

Исследование влияния состава и условий отжига на оптические свойства квантовых точек (In,Ga)As в матрице (Al,Ga)As

© Чжао Чжень, Д.А. Бедарев, Б.В. Воловик, Н.Н. Леденцов, А.В. Лунев, М.В. Максимов, А.Ф. Цацульников, А.Ю. Егоров, А.Е. Жуков, А.Р. Ковш, В.М. Устинов, П.С. Копьев

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, 194021 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 10 июня 1998 г. Принята к печати 11 июня 1998 г.)

Исследованы оптические свойства структур с квантовыми точками InGaAs в матрицах GaAs и AlGaAs, выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Показано, что увеличение содержания In в квантовых точках приводит к увеличению энергии локализации носителей и к возрастанию энергетического расстояния между основным и возбужденными состояниями носителей в квантовых точках. Исследование влияния постростового отжига на оптические свойства структур показывает, что формирование вертикально связанных квантовых точек и использование широкозонной матрицы AlGaAs приводит к повышению термической стабильности структур. Кроме того, в структурах с вертикально связанными квантовыми точками InGaAs в матрице AlGaAs высокотемпературный (при 830°C) отжиг позволяет улучшить качество слоев AlGaAs, при этом практически не изменяя энергетический спектр структуры. Полученные результаты показывают возможность использования постростового отжига для улучшения характеристик лазеров на основе квантовых точек.

1. Введение

Выращивание и исследование структур с упорядоченными массивами квантовых точек (КТ) In(Ga)As в матрице (Al)GaAs является в последнее время одной из наиболее актуальных проблем в физике и технологии полупроводников [1–3]. Наиболее интенсивно исследуется формирование КТ методом спонтанной морфологической трансформации напряженных слоев при их осаждении на поверхность кристалла с отличающейся постоянной решетки. Интерес представляют как фундаментальные исследования физических свойств, связанных с размерным квантованием, так и возможность приборного применения подобных структур [3,4]. Так, в настоящее время созданы лазеры на основе КТ в системе InGaAs/AlGaAs [5], характеризующиеся сверхвысокой температурной стабильностью порогового тока [6], превосходящей теоретический предел для лазеров на основе квантовых ям [7].

Как было показано в ряде работ [2,3], образование плотных ($> 5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$) массивов когерентных КТ InGaAs на поверхности GaAs или (Al,Ga)As при молекулярно-пучковой эпитаксии происходит только при определенных условиях роста. Так, отношение потоков атомов мышьяка и галлия не должно превышать $5 \div 10$, а температура поверхности обычно поддерживается в диапазоне $450 \div 500^\circ\text{C}$. Рост при более высоких температурах подложки приводит к резкому уменьшению плотности массива КТ и увеличивает вероятность образования дислоцированных кластеров, а также приводит к переиспарению атомов In с поверхности. Таким образом, осаждение КТ и их начальное зарастание материалом матрицы (GaAs или AlGaAs) необходимо осуществлять при относительно низких температурах подложки. В то же время известно, что для выращивания высококачественных слоев GaAs и, особенно, AlGaAs необходимо

поддерживать существенно более высокие температуры подложки ($600 \div 700^\circ\text{C}$) для того, чтобы избежать образования точечных дефектов. Таким образом, оптимальные температуры для осаждения КТ и их начального зарастания и температуры для оптимального роста GaAs и AlGaAs не совпадают. В связи с этим возникают два принципиальных вопроса — нельзя ли улучшить качество широкозонных барьеров путем постростового отжига структур и, с другой стороны, не повлияет ли рост пассивных областей лазера при повышенных температурах на геометрические размеры, состав и форму КТ. С этой целью и проводится исследование термической стабильности КТ с помощью постростового отжига. Как было показано в работах [8–10], высокотемпературный отжиг InAs-КТ в GaAs приводит к сдвигу линии излучения структур с КТ в сторону больших энергий фотона (эффект частичного разупорядочения КТ за счет процессов диффузии атомов через границу КТ при высоких температурах), но не улучшает заметно люминесцентных характеристик структур. При этом размер КТ увеличивается, приводя к уменьшению среднего содержания In, что было подтверждено данными просвечивающей электронной микроскопии [10]. Кроме того, происходит сужение линии фотолюминесценции (ФЛ) КТ, обусловленное меньшим влиянием дисперсии КТ по размерам на энергию оптического перехода при увеличении размеров КТ. Уменьшение энергии локализации носителей в КТ приводит к возрастанию вероятности термического выброса носителей и может привести в случае лазерных применений к увеличению порогового тока и ухудшению температурной стабильности прибора. Таким образом, подробное исследование влияния процессов отжига на свойства структур с массивами КТ необходимо для оптимизации режимов роста и постростовой обработки лазерных структур. До сих пор, однако, в основном исследовались структуры с InAs-КТ в GaAs-матрице, в

Условия формирования КТ

Образец	Количество рядов КТ	Содержание In, x	Толщина InGaAs, Å	Матрица	$T_g, ^\circ\text{C}$	$T_o, ^\circ\text{C}$
1	1	0.23	66	$\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$	500	600
2	1	0.37	22	$\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$	500	600
3	1	0.50	17	$\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$	500	600
4	3	0.50	12	$\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$	485	700
5	1	0.37	22	GaAs	500	600
6	1	0.50	17	GaAs	500	600
7	1	1.0	8	GaAs	500	600
8	6	0.55	12	GaAs	500	600

то время как в настоящее время наилучшие результаты по рабочим характеристикам лазеров на КТ получены для КТ (In,Ga)As в матрице (Al,Ga)As. Этот факт обуславливает необходимость проведения детальных исследований влияния постростового отжига на свойства структур именно в этой системе и выявление общих закономерностей и отличий по сравнению со случаем КТ InAs и InGaAs в GaAs.

2. Эксперимент

Исследованные образцы выращивались методом молекулярно-пучковой эпитаксии на подложках GaAs (100). В структурах с $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -КТ в матрицах GaAs и $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ после осаждения буферного слоя GaAs выращивались сверхрешетки AlAs/GaAs для предотвращения утечки носителей в подложку. После этого осаждался слой GaAs либо $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ толщиной 100 нм. Затем выращивалась активная область. Содержание In, эффективные толщины InGaAs и температуры осаждения КТ (T_g) представлены в таблице. Поскольку при уменьшении мольной доли InAs (x) критическая толщина, при которой начинают формироваться КТ, возрастает, то для образцов с меньшим x эффективная толщина слоя InGaAs была увеличена. После осаждения КТ и 100 Å GaAs ($\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$) температура роста увеличивалась, выращивались слой GaAs ($\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$) и сверхрешетка AlAs/GaAs для предотвращения поверхностной рекомбинации. Температуры зарастивания (T_o) также приведены в таблице.

Кроме этого, нами были выращены образцы с несколькими слоями КТ. Условия роста этих образцов соответствовали условиям роста образцов с одним слоем КТ. Активная область состояла из трех или шести слоев КТ, разделенных барьерами из материала матрицы толщиной 50 Å. Поскольку общее количество осажденного InGaAs в этих структурах увеличивалось, то для предотвращения образования дислокаций толщина слоя InGaAs в верхних слоях КТ уменьшалась. Мольная доля InAs, эффективная толщина слоя InGaAs, температура, при которой проводилось осаждение КТ, и температура зарастивания для данных структур также приведены в таблице.

Фотолюминесценция возбуждалась излучением Ar^+ -лазера (длина волны $\lambda = 514.5$ нм, плотность мощности $P = 100$ Вт/см²). Сигнал люминесценции регистрировался охлаждаемым фотоумножителем или германиевым $p-i-n$ -фотодиодом. Образцы отжигались в атмосфере водорода в течение различного времени при температурах $600 \div 850^\circ\text{C}$.

3. Результаты и их обсуждение

На рис. 1 показаны спектры ФЛ образцов с различной мольной долей InAs (x) в матрице AlGaAs при различных температурах. Необходимо отметить, что изменение мольной доли InAs приводит к изменению рассогласования параметров решетки и, следовательно, к изменению размеров и формы КТ. Для всех структур формирование КТ контролировалось по изменению картины дифракции быстрых электронов. Как видно из рис. 1, увеличение x от 0.23 до 0.37 приводит к смещению полосы ФЛ (QD) в область меньших энергий фотонов на ~ 65 мэВ. Дальнейшее увеличение x не вызывает значительного сдвига линии ФЛ. Помимо этого, происходит увеличение ширины полосы ФЛ. Другой особенностью является то, что с ростом температуры падение интегральной интенсивности ФЛ образца с КТ $\text{In}_{0.23}\text{Ga}_{0.77}\text{As}$ значительно сильнее, чем для структур с большим x . Такое поведение ФЛ можно объяснить следующим образом. Увеличение мольной доли InAs обуславливает увеличение энергии локализации носителей в КТ, что приводит к смещению линии ФЛ в область меньших энергий фотонов. Это приводит также к более сильному влиянию геометрических размеров КТ на электронный спектр и на энергию оптического перехода, что вызывает увеличение неоднородного уширения линии излучения. Кроме того, возрастание степени локализации носителей приводит к уменьшению вероятности термического выброса носителей и, таким образом, к более слабой температурной зависимости интенсивности ФЛ.

Рост температуры приводит к появлению новых линий (QD*) на коротковолновой стороне спектра, что связано с увеличением заселенности возбужденных состояний КТ. Для структуры с $x = 0.23$ энергетическое расстояние

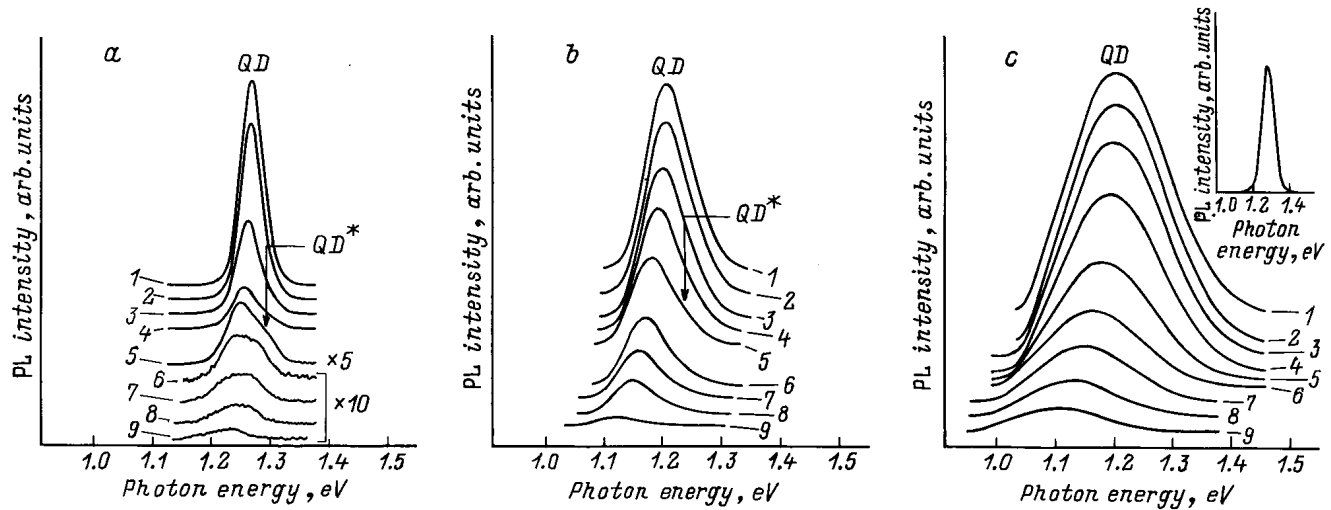


Рис. 1. Спектры ФЛ (PL) образцов с КТ с разной мольной долей InAs в $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ -матрице при различных температурах. *a* — образец 1; $T = 15$ (1), 40 (2), 70 (3), 100 (4), 140 (5), 180 (6), 210 (7), 240 (8), 280 К (9). *b* — образец 2; $T = 15$ (1), 40 (2), 70 (3), 100 (4), 140 (5), 180 (6), 210 (7), 240 (8), 300 К (9). *c* — образец 3; $T = 15$ (1), 40 (2), 70 (3), 100 (4), 140 (5), 180 (6), 210 (7), 250 (8), 300 К (9); на вставке — спектр ФЛ образца 4 при $T = 77$ К.

между линиями оптических переходов QD и QD* составляет ~ 45 мэВ. Для образца с $x = 0.5$ это расстояние увеличивается до ~ 90 мэВ. В случае структуры с $x = 0.5$ не наблюдается значительного изменения формы спектра вплоть до комнатной температуры. Однако этот факт может быть связан также с возрастанием ширины полосы ФЛ и максимированием новых линий неоднородным уширением. Таким образом, увеличение x приводит к более слабой зависимости формы спектра ФЛ от температуры.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Для исследованных образцов КТ в структуре с $x = 0.5$ характеризуются максимальной степенью локализации носителей и значительным энергетическим расстоянием между основным и возбужденными электронными состояниями. Это делает подобные структуры перспективными для использования в качестве активной области инжекционных полупроводниковых лазеров. Однако большая ширина полосы ФЛ (~ 180 мэВ) может мешать получению низких значений пороговой плотности тока. Как было показано в [11,12], одним из путей контролируемого управления размерами и формой КТ является их мультиплицирование — осаждение нескольких рядов КТ, разделенных узкими (порядка высоты КТ) барьерами (Al)GaAs. На вставке к рис. 1 показан спектр ФЛ образца с тремя слоями $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ -КТ в $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ -матрице. Видно, что произошло значительное сужение спектра ФЛ до ~ 75 мэВ, что указывает на повышение однородности системы КТ при вертикальном расположении. Небольшое смещение максимума ФЛ в коротковолновую сторону для данной структуры связано, по-видимому, с меньшей эффективной толщиной InGaAs в каждом последующем цикле осаждения.

Как было показано в работах [12,13], использование широкозонной матрицы AlGaAs позволяет увеличить локализацию носителей в КТ, что приводит к значительному снижению пороговой плотности тока в инжекционных лазерах. Мы исследовали постростовой отжиг структур с КТ в матрицах GaAs и AlGaAs, для того чтобы изучить влияние материала матрица и содержания In на термическую стабильность КТ. На рис. 2 представлены спектры ФЛ образцов с КТ InGaAs с разным содержанием In в матрице GaAs, снятые до и после постростового отжига. Температура при отжиге поддерживалась равной $T_a = 700^\circ\text{C}$, длительность отжига составляла 30 или 90 мин. Видно, что, независимо от содержания In в КТ, после отжига линия ФЛ сдвигается в область больших энергий фотона. Этот эффект наблюдался многими группами исследователей [8,9] и, как отмечалось выше, объясняется диффузией атомов In и Ga через границу КТ, что приводит к понижению эффективного содержания In в КТ. Отметим, во-первых, что смещение пика ФЛ минимально для КТ $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$. Во-вторых, спектры, снятые после отжига в течение 30 и 90 мин, практически не различаются. Таким образом, диффузионные процессы при 700°C происходят в течение достаточно короткого времени, и дальнейшие изменения малосущественны. Поскольку выбранные условия отжига соответствуют условиям высокотемпературного роста широкозонных эмиттеров в инжекционных лазерах, это указывает на значительную модификацию формы и размеров КТ в матрице GaAs в активной области лазеров.

Как показали результаты исследований [12,13], структуры с несколькими рядами КТ, разделенными узкими (порядка высоты точек) барьерами, (так называемые структуры с вертикально связанными КТ — ВСКТ) помимо уменьшения дисперсии по размерам позволяют

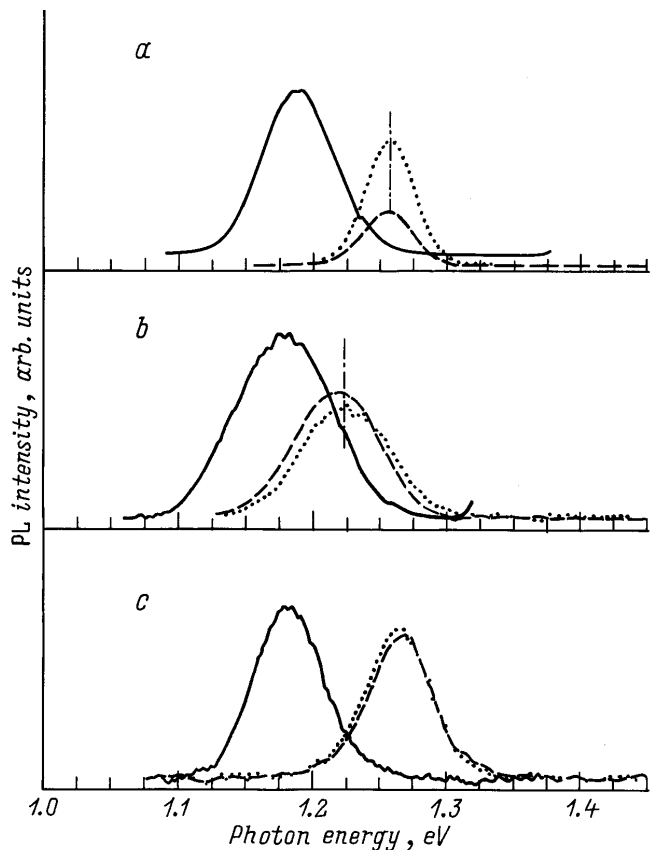


Рис. 2. Спектры ФЛ (PL) образцов с КТ с разной мольной долей InAs в GaAs-матрице без отжига (сплошные линии) и после отжига при $T_a = 700^\circ\text{C}$ в течение 30 (штриховые линии) и 90 мин (точечные). Температура измерения $T = 77\text{ K}$. Образцы: *a* — 5, *b* — 6, *c* — 7.

достичь большего коэффициента усиления в лазерах и предотвратить насыщение усиления при генерации через основное состояние в КТ. На рис. 3 показаны спектры ФЛ для структуры с вертикально-связанными КТ InGaAs в матрице GaAs при различных условиях отжига. Видно, что коротковолновый сдвиг линии ФЛ для такой структуры становится заметным только для температур отжига $T_a > 800^\circ\text{C}$, в то время как отжиг при меньших температурах практически не изменяет положение линии. Таким образом, мы предполагаем, что структуры с ВСКТ являются более термически стабильными. Это обусловлено, по-видимому, эффективным увеличением области локализации носителей в случае вертикально связанных точек. При этом влияние процессов диффузии, приводящих к "размытию" границ КТ, на электронный спектр КТ и, следовательно, на энергию оптического перехода значительно слабее. Данный результат показывает, что при росте лазерных структур с активной областью на основе ВСКТ возможно использование высокотемпературного роста эмиттеров, при котором концентрация точечных дефектов мала, при этом оптические свойства структуры меняются слабо.

Как было показано нами раньше [11], высокотемпературный отжиг структур с КТ InGaAs в матрице AlGaAs влияет на оптические характеристики структур слабее, чем на структуры с КТ в матрице GaAs. На рис. 4 приведены спектры ФЛ структур с ВСКТ InGaAs в матрице $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$. Отметим, что для структуры с КТ в системе InGaAs/ $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ температура роста верхнего ограничивающего слоя AlGaAs составляла 700°C . Таким образом, в процессе роста структура подвергалась отжигу в течение 10 мин при более высоких температурах, чем в случае отжига структур с КТ в GaAs-матрице. Видно, что для этой структуры постростовой отжиг в течение 30 мин при температуре $T_a = 830^\circ\text{C}$ приводит к незначительному сдвигу линии ФЛ (20 мэВ) в сторону больших энергий фотона, при этом интенсивность ФЛ при низких температурах и ширина линии не изменяются. Это связано, во-видимому, с подавлением процессов диффузии, вызванным меньшей подвижностью атомов Al. В то же время отжиг значительно увеличивает интенсивность ФЛ при температуре 300 К. Мы объясняем этот эффект тем, что при отжиге значительно падает концентрация точечных дефектов в слое AlGaAs, прилегающем к КТ, который осаждался при

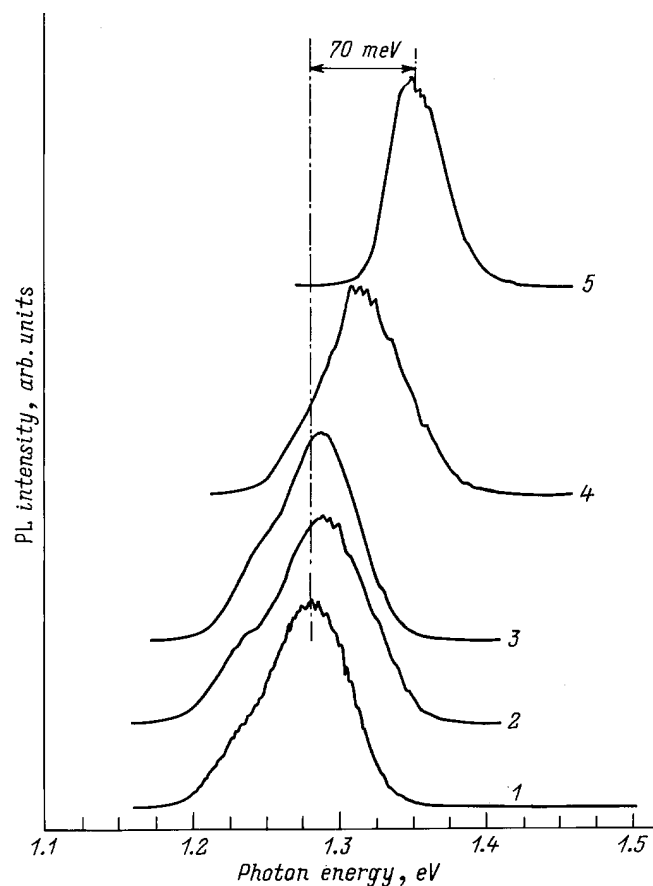


Рис. 3. Спектры ФЛ (PL) структуры без отжига (1) и после отжига в течение 30 мин при температурах $T_a = 700$ (2), 750 (3), 800 (4) и 850°C (5). Температура измерения $T = 77\text{ K}$.

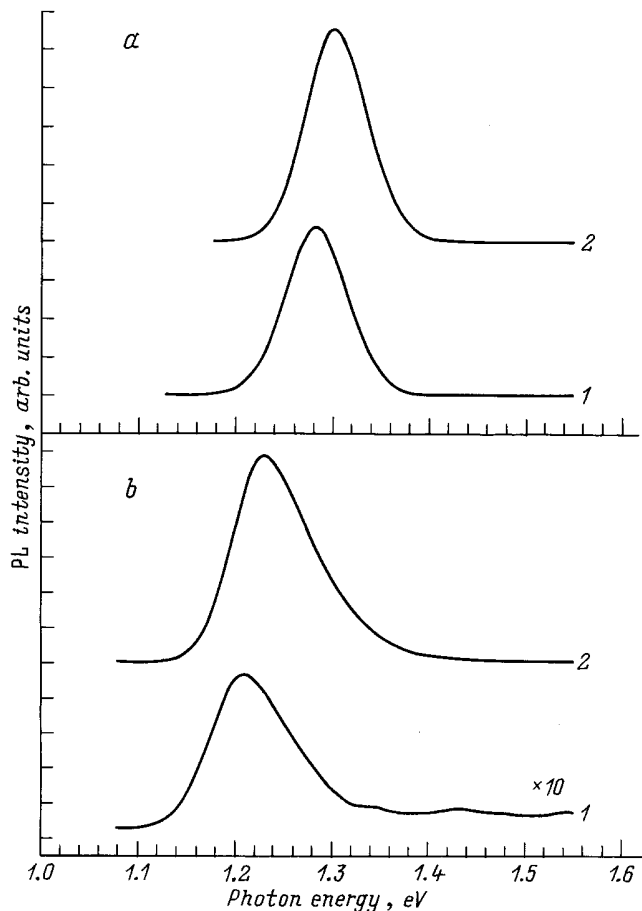


Рис. 4. Спектры ФЛ (PL) структуры 4 без отжига (1) и после отжига при $T_a = 850^\circ\text{C}$ в течение 30 мин (2). Температура измерения T , К: a — 77, b — 300.

низкой температуре. Это приводит к уменьшению вероятности безызлучательной рекомбинации при комнатной температуре.

Таким образом, мы показали, что высокотемпературный отжиг структур с ВСКТ InGaAs в матрице AlGaAs позволяет существенно улучшить качество структур, при этом практически не влияя на энергию локализации носителей в КТ относительно барьера. Этот результат также показывает, что при росте лазерных структур с КТ InGaAs в AlGaAs, кроме отжига в процессе роста (при росте верхнего эмиттера), можно использовать постростовой отжиг при более высоких температурах, улучшая таким образом характеристики лазерных структур.

4. Заключение

В данной работе было исследовано влияние мольной доли InAs и постростового высокотемпературного отжига на люминесцентные свойства структур с квантовыми точками InGaAs в матрицах GaAs и AlGaAs. Показано, что увеличение мольной доли InAs от 0.23 до 0.5 для

КТ в AlGaAs-матрице приводит к увеличению энергии локализации носителей в КТ и к увеличению энергетического расстояния между основным и возбужденными состояниями. Неоднородное уширение линии ФЛ, возрастающее с ростом мольной доли InAs, может быть уменьшено путем осаждения нескольких плоскостей КТ, разделенных узкими барьерами для обеспечения лучшей однородности КТ по размерам и эффективного электронного взаимодействия между КТ соседних рядов. Кроме того, мультиплицирование слоев КТ, разделенных тонкими барьерами, повышает термическую стабильность структур по сравнению со структурами с одним слоем КТ. Для структур с квантовыми точками InGaAs в матрице AlGaAs высокотемпературный отжиг ($T_a = 830^\circ\text{C}$) позволяет улучшить качество слоев AlGaAs, при этом практически не изменяя энергетического спектра структуры. Полученные результаты показывают возможность использования постростового отжига для улучшения качества лазерных структур.

Работа в разных частях поддерживалась Российским фондом фундаментальных исследований, Фондом Volkswagen (№ 1/73-631) и грантом INTAS-96-0467.

Список литературы

- [1] L. Goldstein, F. Glass, J.Y. Marzin, M.N. Charasse, G. Le Roux. *Appl. Phys. Lett.*, **47**, 1099 (1985).
- [2] M. Moison, F. Houzay, F. Barthe, L. Leprince, E. Andre, O. Vatel. *Appl. Phys. Lett.*, **64**, 196 (1994).
- [3] P.M. Petroff, S.P. Den Baars. *Superlatt. Microstr.*, **15**, N 1, 15 (1994).
- [4] N.N. Ledentsov, M. Grundmann, N. Kirstaedter, O. Schmidt, R. Heitz, J. Bohrer, D. Bimberg, V.M. Ustinov, V.A. Shchukin, P.S. Kop'ev, Zh.I. Alferov, S.S. Ruvimov, A.O. Kosogov, P. Werner, U. Richter, U. Gosele, J. Heydenreich. *Sol. St. Electron.*, **40**, 785 (1996).
- [5] N. Kirstaedter, N.N. Ledentsov, M. Grundmann, D. Bimberg, V.M. Ustinov, S.S. Ruvimov, M.V. Maximov, P.S. Kop'ev, Zh.I. Alferov, U. Richter, P. Werner, U. Gosele, J. Heydenreich. *Electron. Lett.*, **30**, 1416 (1994).
- [6] M.V. Maximov, I.V. Kochnev, Yu.M. Shernyakov, S.V. Zaitsev, N.Yu. Gordeev, A.F. Tsatsul'nikov, A.V. Sakharov, I.L. Krestnikov, P.S. Kop'ev, Zh.I. Alferov, N.N. Ledentsov, D. Bimberg, A.O. Kosogov, P. Werner, U. Gösele. *Int. Symp. Formation, Physics and Device Application of Quantum Dot Structures* (Sapporo, Japan, 1996) [*Japan. J. Appl. Phys.*, **36**, pt. 1, 4221 (1997)].
- [7] Y. Arakawa, H. Sakaki. *Appl. Phys. Lett.*, **40**, 939 (1982).
- [8] R. Leon, Y. Kim, C. Jagadish, M. Gal, J. Zou, D.J.H. Cockayne. *Appl. Phys. Lett.*, **69**, 1888 (1997).
- [9] S. Malik, C. Roberts, R. Murray, M. Pate. *Appl. Phys. Lett.*, **71**, 1987 (1997).
- [10] A.O. Kosogov, P. Werner, U. Gösele, N.N. Ledentsov, D. Bimberg, V.M. Ustinov, A.Yu. Egorov, A.E. Zhukov, P.S. Kop'ev, N.A. Bert, Zh.I. Alferov. *Appl. Phys. Lett.*, **69**, 3072 (1996).

- [11] B.V. Volovik, M.V. Maximov, A.V. Sakharov, I.V. Kochnev, N.N. Ledentsov, A.F. Tsatsul'nikov, P.S. Kop'ev, Zh.I. Alferov, D. Bimberg, A.O. Kosogov, P. Werner. *7th European Workshop on Metal–Organic Vapour Phase Epitaxy and Related Growth Techniques* (Berlin, Germany, 1997) (workshop booklet).
- [12] N.N. Ledentsov, V.A. Shchukin, M. Grundmann, N. Kirstaedter, J. Böhrer, O. Schmidt, D. Bimberg, V.M. Ustinov, A.Yu. Egorov, A.E. Zhukov, P.S. Kop'ev, S.V. Zaitsev, N.Yu. Gordeev, Zh.I. Alferov, A.I. Borovkov, A.O. Kosogov, S.S. Ruvimov, P. Werner, U. Gösele, J. Heydenreich. *Phys. Rev. B*, **54**, 8743 (1996).
- [13] V.M. Ustinov, A.Yu. Egorov, A.R. Kovsh, A.E. Zhukov, M.V. Maximov, A.F. Tsatsul'nikov, N.Yu. Gordeev, S.V. Zaitsev, Yu.M. Shernuakov, N.A. Bert, P.S. Kop'ev, Zh.I. Alferov, N.N. Ledentsov, J. Bohrer, D. Bimberg, A.O. Kosogov, P. Werner, U. Gösele. *J. Cryst. Growth*, **175/176**, 689 (1997).

Редактор Л.В. Шаронова

Investigation of the effect of composition and annealing conditions on the optical properties of InGaAs quantum dots in AlGaAs matrix

Zhao Zhen, D.A. Bedarev, B.V. Volovik, N.N. Ledentsov, A.V. Lunev, M.V. Maximov, A.F. Tsatsul'nikov, A.Yu. Egorov, A.E. Zhukov, A.R. Kovsh, V.M. Ustinov, P.S. Kop'ev

A.F. Ioffe Physicotechnical Institute,
Russian Academy of Sciences,
194021 St. Petersburg, Russia

Abstract Optical properties of the structures grown by molecular-beam epitaxy with InGaAs quantum dots in GaAs and AlGaAs matrices have been investigated. It is shown that increase of In content in quantum dots leads to an enhancement of carrier localization and to an increase of the energy gap between ground and excited states in quantum dots. Investigations of the effect of postgrowth annealing on the optical properties of the structures show that formation of vertically-coupled quantum dots and using of wide-band-gap AlGaAs matrix leads to higher thermal stability of the structures. Moreover, in the structures with vertically-coupled InGaAs quantum dots in the AlGaAs matrix, high temperature (830°C) postgrowth annealing allows to improve the quality of AlGaAs layers, while the energy spectrum of the structures is not significantly changed. Our results show that postgrowth annealing allows to improve the quality of quantum dot lasers.