

Университет ИТМО

Мой прекрасный диплом  
«СВЕРХБЫСТРАЯ ДИНАМИКА НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НИТЕВИДНЫХ  
НАНОКРИСТАЛЛАХ.»

Студент: Елисеев А.

Группа: V3400

Научрук: Валерий Николаевич

Санкт-Петербург

2017

## АННОТАЦИЯ

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ .....	2
ГЛАВА 1 Введение	4
1.1 Актуальность темы работы. ....	4
1.2 Динамика носителей в ННК, что изучено? .....	5
ГЛАВА 2 Основная часть	6
2.1 Зависимость ТГц излучения от динамики .....	6
2.2 Схема установки, описание метода .....	6
2.3 Упорядоченные образцы ННК GaAs.....	6
2.4 Полученные результаты .....	6
2.5 Упорядоченные образцы с шубой .....	7
2.6 Связь GaAs и AlGaAs .....	7
2.7 Неупорядоченные ННК на основе GaAs.....	7
2.8 Динамика в неупорядоченных ННК .....	7
2.9 Анализ и сравнение для разных образцов.....	7
2.10 Те самые образцы, для которых эффективность генерации увеличивается .....	7
ГЛАВА 3 Заключение	8
3.1 Динамика .....	8
3.2 Где следует применить полученные результаты .....	8
3.3 Положения дипломной работы .....	8
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	9
СПИСОК ТЕРМИНОВ .....	10
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	11
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	12

# ГЛАВА 1

## Введение

### 1.1 Актуальность темы работы.

Полупроводниковые наноструктуры в виде свободно стоящих полупроводниковых нитевидных нанокристаллов (ННК), а так же отдельные ННК, являются одними из наиболее перспективных объектов для применения в нанoeлектронике, нанoфотонике, а так же во многих других областях науки и техники. Так ННК используются для создания сверхчувствительных фотодиодов [1], транзисторов сверхвысокой плотности [2], эмиттеров излучения видимого диапазона волн [3] и ТГц диапазона [4].

Огромная перспективность таких нанообъектов и структур на их основе обусловлена рядом уникальных электрических и оптических свойств. При создании метаповерхностей на основе свободно стоящих ННК, характерные размеры которых порядка 100 нм в диаметре и 1 мкм по высоте, получаютcя структуры с огромным по сравнению с объемными материалами соотношением площади поверхности к объему. В работе [4] было показано, что генерация ТГц излучения от упорядоченного массива ННК на основе *GaAs* может быть практически в два раза эффективнее, чем от *InAs* - объемного полупроводникового материала, который обладает наибольшей эффективностью генерации ТГц излучения. Такая высокая эффективность обусловлена именно тем, что соотношение площади поверхности к объему у таких структур значительно выше, чем у объемных материалов.

При создании структур описанных в предыдущем параграфе, первостепенную важность занимает изучение вопроса влияния формы материала и ее размеров на динамику носителей заряда. Например, при значительном увеличении отношения площади поверхности к объему увеличивается вклад поверхностной рекомбинации носителей в материале. Таким образом время жизни электронов и дырок в наноструктурах на основе свободно стоящих полупроводниковых ННК может существенно отличаться от времени жизни в соответствующем объемном полупроводнике. Исследование этих отличий является основной задачей, которую необходимо решить перед тем, как использовать подобные материалы

в качестве основы для базовых элементов наноэлектроники и нанофотоники.

Кроме того необходимо учитывать, что в полупроводниковых ННК при диаметрах порядка десятка нанометров и меньше и при концентрации  $\geq 10^{17} \text{см}^{-3}$  процессы переноса в статических внешних полях описываются только продольной составляющей квазиимпульса, как это имеет место в чисто одномерном ( $1D$ ) случае. Динамика носителей заряда в таких структурах существенно отличается от динамики в объемных материалах. Например, в таких низкоразмерных системах как тонкие ННК, экранирование внешнего электромагнитного поля носит качественно иной характер, чем в объемных полупроводниках. Заряды, которые экранируют внешнее электромагнитное поле во всем пространстве, сами ограничены в своем движении одной линией. В связи с этим, эффективность экранирования в одномерных и квазиодномерных ННК значительно ниже, чем в случае трехмерных систем. Кроме того, как показано в [5], в одномерных структурах процессы релаксации происходят по диффузионному закону, а дрейф носителей вносит лишь небольшую поправку в эффективный коэффициент диффузии. В то же время в трехмерном случае релаксация заряда в основном определяется дрейфовыми процессами.

## 1.2 Динамика носителей в ННК, что изучено?

Какие есть работы и что в них изучено.

Чего нет и почему это необходимо.

## ГЛАВА 2

### Основная часть

Коротко о том, что я напишу в этой главе.

#### 2.1 Зависимость ТГц излучения от динамики

Коротко, о том, от чего зависит ТГц излучение от ННК. Определяющие процессы.

#### 2.2 Схема установки, описание метода

Ссылочка На статью, где впервые описан этот метод и его описание

Схема, ссылка на приложение, в котором описаны характеристики элементов, используемых в схеме.

#### 2.3 Упорядоченные образцы ННК GaAs

Метод газофазной эпитаксии, ссылка на статью и короткое описание с картиночкой

Ориентация *GaAs*, получившиеся образцы, фото СЭМ

#### 2.4 Полученные результаты

Типичные волновые формы

Динамика, для упорядоченных образцов, при разной мощности накачки

Характерные участки (короткая и длинная динамика)

Зависимость от мощности накачки, для короткой динамики.

Объяснение результатов, гипотезы, предположения.

Возможно, спектральные компоненты, для подтверждения предположений

## 2.5 Упорядоченные образцы с шубой

Узнать у ВН и разобраться самому

## 2.6 Связь GaAs и AlGaAs

Наверняка в динамике должно быть видно проявление изменения концентрации ловушек на поверхности и вообще изменения встроенного поля. Тут же надо привести зонную диаграмму.

## 2.7 Неупорядоченные ННК на основе GaAs

Метод получения, ссылка на статью и короткое описание.

## 2.8 Динамика в неупорядоченных ННК

Динамика, основные параметры

## 2.9 Анализ и сравнение для разных образцов

Объяснение разницы в динамике

## 2.10 Те самые образцы, для которых эффективность генерации увеличивается

Процессы, отвечающие за генерацию ТГц в этих образцах.

Почему так происходит увеличение эффективности.

Сравнить "наилучшую" эффективность для каждого из образцов

## ГЛАВА 3

### Заключение

#### 3.1 Динамика

Все, что удалось узнать.

#### 3.2 Где следует применить полученные результаты

Наверное важно сказать об этом.

#### 3.3 Положения дипломной работы

Все что удалось узнать, но в виде выражений и емких утверждений.



## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

## СПИСОК ТЕРМИНОВ

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Agarwal R., Lieber C. M. Semiconductor nanowires: optics and optoelectronics //Applied Physics A. – 2006. – Т. 85. – №. 3. – С. 209.
2. Tomioka K., Yoshimura M., Fukui T. A III-V nanowire channel on silicon for high-performance vertical transistors //Nature. – 2012. – Т. 488. – №. 7410. – С. 189-192.
3. Duan X. et al. Single-nanowire electrically driven lasers //Nature. – 2003. – Т. 421. – №. 6920. – С. 241-245.
4. Trukhin V. N. et al. Generation of terahertz radiation in ordered arrays of GaAs nanowires //Applied Physics Letters. – 2015. – Т. 106. – №. 25. – С. 252104.
5. Аверкиев Н.С., Шик А.Я. Контактные явления в квантовых нитях и пористом кремнии//Физика и техника полупроводников. - 1996. - №.2 - С. 199

## ПРИЛОЖЕНИЯ