

## Влияние прямоугольных алюминиевых наноантенн на оптическое излучение множественных квантовых ям GeSiSn/Si<sup>\*</sup>

С.А. Хахулин<sup>1</sup>, Д.В. Коляда<sup>1</sup>, Д.Д. Фирсов<sup>1</sup>, О.С. Комков<sup>1</sup>, В.А. Тимофеев<sup>2</sup>,  
И.В. Скворцов<sup>2</sup>, В.И. Машанов<sup>2</sup>, А.Е. Гайдук<sup>2</sup>, Д.Е. Уткин<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, г. Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

Методами ИК-фурье-спектроскопии отражения и анизотропного отражения определены спектральные положения локализованного поверхностного плазмонного резонанса в массивах алюминиевых наноантенн прямоугольной формы, сформированных на поверхности излучающих гетероструктур с квантовыми ямами GeSiSn/Si. Показано, что взаимодействие наноантенн с оптическим излучением GeSiSn/Si приводит к его частичной поляризации. Также продемонстрировано усиление интенсивности фотолюминесценции гетероструктур, которое зависит от спектрального совпадения диапазонов излучения множественных квантовых ям и локализованного поверхностного плазмонного резонанса в наноантеннах.

**Ключевые слова:** гетероструктуры, локализованный поверхностный плазмонный резонанс, GeSiSn, фурье-спектроскопия, отражение, анизотропное отражение, фотолюминесценция.

### Введение

Разработка оптических устройств на основе кремниевой технологии является перспективным направлением, способным значительно увеличить скорость вычислительных систем, основанных на кремнии [1]. Поскольку подавляющее большинство массовой микроэлектроники производится с использованием кремниевых технологий, интеграция фотонных компонентов на кремниевой платформе является актуальной задачей.

Одним из перспективных материалов для создания оптических систем на основе кремниевой технологии является твердый раствор GeSiSn, являющийся прямозонным при определенных составах [2]. Технология выращивания высококачественных гетероструктур на основе GeSiSn в настоящее время активно развивается, что делает данный материал удобным для его практического применения [3–5].

Увеличение фоточувствительности различных приборных прототипов на основе гетероструктур и управление их излучающими свойствами возможно благодаря использованию плазмонных металлических наноантенн, формируемых на поверхности таких структур [6]. Под воздействием электромагнитного излучения свободные электроны в металлических наночастицах приобретают коллективное колебание, что при определенной энергии приводит к появлению в наночастицах локализованного поверхностного плазмонного резонанса (localized surface plasmon resonance – LSPR). В результате такого резонанса вблизи наночастиц появляется сильное электрическое поле, что широко используется для усиления комбинационного рассеяния, ускорения химических реакций и т.д. [7]. Такие частицы также называются оптическими наноантеннами, поскольку при помощи них можно в разы усиливать слабые оптические сигналы [6]. Это свойство позволяет управлять оптическим излучением, достигая необходимого уровня его интенсивности.

Цель данной работы – исследование оптических свойств гибридной системы, включающей излучающие множественные квантовые ямы GeSiSn/Si и алюминиевые оптические наноантенны прямоугольной формы, сопряженные с гетероструктурой.

<sup>\*</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-79-10092).