Методы усиления фототока ближнего инфракрасного диапазона в гетероструктурах Ge/Si с квантовыми точками Ge

А.А. Блошкин^{1,2}, А.И. Якимов¹, В.В. Кириенко¹, А.В. Двуреченский^{1,2}, Д. Е. Уткин^{1,2}

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова, Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева 13.

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, ул. Пирогова 2
тел: +7 (383) 333-28-32, факс: +7 (383) 333-28-32, эл. почта: bloshkin@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-27

Исследованы различные методы усиления фотоотклика в ближнем инфракрасном диапазоне гетероструктур Ge/Si с квантовыми точками Ge, сопряженных с различными поверхностными наноструктурами. С помощью математического моделирования установлены пространственные конфигурации электромагнитных полей, в таких гетероструктурах, а так же спектральная зависимость фактора усиления интенсивности электрического поля.

Рассматривались три основных типа структур. Первый тип гетероструктур представлял собой слои квантовых точек Ge выращенных на подложке Si и сопряженных с двумерными квадратными решетками круглых отверстий различного диаметра в золотой пленке, выступающими в качестве метаповерхностей, позволяющих преобразовать внешнее электромагнитное излучение в поверхностные плазмонные моды на границе Au-Si. Для такого типа фотопроводящих структур обнаружено, что величина плазмонного усиления поля, как функция диаметра отверстий демонстрирует максимум, при котором происходит смена блоховских плазмон-поляритонных мод, распространяющихся вдоль границы раздела Au-Si на локализованные плазмонные моды [1].

Второй тип гетероструктур выращивался на подложках кремний-на-изоляторе и в качестве поверхностной наноструктуры имел массив металлических дисков, выполненных из различных металлов, таких как алюминий или золото, с адгезионным слоем титана. Показано, что таких гетероструктурах возникают локализованные плазмонные моды на гетерогранице металл-кремний и моды планарного волновода, формирующегося из-за разницы показателей преломления кремния и захороненного слоя SiO₂. Обнаружено, что введение адгезионных слоев, необходимых для формирования стабильных наноструктур из благородных металлов, ведет к подавлению поверхностного плазмонного резонанса. Выбор алюминиевых нанодисков, не требующих адгезионных слоев, позволяет повысить эффективность фотоприемников в 40 раз на длине волны 1.2 мкм и в 15 раз при длине волны 1.65 мкм. [2]

Гетероструктуры третьего типа представляли собой слои квантовых точек Ge выращенных на подложке кремний-на-изоляторе и сопряженные с фотонным кристаллом в виде периодической решетки отверстий в слое кремния с гексагональной и квадратной симметрией. Обнаружено, что встраивание слоев квантовых точек Ge/Si в двумерный фотонный кристалл (ФК) приводит к многократному (до 5 раз) усилению фототока в ближнем инфракрасном диапазоне. [3]

Работа профинансирована Российским научным фондом (проект 19-12-00070).

Литература

- [1] А. И. Якимов, А.А. Блошкин, А.В. Двуреченский//Письма в ЖЭТФ, 2019, т.110, вып.6, с. 393-399.
- [2] А. И. Якимов и др. // ФТП, 2021, т. 55, вып. 7, с. 596-601.
- [3] А.И. Якимов и др.// Письма в ЖЭТФ, 2021, т. 113, вып. 8, с. 501-506.