Узкозонные гетероструктуры $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x/\text{InAsSbP}$ ($x = 0.07-0.14$) для спектрального диапазона 4-5 мкм, полученные методом МОГФЭ

Романов В.В., Иванов Э.В., Моисеев К.Д.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Россия

DOI 10.34077/Semicond2019-451

Высокоэффективные светодиоды, излучающие в диапазоне длин волн 4–5 мкм, представляют большой интерес для экологического мониторинга, промышленного газоанализа и медицинских приложений, поскольку в данной области спектра расположены интенсивные полосы поглощения таких веществ, как углекислый и угарный газы (CO_2 и CO), закись азота (N_2O) и др. Наиболее привлекательным материалом для создания оптоэлектронных приборов, работающих в указанном спектральном диапазоне при комнатной температуре, является система твердых растворов InAsSbP [1,2]. Технология газовой эпитаксии из металлоорганических соединений (МОГФЭ) позволяет осаждать эпитаксиальные слои InAsSb на подложке InAs с различным рассогласованием кристаллической решетки относительно параметра матрицы без формирования дополнительных переходных слоев и получать твердые растворы InAsSbP с максимальным содержанием фосфора [3], а также осуществлять “каскадирование” активной области при формировании множественных квантовых ям $\text{InAs}(\text{Sb})/\text{InAsSbP}$ [4]. Поскольку подложка InAs является основным матричным материалом для данных систем твердых растворов, то увеличение концентрации атомов сурьмы в твердом растворе InAsSb помимо уменьшения ширины запрещенной зоны активного слоя приведет к появлению внутреннего напряжения (деформации сжатия) в активном слое, помещенном между подложкой и накрывающим барьерным слоем InAsSbP , что, в свою очередь, может вызвать изменение природы гетероперехода на границе раздела $\text{InAsSb}/\text{InAsSbP}$.

Асимметричные гетероструктуры $\text{InAs}/\text{InAsSb}/\text{InAsSP}$ на основе эпитаксиальных слоев InAsSb с различной толщиной и содержанием сурьмы в тройном твердом растворе были выращены методом МОГФЭ. На основе данных гетероструктур были созданы светодиоды, работающие в диапазоне длин волн 4.1-5.1 мкм при комнатной температуре. В квазинепрерывном режиме (частота 512 Гц) при токе 250 мА выходная оптическая мощность светодиодов с максимумом излучения на длине волны 4.1 мкм и 4.7 мкм составляла 24 мкВт и 15 мкВт, соответственно [5]. Используя особенности энергетической диаграммы полученной гетероструктуры удалось обеспечить эффективную локализацию неравновесных носителей заряда в активной области. В результате оптическая мощность светодиодов, созданных на основе таких структур, с максимумом спектра электролюминесценции на длине волны 4.7 мкм была увеличена на порядок по сравнению с симметричными структурами $\text{InAsSbP}/\text{InAsSb}/\text{InAsSbP}$ [6]. Увеличение оптической мощности для длинноволновых светодиодов (свыше 4.5 мкм) было достигнуто за счет уменьшения количества гетерограниц и связанных с ними структурных неоднородностей в узкозонных гетероструктурах.

Работа частично поддержана в рамках программы Президиума РАН №32 “Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологии”.

[1] H.H. Gao et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **32**, 1768 (1999).

[2] Н.В. Зотова и др., *ФТП*, **37**, 980 (2003).

[3] В.В. Романов и др., *ФТП*, **48**, 753 (2014).

[4] R.M. Biefeld et al., *J. Cryst. Growth*, **137**, 231 (1994).

[5] В.В. Романов и др., *ФТП* **53**, 832 (2019).

[6] А.С. Головин и др., *Письма в ЖТФ*, **37**, 15 (2011).