Синтез InAlAs/InP гетероструктур для приборов радиофотоники

Д.А. Колосовский^{1,2)}, Д.В. Дмитриев¹⁾, А.И. Торопов¹⁾, А.М. Гишинский¹⁾, Т.А. Гаврилова¹⁾,
А.С. Кожухов¹⁾, К.С. Журавлев¹⁾

¹⁾ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,

Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

²⁾ НГУ, Новосибирск, 630090, Пирогова, 2

тел: +7 (913) 954-5584, эл. почта: danil-ak@yandex.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-106

Гетероэпитаксиальные структуры (ГЭС) InAlAs/InP согласованные по параметрам кристаллической решетки нашли свое применение в современных оптоэлектронных и СВЧ приборах используемых в новом научно-техническом направлении – радиофотоника [1-4]. При создании таких приборов необходимо учитывать характеристики ГЭС. В работе [5] показано, что качество ГЭС влияет на параметры приборов. Для транзисторных структур большое количество дефектов ведет к большим токам утечки, а в случае фотодиодных и лазерных структур к большим темновым токам [6]. В работе представлены условия синтеза эпитаксиальных слоев InAlAs/InP с плотностью структурных дефектов меньше чем 10^4 см^{-2} .

Синтез ГЭС проводился методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) на установке Riber Compact-21T на подложках (001)InP в диапазоне температур 450-560°C, в потоке мышьяка, варьирующемся в диапазоне от 10^{-6} до 6×10^{-5} Торр. Отношение потока материалов третьей группы (In и Al) подбиралось для получения решеточно-согласованного, с подложкой InP, состава $X = 0.52$. Состав ГЭС контролировался методом фотолюминесценции (ФЛ). Морфология поверхности характеризовалась методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Структурный анализ слоев проводился методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

В работе показано, что на согласованных по параметру кристаллической решетки ГЭС InAlAs/InP наблюдается плотность ростовых дефектов от 8×10^4 до $1 \times 10^7 \text{ см}^{-2}$. При отклонении от решеточно-согласованного состава плотность дефектов может достигать 10^9 см^{-2} . Показано, что наименьшая плотность дефектов наблюдается при температурах роста 500-510°C и отношении потока мышьяка к потокам элементов третьей группы не ниже 75. На СЭМ изображениях поперечного скола ГЭС видно, что дефекты образованы выходами дислокаций из гетерограницы InAlAs/InP. Вероятно, дислокации появились в результате замещения атомов фосфора атомами мышьяка в процессе высокотемпературного отжига подложки InP. Замещение мышьяком фосфора приводит к образованию островков InAs и решеточному рассогласованию на начальных этапах роста InAlAs слоя. Возникающие напряжения в кристаллической решетке, релаксируют в виде дислокаций. Известно, что дефекты, прорастающие из подложки, могут замыкаться на гетерограницах [7]. Поэтому были использованы буферные сверхрешетки InAlAs/InGaAs, что привело к снижению плотности дефектов на 1-2 порядка. На АСМ картинах таких слоев видны моноатомные ступени, среднеквадратичное значение шероховатости не превышает 0.6 нм.

Используя разработанную технологию эпитаксиального роста, были получены ГЭС для СВЧ фотодиодов и электро-оптических модуляторов Маха–Цендера.

АСМ и СЭМ исследования проводились на оборудовании ЦКП «Наноструктуры».

Литература

- [1] D.-H. Kim, J.A. delAlamo, // IEEE Trans. Electron Dev., 2010. V. 57, pp. 1504-1511.
- [2] D.-H. Kim, J.A. delAlamo, // IEEE Trans. Electron Dev., 2010. V. 31, pp. 806-808.
- [3] P. Gutowski, I. Sankowska, // Journal of Crystal Growth, 2017. V. 466, pp. 22-29.
- [4] Д.В. Дмитриев, А.И. Торопов // Труды XXV международной научно-технической конференции и школы по фотоэлектронике и приборам ночного видения, 2018, с. 57-59.
- [5] I.B. Chistokhin, M.S. Aksenov, // Materials Science in Semiconductor Processing, 2018. V. 74, pp. 193-198.
- [6] G. Karve, X. Zheng, // IEEE Journal of Quantum Electronics, 2003. V.39, pp. 1281-1286.
- [7] Leroy L. Chang and K. Pkoog, // Martinus Nijhoff Publisher, 1985. P. 719.