

ИНТЕНСИВНОСТЬ И ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ  
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СЛОЕВ AlGaN, ВЫРАЩЕННЫХ  
НА САПФИРОВОЙ ПОДЛОЖКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
БУФЕРНЫХ СЛОЕВ И СВЕРХРЕШЕТОК

Е. В. Луценко<sup>1</sup>, Н. В. Ржеуцкий<sup>1</sup>, В. Н. Павловский<sup>1</sup>, Г. П. Яблонский<sup>1</sup>,  
Д. В. Нечаев<sup>2</sup>, А. А. Ситникова<sup>2</sup>, Д. А. Кириленко<sup>2</sup>, Я. В. Кузнецова<sup>2</sup>,  
В. В. Ратников<sup>2</sup>, А. А. Торопов<sup>2</sup>, Е. А. Шевченко<sup>2</sup>, В. Н. Жмерик<sup>2</sup>,  
С. В. Иванов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь;  
E-mail: m.rzheutski@ifanbel.bas-net.by

<sup>2</sup> Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе  
Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Несмотря на значительный прогресс, произошедший в последние годы в области создания и улучшения характеристик инжекционных полупроводниковых лазеров ультрафиолетового-зеленого диапазона, актуальной остается задача продвижения в коротковолновую область. Основным материалом активной области полупроводниковых УФ лазеров является соединение  $Al_xGa_{1-x}N$ , позволяющее изменять ширину запрещенной зоны в пределах 6.2 – 3.4 эВ путем изменения в нем содержания алюминия  $x$ . Основной проблемой, затрудняющей создание полупроводникового лазера УФ диапазона, является ухудшение структурного качества материала AlGaN при увеличении содержания алюминия, приводящее к увеличению концентрации центров безызлучательной рекомбинации и уменьшению эффективности люминесценции. Кроме того, при увеличении концентрации алюминия происходит перестройка структуры валентных подзон ненапряженного AlGaN, которая проявляется в изменении поляризации излучения, соответствующего переходам на верхнюю валентную подзону [1]. Для лазеров на гетероструктурах AlGaN, выращенных в направлении [0001] и излучающих в направлении параллельном плоскости гетероструктуры, это означает уменьшение интенсивности излучения для TE-моды, что приводит к увеличению порога генерации и уменьшению выходной мощности.

В работе исследовалось влияние состава материала AlGaN на поляризацию излучения фотолюминесценции (ФЛ). Для этого методом молекулярно-пучковой эпитаксии на сапфировой подложке, ориентированной в направлении [0001], была выращена серия слоев AlGaN толщиной 150 нм различного состава. Изменение состава осуществлялось путем изменения потока Al и температуры подложкодержателя. Для согласования постоянных решеток подложки и слоя AlGaN использовалась бу-

ферная структура, представляющая собой слой AlN толщиной  $\sim 1.9$  мкм, за которым следовала 20-периодная сверхрешетка AlN/Al<sub>0.85</sub>Ga<sub>0.15</sub>N и слой Al<sub>0.85</sub>Ga<sub>0.15</sub>N толщиной 645 нм. Измерения ФЛ производились с использованием излучения 5-й гармоники импульсного Nd:YAG лазера ( $\lambda = 213$  нм,  $\tau_{\text{имп}} = 10$  нс,  $I_{\text{возб}} \sim 500$  кВт/см<sup>2</sup>). Выделение поляризованной компоненты излучения ФЛ осуществлялось с помощью призмы Глана. Регистрация спектров производилась на спектрометр, оснащенный ПЗС линейкой.

Для исследуемой серии образцов определялись значения степени поляризации ( $\rho$ ) и интегральной интенсивности ФЛ, как функция спектрального положения излучения ФЛ. Положительные значения  $\rho$  соответствуют поляризации ТЕ ( $\mathbf{E} \perp [0001]$ ), отрицательные – ТМ ( $\mathbf{E} \parallel [0001]$ ). В пределах серии можно выделить две группы образцов. Для первой группы характерно примерно линейное изменение степени поляризации от  $-0.2$  до  $-0.5$  при смещении спектрального положения излучения ФЛ от 300 до 278 нм. Такое поведение является типичным для ненапряженных и слабо напряженных слоев AlGaN. Для этой группы наблюдается максимум интенсивности ФЛ при  $\lambda_{\text{ФЛ}} \sim 285 - 295$  нм, что обусловлено конкуренцией процессов дефектообразования и локализации носителей заряда при увеличении концентрации алюминия в AlGaN. Вторую группу образцов отличает положительная величина  $\rho$  и значительно меньшая (в 5–7 раз) интенсивность ФЛ. Наблюдаемое отклонение величины  $\rho$  от расчетной позволяет сделать вывод о наличии значительных механических напряжений в слоях AlGaN образцов второй группы. В свою очередь, наличие напряжений, по-видимому, обусловило формирование в них дислокаций, действующих как центры безызлучательной рекомбинации и уменьшающих интенсивность ФЛ.

Таким образом, эпитаксиальный рост напряженных слоев AlGaN с целью получения ТЕ-поляризованного коротковолнового излучения приводит к возникновению центров безызлучательной рекомбинации, образованных, по-видимому, вследствие релаксации напряжений путем образования дислокаций.

1. Nam K. B., Li J., Nakarmi M. L., et al. // Applied physics letters. 2004. V. 84, № 25. P. 5264–52665.