Формирование наногетероструктур комбинированной (1d - 0d) размерности III-N материалов для нанофотоники

Котляр К.П.^{1,2}, Морозов И.А.¹, Березовская Т.Н.¹, Драгунова А.С.¹, Крыжановская Н.В.¹,
Кудряшов Д.А.¹, Сошников И.П.^{1,3,4}, Цырлин Г.Э.^{1,4,5}

¹ СПбАУ РАН, 194021, ул. Хлопина, 8 к.3

² СПбГУ, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9

³ ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

⁴ ИАП РАН, 190103, Санкт-Петербург, Рижский пр., 26

⁵ ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

DOI 10.34077/Semicond2019-166

Формирование наноразмерных мез на основе планарных гетероструктур III-V материалов является перспективным методом повышения эффективности светоизлучающих приборов [1]. Одной из ключевых проблем метода является формирование дефектов на боковой поверхности наноразмерных мез в процессе их формирования. В представленной работе проводится разработка технологии формирования и исследование свойств наноразмерных мез InGaN/GaN, в частности проводится исследование процессов химического жидкостного травления наноструктур III-N материалов с целью пассивации боковой поверхности наноразмерных мез и управления их морфологией.

В работе использовалась светодиодная гетероструктура InGaN(квантовые точки)/GaN, выращенная планарно на сапфировой подложке методом МОС-гидридной эпитаксии. Создание массива наноразмерных мез проводилось плазмохимическим травлением через масочное покрытие – массив наночастиц Ni. Формирование масочного покрытия проводилось методом отжига ультратонких пленок Ni осаждённых на поверхность исходной гетероструктуры. Изучено влияние параметров травления на морфологические характеристики получаемых массивов наноразмерных мез (влияние на угол наклона боковой стенки и скорости травления). Удаление дефектов и пассивация боковой поверхности наноразмерных мез проводились химическим жидкостным травлением в различных растворах с использованием HCl, HF, HNO₃, KOH. В частности, изучено влияние условий обработки на интенсивность фотолюминесценции и исследован процесс полировки боковой поверхности наноразмерных мез при химическом травлении в растворе KOH (Рис. 1). Предварительно процессы травления отрабатывались на массивах наноразмерных колоноподобных структур GaN, InGaN, InN выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии на кремнии. Был получен режим травления, обеспечивающий контролируемое утонение наноструктур III-N материалов в латеральном направлении (диаметр) вплоть до формирования эффективного резонатора и как следствие управление диаграммой направленности света выходящего из структуры (экспериментальные результаты совпадают с моделированием). Также были развиты методы отделения наноструктур III-N материалов от подложек для возможности использования полученных объектов как единичные нанорезонаторы, наноразмерные источники света и т.д.

К структуре с массивом наноразмерных мез методами фотолитографии были сформированы контакты. Исследование зависимости интенсивности излучения показывает большую эффективность люминесценции у структуры с наноразмерными мезами.

[1] Yu-Lin Tsai et al., Prog. Quant. Electron., 49, 1–25 (2016).

Рис. 1. — Спектры фотолюминесценции: исходной гетероструктуры (1), массива сформированных мез (2), после химического травления мез (3).