Разработка эпитаксиальных гетероструктур с InGaAlAs сверхрешетками на подложках InP для электрооптического модулятора

Васильевский И.С.¹, Виниченко А.Н.¹, Сибирмовский Ю.Д.¹, Доброхотов П.Л.¹,
Ладугин М.А.², А.А. Мармалюк², Ю.Л. Рябоштан², Каргин Н.И.¹

¹ *Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, 115409, Москва, Каширское шоссе, 31*

² *АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха», 117342, Москва, ул. Введенского, д. 3, корп. 1*

DOI 10.34077/Semicond2019-402

Одной из главных технологических платформ для создания быстродействующих монолитных устройств микроволновой фотоники, позволяющих объединять источник, модулятор и фотоприемник, являются гетероструктуры InAlGaAsP на подложке InP. Создание высокочастотного электрооптического модулятора на квантовом эффекте Штарка (КЭШ) требует решения ряда проблем: повышение амплитуды КЭШ, снижение потерь, дизайн волноводной структуры. Так, наибольшую эффективность КЭШ демонстрируют сверхрешетки на основе множественных наноразмерных КЯ (МКЯ) InGa(Al)As/InAlAs, встроенные в p-i-n структуру, однако, для создания высокого контраста показателя преломления в качестве обкладок волноводной части используются более толстые слои InGaAsP/InP. Реализация подобной структуры достаточно сложна, и в данной работе проведена разработка трехэтапного роста: методом MOCVD формировались нижние n+InP/n-i-InGaAsP и верхние i-InGaAsP/p-InP обкладочные слои, а МКЯ область формировалась методом МЛЭ. Определены условия для щадящего разложения окисла в камере МЛЭ с темплетной структуры, изготовленной методом МОС-гидридной эпитаксии. Была проведена оптимизация слоевого дизайна МКЯ нескольких типов: решеточно-согласованного, симметрично-напряженного дизайнов с узкозонным слоем как из $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$, так и из $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47-z}\text{Al}_z\text{As}$, что позволило увеличить ширину узкозонного слоя. Методом МЛЭ при различных режимах роста изготовлены образцы с МКЯ и проведена их характеристика по спектрам фотолюминесценции (ФЛ) и рентгеновской высокоразрешающей дифрактометрии (РД) (см. рис 1). Данные РД показывают хорошее согласование среднего состава МКЯ сверхрешетки с подложкой InP, большое количество побочных максимумов СР с малой полушириной.

Спектры ФЛ оптимизированных структур демонстрируют интенсивную полосу в области 1440-1460 нм с полушириной 80-90 нм, что обеспечивает высокое значение КЭШ при низких потерях излучения длиной волны около 1550 нм. Данные структуры были взяты за основу разработки интегрального модулятора Маха-Цендера С/Л диапазона. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI58117X0026