

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КВАНТОВЫХ ЯМ CdZnSe/ZnSe

М.Б. Шарипбаев, М.Б. Тагаев

Аннотация: В данной работе изучено влияние облучения γ -квантами Co^{60} на оптические характеристики одиночных и нескольких сжато-напряжённых КЯ Cd_xZn_{1-x}Se/ZnSe с составом $x=0,2-0,4$ выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Изучались расплывание квантовых ям после облучения γ -квантами.

Ключевые слова: радиация, сдвиг энергии, ФЛ-интенсивность, деформация.

Одна из проблем, которая сдерживает создание и коммерческое использование лазеров для видимого диапазона на основе гетероструктуры ZnSe/CdSe и его твёрдых растворов (с квантовыми ямами, КЯ, в качестве активных элементов [1]) связана с процессами деградации, вызываемыми как лазерной генерацией, электронной или оптической накачкой [2]. При быстрой деградации лазеров происходит процесс образования, распространения и размножения протяжённых дефектов (дислокаций) в активной области и вне её, а о процессе постепенной деградации доминируют рекомбинационно-ускоренные реакции дефектов в активной зоне.

Экспериментальные результаты

На Рис. 1 приведены типичные спектры ФЛ ($T=4,2$ К) для гетероструктур с одиночными КЯ (образцы 1-3) до и после облучения. Интенсивность излучения КЯ (полоса I_{QW}), существенно превышала интенсивность излучения барьерного и буферного слоя ZnSe. Полоса I_{QW} обусловлена излучением свободного экситона, образованного электроном и тяжёлой дыркой (тяжёлый экситон), а более слабая полоса, расположенная с высокоэнергетической стороны, обусловлена излучением свободного экситона, образованного электроном и лёгкой дыркой (лёгкий экситон). Энергетическое положение I_{QW} зависело от параметров КЯ и смещалось от $I_1=2.602$ эВ (476.5 нм) (кривая а) до $I_2=2.436$ эВ (509.0 нм) (кривая с) и далее $I_3=2.398$ эВ (517 нм) (кривая d) по мере увеличения содержания Cd в ямах одинаковой ширины 5 нм. Для КЯ шириной 9 нм с $x=0,24$ наблюдалась полоса с максимумом $I_2=2.591$ эВ (478.6 нм) (кривая б). При возбуждении азотным лазером ($\lambda_{exc}=337,1$ нм) носители преимущественно генерировались в покровном и барьерных слоях ZnSe, на глубине $1/\alpha+L_d \approx 0,6$ мкм [3], где α -коэффициент поглощения, L_d диффузионная длина неосновных носителей, равная $\approx 0,5$ мкм. Спектры ФЛ образцов 1-3 в экситонной области ZnSe содержали набор линий обусловленных излучением свободных и связанных экситонов. Для сравнения на этом же рисунке представлен спектр ФЛ эпитаксиального ZnSe слоя, ЭС, толщиной 1,5 мкм, нанесённый на полупрозрачную подложку GaAs по технологии, описанной в [4] (кривая с). Спектр ФЛ от ZnSe ЭС содержал полосу $I_{EX}^{lh}=2,802$ эВ (442,6 нм), соответствующую экситону, расщеплённому напряжениями растяжения на две компоненты (компонента I_{EX}^{lh} отчётливо не разрешалась и проявлялась при большем усилении в виде плеча с высокоэнергетической стороны) и полосу $I_{2Ga}=2,796$ эВ (443,5 нм), соответствующую экситону, связанному на нейтральном доноре. Наблюдалась также интенсивная полоса $I_V=2,773$ эВ (447,1 нм), соответствующая протяжённым дефектам [5] и Y_0 -полоса с $I_{Y0}=2,602$ эВ (476,5 нм).

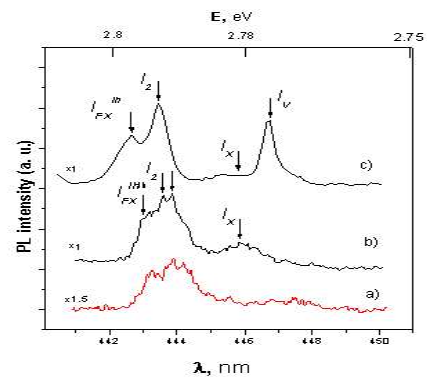


Рис-1. Низкотемпературные ФЛ спектры ZnSe буферного слоя образца единичной квантовой ямы CdZnSe/ZnSe КЯ (N3) до (б) и после облучения (а). Для сравнения приведен спектр ФЛ эпитаксиального ZnSe слоя, толщиной 1,3 мкм.

С коротковолновой стороны полосы I_{V0} наблюдалась полоса I_X , вероятно также обусловленная протяжёнными дефектами. В спектрах ФЛ от покровного и барьерного ZnSe слоев на образцах с КЯ описанная выше серия полос в околкекрасовой области сохранялась. По мере увеличения содержания Cd в КЯ (одновременно и величины рассогласования параметров решёток ZnSe и Cd_xZn_{1-x}Se) увеличивалось энергетическое расщепление между полосами I_{EX}^{lh} и I_{EX}^{hh} , чему соответствовало смещение полосы I_{EX}^{lh} в сторону больших энергий. Т.о. с ростом содержания Cd величина упругих деформации в слое ZnSe вблизи КЯ увеличивалась. На некоторых образцах полоса I_{2Ga} выглядела в виде дублета, что связано наличием двух типов доноров в преднамеренно нелегированных слоях. В ряде случаев проявлялась также полоса $I_X=2,789$ эВ (446 нм), положение которой не изменялось от образца к образцу (т.е. практически не зависело от напряжений) и не зависело от температуры. Это свидетельствует в пользу связи полосы I_X с протяжёнными дефектами. После облучения происходило изменение вида спектров ФЛ как от ям, так и от ZnSe буферного слоя. В спектрах НТ ФЛ от КЯ после облучения происходило смещение положения максимума полосы I_{QW} (тяжёлый экситон) на образцах 1 и 2 в сторону меньших энергий, а на других в сторону больших энергий (кривые с).

Интегральная интенсивность излучения, как правило, уменьшалась слабо (на образце 3 она практически не изменилась), а полуширина несколько возрастала. При этом максимум излучения легкого экситона менее интенсивной полосы, (переход $1elh$) также смещался в область меньших энергий, для образцов 1, 2; практически не смещался для образца 3. Величина смещения I_{QW}^{lh} , как правило, превышала величину смещения основной полосы I_{QW} . Спектры ФЛ в экситонной области буферного ZnSe слоев вблизи КЯ после облучения также трансформировались.

Выводы

Механизм радиационной ускоренной деградации CdZnSe/ZnSe КЯ был объяснен с учётом (i) существенного влияния знакопеременных полей и их релаксации;

(ii) ускоренной деформационными и концентрационными градиентами вблизи ГР диффузии более подвижного элемента катионной подрешётки Cd;

(iii) неоднородной по глубине исходной дефектной структурой образцов-скоплением V_{Zn} вблизи ГР-КЯ барьер. Предложен радиационно-ускоренный микромеханизм диффузии элемента катионной подрешётки с учётом вакансий этой же подрешётки.

Литература

1. Н.Е. Корсунская, Л.В. Борковская, Б.Р. Джумаев, Процессы деградации синезелёных лазерных диодов на основе CoA_2B_6 , *Оптоэлектроника и полупроводниковая техника*, Вып. 34, стр.29, 1999

2. A. Toda, K. Nakano, A. Ishibashi, Cathodoluminescence study of degradation in ZnSe-based semiconductor laser diodes, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 73, N11, pp. 1523-1525, 1998.

3. Н.Г. Басов, Е.М. Дианов, В.И. Козловский, А.К. Крыса, А.С. Насибов, Ю.М. Попов, А.М. Прохоров, П.А. Трубенко, Е.А. Щербаков, Лазерная электронно-лучевая трубка на основе сверхрешетки ZnCdSe/ZnSe, работающая при $T=300$ К, *Квантовая электроника*, Vol. 22, N8, pp.756-758.

4. Шарибаев М.Б. Оптическое исследование релаксации деформаций и интердиффузии в квантовых ямах ZnSe/ZnCdSe, модифицированных γ -облучением «Илмий хаборнома» Андижан давлат университети, №2, стр. 102-105., 2020 г.

5. Шарибаев М. Определение методом фотолуминесценции протяженных дефектов в эпитаксиальных плёнках ZnTe/GaAs. Журнал. Физика полупроводников и микроэлектроника. №4., стр. 214-216., 2020 г..

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ САТЕЛЛИТ ПРИ ПАССИВНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРОДОЛЬНЫХ МОД НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРА

Гафуров Халимджон

доцент кафедры общей физики и твёрдого тела

ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона

Гафурова»

Аннотация. В статье произведен спектральный анализ источника света имеющий сложную временную структуру и состоящего из нескольких импульсов на периоде. Результаты численных расчетов показали однозначную зависимость периодичности временных и спектральных характеристик, которую можно использовать для определения структуры обрабатываемых сигналов.

Ключевые слова: световой импульс, спектр, периодический сигнал, временная структура, спателлит.

В случае непрерывного Ag^+ лазера структура в виде эквидистантных импульсов наблюдается сразу от порога генерации (развертка А на Рис. 1) [1]. Дальнейшее увеличение

G_0 приводит, к нарушению характеристики излучения ухудшаются, затем появляется неустойчивость в структуре излучения. После этого устанавливается