

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 621

№ гос. рег. АААА-А17-117041850229-4

УТВЕРЖДАЮ

Председатель СПбНЦ РАН  
академик



Ж. И. Алфёров

**ОТЧЕТ**

**о научно-исследовательской работе**

**«Наноструктуры: физика, химия, биология, основы  
технологий (код программы 1.1 П)»  
(тема № 0240-2016-0001)**

Этап 2017 года

Зам. научного руководителя  
д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН

  
А.Е. Жуков

Санкт-Петербург

2017

## СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зам. научного

руководителя темы

г.н.с., д.ф.-м.н., член-

корр. РАН



---

А.Е. Жуков

(введение, заключение, раздел 1)

Исполнители темы:

в.н.с., д.ф.-м.н.



---

Г.Э. Цырлин (раздел 1)

в.н.с., к.ф.-м.н.



---

Н.Ю. Гордеев (раздел 1)

в.н.с., к.ф.-м.н.



---

Ю.М. Шерняков (раздел 1)

в.н.с., к.ф.-м.н.



---

И.П. Сошников (разделы 1, 4)

н.с.



---

О.И. Симчук (раздел 1)

к.ф.-м.н.



---

Е.В. Никитина (разделы 2, 3)

м.н.с.



---

К.А. Иванов (раздел 2)

с.н.с., к.х.н.



---

В.М. Бойцов (разделы 5, 7)

н.с., к.б.н.



---

Н.А. Князев (раздел 6)

н.с.



---

М.Н. Рязанцев (раздел 7)

## РЕФЕРАТ

Отчет 127 стр., 65 рис., 85 ист., 8 табл., 1 прил.

ТЕРАГЕРЦОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, КВАНТОВО-КАСКАДНЫЙ ЛАЗЕР, МОЛЕКУЛЯРНО-ПУЧКОВАЯ ЭПИТАКСИЯ, ПЛАЗМОН, РЕЗОНАТОР, СВЕРХРЕШЕТКИ, НИТЕВИДНЫЕ НАНОКРИСТАЛЛЫ, ПЬЕЗОЭФФЕКТ, ВОДНЫЕ СОЛЕВЫЕ РАСТВОРЫ, НАНОПРЕПАРАТЫ, ФОТОХРОМНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ, ПЕПТИДЫ, ЭРИТРОМИЕЛОЛЕЙКОЗ ЧЕЛОВЕКА

В 2017 году исследования по теме «Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий (код программы 1.1П)» в ФГБУН «Санкт-Петербургский научный центр РАН» проводились по семи направлениям Программы.

По направлению 1.1.4.1 проведены: исследования зависимости положения электронных уровней и силы осциллятора переходов от приложенного электрического поля для терагерцового квантово-каскадного лазера; выбор режимов термокомпрессионного соединения гребневого полоска лазера с проводящей подложкой n<sup>+</sup>-GaAs на основе Au-Au; моделирование процессов теплопереноса в терагерцовых квантово-каскадных лазерах; исследования характеристик многослойных квантово-каскадных гетероструктур GaAs/AlGaAs с двойным металлическим волноводом и демонстрация полностью отечественного квантово-каскадного лазера ТГц диапазона.

По направлению 1.1.4.6 проведены: разработка конструкции наноструктуры с квантовыми точками в активной области, для достижения лазерной генерации на основе локализованного состояния Таммовского плазмона; исследование методов минимизации оптического поглощения в металлических слоях наноструктур, и оптимизация структуры; теоретическое и

экспериментальное исследование изменение вероятности спонтанного излучения в микрорезонаторах металл/полупроводник; проанализирована связь локализованного состояния Таммовского плазмона и поверхностных состояний.

По направлению 1.1.8.7 разработаны конструкции многослойных гетероструктур в системе материалов InGaAsN/GaAs; разработаны конструкции многослойных гетероструктур с InAs/GaAsN сверхрешеткой на подложках GaAs; проведен эпитаксиальный синтез методом молекулярно-пучковой эпитаксии многослойных гетероструктур с InAs/GaAsN сверхрешеткой на подложках GaAs; проведена комплексная диагностика структурных свойств многослойных гетероструктур с InAs/GaAsN сверхрешеткой на подложках GaAs.

По направлению 1.1.8.8 проведены: разработка методики роста нитевидных нанокристаллов полупроводниковых материалов GaAs, AlGaAs с преимущественной структурой вюрцитного типа; разработка дизайна и методики формирования структур с вертикальными массивами и дискретными группами ННК для измерений пьезосвойств; исследование пьезоэлектрических свойств массивов (ансамблей) и дискретных ННК полупроводниковых материалов GaAs и AlGaAs при различных механических воздействиях; разработка модели, позволяющей связать структурные характеристики образцов и их поляризационные свойства.

По направлению 3.1.13 проведены: теоретическое исследование координации ионов калия и натрия относительно аминокислот в солевом растворе, изучение влияния природы металла на структуру образующегося комплекса; изучение возможности образования пептидов из свободных аминокислот в среде экстремальных концентраций солей без добавления дополнительных активаторов; анализ смесей пептидов, полученных олигомеризацией глицина; разработка не требующих предварительного

обессоливания методик разделения и однозначной идентификации смесей получаемых олигопептидов.

По направлению 3.2.1 разработан метод оценки подавления экспрессии гена *bcr-abl* методом ПЦР в реальном времени; протестированы миРНК для подавления экспрессии гена *bcr-abl* на модели хронического миелоидного лейкоза на линии клеток к562; проведена оценка жизнеспособности клеток VAF3 экспрессирующих ген BCR-ABL и Vaf3 экспрессирующие ген BCR-ABL с мутацией T315I; разработана модель для оценки действия комплексов миРНК и пептида *in vivo* на модели хронического миелоидного лейкоза.

По направлению 3.2.6 методами компьютерного моделирования и квантовой химии проведен рациональный дизайн и генерирование библиотеки функциональных производных молекулярных переключателей на основе тетраалкиламмоний-замещенных азофталинов; методами *ab initio* квантовой химии проведено компьютерное моделирование структурных характеристик потенциальных кандидатов.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	15
1 Разработка технологии молекулярно-пучковой эпитаксии квантово-каскадных лазеров терагерцового диапазона (1.1.4.1.)	15
2 Оптоэлектронные структуры на основе таммовских плазмонов (1.1.4.6.)	35
3 Комплексное исследование физических основ технологии эпитаксиального роста прецизионных многослойных полупроводниковых наноструктур: синтез, измерение характеристик, компьютерное моделирование роста и свойств (1.1.8.7.)	53
4 Исследование пьезосвойств структур с нитевидными нанокристаллами (1.1.8.8.)	79
5 Разработка фундаментальных основ масс-спектрометрического определения первичной структуры нанообъектов пептидной природы в концентрированных водных солевых растворах (3.1.13.)	115
6 Создание новых молекулярных конструкций на основе проникающих пептидов для высокоэффективной внутриклеточной доставки миРНК (3.2.1.)	131
7 Разработка новых лекарственных нанопрепаратов для восстановления функции фоторецепторных клеток дегенеративно-пораженной сетчатки глаза на основе фотохромных переключателей (3.2.6.)	143
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
Приложение А Сведения о публикациях по проекту	