Semiconductors*, 39 (8) : 861–877.
2. Shur M. 1990. *Physics of Semiconductor Devices*. New Jersey, Prentice–Hall Int., 704.
3. Sze S.M., Ng Kwok K. 2007. *Physics of Semiconductor Devices*. New Jersey, John Wiley & Sons Int., 764.
4. Mnatsakanov T.T., Pomortseva L.I., Yurkov S.N. 2001. Semiempirical model of carrier mobility in Silicon Carbide for analyzing its dependence on temperature and doping level. *Semiconductors*, 35 (4) : 394–397.
5. Akira Itoh, Tsunenobu Kimoto, Hiroyuki Matsunami. 1995. High performance of high-voltage 4H-SiC Schottky barrier diodes. *IEEE Electron Device Letters*, 16 (6) : 280–282.
6. Potapov A.S., Ivanov P.A., Samsonova T.P. 2009. Effect of annealing on the effective barrier height and ideality factor of nickel Schottky contacts to 4H-SiC. *Semiconductors*, 43 (5) : 612–616.
7. Zhao J.H., Sheng K., Lebron-Velilla R.C. Silicon Carbide Schottky Barrier Diode. 2006. In: *SiC materials and device*. Singapore, World Scientific: 117–162.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Алдашев С.А.** – доктор физико-математических наук, профессор кафедрой математики и информационный систем Казахского национального педагогический университета им. Абая.
г. Алматы
- Блажевич С.В.** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информатики, естественнонаучных дисциплин и методик преподавания Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Борисенко Л.В.** – аспирант кафедры общей и прикладной физики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Бухурова М.М.** – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела САПР смешанных систем и управления Института прикладной математики и автоматизации.
г. Нальчик
- Ванько В.И.** – доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики МГТУ им. Н.Э. Баумана.
г. Москва
- Внуков И.Е.** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и прикладной физики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Гальцев О.В.** – старший преподаватель кафедры информационных систем Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Гальцева О.А.** – старший преподаватель кафедры информатики, естественнонаучных дисциплин и методик преподавания Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Глушак А.В.** – профессор кафедры общей математики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Деев А.С.** – кандидат физико-математических наук, ст. н. сотр., руководитель группы Института физики высоких энергий и ядерной физики Национальный научный центр Харьковский физико-технический институт.
г. Харьков
- Демидов А. А.** – кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой «Общая физика» Брянского государственного технического университета.
г. Брянск
- Десятов Д.Б.** – доктор технических наук, профессор Воронежского государственного университет инженерных технологий.
г. Воронеж
- До Дык Там** – аспирант кафедры математики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород



- Захвалинский В.С.** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и прикладной физики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Исупов А.Ю.** – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физики высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.
г. Дубна
- Калитвин А.С.** – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой математики Липецкого государственного педагогического университета, Заслуженный работник высшей школы РФ.
г. Липецк
- Калитвин В.А.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики Липецкого государственного педагогического университета.
г. Липецк
- Кенетова Р.О.** – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией синергетических проблем института прикладной математики и автоматизации.
г.Нальчик
- Корниенко В.В.** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»
г. Елец
- Корниенко Д.В.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»
г. Елец
- Коробова Л.А.** – кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой Воронежского государственного университета инженерных технологий.
г. Воронеж
- Краюшкина Е.Ю.** – старший преподаватель кафедры «Общая физика», аспирант Брянского государственного технического университета.
г. Брянск
- Курченкова Т.В.** – кандидат технических наук, доцент Воронежского института высоких технологий.
г. Воронеж
- Кукушкин М.В.** – кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник института прикладной математики и автоматизации.
г. Нальчик
- Кучеев С.И.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей и прикладной физики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Ладыгин В.П.** – доктор физико-математических наук, начальник сектора лаборатории физики высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.
г. Дубна
- Леонтьева Т.Ю.** – аспирант ФГБОУ ВПО «ЧГПУ им. И.Я. Яковлева».
г. Чебоксары

- Мазилев А.А.** – кандидат физико-математических наук, ст. н. сотр. лаборатории физики взаимодействия заряженных частиц и излучения с веществом НИУ БелГУ
г. Белгород
- Малай Н.В.** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и математической физики.
г. Белгород
- Матвеева И.А.** – аспирант Воронежского государственного университета инженерных технологий.
г. Воронеж
- Носков А.В.** – заведующий кафедрой теоретической и математической физики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Немцев С.Н.** – ведущий программист отдела электронных образовательных ресурсов управления заочного обучения и электронных образовательных технологий, старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Оганисян И.В.** – кандидат физико-математических наук, доцент, зам. декана факультета прикладной математики и физики Национального Политехнического Университета Армении.
г. Ереван.
- Орлов В.Н.** – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой математики, теории и методики обучения математике Гуманитарно-педагогической Академии (филиал) «КФУ им. В.И. Вернадского»
г. Ялта
- Пиллюк Е.А.** – старший преподаватель кафедры общей и прикладной физики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Рахмелевич И.В.** – кандидат технических наук, доцент Нижегородского государственного национального исследовательского университета.
г. Нижний Новгород
- Резников С.Г.** – старший научный сотрудник лаборатории физики высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.
г. Дубна
- Рыбалка С.Б.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Общая физика» Брянского государственного технического университета.
г. Брянск
- Стукалов А.А.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин Белгородского университета кооперации, экономики и права
г. Белгород
- Схоменко Я.Т.** – студент кафедры общей и прикладной физики Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород



- Хвостов В.А.** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» Брянского государственного технического университета.
г. Брянск
- Шевчук О.Ю.** – студент кафедры информатики, естественнонаучных дисциплин и методик преподавания Белгородского государственного национального исследовательского университета.
г. Белгород
- Шелковой А.Н.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики и физико-математического моделирования Воронежского государственного технического университета.
г. Воронеж
- Щукин Е.Р.** – доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Объединенного института высоких температур РАН.
г. Москва
- Шулика М.Ю.** – младший научный сотрудник Института физики высоких энергий и ядерной физики Национального научного центра Харьковский физико-технический институт.
г. Харьков
- Шулиманова Э.Л.** – доктор физико-математических наук, зав. кафедрой «Физика и химия» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).
г. Москва