

УДК 621.315.592:621.793.1

С.И.Петров (асп., каф. ФППиНЭ), В.Г.Сидоров, д.ф.-м.н., проф.

ВЫРАЩИВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР InGaN/GaN МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВОЙ ЭПИТАКСИИ НА САПФИРЕ

ABSTRACT: The growth of InGaN/GaN heterostructures on sapphire substrates were realized on ammonia MBE system produced by ATC-STE. The photoluminescence properties and In content depending on the growth conditions such as InGaN growth rate and temperature were investigated. The growth temperature 650°C and growth rate 0.05 mkm/h of InGaN were found to be optimal for emission in blue range of spectra in our growth conditions.

В последние годы, благодаря своим уникальным свойствам, полупроводниковые соединения в системе III-N стали одними из наиболее перспективных материалов современной оптоэлектроники. Тройные соединения InGaN, как правило, используются в качестве материала активной области приборов, излучающих в видимой области спектра. Получение слоев InGaN приборного качества сопряжено с определенными трудностями, такими как фазовая сепарация индийсодержащих слоев с образованием областей обедненных и обогащенных по индию, что затрудняет получение твердых растворов InGaN с большим содержанием индия, а также низкая термическая устойчивость InN по сравнению с GaN, вследствие чего при росте InGaN необходимо понижать температуру роста, что отражается на структурном совершенстве получаемого материала и его свойствах. Наиболее распространенной технологией для получения приборных гетероструктур на основе GaN в настоящее время является газофазная эпитаксия из металлорганических соединений (МОГФЭ). Вместе с тем, прогресс, достигнутый за последние годы в молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) слоев нитридов металлов III группы, позволяет считать данный метод конкурентоспособным МОГФЭ в плане кристаллического совершенства слоев, возможности их легирования и приборных приложений. Слои GaN высокого качества могут быть получены с помощью МЛЭ с использованием как аммиака, так и азотной плазмы в качестве источника азота. При этом наиболее привлекательной является аммиачная МЛЭ, позволяющая повысить температуру роста по сравнению с плазменной МЛЭ и повысить тем самым качество растущего слоя. Несмотря на актуальность данной темы в России до настоящего времени не было сообщений о получении слоев InGaN с помощью аммиачной МЛЭ. В данной работе было исследовано влияние температуры и скорости роста слоев InGaN на включение индия в слои InGaN, выращенных на нитриде галлия и их люминесцентные свойства.

Гетероструктуры InGaN/GaN были получены методом аммиачной молекулярно-лучевой эпитаксии на сапфировых подложках (0001) на разработанной и созданной в ЗАО "НТО" установке ATC-EPN1, специализированной для МЛЭ нитридов третьей группы с использованием аммиака в качестве источника азота. Слои InGaN толщиной 50 нм, были выращены на нитриде галлия толщиной 500 нм при температурах 580°C , 630°C и 680°C со скоростью $0,1\text{ мкм/час}$ и при температуре 680°C со скоростью $0,05\text{ мкм/час}$. При температуре роста слоя InGaN 580°C пик краевой люминесценции InGaN при температуре измерения 77 K расположен на $2,75\text{ эВ}$, при этом его интенсивность соизмерима с интенсивностями желтой «дефектной» и синей «донорно-акцепторной» полос, а также краевой линии нитрида галлия. Состав индия в слое по данным рентгеновской дифрактометрии составляет 15 %. При увеличении температуры роста на 50°C пик люминесценции InGaN сдвигается до $2,88\text{ эВ}$, а

его интенсивность возрастает на порядок, при этом состав индия уменьшается до 11 %. Сдвиг в коротковолновую область связан с уменьшением состава In в слое InGaN при увеличении температуры роста слоя, а увеличение его интенсивности может быть связано с улучшением структурного качества слоя InGaN. При увеличении температуры роста до 680⁰ С происходит увеличение интенсивности люминесценции еще в 2 раза и сдвиг положения пика люминесценции до 3,17 эВ, состав индия при этом уменьшается до 3 %. Снижение скорости роста путем уменьшения потока Ga в два раза при сохранении неизменным потока индия при температуре роста 680⁰С приводит к незначительному увеличению состава индия до 4 % и сдвигу положения пика люминесценции с 3,17 эВ до 3,06 эВ.

На основании полученных результатов температура 650⁰С была выбрана оптимальной для получения структуры имеющей пик люминесценции в синей области спектра при комнатной температуре без значительного уменьшения интенсивности из-за ухудшения

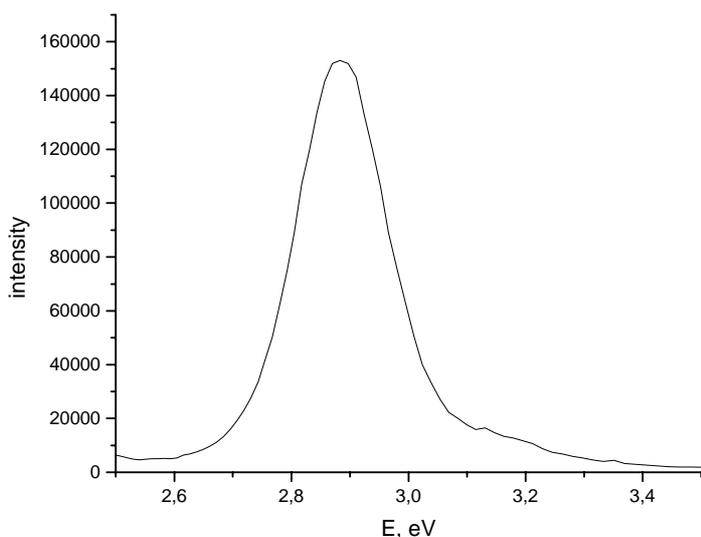


Рис. 1

качества структуры, связанного со снижением температуры роста. В спектре фотолюминесценции при комнатной температуре образца, состоящего из трех пар слоев InGaN/GaN (150 Å/75 Å), выращенных при 650⁰С со скоростью роста 0,05 мкм/час на высокотемпературном GaN толщиной 0,5 мкм, доминирует пик 2,88 эВ (рис. 1). Таким образом, данные условия роста можно считать базовыми для создания с помощью аммиачной МЛЭ слоев InGaN как материала активной области светодиодов, излучающих в сине-фиолетовом диапазоне спектра.