

С.И. Петров, (асп. каф. ФПНЭ), В.Г. Сидоров, д.ф.-м.н., проф., Д.М. Красовицкий, к.х.н., с.н.с., (ЗАО «НТО», СПб), И.А. Соколов, к.ф.-м.н., гл. спец. (ЗАО «НТО», СПб)

ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЕВ InGaN МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АММИАКА И ИХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА

ABSTRACT: The growth of InGaN layers having high quality so far remains the one of hot topics in Group-III nitrides technology. Main problems to be overcome when growing solid solutions $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ with parameter $x > 0.1$ are the surface segregation and phase separation leading to the indium droplets formation on the growing surface. Current paper reports on the method to determine critical (at given substrate temperature) indium fluxes resulted in droplets, in order to optimize growth conditions of InGaN by molecular beam epitaxy using ammonia. The effect of V/III ratio is shown at substrate temperatures of 500-700⁰ C and photoluminescent properties of grown layers are studied.

В технологии тонких пленок нитридов III группы и оптоэлектронных приборов на их основе, одной из горячих тем остается получение слоев InGaN высокого качества. При росте твердых растворов $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ с параметром $x > 0,1$ основными проблемами являются низкая термостабильность InN, поверхностная сегрегация и расслоение на фазы, вплоть до образования жидких капель индия на ростовой поверхности. В связи с этим необходимой задачей является нахождение критических для данной температуры подложки потоков индия, приводящих к образованию жидких капель, с целью оптимизации условий роста слоев InGaN молекулярно-лучевой эпитаксией с использованием аммиака. Было определено влияние отношения потоков компонент V/III групп при температурах подложки 550-750⁰C на процесс образования капель In, а также исследованы люминесцентные свойства слоев, выращенных при максимально возможных потоках In, не приводящих к образованию капель.

Рост слоев GaN и InGaN реализован на специализированной установке молекулярно-пучковой эпитаксии нитридов III группы, использующей аммиак в качестве источника активного азота, а в качестве источников металлов III группы - стандартные эффузионные ячейки. Для непосредственного прямого контроля скорости роста и состояния ростовой поверхности использована интерферометрия отражения луча He-Ne лазера (633 нм), направленного на образец под углом, близким к нормали. Люминесцентные свойства слоев InGaN изучены при возбуждении непрерывным He-Cd лазером (330 нм, 77К).

При температуре подложки в диапазоне 580-750⁰C зависимость критических потоков In при умеренных превышениях потока V группы с хорошей точностью коррелирует с кривой десорбции металла, а при меньших температурах подложки имеет тенденцию к выходу на постоянный уровень. Увеличение отношения V/III до значений, соответствующих границе нарушения режима молекулярного течения, приводит к сдвигу указанной зависимости в область больших потоков индия без качественных изменений ее характера.

На основе установленной закономерности были выбраны условия, обеспечивающие воспроизводимый рост слоев InGaN при максимально возможном падающем потоке индия без образования капель металлической фазы. В спектрах фотолюминесценции структур, содержащих несколько таких слоев, положение максимума излучения определяется температурой подложки, а его интегральная интенсивность - числом слоев InGaN в структуре. Одним из направлений улучшения полученных результатов (в частности, контролируемого сдвига максимума излучения в видимую область) является увеличение отношения V/III, позволяющее при прочих равных условиях существенно увеличить задаваемый поток индия.