

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯРОСЛАВА МУДРОГО
Институт Электронных и Информационных систем



*IV Международная
научно-практическая конференция*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,
ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



***7-8 ноября 2022 года
г. Великий Новгород***

ТЕМАТИЧЕСКИЕ СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1. Математические модели в физике конденсированного состояния;

Секция 2. Математическое моделирование характеристик диэлектрических, магнитных и полупроводниковых материалов;

Секция 3. Моделирование радиоэлектронных устройств и систем;

Секция 4. Моделирование электронной компонентной базы;

Секция 5. Методы вычислений в электронной технике;

Секция 6. Прикладная математика;

Секция 7. Информационные технологии;

Секция 8. Нелинейные дифференциальные уравнения с частными производными;

Круглый стол. Методические вопросы преподавания физики, математики и информатики.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель комитета:

Ефременков А.Б. – проректор по научной работе НовГУ, д.т.н., доц. (Великий Новгород, Россия)

Члены комитета:

Бугаёв А.С. – д.ф.-м.н., проф., академик РАН (Москва, Россия);

Петренко А.К. – д.ф.-м.н., проф., ИСП РАН (Москва, Россия);

Заворотнев Ю.Д. – д.ф.-м.н., проф., Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина (Донецк, Россия);

Метлов Л.С. – д.ф.-м.н., проф., Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина (Донецк, Россия);

Мазалов В.В. – д.ф.-м.н., проф., директор института прикладных математических исследований КарНЦ РАН (Петрозаводск, Республика Карелия, Россия);

Александр Дудельзак – доктор наук (физика), проф., Университет Куинс в Кингстоне (Кингстон, Канада);

Жисионг Чен – доктор наук (математика), проф., Университет Путянь (Путянь, провинция Фуцзянь, Китай);

Юйхуа Сунь – доктор военных наук, Китайский нефтяной университет (Циндао, Китай);

Чжиминь Сунь – доцент, Университет Хубэй, Директор Хубэйского общества промышленной и прикладной математики, Директор Уханского общества промышленной и прикладной математики (Ухань, Китай);

Яоцинъ Ван – проф., Нанкинский Университет науки и технологий (Нанкин, Китай);

Моника Томар – проф., Университет Дели (Дели, Индия);

Галкин В.А. – д.ф.-м.н., проф., ФБУ ФНЦ НИИСИ РАН (Сургут, Россия);

Бичурин М.И. – д.ф.-м.н., проф., зав. КПТРА (Великий Новгород, Россия);

Селезнев Б.И. – д.т.н., проф., зав. КФТТМ (Великий Новгород, Россия);

Сукачева Т.Г. – д.ф.-м.н., проф., зав. КАГ (Великий Новгород, Россия);

Захаров А.Ю. – д.ф.-м.н., проф. (Великий Новгород, Россия);

Петров В.М. – д.т.н., проф. (Великий Новгород, Россия);

Петров Р.В. – д.ф.-м.н., проф. (Великий Новгород, Россия);

Колногоров А.В. – д.ф.-м.н., проф. (Великий Новгород, Россия);

Довгальук П.М. – к.т.н., доцент (Великий Новгород, Россия);

Панов Е.Ю. – д.ф.-м.н., проф. (Великий Новгород, Россия);

Едемский В.А. – д.ф.-м.н., проф. (Великий Новгород, Россия).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель комитета:

Шульцев В.А. – директор ИЭИС, к.ю.н., доцент (Великий Новгород, Россия).

Члены комитета:

Ариас Е.А. – к.п.н., доцент, зам. директора ИЭИС (Великий Новгород, Россия);

Бритвина Л.Е. – к.ф.-м.н., доцент, зам. директора ИЭИС (Великий Новгород, Россия);

Эминов С.И. – д.ф.-м.н., профессор (Великий Новгород, Россия);

Коваленко Д.В. – к.ф.-м.н., доцент (Великий Новгород, Россия);
Макаров В.А. – к.т.н., доцент (Великий Новгород, Россия);
Фихтнер О.А. – д.экон.н., доцент, директор Центра развития
публикационной активности НовГУ (Великий Новгород, Россия).

Регламент работы конференции:

Пленарные доклады – 30 минут + 10 минут обсуждение.

Секционные доклады – 15 минут + 5 минут обсуждение.

Адрес места проведения конференции:

Заседания конференции с 07 по 08 ноября 2022 года будут проходить
по адресу: Б. Санкт-Петербургская д. 41, 1-й корпус, III поточная
аудитория.

Регистрация участников конференции начнется 07 ноября с 09.00
часов.

Дополнительную информацию можно получить по телефонам:

+7(8162) 97-42-24 – дирекция ИЭИС, секретарь Якимова Елизавета
Алексеевна;

+7(906)200-08-28 – зам. директора ИЭИС Бритвина Любовь
Евгеньевна.

или по электронной почте conf-ieis@novsu.ru.

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИФФУЗИОННЫХ ДЛИН НЕОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В НЕОДНОРОДНО ЛЕГИРОВАННЫХ СЛОЯХ.

Ариас Е.А. Гаврушко В.В.

Новгородский Государственный университет имени. Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

valery.gavrushko@novsu.ru

Рассматривается апробированный метод определения диффузионных длин неосновных носителей заряда из анализа изменения спектральных кривых фотоответа с глубиной залегания p - n перехода. На рисунке 1 приведено изменение спектральной чувствительности фотодиода, полученного диффузией акцепторов в исходный n -InSb при последовательном уменьшении толщины освещаемой области. С приближением освещаемой поверхности к плоскости p - n перехода наблюдался рост фототока, особенно значительный в области сильного поглощения.

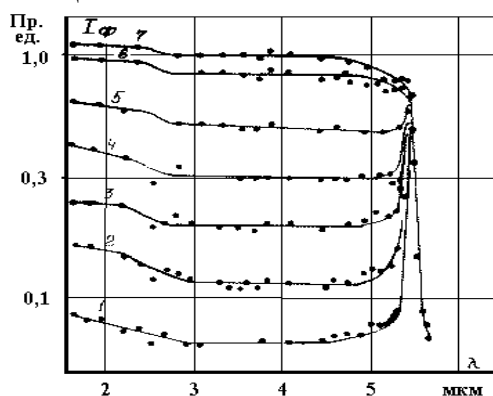


Рисунок 1. Спектральные характеристики.

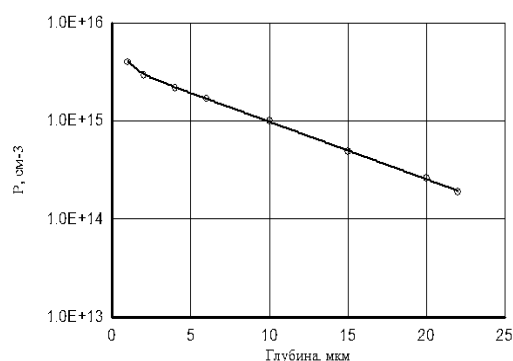


Рисунок 2. Профиль легирования p -области.

По зависимости $\ln I_{\phi} = f(l_p)$ для излучения с длиной волны $\lambda = 2,17$ мкм определялась эффективная длина затягивания электронов $L_{\phi} = \frac{d \ln I_{\phi}}{d l_p}$

На рисунке 2 представлен профиль легирования p -области, рассчитанный по измерениям электропроводности диффузионного слоя, что позволило определить напряженность встроенного электрического поля, составляющую для данного примера 9.2 В/см. Тогда при $L_{\phi} = 6,8$ мкм оказалось возможным определить диффузионную длину электронов. Для рассматриваемого примера $L_n = 4,8$ мкм.

Предлагаемая методика может быть эффективно использована с целью определения диффузионных длин неосновных носителей заряда для неоднородно легированных слоев в случаях, когда толщина слоя значительно превышает L_n .

ОБ ОДНОЙ СХЕМЕ ДЛЯ ДИФФУЗИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

Барабаш О.П.

Воронежский государственный университет

(Воронеж, Россия)

navyS9@yandex.ru

Фундаментальной математической моделью среды, характеризующейся пространственно-временной самоорганизацией, является нелинейное уравнение "реакция-диффузия" (УРД):

$$u_t = du_{xx} + f(u),$$

где d - коэффициент диффузии, $x \in (-\infty; +\infty)$ - пространственная переменная, $t \geq 0$ - временная, а $u(x, t)$ - переменная среды, которая имеет смысл плотности популяции, $f(u)$ - непрерывная и достаточное число раз дифференцируемая функция, отражающая характер распространения заболевания, для которой выполняется закон сохранения масс и условия $f(0) = f(1) = 0, f(u) > 0, 0 < u < 1, f'(0) > 0, f'(u) < f'(0), 0 < u \leq 1$.

Будем рассматривать процесс распространения эпидемии, описывающийся следующим логистическим уравнением

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + Au(s - u).$$

Численное исследование данного уравнения проведем в прямоугольнике $\bar{D} = (0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T)$. Зададим ненулевые начальное условие $u(x, 0) = u_0(x), 0 \leq x \leq 1$ и граничные условия $u(0, t) = u_1(t), u(1, t) = u_2(t), 0 \leq t \leq T$. Введем сетку

$$\bar{w}_{h\tau} = \bar{w}_h \times w_\tau = \{x_i = ih, i = 0, 1, \dots, N\} \times \{t_j = j\tau, j = 0, 1, \dots, M\}$$

с шагами $h = \frac{1}{N}$ и $\tau = \frac{T}{M}$. Обозначим через y_i^j значение в узле (x_i, t_j) сеточной функции y . В результате получим разностную схему:

$$\frac{y_i^{j+1} - y_i^j}{\tau} = \Lambda(\sigma y_i^{j+1} + (1 - \sigma)y_i^j) + \varphi_i^j, 0 < i < N, 0 \leq j < M.$$

В данном уравнении φ_i^j - функция, аппроксимирующая правую часть $f(u) = Au(s - u)$. Начальные и краевые условия аппроксимируем точно.

Погрешность аппроксимации (невязка) схемы на решении определяется уравнением

$$\begin{aligned}\psi &= \Lambda(\sigma \hat{u} + (1 - \sigma)u) - u_t + \varphi, \\ \varphi &= (A - \beta)(s - u)\hat{u} + \beta(s - \hat{u})u,\end{aligned}$$

где $\hat{u} = u_i^{j+1}, u = u_i^j$. Применяя разложения в ряд Тейлора $\hat{u}$, получим $\psi = O(h^2 + \tau)$.

Таким образом, при указанной погрешности, мы приходим к системе линейных алгебраических уравнений, решение которых осуществляется методом прогонки.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, МОДИФИКАЦИЯ СТРАТЕГИИ УСВ ПРИ ПАКЕТНОЙ ОБРАБОТКЕ, УМЕНЬШЕНИЕ ЧИСЛА НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ.

Ворошилов А. С., Еришов М. А., Колногоров А. В.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

Alexander.Kolnogorov@novsu.ru

Рассмотрена модификация стратегии УСВ для бернуллиевского двурукого бандита, использующую пакетную обработку с уменьшением числа данных на начальном этапе. Правило УСВ подразумевает выбор действия, которому соответствует наибольшее значение верхней границы доверительного интервала. Цель управления сформулирована в минимаксной постановке, т.е. в минимизации максимальных потерь. Вычисления максимальных потерь производились при помощи моделирования методом Монте-Карло тремя способами: через общее число данных, размер минимального пакета и дробный размер пакетов.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАБРИ-ПЕРО

Гареев В.М., Гареев М.В., Корнышев Н.П., Серебряков Д.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

nikolai.kornishev@novsu.ru

Рассматриваются вопросы компьютерного моделирования процессов формирования спектральных изображений в гиперспектральной системе на основе интерферометра Фабри-Перо, предназначенной для работы в видимом диапазоне спектра. Рассматривается математическая модель гиперспектральной системы и ее основные варьируемые параметры для оценки получаемых характеристик спектральной избирательности. Приводится структурная схема, иллюстрирующая процесс моделирования. Приводятся результаты компьютерного моделирования. Приводятся характеристики спектральной избирательности, полученные при компьютерном моделировании, в зависимости от величины воздушного зазора между зеркальными пластинами интерферометра Фабри-Перо при фиксированном угле падения лучистого потока. Показана возможность одноканальной и трех канальной регистрации спектральных откликов интерферометра, соответствующих RGB каналам стандартного цветного матричного фотоприемника. Анализируются варианты структурных схем гиперспектральной системы, исходя из имеющихся компромиссов между чувствительностью системы, ее спектральной избирательностью, быстродействием, точностью, разрешающей способностью и сложностью реализации.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Гареев В.М., Гареев М.В., Корнышев Н.П., Серебряков Д.А.
Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого
(Великий Новгород, Россия)
nikolai.kornishev@novsu.ru

Рассматриваются вопросы компьютерного моделирования алгоритмов обработки спектральных изображений, а именно: процедура повышения их четкости. Для этой цели используется спектральное изображение, получаемое от гиперспектрометра, а также дополнительная информация с цветной видеокамеры высокого разрешения. Гиперспектрометр и цветная видеокамера образуют гиперспектральную систему, в которой возможна реализация различных процедур обработки изображений. В докладе рассмотрен сравнительно несложный алгоритм обработки, использующий теорию ретинекса Э. Лэнда. Приводится структурная схема этапов обработки изображения, а также результаты компьютерного моделирования с использованием реальных спектральных изображений. Анализируются сравнительные количественные характеристики эталонных и обработанных изображений. Показано путем моделирования, что при незначительных пространственных искажениях количество особых точек (градиентов) изображения, а, следовательно, и четкость исходного спектрального изображения возрастает в несколько раз.

РАЗРАБОТКА НОРМАЛЬНО-ЗАКРЫТОГО ТРАНЗИСТОРА НА ОСНОВЕ GaN

Гребенников В.А.^{1,2}, Желаннов А.В.¹, Селезнев Б.И.²
¹АО «ОКБ-Планета»
²Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого
(Великий Новгород, Россия)
vasiligreb@mail.ru

GaN является перспективным материалом для СВЧ и силовой электроники. Нормально-открытое поведение транзисторов с высокой подвижностью электронов (HEMT) обусловлено двумерным электронным

газом высокой плотности (2DEG). Основным механизмом работы НЕМТ в нормально-закрытом режиме является истощение 2DEG под затвором.

В данной работе рассмотрена разработка нормально-закрытого НЕМТ на основе гетероструктуры AlGaIn/GaN.

Первым блоком операций является формирование омических контактов стока и истока в транзисторной структуре. Для формирования омических контактов в процессе изготовления транзистора необходимо селективно удалить верхний слой p-GaN толщиной 70 нм, при этом оставив слой AlGaIn без существенных повреждений. Для этого был разработан процесс селективного плазмохимического травления с образованием барьера AlF_3 на поверхности AlGaIn, который останавливает дальнейшее травление.

Были проведены эксперименты по формированию различных систем металлизации омических контактов и разработан процесс быстрого-термического отжига в атмосфере азота. В результате эксперимента получено контактное сопротивление менее 0.2 Ом·мм.

Для изоляции приборных структур рассмотрены методы меза-изоляции и изоляции ионной имплантацией N^+ .

В работе описана топология силового транзистора, разработанная под производство по описанной выше технологии. Топология представлена крупным кристаллом 0.8*0.8 мм с суммарной шириной затвора 15 мм. Транзистор рассчитан на рабочее напряжение до 100 В и ток до 10 А.

ПОСТРОСТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЧ МИС X- И Ku ДИАПАЗОНОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР GaAs

Драгутъ М.В., Селезнев Б.И.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

Dragutmv@okbplaneta.ru

В настоящее время большое внимание уделяется полному освоению X- и Ku- частотных диапазонов ((8-18) ГГц), как в гражданских, так и в специальных системах. Поэтому задача разработки технологии производства соответствующих СВЧ монолитных интегральных схем МИС является приоритетной.

Большое распространение получили технологии изготовления СВЧ МИС на основе гетероструктур GaAs с высокой подвижностью носителей заряда (HEMT). Псевдоморфные (pHEMT) и метаморфные (mHEMT) GaAs-технологии обеспечивают наилучший компромисс между электрическими характеристиками МИС и их стоимостью.

На основании расчетов граничная частота f_t транзистора Ку-диапазона должна быть не менее 36 ГГц. Для того, чтобы комплексно улучшить полный набор параметров транзистора ($K_{ш}$, $K_{уР}$, $R_{вых}$ и т.д.) в диапазоне частот (8-18) ГГц, длину Т-образного затвора pHEMT транзистора необходимо создавать на более 0,25 мкм. Используется электронно-лучевая литография.

Для создания конструкции СВЧ МИС необходимо обладать набором следующих основных технологических процессов: фотолитография с топологической нормой не более 1 мкм, производимая на лицевой и обратной сторонах пластины; различные способы напыления металлов, систем металлов и сплавов; низкотемпературные способы осаждения диэлектрических плёнок; ионная имплантация для формирования областей межэлементной изоляции; утонение полупроводниковой пластины до требуемой толщины; сухие способы травления диэлектрических плёнок и утонённой пластины; электрохимическое осаждение слоёв золота, толщиной до 4 мкм.

О N-АДИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ СЕМЕЙСТВ БИНАРНЫХ И ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Едемский В.А., Кольцова С.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

vladimir.edemsky@novsu.ru

Сложность является важной характеристикой непредсказуемости псевдослучайных последовательностей. Целью настоящей работы является исследование 2-адической и 4-адической сложности ряда семейств бинарных и четвертичных последовательностей с составным периодом. N-адическая сложность определяется как наименьшее число ячеек регистра сдвига с обратной связью с переносом, способного генерировать рассматриваемую последовательность. Для построения рассматриваемых последовательностей применяются различные методы.

Показано, что бинарные последовательности с периодом pq обладают высокой 2-адической сложностью. Рассмотренные последовательности обладают хорошими автокорреляционными свойствами и высокой линейной сложности. Также исследована 2-адическая сложность обобщенных бинарных циклотомических последовательностей, период которых равен удвоенной степени простого числа.

Получена оценка 4-адической сложности семейств обобщенных циклотомических четвертичных последовательностей при различных способах их определения. В частности, рассмотрены последовательности, определенные на классах квадратичных и биквадратичных вычетов по составному модулю. Показано, что все рассмотренные последовательности имеют высокую 4-адическую сложность.

ЭКСТРАКЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОМПАКТНОЙ МОДЕЛИ ВАРИКАПА НА БАЗЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Змановский Р. А., Корцов Д. А., Петров М.Н.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

mikhail.petrov@novsu.ru

В докладе представлена методика формирования компактной модели варикапа (рис. 1) на базе экспериментальных данных, полученных измерением вольт-амперной и вольт-фарадной характеристик с использованием системы компьютерной математики MATLAB.

Модель содержит пять основных параметров, включая три параметра, характеризующие нелинейную емкость C_b (барьерная емкость при нулевом смещении C_{JO} , контактная разность потенциалов V_J и степень нелинейности выпрямляющего перехода M) и два паразитных сопротивления R_s и R_{yt} , соответственно

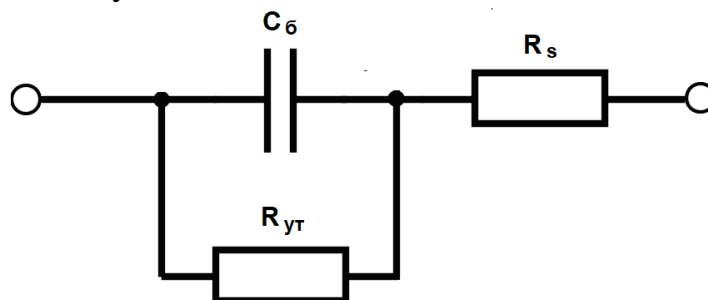


Рисунок 1. Компактная модель варикапа

В качестве математического аппарата использован аппарат теории оптимизации наряду с методами интерполяции и аппроксимации.

Показано, что представленная модель адекватно описывает экспериментальные данные, что позволяет использовать ее на этапе проектирования различных фрагментов аналоговых микросхем.

МОНТАЖ ОДНОМОДОВОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА НА ПОВЕРХНОСТЬ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ ВИЛ ДИОДА МЕТОДОМ ПАЙКИ ПАЯЛЬНОЙ ПАСТОЙ

Зорин В.А.^{1,2}, Константинов Н.А.¹, Захаров М.А.²

¹АО «ОКБ-Планета»

²Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

s236973@std.novsu.ru

В настоящее время одним из центральных вопросов технологии изготовления передающих оптических модулей, является способ соединения ферулы оптического волокна и активной области излучаемого диода. При этом традиционным методом, как правило, является использование УФ-отверждаемого клея [1]. В то же время, на предприятии АО «ОКБ-Планета» используется технология монтажа ВИЛ диода, расположенного в оконном вырезе специальной платы, на оптическое волокно с применением метода пайки паяльной пастой. Это в корне отличает данную технологию изготовления оптических модулей от аналогов в мире.

Сам передающий оптический модуль, представляет из себя кабель оптический, из ферулы которого примерно на 200 ± 15 мкм выступает оптоволокно, с центром которого в зависимости от назначения совмещается центр излучающей области кристалла (ВИЛ) через отверстие в кремниевой плате.

В настоящей работе детально рассмотрена технология монтажа активной области излучающего диода на поверхность ферулы оптического волокна. Так же будут рассмотрены достоинства и недостатки, используемой технологии в сравнении с традиционным методом.

Список литературы

1. Андриевский В. Ф. Лазерные диодные модули: ввод излучения в волокно и фиксация деталей модулей / А. Андриевский, В. Ф. Андриевский // Фотоника. – 2017. – № 3. – С. 74–79.

АСИМПТОТИЧЕСКАЯ МИНИМАКСНАЯ ТЕОРЕМА В ЗАДАЧЕ О ДВУРУКОМ БАНДИТЕ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Колногоров А.В.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

Alexander.Kolnogorov@novsu.ru

Асимптотическая минимаксная теорема была установлена немецким математиком В. Фогелем (W. Vogel) в 1960 г. для бернуллиевского двурукого бандита, который характеризуется тем, что его доходы равны 0 и 1. Она утверждает, что минимаксный риск имеет порядок $N^{1/2}$, где N — горизонт управления, и дает оценки множителей. Мы рассматриваем задачу в приложении к обработке данных двумя альтернативными методами, при этом доходы 1 и 0 соответствуют успешно и неуспешно обработанным данным, а горизонт управления — полному числу обрабатываемых данных. Гауссовский двурукий бандит возникает при анализе пакетной обработки, когда один и тот же метод применяется к пакету данных, а для управления используются суммарные доходы в пакетах. Для гауссовского двурукого бандита оценки В. Фогеля сохраняются.

Для уточнения асимптотической минимаксной теоремы мы используем основную теорему теории игр, согласно которой минимаксный риск ищется как байесовский, вычисленный относительно наихудшего априорного распределения. Показано, что наиболее высокие требования к управлению предъявляются в области «ближних» распределений, у которых математические ожидания доходов различаются на величину порядка $N^{-1/2}$. В области «ближних» распределений получены рекуррентное интегро-разностное уравнение для нахождения байесовского риска относительно наихудшего априорного распределения в инвариантной форме с горизонтом управления равным единице и дифференциальное уравнение в частных производных второго порядка в предельном случае.

Результаты позволяют оценить качество пакетной обработки. Например, минимаксный риск, соответствующий пакетной обработке данных, разбитых на 50 пакетов, может быть лишь на 2% выше своего предельного значения, если число пакетов неограниченно растет. В случае бернуллиевского двурукого бандита показано, что оптимальная обработка данных по одному не является более эффективной, чем пакетная, если количество данных N неограниченно растет.

РАЗВИТИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ НА ЗАНЯТИЯХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО КРУЖКА В 5- 6 КЛАССАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИГР

Кондрушенко Е.М., Володькина В.А., Кондратьева О.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

Elena.Kondrushenko@novsu.ru

Развитое пространственное мышление играет важную роль при изучении ряда учебных дисциплин в школе, решении практических и прикладных задач, в разнообразных видах производственной и бытовой деятельности человека. Формирование пространственного мышления очень длительный и сложный процесс. Работа, направленная на развитие пространственного мышления, должна осуществляться непрерывно и систематически с первых лет обучения ребенка в школе на доступном для его понимания материале. В 5–6 классах эту работу можно эффективно осуществлять на занятиях математического кружка в интересной для учащихся игровой форме на материале, связанном с пространственными телами и их развертками, изображением пространственных тел, разрезанием плоских фигур на части и составлением заданной фигуры из имеющихся ее частей.

Психологами доказано, что на учебную деятельность пассивных детей игра оказывает положительное влияние. Исследования психолога Л. С. Славиной показали, что интеллектуально пассивный ребенок в процессе игры способен выполнять такой объем умственной работы, который ему недоступен в обычной учебной ситуации. Обращение к дидактическим играм на занятиях математического кружка будет способствовать более эффективному развитию мышления детей.

Развитию пространственного мышления способствуют:

- задачи на разрезание и перекраивание;
- задачи, в которых требуется изобразить проекции пространственного тела, сложенного из кубиков, на три взаимно перпендикулярные плоскости;
- задачи на конструирование тела, состоящего из кубиков, по его проекциям на три взаимно перпендикулярные плоскости;
- задачи на конструирование пространственного тела из его развёртки;
- задачи на изображение развёртки данного пространственного тела.

В статье обосновывается необходимость использования игр и игровых ситуаций на занятиях математического кружка. Предлагается тематика занятий на развитие пространственного мышления, даётся описание игр, игровых ситуаций и их электронного сопровождения. Электронное сопровождение к играм – это динамические презентации, выполненные в программах GeoGebra и PowerPoint.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ НА ОКРУЖНОСТИ

Кондрушенко Е.М., Крет А.Д.

Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

Elena.Kondrushenko@novsu.ru

С окружностями учащиеся встречаются в течение всех лет обучения в школе. Изучение окружностей в начальной школе и в 5-6 классах осуществляется на наглядно-интуитивном уровне. В курсе геометрии 7 класса даётся формальное определение окружности. Основные теоретические вопросы, связанные с окружностями, рассматриваются в 8 и 9 классах. В 10 и 11 классах полученные знания используются при решении задач на конусы, цилиндры, вписанные в многогранник и описанные около многогранника сферы, цилиндры, конусы. Окружность, круг, сфера, шар, комбинации многогранников и круглых тел – это абстракции объектов, которые встречаются в самых различных сферах деятельности человека. Владение знаниями и умениями, связанными с указанными фигурами и пространственными телами, может пригодиться

каждому выпускнику школы. Однако задачи на окружности вызывают особые затруднения у ребят.

Для предупреждения появления затруднений необходимо:

- добиваться качественного усвоения теории, так как именно изучаемая теория даёт в руки аппарат для решения задач;
- выделять ключевые задачи, то есть такие, которые часто являются элементом решения более сложных задач, демонстрировать, как именно умение выделить ключевые задачи и знание их решения помогает находить решение более сложных задач;
- правильно организовывать работу над задачным материалом;
- при решении задач выделять методы и приёмы, которые часто используются при решении задач.

Под правильной организацией работы над задачами повышенного уровня сложности, понимается: анализ текста задачи; поиск решения задачи; прогнозирование; выработка плана решения задачи; грамотное, логически выстроенное оформление решения; анализ решения; исследование задачи; поиск других способов решения; выделение приёмов и методов, использованных в решении; выделение частных или более общих случаев. Это означает, что на первый план в процессе решения задач следует выдвигать формирование приёмов умственной деятельности, необходимых для осуществления любой творческой и исследовательской деятельности.

В статье приводятся основные этапы методики работы по обучению решению задач. Выделяются ключевые задачи на окружности, взаимное расположение окружности и прямой, взаимное расположение двух окружностей и демонстрируются возможности их использования.

АНАЛИЗ ОДНОЙ ОБОБЩЕННОЙ СИСТЕМЫ ОСКОЛКОВА

Кондюков А.О., Миронова Н.С.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

k.a.o_leksey999@mail.ru, s244520@std.novsu.ru

Система уравнений Осколкова

$$\left\{ \begin{array}{l} (1 - \lambda \nabla^2) v_t = \nu \nabla^2 v - (v \cdot \nabla) v + \sum_{l=1}^K \beta_l \nabla^2 \omega_t - \nabla p + f, \\ 0 = \nabla \cdot v, \\ \frac{\partial \omega_t}{\partial t} = v + \alpha_l \omega_l, \alpha_l \in \mathbb{R}_-, \beta_l \in \mathbb{R}_+, l = \overline{1, K} \end{array} \right.$$

моделирует динамику вязкоупругой несжимаемой жидкости Кельвина-Фойгта высшего порядка K [1]. Здесь $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$, $v_k = v_k(x, t)$ – вектор скорости жидкости, $p = p(x, t)$ – функция давления, $f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, $f_k = f_k(x)$ – вектор внешнего воздействия в точке $(x, t) \in \Omega \times \mathbb{R}$, $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ – ограниченная область с границей класса C^∞ . Параметры $\lambda, \nu \in \mathbb{R}_+$ характеризуют упругие и вязкие свойства жидкости соответственно.

Пусть $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ – ограниченная область с границей $\partial\Omega$ класса C^∞ . В цилиндре рассмотрим задачу Коши-Дирихле

$$\begin{aligned} \psi(x, y, 0) &= \psi_0(x, y, 0), \omega_l(x, y, 0) = \omega_{l0}(x, y) \quad \forall (x, y) \in \Omega \\ \psi(x, y, t) &= \nabla^2 \psi(x, y, t) = 0, \omega_l(x, y, t) = 0 \quad \forall (x, y, t) \in \partial\Omega \times \mathbb{R} \end{aligned}$$

для системы уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} (1 - \lambda \nabla^2) \nabla^2 \psi_t = \nu \nabla^4 \psi - \frac{\partial(\psi, \nabla^2 \psi)}{\partial(x, y)} + \sum_{l=1}^K \beta_l \nabla^2 \left(\frac{\partial \omega_{l1}}{\partial y} - \frac{\partial \omega_{l2}}{\partial x} \right) + g, \\ \frac{\partial \omega_{l1}}{\partial t} = \frac{\partial \psi}{\partial y} + \alpha_l \omega_{l1}, \\ \frac{\partial \omega_{l2}}{\partial t} = \frac{\partial \psi}{\partial x} + \alpha_l \omega_{l2}, \alpha_l \in \mathbb{R}_-, l = \overline{1, K}, \end{array} \right.$$

получаемую из системы (1) при $n = 3$, если положить $v_3 \equiv 0$ и формулами $v_1 = \frac{\partial \psi}{\partial y}$, $v_2 = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ ввести функцию тока $\psi = \psi(x, y, t)$, которая определяется с точностью до аддитивной постоянной. Таким образом, система (3) моделирует плоскопараллельное течение вязкоупругой несжимаемой жидкости Кельвина – Фойгта K -го порядка. Преимущество задачи (2), (3) по сравнению с задачей Коши-Дирихле для уравнения (1) состоит в том, что фазовое пространство [2] уравнения (3) может быть описано полностью при любых значениях параметра $\lambda \in \mathbb{R}$.

Для системы (3) при $K = 0$ задача Коши-Дирихле рассмотрена в [3]. При $K \neq 0$ существовании квазистационарных траекторий в случае $\lambda^{-1} \in \sigma(\nabla^2)$ и описание структуры фазового пространства приводится в [4].

Список литературы

1. Осколков А.П. Начально-краевые задачи для уравнений движения жидкостей Кельвина-Фойгта и Олдройта//Тр. Мат. института им. В.А. Стеклова. 1988. – Т.179. – С. 126 – 164.

2. Свиридюк Г.А., Сукачева Т.Г. Задача Коши для одного класса полулинейных уравнений типа Соболева// Сиб. мат. журн. 1990. Т. 31. № 5. С. 109-119.

3. Свиридюк Г.А., Якупов М.М. Фазовое пространство начально-краевой задачи для системы Осколкова//Дифференц. уравнения. 1996. Т. 32. № 11. С. 1538 -1543.

4. A.O. Kondyukov, T.G. Sukacheva. Phase space of the initial-boundary value problem for the Oskolkov system of non-zero order, published in Zhurnal Vychislitel'noi Matematiki i Matematicheskoi Fiziki, 2015, Vol. 55, No. 5, pp. 823-829.

АНАЛИЗ ОБОБЩЕННОЙ СИСТЕМЫ ОСКОЛКОВА В МАГНИТОГИДРОДИНАМИКЕ

Кондюков А.О., Филипова Л.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

k.a.o_leksey999@mail.ru, s244518@std.novsu.ru

Система

$$\begin{aligned}
 (1 - \kappa \nabla^2) v_t &= \nu \nabla^2 v - (v \cdot \nabla) v + \sum_{m=1}^M \sum_{q=0}^{n_m-1} A_{m,q} \nabla^2 \omega_{m,q} - \frac{1}{\rho} \nabla p - \\
 &- 2\Omega \times v + \frac{1}{\rho\mu} (\nabla \times b) \times b, \\
 \frac{\partial \omega_{m,0}}{\partial t} &= v + \alpha_m \omega_{m,0}, \alpha_m \in \mathbb{R}_-, , m = \overline{1, M} \\
 \frac{\partial \omega_{m,q}}{\partial t} &= q \omega_{m,q-1} + \alpha_m \omega_{m,q}, q = \overline{1, n_m-1}, \alpha_m < 0, A_{m,q} > 0 \\
 \nabla \cdot v &= 0, b_t = \delta \nabla^2 b + \nabla \times (v \times b)
 \end{aligned} \tag{1}$$

моделирует динамику несжимаемой вязкоупругой жидкости Кельвина-Фойгта высшего порядка $K(K = n_1 + \dots + n_M)$ [1] в магнитном поле Земли. Вектор-функции $v = (v_1(x, t), v_2(x, t), \dots, v_n(x, t))$ и $b = (b_1(x, t), b_2(x, t), \dots, b_n(x, t))$ характеризуют скорость и магнитную индукцию соответственно, $p = p(x, t)$ – давление, κ – коэффициент упругости, ν – коэффициент вязкости, Ω – угловая скорость, δ – магнитная вязкость, μ – магнитная проницаемость, ρ – плотность, $A_{m,q}$ – параметры,

определяющие время ретардации (запаздывания) давления. Заметим, что данная система обобщает систему, приведенную в [2, 3] при $\kappa = 0$ для модели нулевого порядка.

Рассмотрим начально-краевую задачу для системы (1)

$$\begin{aligned} v(x, 0) &= v_0(x), \quad \omega_{m,q}(x, 0) = \omega_{m,q}^0(x), \\ b(x, 0) &= b_0(x), \quad \forall x \in D, \\ v(x, t) &= 0, \quad \omega_{m,q}(x, t) = 0, \\ b(x, t) &= 0, \quad \forall (x, t) \in \partial D \times \mathbb{R}_+, \\ m &= \overline{1, M}, \quad q = \overline{0, n_m - 1} \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $D \subset \mathbb{R}^n$, $n = 2, 3, 4$ – ограниченная область с границей ∂D класса C^∞ .

Задача (1), (2) в случае $K = 0$ и $\kappa \neq 0$ исследуется в [4]. При $K \neq 0$ и $\kappa \neq 0$ задача исследуется в [5]. В случае $K \neq 0$ и $K(K = n_1 + \dots + n_M)$ исследуется в [6].

Анализ задачи осуществляется в рамках теории полулинейных уравнений соболевского типа [7, 8]. На основании этого, в первой части работы изложена абстрактная задача Коши для полулинейного автономного уравнения соболевского типа. Во второй части задача рассматривается как конкретная интерпретация абстрактной задачи. В третьей части устанавливается существование квазистационарных полутраекторий данной задачи и описано ее фазовое пространство.

Список литературы

1. Осколков А.П. Начально-краевые задачи для уравнений движения жидкостей Кельвина-Фойгта и Олдройта/А.П. Осколков/ Тр. МИ АН СССР. – 1988. – Т.179. – С. 126 – 164.
2. Хенри Д. Геометрическая теория полулинейных параболических уравнений/Д. Хенри/ - М: Мир, 1985.
3. Hide R. On planetary atmospheres and interiors/R. Hide/ Mathematical Problems in the Geophysical Sciences, 1, W.H. Reid, ed. Am. Math. Soc., Providence R.I., 1971.
4. Сукачева Т.Г. Фазовое пространство одной задачи магнитогидродинамики/Т.Г. Сукачева, А.О. Кондюков/ Дифф. уравнения., 2015, т. 51, № 4, с. 495-501.
5. Kodyukov A.O. A non-stationary model of the incompressible viscoelastic Kelvin-Voigt fluid of non-zero order in the magnetic field of the Earth/A.O. Kondyukov, T.G. Sukacheva/ Vestnik YuUrGU. Ser. Mat. Model. Progr., 2019, V. 12, № 3, P. 42-51.

6. Кондюков А.О. Обобщенная модель несжимаемой вязкоупругой жидкости в магнитном поле Земли/А.О. Кондюков/ Вестн. Южно-Ур. ун-та. Сер. Матем. Мех. Физ., 2016, т. 8, № 3, с. 13-21.

7. Свиридчук Г.А. Задача Коши для одного класса полулинейных уравнений типа Соболева/Г.А. Свиридчук, Т.Г. Сукачева/ Сибирский математический журнал. – 1990. – Т. 31, № 5. – С. 109-119.

8. Матвеева О.П. Математические модели вязкоупругих несжимаемых жидкостей ненулевого порядка/О.П. Матвеева, Т.Г. Сукачева. – Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2014. – 101 с.

КРУТИЛЬНАЯ МОДА МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ОБЛАСТИ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА

Леонтьев В.С., Лобекин В.Н., Соколов О.В., Бичурин М.И.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

viktorsergeevich.novsu@gmail.com

Как известно [1], магнитоэлектрический (МЭ) эффект в двухфазном слоистом композите заключается в индукции электрического напряжения в пьезофазе при ее намагничивании (прямой эффект) и, наоборот, в изменении магнитного состояния магнитофазы при подключении электрического напряжения к пьезофазе (обратный эффект). Теоретически и экспериментально установлено, что (МЭ) эффект значительно возрастает при переходе из низкочастотного диапазона в область электромеханического резонанса (ЭМР). Это связано с усилением механических деформаций, которые передают возбуждения между фазами композита. Известны результаты изучения МЭ эффекта в диапазоне различных режимов ЭМР: планарного, изгибного и сдвигового [1]. В последнее время возник интерес к изучению крутильной моды МЭ эффекта [2,3]. В данной работе рассмотрена крутильная мода МЭ эффекта в области магнитоакустического резонанса (МАР) в слоистом композите пермаллой 50 Н / бидоменный ниобат лития. Такая постановка задачи, когда ЭМР совпадает с ФМР, особенно интересна в плане разработки перспективных СВЧ-устройств.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант № 22-29-00950.

Список литературы

1. Bichurin M. I., Petrov V. M., Petrov R. V., Tatarenko A. S. Magnetolectric composites. Pan Stanford Publishing Pte. Ltd. (Sin-gapore), 2019. 280 p.
2. Sokolov O. V., Bichurin M. I. Torsional modes in the magnetolectric effect for a two-layer ferrimagnet-piezoelectric YIG / GaAs structure // J. Phys.: Conf. Ser. 2020. 1658 012054.
3. Spetzler B., Golubeva E. V., Friedrich R.-M., Zabel S., Kirchhof C., Meyners D., McCord J., Faupel F. Magnetoelastic Coupling and Delta-E Effect in Magnetolectric Torsion Mode Resonators // Sensors. 2021. 21(6):2022.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ СТАРШЕКЛАССНИКОВ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

Лобанова Н.И.

Центр внешкольной работы
(Зеленокумск, Россия)
lobantchik@yandex.ru

Разработанная для старшеклассников методика изучения элементов теории дифференциальных уравнений в системе дополнительного образования (основанная на практико-ориентированном подходе с использованием метода математического моделирования), соединяющая в себе устоявшиеся приёмы учебной деятельности с использованием рабочих тетрадей, понятийных карт, лабораторно-практических занятий и экскурсий, составлением практико-ориентированных задач, решаемых методом математического моделирования посредством дифференциальных уравнений и реализация математических моделей в виде небольших прикладных программ в Matcad.

Известный учёный-математик А. Д. Мышкис [2] считал, что необходимо учитывать появление и широкое распространение пакетов прикладных математических программ, поэтому центр тяжести в преподавании математики должен быть смещён в сторону понимания смысла рассматриваемых математических объектов, использования текстовых задач прикладной направленности, которые бы ярко иллюстрировали действенность изучаемых математических методов. Задачи алгоритмического характера – производные, интегралы, дифференциальные уравнения должны быть простыми и наглядными. Главное требование, которое надо предъявлять сегодня к обучающимся –

умение составить математическую модель, пусть и несложную, и провести её исследование [1, с. 3].

Список литературы

1. Марченко Т. Н. Современные вопросы математического образования студентов технических университетов [Электронный ресурс] / Т. Н. Марченко – Режим доступа: irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?...2...1...
2. Мышкис А. Д. О преподавании математики прикладникам / А. Д. Мышкис // Математика в высшем образовании. – Нижний Новгород, 2003. – № 1. – С. 37–52.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СДВИГА ЛИНИИ ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ОТ ПАРАМЕТРОВ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКОВ

Лобекин В.Н., Кафаров Р.Г., Бичурин М.И.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

slavalobekin@gmail.com

Активное развитие современной СВЧ-техники приводит к исследованию и созданию новых слоистых структур из материалов, обладающих различными физическими свойствами, которые можно комбинировать: магнитные и сегнетоэлектрические, магнитные и полупроводниковые и т.д. [1]. Для слоистой структуры состава феррит - пьезоэлектрик приложенное электрическое поле приводит к деформации пьезоэлектрика, что ведет к деформации ферромагнитного материала, в результате чего наблюдается сдвиг линии ферромагнитного резонанса [2]. В данной работе исследована зависимость сдвига линии ферромагнитного резонанса в слоистых структурах на основе железо-иттриевого граната от величины внешнего электрического поля и параметров различных пьезоэлектриков (ЦТС, Лангасит, Кварц). В результате исследования получены зависимости сдвигов линии ферромагнитного резонанса от параметров пьезоэлектриков (в основном, от величины диэлектрической проницаемости) в слоистых структурах ЖИГ-ЦТС, ЖИГ-Лангасит, ЖИГ-Кварц.

Полученные результаты показывают, что эффект сдвига линии ферромагнитного резонанса можно использовать для разработки новых управляемых СВЧ-устройств, принцип работы которых основан на электронной перестройке резонансных характеристик с помощью электрического поля и выборе типа пьезоэлектрика.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 22-25-20224.

Список литературы

1. M.I. Bichurin, V.M. Petrov, R.V. Petrov, A.S. Tatarenko, "Magnetolectric Composites", Pan Stanford Publishing Pte. Ltd.: Singapore, 2019, 280p.
2. Petrov V.M., Bichurin M.I., Saplev A.F., Tatarenko A.S., Lobekin V.N. Electric field induced broadening of magnetic resonance line in ferrite/piezoelectric bilayer. Journal of Applied Physics, 2017, vol. 121, id 224103.

ОБ ОДНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Матвеева О.П.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

Olga.Matveeva@novsu.ru

Система уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} (1 - \alpha \nabla^2) v_t = \nu \nabla^2 v - (v \cdot \nabla) v + \sum_{m=1}^r \sum_{s=0}^{n_m-1} A_{m,s} \nabla^2 w_{m,s} - \nabla p, \\ 0 = \nabla \cdot v, \\ \frac{\partial w_{m,0}}{\partial t} = v + \alpha_m w_{m,0}, \quad m = \overline{1, r}, \\ \frac{\partial w_{m,s}}{\partial t} = s w_{m,s-1} + \alpha_m w_{m,s}, \quad s = \overline{1, n_m - 1}, \quad \alpha_m \in \mathbb{R}_-, \quad A_{m,s} \in \mathbb{R}_+ \end{array} \right.$$

описывает однородную обобщенную модель динамики вязкоупругой несжимаемой жидкости Кельвина–Фойгта высокого порядка [1].

Функции $v = (v_1, K, v_n), v_i = v_i(x, t), x \in \Omega$ имеют физический смысл

скорости течения жидкости, функция $p = p(x, t)$ описывает давление. Здесь $\Omega \subset \mathbf{R}^n$, $n = 2, 3, 4$ – ограниченная область с границей $\partial\Omega$ класса C^∞ . Параметры $\nu \in \mathbf{R}_+$ и $\alpha \in \mathbf{R}$ соответствуют вязким и упругим свойствам жидкости. Параметры $A_{m,s}$ определяют время ретардации давления.

Для системы рассматривается задача Коши–Дирихле

$$\begin{cases} v(x, 0) = v_0(x), \quad p(x, 0) = p_0(x), \quad w_{m,s}(x, 0) = w_{m,s}(x) \quad \forall x \in \Omega, \\ v(x, t) = 0, \quad w_{m,s}(x, t) = 0 \quad \forall (x, t) \in \partial\Omega \times \mathbf{R}, \quad m = \overline{1, r}, \quad s = \overline{0, n_m - 1}. \end{cases}$$

Разрешимость задачи Коши–Дирихле для системы рассматривается в рамках теории полулинейных уравнений соболевского типа [2, 3].

Список литературы

1. Осколков, А.П. Начально-краевые задачи для уравнений движения жидкостей Кельвина-Фойгта и жидкостей Олдройта / А.П.Осколков // Труды матем. ин-та АН СССР. – 1988. – № 179. – С. 126–164.
2. Свиридюк, Г.А. Задача Коши для одного класса полулинейных уравнений типа Соболева / Г.А. Свиридюк, Т.Г. Сукачева // Сиб. матем. журнал. – 1990. – Т. 31, № 5. – С. 109–119.
3. Матвеева, О.П. ANALYSIS OF THE CLASS OF HYDRODYNAMIC SYSTEMS / О.П. Матвеева, Т.Г. Сукачева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Математика. Механика. Физика. – 2022. – Т. 14., №3. – С. 45–51.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОЧКОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Менделеев Е.А.¹, Курилов Р.О.¹, Радаев К.И.¹, Петров Р.В.¹, Назаров А.Г.²

¹Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

²ООО «Квантово - оптические системы»

evgen.mendeleev@yandex.ru

В начале XXI века люди ходили с монохромными телефонам, ограничивающиеся только звонками и отправкой сообщений другим людям, однако к концу первой четверти этого века они уже способны выводит трёхмерные объекты поверх нашего мира через камеру. Такая

технология получила название дополненная реальность. Эта технология используется в производстве, науке и индустрии развлечений [1-4]. Примером приложения дополненной реальности является «Prime ruler». Суть этого приложения заключается в том, что через камеру телефона можно измерить размеры любого объекта.

Однако данная технология в смартфоне является опциональной и, поэтому, не раскрывает все свои возможности. Расширить функционал дополненной реальности позволяют специально разработанные для этого очки. К примеру, работник будет продуктивнее обучаться работе за новым оборудованием, если перед его глазами будет видео, показывающее порядок действий, а в этот момент человек будет их повторять. Однако на рынке существует множество таких очков со своими техническими характеристиками и функциональностью.

Данная статья посвящена изучению технологии очков дополненной реальности и их функциональных возможностей с целью разработки программного обеспечения позволяющего расширить применение очков дополненной реальности для новых технических приложений.

Список литературы

1. Максим М. Миллионы миллионов. Как стартовать в игровой индустрии, работая удаленно, заработать денег и создать игру мечты — СПб.: Питер, 2021. — 320 с.
2. Мартин Р. Чистый код: создание, анализ и рефакторинг. Библиотека программиста. — СПб.: Питер, 2013. — 464 с.
3. Рахматуллаев А. Н. Технология виртуальной реальности // Молодой ученый. — 2021. — № 18 (360). — С. 50-58. — URL: <https://moluch.ru/archive/360/80615/>
4. Gamedev [Electronic resource]. — <https://dtf.ru/gamedev/628149-osobennosti-vr-razrabotki-chast-1-s-chego-nachat>. (accessed: 20.09.2021).

О ПОВЕДЕНИИ НЕКОТОРЫХ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В СРЕДНЕМ И В КОРОТКИХ ИНТЕРВАЛАХ

Неустроев Н.В.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

nvn54@mail.ru

Многие классические задачи арифметики тесно связаны с поведением теоретико-числовых функций, большинство из которых обладают аддитивностью или мультипликативностью. Для многих арифметических функций характерно, что при увеличении аргумента значения теоретико-числовых функций меняются крайне нерегулярно. Если вместо таких функций рассматривать их средние значения, то обычно оказывается, эти средние значения меняются довольно гладко и с достаточно большой точностью могут быть аппроксимированы сравнительно простыми выражениями.

Две теоремы о среднем значении мультипликативной функции $\frac{\varphi(n)}{n}$ и сильно аддитивной функции $\omega(n)$ в коротких интервалах доказаны с использованием подобных рассуждений работы [1].

Теорема 1. Пусть $h(x) = o(x)$ и $h(x) = h \rightarrow \infty$ при $x \rightarrow \infty$. Тогда почти для всех натуральных чисел $m \leq x$, за исключением $\ll \frac{x}{h} \sum_{(v,l), (v,l) > 1} \frac{|\mu(v)||\mu(l)|}{v^2 l^2} (v, l)$ имеет место асимптотическая формула:

$$\frac{1}{h} \sum_{m < n \leq m+h} \frac{\varphi(n)}{n} = \sum_{k \leq x} \frac{\mu(k)}{k^2} (1 + r_m) = \frac{6}{\pi^2} + o(1) (x \rightarrow \infty)$$

Здесь $\varphi(n)$ – функция Эйлера, $\mu(k)$ – функция Мебиуса, (v, l) – наибольший общий делитель чисел (v, l) ; h и m – целые положительные числа, $x_0 = \sqrt[4]{\frac{x}{\ln \ln x}}$.

Для доказательства теоремы 1 была доказана лемма.

Лемма. Пусть $h \leq x$ и $2 < x < x_0$. Тогда

$$\sum_{m \leq x} r_m^2 \ll \frac{x}{h} \sum_{(v,l), (v,l) > 1} \frac{|\mu(v)||\mu(l)|}{v^2 l^2} (v, l) \quad (x \rightarrow \infty)$$

Где v, l – числа какой-нибудь последовательности натуральных чисел.

Теорема 2. Пусть $h(x) = o(x)$ $h(x) = h \rightarrow \infty$ при $x \rightarrow \infty$. Тогда почти для всех натуральных чисел $m \leq x$ за исключением $\ll x \cdot h^{-1} (\ln \ln x)^{-1}$ имеет место следующая асимптотическая формула $\frac{1}{h} \sum_{m < n \leq m+h} \omega(n) = \ln \ln x (1 + o(1)) (x \rightarrow \infty)$ здесь $\omega(n)$ – количество простых делителей числа n .

Список литературы

1. Плаксин В. А. О порядке $\omega(n)$ на коротких интервалах / В. А. Плаксин // Аналитическая теория чисел : межвузовский сборник / Петрозаводский государственный университет им. О. В. Куусинена ; редколлегия : Б. М. Широков (ответственный редактор) [и др.]. – Петрозаводск, 1986. – С. 69-73.

КОНСТРУКТИВНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИС ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Орлова Д.А., Драгутъ М.В.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

orlovadaryavbg@yandex.ru

В настоящее время дециметровый диапазон частот ((0,3-3) ГГц) является наиболее освоенным. В нём работает значительное количество устройств телекоммуникаций, радиолокации и т.д. Поэтому задача разработки электронной компонентной базы, в том числе и монолитных интегральных схем (МИС), являющихся основой передовой радиоэлектронной аппаратуры, важна и актуальна.

СВЧ МИС производят с использованием разных полупроводниковых материалов – кремний и различные эпитаксиальные структуры арсенида галлия и нитрида галлия.

Наиболее универсальным исходным материалом, в данном случае, является гетероэпитаксиальные структуры, выращенные на полуизолирующей подложке GaAs.

В состав МИС в этом случае входит набор: пассивных элементов (МДМ – конденсаторы, спиральные катушки, элементы заземления и т.д.) и активных – транзисторы. Причем сравнительно низкие рабочие частоты могут быть, как у MESFET, так и разных видов НЕМТ транзисторов с топологической нормой 1 мкм.

Следует отметить, что особенностью МИС дециметрового диапазона является возможность применения различных видов заземляющих элементов.

В ИС широко используются пленочные конденсаторы, которые во многом влияют на их схемотехнические и эксплуатационные характеристики, что определяется конструкцией и технологией изготовления данных структур.

В результате проведенных исследований была изучена зависимость параметров диэлектрической пленки нитрида кремния МДМ - конденсатора СВЧ МИС от параметров установки и выявлен

оптимальный режим осаждения, а также рассчитана электрическая прочность.

ЭКБ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЗОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА ATMEGA8

Осинний Н.А.^{1,2}, Семенов И.Г.¹, Петров М.Н.²

¹АО «ОКБ-Планета»

²Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

nikita.osinnii@yandex.ru

В современном мире человеку приходится сталкиваться с загрязнениями воздуха, вызванными, в частности, промышленными предприятиями. Химические вещества, находящиеся в воздухе, имеют свойство накапливаться в организме человека. Причем многие из них попадают в организм человека через дыхательные пути. При этом даже в малых количествах эти химические соединения способны вызывать самые различные симптомы (головная боль, головокружение) и заболевания, если время их воздействия достаточно велико. На сегодняшний день очистка воздуха с помощью озонирования является наиболее эффективным и экономичным способом. Поэтому существует необходимость разработки эффективных систем озонирования воздуха.

Данная работа посвящена электронной компонентной базе (ЭКБ) для разрабатываемой системы озонирования воздуха. Следует отметить, что выбор ЭКБ является одним из важнейших этапов разработки или проектирования. Новизна работы системы озонирования воздуха заключается в использовании в ней микроконтроллера семейства Atmega8, а также двух датчиков – датчика потока и датчика кислорода. В работе приведена структурная схема системы озонирования, где микроконтроллер представляет собой центральный процессор, который имеет связь с датчиками по интерфейсу RS-232, и от которого сигналы идут на исполнительные элементы. Также в работе обоснованы критерии выбора компонентов, их основные характеристики, а также принципы их функционирования в данной системе.

МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РЕЗИСТОР НА ОСНОВЕ МАГНИТОСТРИКЦИОННО-ПЬЕЗОПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЫ Metglas/GaAs

Петров Д.А., Леонтьев В.С., Семенов Г.А., Иванов С.Н., Бичурин М.И.

Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого
(Великий Новгород, Россия)
petrovvd@okbplaneta.ru

Представлены результаты исследований магнитострикционно-пьезополупроводниковой структуры и практическое применение измеренной структуры в качестве магнитоэлектрического резистора. Задачей предложенного решения является повышение чувствительности резисторов к магнитному полю.

Важнейшей задачей, стоящей сегодня перед электронной промышленностью страны, является разработка и внедрение новой отечественной высокочувствительной электронной компонентной базы и дальнейшее совершенствование радиоэлектронной аппаратуры. Решить – эту задачу возможно за счет изобретения и использования новых приборов и устройств, относящихся к приборам магнитоэлектрической электроники в широком диапазоне частот.

Появление подобных приборов и устройств обусловлено применением новых уникальных по своим свойствам материалов, структур и технологий их производства. Системный анализ доступных материалов в отечественной и зарубежной научно-технической литературе подтверждает, что на протяжении последних лет наблюдается постоянно возрастающий интерес к исследованию и разработке магнитоэлектрических приборов в области низких частот и электромеханического резонанса.

В качестве магнитоэлектрического резистора предложена конструкция, состоящая из магнитострикционно-пьезополупроводниковой структуры Metglas/GaAs и двух омических контактов. Конструкция представлена на рисунке 1.

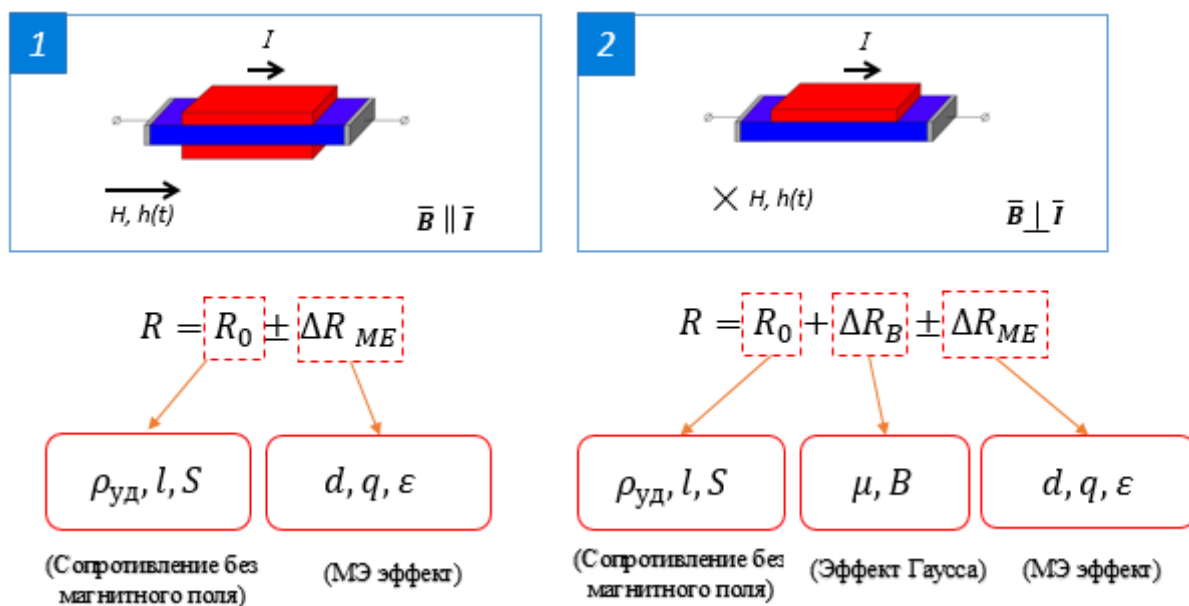


Рисунок 1. Структура магнитоэлектрического резистора

Наличие магнитоэлектрического эффекта в магнитоэлектрическом резисторе позволяет увеличить чувствительность к магнитному полю в области электромеханического резонанса с использованием различных типов колебаний.

В последнее время большинство исследований и разработок проводились исключительно с целью создания пассивных магнитоэлектрических структур, приборов и устройств, таких как, магнитоэлектрические датчики магнитного поля, датчики тока, гираторы и т.д. И только в последнее время стали появляться работы по исследованию пьезополупроводниковых материалов, которые могут быть взяты за основу при разработке новых магнитоэлектрических приборов. Более того, в настоящее время, как в России, так и за рубежом, практически отсутствуют работы по разработке физических принципов создания активных низкочастотных приборов на основе магнитоэлектрического эффекта.

На основе исследований физических принципов построения и производства магнитоэлектрического резистора можно разработать активные устройства, такие как магнитоэлектрический диод, магнитоэлектрический транзистор и магнитоэлектрический тиристор.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВВОДА ИЗЛУЧЕНИЯ В ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИЙ ВОЛНОВОД НА ОСНОВЕ НИТРИДА КРЕМНИЯ ЧЕРЕЗ РЕШЕТОЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СВЯЗИ

Прохоров А.Ю.¹, Воронаев К.О.¹, Селезнёв Б.И.²

¹АО «ОКБ-Планета»

²Новгородский государственный университет имени Ярослава
Мудрого
(Великий Новгород, Россия)
prohorovay@okbplaneta.ru

Решеточный элемент связи интегрально-оптического волновода на основе брэгговской решетки является одним из распространенных способов ввода/вывода излучения света в фотонные интегрально-оптические элементы. Одним из основных параметров, определяющих эффективность ввода оптического излучения в волновод, является угол падения света.

Целью настоящей работы является построение двумерной модели интегрально-оптического волновода из нитрида кремния в рамках пакета Comsol Multiphysics, проведение модового анализа светового пучка с длиной волны 1,55 мкм и определение оптимального значения угла падения излучения на брэгговскую решетку, представленную на рисунке 1.

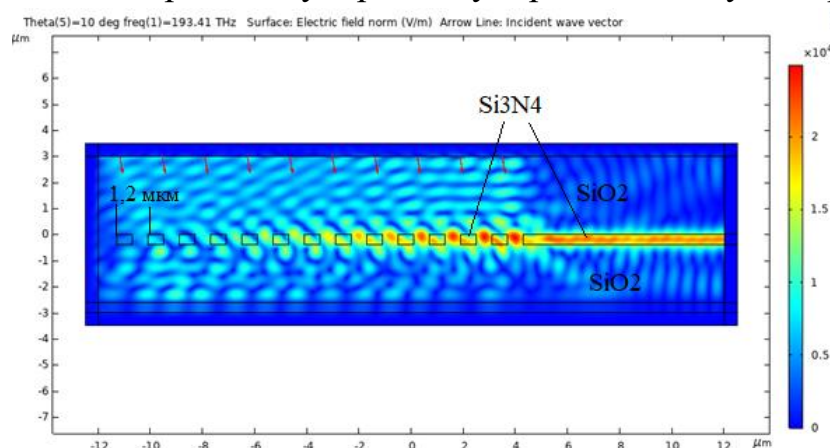


Рисунок 1. Брегговская решетка

В результате моделирования установлено, что оптимальный угол падения излучения на брэгговскую решетку, состоящую из 13 периодов, составляет 11 градусов. При этом эффективность такого ввода составляет примерно 45%.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАТВОРОВ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ДМОП-ТРАНЗИСТОРОВ

Суетов Е.С.^{1,2}, Ласткин В.А.¹, Петров М.Н.²

¹АО «ОКБ-Планета»

²Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого
(Великий Новгород, Россия)

suetov.1999@mail.ru

Как известно, в технологии изготовления кремниевых МОП-транзисторов в качестве затворов, в силу ряда достоинств, используется легированный поликремний [1]. При необходимости повышения быстродействия полевых транзисторов затвор делают из тугоплавкого металла [2], например молибдена. Однако металлический затвор плохо совместим с тонкопленочными подзатворными диэлектриками ввиду большой разницы их температурных коэффициентов линейного расширения. Также при использовании металлических затворов очень высок риск прокалывания тонкого подзатворного диэлектрика зернами металла, что ухудшает электрические параметры затвора транзистора.

Для решения данной проблемы была использована технология формирования затвора из двухслойной системы пленок: сначала осаждается пленка поликристаллического кремния, а затем поверх него напыляется тонкий слой металла.

Показано что применяемая технология позволяет изготовить транзистор с низкоомным затвором, обладающим выходными ВАХ соответствующими обычному транзистору.

Список литературы

1. Ковалевский А.А., Борисенко В.Е., Борисевич В.М., Долбик А.В. Исследование влияния легирующих примесей на электрофизические параметры пленок поликристаллического кремния // Микроэлектроника, 2005. Т. 34. № 3. С. 172-180.
2. Robertson J., Wallace R., High-K materials and metal gates for CMOS applications // Materials Science and Engineering: R: Reports. February 2015. Vol. 88. P. 1–41. DOI:10.1016/j.mser.2014.11.001

OSKOLKOV'S MODELS AND SOBOLEV-TYPE EQUATIONS

Sukacheva T.G.

Yaroslav-the-Wise State University

(Veliky Novgorod, Russia)

tamara.sukacheva@novsu.ru

This report is a review of the works carried out by the author together with her students and devoted to the study of various Oskolkov's models [1]. Their distinctive feature is the use of the semigroup approach, which is the basis of the

phase space method, which is widely used in the theory of Sobolev-type equations.

Various models of an incompressible viscoelastic fluid described by the Oskolkov's equations are presented. The degenerate problem of magnetohydrodynamics, the problem of thermal convection, and the Taylor problem are considered as examples. The solvability of the corresponding initial-boundary value problems is investigated within the framework of the theory of Sobolev-type equations based on the theory for p -sectorial operators and degenerate semigroups of operators. An existence theorem is proved for a unique solution, which is a quasi-stationary semi-trajectory, and a description of the extended phase space is obtained. Also results about the solvability of the Avalos–Triggiani problem for the linear Oskolov's system and a system of wave equations are represented [2, 3]. The foundations of the theory of solvability of Sobolev-type equations were laid by Professor G. Sviridyuk. Then this theory, together with various applications, has successfully been developed by his followers.

References

1. Sukacheva T.G. Oskolkov's Models and Sobolev-type Equations // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSU MMCS. 2022. Vol. 15. № 1. P. 5-22.
2. Sviridyuk G.A., Sukacheva T.G. The Avalos–Triggiani Problem for the Linear Oskolov System and a System of Wave Equations // Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2022. Vol. 62. №. 3. P. 427–431.
3. T.G.Sukacheva., G.A.Sviridyuk The Avalos–Triggiani Problem for the Linear Oskolov System and a System of Wave Equations. II // Journal of computational and engineering mathematics. 2022. Vol. 9. №. 2. P. 67-72. DOI: 10.14529/jcem220206

ФУНКЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТИПА ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО КОСИНУСА И МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛОВ НЕКОТОРОГО КЛАССА

Токмачев М.С.

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого
(Великий Новгород, Россия)

mtokm@yandex.ru

Многие известные вероятностные распределения получаются в результате функциональных преобразований случайных величин. В данной работе в качестве базового рассматривается трехпараметрическое семейство распределений типа гиперболического косинуса, $X \sim Ch(m, \beta, \mu)$, с плотностью вероятностей

$$p_m(x) = p_m(x; m, \beta, \mu) = \frac{2^{m-2} m \beta^{m-1}}{\pi(\beta^2 + \mu^2)^{\frac{m}{2}}} A^{\frac{mx}{2\beta}} B\left(\frac{m}{2} - \frac{imx}{2\beta}; \frac{m}{2} + \frac{imx}{2\beta}\right),$$

где $m, \beta, \mu \in \mathbf{R}$; $m > 0$; $\beta > 0$; $B(p; q)$ - бета-функция, $i = \sqrt{-1}$,

$$A \equiv \left(\frac{\beta - i\mu}{\beta + i\mu}\right)^i = \begin{cases} e^{\arctg \frac{2\beta\mu}{\beta^2 - \mu^2}} & \text{при } \beta^2 - \mu^2 > 0, \\ e^{\arctg \frac{2\beta\mu}{\beta^2 - \mu^2} + \pi \operatorname{sign} \mu} & \text{при } \beta^2 - \mu^2 < 0, \\ e^{\frac{\pi}{2} \operatorname{sign} \mu} & \text{при } \beta^2 - \mu^2 = 0. \end{cases}$$

Указанное вероятностное распределение – обобщение известного двухпараметрического распределения Майкснера. Из распределений типа гиперболического косинуса $Ch(m, \beta, \mu)$ с помощью некоторых функций случайных величин получены новые распределения и для них рассмотрены соответствующие интегральные равенства. А затем интегралы от новых комбинаций функций вновь выражены через параметры m, β, μ .

Авторские результаты нахождения моментов распределения типа гиперболического косинуса позволили также вычислить ряд нетривиальных несобственных интегралов определенного класса от комбинации степенных, экспоненциальных, гиперболических и других функций при трех параметрах.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ В НИТРИД ГАЛЛИЯ

Федоров Д.Г., Селезнев Б.И., Желаннов А.В., Боченков Г.М.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

FedorovDG@okbplaneta.ru

Исследованы характеристики слоев нитрида галлия, имплантированных ионами $^{28}\text{Si}^+$, подвергнутых высокотемпературному фотонному отжигу в среде азота с использованием защитных покрытий SiO_2 и Si_3N_4 . Дозы имплантации 10^{14} - 10^{15} см $^{-2}$, энергия имплантированных ионов 50-100 кэВ. Рассчитаны профили Si^{28} в GaN при различных энергиях

имплантации и Ar^{40} при энергии имплантации до 200 кэВ. Проведена оценка глубины проникновения ионов в мишень при другой массе ионов. Рассмотрена имплантация кремния на интерфейс гетероструктуры AlGaN/GaN .

Исследована технология ионной имплантации $^{28}\text{Si}^+$ через диэлектрическую маску, позволяющую уменьшать величину удельного контактного сопротивления и улучшать характеристики приборных структур. Показано улучшение параметров омических контактов с системой металлизации $\text{Ti}/\text{Al}/\text{Ni}/\text{Au}$ и выходных характеристик транзисторов на основе гетероструктур AlGaN/GaN при имплантации через маску SiO_2 толщиной 50 нм.

Рассматривается технологический цикл формирования межприборной изоляции на гетероэпитаксиальной структуре $\text{AlGaN}/\text{AlN}/\text{GaN}$, выращенной на подложке кремния с применением технологии ионной имплантации и травления мезы. Проведен расчет профиля Ar^{++} в гетероэпитаксиальной структуре $\text{AlGaN}/\text{AlN}/\text{GaN}$. С помощью программы TRIM получено распределение дефектов в гетероэпитаксиальной структуре. Проведены измерения сопротивления межприборной изоляции.

Рассматривается формирование межприборной изоляции на гетероструктурах $\text{AlGaN}/\text{AlN}/\text{GaN}$ методом ионной имплантации азота без использования диэлектрических покрытий. Промоделированы процессы ионного легирования азотом структур на нитриде галлия с разными энергиями внедряемой примеси для выбора оптимального режима.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

Яковлев В.О., Хаванова М.А.

Новгородский государственный университет имени Ярослава

Мудрого

(Великий Новгород, Россия)

s233425@std.novsu.ru

Магнитоэлектрические (МЭ) антенны имеют ряд преимуществ, а именно: тонкопленочная технология, позволяющая устройству иметь малый размер и вес, высокое пространственное разрешение, а также совместимость с КМОП технологией. Такие устройства выполняют на основе особых материалов – сегнетомагнетиков. Наиболее распространенными вариантами таких материалов являются

гетероструктуры пьезомагнетик/пьезоэлектрик, В работе был изучен композит FeGaB/AlN.

Несмотря на малые размеры, антенна является комплексным устройством. Она состоит из подложки и нескольких слоев тонких пленок, напыляемых и протравливаемых поочередно. Структура МЭ антенны приведена на рисунке 1 [1].

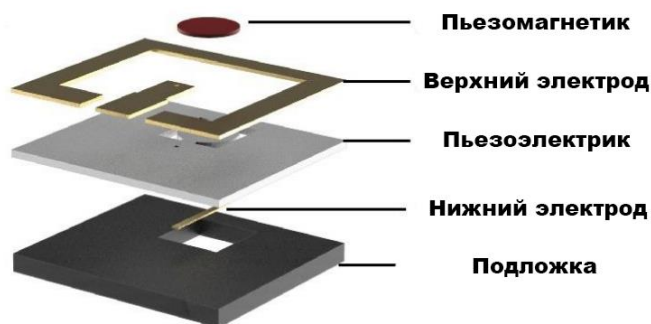


Рисунок 1 – Структура МЭ-антенны

Выполнено моделирование антенны в программе ANSOFT Electronics Desktop в модуле HFSS. При моделировании использовались особые возможности программы такие как: задание недиагонального ферритового материала при помощи тензора Польдера, а также моделирование полей в многослойной копланарной структуре. В работе проведен анализ параметров полученной структуры. Результатом являются графики S-параметров и диаграмма направленности.

МЭ-антенны широко применяются в биомедицинских устройствах, беспилотных автономных системах, устройствах сбора энергии, при геофизических исследованиях.

Список литературы

1. A Low-Frequency MEMS Magnetoelectric Antenna Based on Mechanical Resonance / Yinan Wang, Zhibo Ma, Guanglei Fu, Jiyang Wang, Qi

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Ярошук П.О.

Воронежский Государственный Университет

(Воронеж, Россия)

pay.pray.spray@gmail.com

В данном докладе рассматривается путь построения алгоритма компьютерного зрения с использованием исследований в области нейрофизиологии человеческого мозга. Он должен обеспечивать

построение карты препятствий в условиях недостаточных, на первый взгляд, данных. Подобный алгоритм мог бы стать как аварийным методом ориентации в пространстве для сложного роботизированного транспорта, так и непрерывным для более простого.