Секция 10. Фотонные кристаллы, микрорезонаторы и метаматериалы. Нанопотоника

Плазмонное усиление электрического поля в гетероструктурах Ge/Si с квантовыми точками, интегрированными с различным типом поверхностных наноструктур

Блошкин А.А.^{1,2}, Якимов А.И.¹, Кириенко В.В.¹, Армбристер В.А.¹, Уткин Д.Е.¹,
Двуреченский А.В.^{1,2}

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

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-401

Гетероструктуры Ge/Si с квантовыми точками интегрированные с субволновыми золотыми решетками являются перспективным кандидатом для использования в фотоприемных устройствах среднего (3-5 мкм) инфракрасного диапазона, поскольку в них реализуется усиление поля электромагнитной волны света полем поверхностной плазмонной волны. Однако нанесение золотой пленки на поверхность полупроводников с высоким показателем преломления приводит к увеличению коэффициента отражения электромагнитных волн, ослабляя эффект плазмонного усиления, несмотря на явления экстраординарного прохождения света.

Ранее, в работе [1] с помощью химического травления в присутствии металлов (metal assisted chemical etching) на структурах типа арсенид галия – золотая решетка был создан новый тип гетероструктур, в которых в отверстиях в золотой пленке были сформированы столбики из арсенида галия различной высоты. В результате удалось усилить коэффициент прохождения света более чем в два раза в широком диапазоне длин волн.

В данной работе сравниваются два типа плазмонных гетероструктур: 1) с плоской поверхностью и 2) гетероструктуры, в которых на поверхности золотой решетки имеется массив кремниевых цилиндров высотой 0.5 мкм. Период субволновой решетки и диаметр отверстия были выбраны равными 1.3 мкм и 0.7 мкм соответственно. Параметры решетки были выбраны таким образом, чтобы частота основной плазмонной моды приходилась на максимум спектральной чувствительности квантовых точек Ge/Si (длина волны 4.33 мкм).

Электрические поля были рассчитаны методом конечных элементов в программном пакете Comsol Multiphysics. Область, занятая квантовыми точками, толщиной 600 нм находилась на расстоянии 220 нм ниже поверхности кремния. Эти величины соответствуют реальным толщинам слоев в экспериментах. Для определения эффективности усиления электрического поля была использована методика, описанная в [2]. На рис. 1 показан коэффициент усиления поля в структурах без цилиндров на поверхности и с ними. Из рисунка видно, что добавление цилиндров приводит к усилению электрического поля во всей спектральной области, но наибольшее усиление наблюдается на частоте, соответствующей первой плазмонной моде (3.1 мкм).

Рис. 1 Коэффициент усиления электрического поля в плазмонных гетероструктурах с кремниевыми цилиндрами и без них

[1] Runyu Liu et al., *Adv. Mater.* **28**, 1441 (2016)

[2] А. А. Блошкин, А. И. Якимов, А. В. Двуреченский, *ФТП*, **53**, 206 (2019)