

При помощи люминесценции и отражения при гелиевых температурах обнаружены отличия в спектре излучения связанных экситонов в образцах, легированных различными способами. В материале, легированном в процессе роста, типичное положение максимума линии связанного на акцепторной примеси азота экситона  $I_1$  составляет 2.792 эВ, в то время как в образцах, легированных ионной имплантацией с последующим отжигом, эта линия смещена примерно на 2 мэВ в сторону низких энергий. Положение свободного экситонного резонанса, контролируемое по спектрам отражения, при этом не меняется. Такие отличия соответствуют разнице в энергии активации соответствующих примесных центров порядка 20 мэВ. Изменение энергии активации акцептора может быть вызвано его пассивацией атомами водорода в соседних позициях в решетке. Внедрению водорода способствует плазменная активация атмосферы реактора и низкая температура роста, необходимая для замораживания процессов самокомпенсации и подавления термодесорбцию нежелательных примесей.

Образцы легированные азотом в процессе роста, имеют более высокий квантовый выход люминесценции и более низкий порог генерации. Увеличение излучательной эффективности образцов вызвано, очевидно, заполнением вакансий, являющихся центрами безизлучательной рекомбинации, примесными атомами азота. При этом азот на месте атома металла ведет себя как донорный центр, компенсирующий дырочную проводимость, создаваемую атомами азота в подрешетке металлоида. Этим может объясняться высокое удельное сопротивление образцов, легированных азотом в процессе роста.

Обсуждаются особенности люминесценции и генерации  $ZnSe:N$  при оптической и электроннолучевой накачке в диапазоне температур 77-300 К, механизмы рекомбинации и возможные модели рекомбинационных центров.

## КРАЕВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ $ZnSe$ , ВЫРАЩЕННЫХ МЕТОДОМ MOVPE

Гурский А.Л., Луценко Е.В., Гладышук А.А., Яблонский Г.П.,  
Таудт В., Зольнер Й., Хойкен М.

Селенид цинка - перспективный материал для применения в качестве активной среды полупроводниковых лазеров, излучающих в синезеленой области спектра. Одной из технологий, наиболее подходящих для промышленного получения лазерных гетеро-структур, является газофазная эпитаксия из элементоорганических соединений (MOVPE). Однако в настоящее время остается неясным ряд физических и технологических вопросов, что не позволяет создать с помощью данной технологии низкоомный материал р-типа. К числу малоизученных вопросов относится взаимосвязь фотолюминесцентных свойств с характером соб-

ственных и примесных дефектов, определяемым, в свою очередь, условиями роста и легирования.

В данной работе исследовано красное излучение гетероэпитаксиальных слоев ZnSe/GaAs в интервале температур 10-300 К при возбуждении излучением гелий-кадмиевого и азотного лазеров в зависимости от условий роста слоев.

Установлено, что в случае использованной для роста комбинации источников диметилцинк-триэтиламин и дитерциабутыл-селен оптимальный интервал температур роста, составляет 330-360 К. При этом в спектрах свечения при гелиевых температурах доминируют линии излучения I<sub>2</sub> экситонов, связанных на нейтральных донорах с энергией ионизации 35 мэВ, образованных предположительно неконтролируемой примесью хлора из сelenового источника. С повышением температуры роста в спектрах преобладает I<sub>2</sub>-дублет 2.794-2.796 эВ, обусловленный аннигиляцией экситонов, связанных на примеси галлия, диффундирующего из подложки. При этом интенсивность красного свечения снижается, а вклад в спектр излучения свободных экситонов возрастает, что свидетельствует об уменьшении их времени жизни.

В спектрах красного излучения нелегированных образцов, возбуждаемых излучением азотного лазера, доминирует бесструктурная полоса, связанная с рекомбинацией в электронно-дырочной плазме. Увеличение концентрации неконтролируемых примесей, в частности кислорода, наблюдаемое при низких температурах роста, возникает излучение, обусловленное при температурах 50 К и ниже рекомбинацией донорно-акцепторных пар, а при более высоких температурах переходами зона-акцептор. Присутствие кислорода в концентрации около  $10^{18}$  см<sup>-3</sup> замедляет скорость затухания примесной люминесценции примерно в 2-3 раза.

Обсуждаются особенности кинетики затухания люминесценции в нелегированных образцах и в образцах, содержащих примесь кислорода в различной концентрации.

## ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ И ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ZnMgSSe

Гурский А.Л., Луценко Е.В., Гладышук А.А., Яблонский Г.П.,  
Зольнер Й., Хойкен М.

Одной из проблем создания светоизлучающих гетероструктур с квантовыми ямами является согласование слоев структур по параметру решетки. Опыт создания первых лазеров на сине-зеленую область спектра на основе соединений A<sup>2</sup>B<sup>6</sup> показал, что небольшое рассогласование параметров приводит к быстрой деградации устройств. Этим объясняется интерес к четверным соединениям ZnMgSSe, позволяющим варьировать ширину запрещенной зоны при сохранении параметра решетки.