Гетероэпитаксиальные структуры InAlGaAs/InAlAs для электрооптического модулятора на основе квантово-размерного эффекта Штарка

Гуляев Д.В.¹, Дмитриев Д.В.¹, Торопов А.И.¹, Валишева Н.А.¹, Царев А.В.^{1,2},
Колосовский Е.А.¹, Федюхин Л.А.¹, Горчаков А.В.², Журавлев К.С.^{1,2}

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

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

DOI 10.34077/Semicond2019-442

В данной работе изучены свойства гетероэпитаксиальных структур (ГЭС) InAlGaAs/InAlAs на подложке InP для новой версии электрооптического модулятора на основе квантово-размерного эффекта Штарка. Особенностью предлагаемой конструкции модулятора является размещение слоя из нескольких InAlGaAs квантовых ям над толстым буферным слоем $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ с показателем преломления, превышающим показатель преломления подложки InP. В этом случае слой множественных квантовых ям остается волноводным и в нем формируется основная оптическая мода с небольшим сечением. Оптическая мода во втором волноводе, сформированном из буферного слоя $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$, характеризуется гораздо большим поперечным сечением, что может обеспечить удобное соединение с оптическим волокном [1].

При выращивании гетероструктур методом молекулярно-лучевой эпитаксии были отработаны условия роста четырехкомпонентного твердого раствора InGaAlAs с кристаллической решеткой согласованной с (001) InP подложкой, и определены оптимальные условия роста для каждого слоя ГЭС. В результате были получены гетероструктуры с концентрацией дефектов на поверхности не более 500 на см^2 , что достаточно для создания на их основе интегрированных оптических модуляторов.

Методом фотолюминесценции изучено влияние состава и толщины слоев множественных квантовых ям $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{Al}_{0.47(1-x)}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ на величину эффекта Штарка (см. рис. 1). Величина электрооптического эффекта, определенная из изменения коэффициента отражения р-поляризованного излучения вблизи угла Брюстера на рабочей длине волны модулятора 1.55 мкм, составила для напряжения в 2-3 Вольт порядка $\Delta n \sim 0.01$ в исследованных ГЭС. Такой электрооптический эффект вполне достаточен для реализации на основе InGaAlAs ГЭС модулятора Маха-Цендера. Помимо этого, для всех слоев ГЭС, различающихся составом и уровнем легирования установлены вещественная и мнимая часть коэффициента преломления. Проведено сравнение полученных данных с данными моделирования и выбрана оптимальная конструкция структуры для создания на ее основе оптического модулятора InP.

Полученные ГЭС использованы для отработки и изучения особенностей технологии изготовления оптического модулятора с применением разработанных режимов формирования волновода (в разрядной плазме в BCl_3), планаризации поверхности и металлизации омических контактов с соответствующими слоями ГЭС на основе композиций Ge/Au/Ni/Au и Ti/Au.

[1] А.В. Царев, Р.М. Тазиев, *Квантовая электроника*, **49**:3, 266 (2019)

Рис.1. — Зависимость положения максимума ФЛ КЯ от их толщины (1) 11 (2) 13 и (3) 16 нм.