Особенности синтеза фотоприемных гетроструктур со сверхрешетками InAs/GaSb методом МОСГФЭ

Данилов Л.В., Левин Р.В., Маричев А.Е., Федоров И.В., Неведомский В.Н., Пушный Б.В., Михайлова М.П., Зегря Г.Г.

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая, 26

DOI 10.34077/Semicond2019-95

Фотоприемные устройства (ФПУ) среднего и дальнего инфракрасного диапазона являются неотъемлемой частью современных комплексов экологического мониторинга и тепловизуализации, систем безопасности и диагностического медицинского оборудования. Разработка и создание таких устройств является одной из приоритетных задач ИК оптоэлектроники.

В настоящее время много внимания уделяется созданию ФПУ на основе системы объемных материалов HgCdTe/CdTe. Сравнительно простой способ управления областью поглощения за счет изменения состава тройного раствора HgCdTe позволяет создавать широкополосные ФПУ для среднего и дальнего ИК диапазона на основе варизонных гетероструктур [1]. Однако, спектральная чувствительность таких устройств невелика из-за высокой вероятности безызлучательной Оже-рекомбинации и межзонного туннелирования. Эти факторы значительно сокращают время жизни фотовозбужденных носителей заряда, что особенно характерно для высоких рабочих температур ($T > 100\text{K}$). Принципиально другим подходом к созданию ФПУ для среднего и дальнего ИК-диапазона является разработка устройств с активной областью на основе наноразмерных гетероструктур II типа InAs/GaSb. Преимуществом подобных гетероструктур является значительное подавление процессов безызлучательной Оже-рекомбинации и межзонного туннелирования за счет разделения областей пространственной локализации электронов и дырок [2].

В настоящей работе сообщается о создании ФПУ на основе сверхрешеток (СР) InAs/GaSb. Методом газовой фазной эпитаксии из металлоорганических соединений (МОСГФЭ) на подложке n-GaSb была синтезирована нелегированная структура, состоящая из 20 пар чередующихся слоев InAs и GaSb с толщинами порядка 2.5 нм, при этом толщина переходных слоев при скорости роста 1.5 нм/мин не превышала 0.5 нм. Выращивание каждого периода СР начиналось последовательной подачей GaSb – триэтилгаллия (TEGa), и InAs – арсина (AsH_3), после чего, камера реактора продувалась чистым водородом в течении 10-60 сек.

При исследовании фотолюминесценции полученных образцов наблюдалась широкая полоса излучения с длиной волны в районе 4000 нм. Теоретический расчет энергетического спектра носителей заряда с высокой степенью точности подтвердил, что наблюдаемая полоса люминесценции соответствует оптическим переходам между основными минизонами электронов и тяжелых дырок в синтезированной СР. Дальнейшим развитием предложенной технологии стало создание p-i-n структуры на основе СР GaSb/InAs с толщинами чередующихся слоев 5 и 3 нм соответственно. Общая толщина p-i-n структуры составила 2.1 мкм. Разработанная технология была также апробирована при изготовлении диодных гетероструктур с одиночной квантовой ямой n-GaSb/n-InAs/p-GaSb [3]. Исследование фотоэлектрических свойств данной гетероструктуры показало ее высокую спектральную чувствительность в диапазоне длин волн 1100 – 1600 нм, что соответствует участку ИК спектра, наиболее востребованному в области оптических коммуникаций.

[1] A. Piotrowski et al., *Infrared Physics & Technology* **49**, 173, (2007);

[2] G.G. Zegrya et al., *Appl. Phys. Lett.* **67**, 2681, (1995);

[3] M.P. Mikhailova et al., *Semiconductors*, v. **52** (8), pp. 1037-1042, (2018).