

ВЛИЯНИЕ ТОЧЕЧНЫХ МИКРОДЕФЕКТОВ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ZNSE/GAAS

Сражатдинова Ф

Шамуратова А.

Шарибаев М.

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха (Нукус., Узбекистан)

Каландарова Ш.

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза (Нукус.,
Узбекистан)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11397105>

Аннотация. В экситонных областях фотолюминесценции эпитаксиальных пленках ZnSe/GaAs определены изменение максимумы, полосы соответствующие 500 нм и 560-580 нм, связанные переходами на DA парах, а так же полосы $I_1=2.48$ eV(500 нм), $I_2=2.21$ eV(550 нм). Полосе I_2 приписывают переход, связанный с собственными дефектами в ЭС. Показано, что остаточные напряжения, обусловленные неполной релаксацией параметра решетки пленки к его равновесному значению при температуре роста, также вносят определенный вклад. Положение линии локализованного на нейтральном акцептре (As) экситона хорошо описывается в рамках существующих моделей, учитывающих напряжения, величина которых вычислена на основе значения ΔE_{exc} .

Ключевые слова: Эпитаксиальные пленки, протяженные дефекты, фотолюминесценция, температурные зависимости.

INFLUENCE OF POINT MICRODEFECTS ON THE OPTICAL PROPERTIES OF ZNSE/GAAS

Abstract. In the excitonic regions of photoluminescence of epitaxial ZnSe/GaAs films, changes in maxima, bands corresponding to 500 nm and 560-580 nm, associated with transitions on DA pairs, as well as bands $I_1 = 2.48$ eV (500 nm), $I_2 = 2.21$ eV (550 nm). The I_2 band is attributed to a transition associated with intrinsic defects in the ES. It is shown that residual stresses caused by incomplete relaxation of the film lattice parameter to its equilibrium value at the growth temperature also make a certain contribution. The position of the line of an exciton localized on a neutral acceptor (As) is well described within the framework of existing models that take into account voltages, the value of which is calculated based on the value of ΔE_{exc} .

Key words: Epitaxial films, extended defects, photoluminescence, temperature dependences.

Введение

На основе высококачественных гетероэпитаксиальных слоев A^2B^6 стало возможным создать высокоэффективные наноразмерные лазеры, фотодетекторы, солнечные элементы, фотоотражающие приборы и другие устройства. Конечно, в этих структурах в качестве подложки используются монокристаллы GaAs. Это связано тем, что технология получения высококачественных сравнительно дешевых GaAs монокристаллов с достаточной площадью, хорошо отработана в отличии монокристаллов A^2B^6 . Однако, использование GaAs в качестве подложки приводит к ряду новых проблем. Это, в-первых, существование несогласованности в постоянных решетках между бинарными соединениями A^2B^6 и GaAs. Например, для пары ZnSe/GaAs она составляет $\sim 0.27\%$ при комнатной температуре, а для ZnTe/GaAs $\sim 7.6\%$. А разница в коэффициентах термического расширения между ними приводит к появлению упругих напряжений. Во-вторых, осуществляется активная интердиффузия компонентов поперек границы раздела A^2B^6 /GaAs, которая ускоряется при образовании дислокации несоответствий [1] за счет релаксации упругих напряжений. Эти процессы обуславливают низкое кристаллическое качество полученных плёнок, которое в свою очередь, стимулирует деградиционные процессы. Одним из способов влияния на характеристики границы раздела A^2B^6 /GaAs структур является использование тонких промежуточных слоев, которые могут задержать процессы интердиффузии компонентов плёнки и подложки. Другим способом уменьшения негативного воздействия интерфейса, которой позволяет повысить деградиционную стойкость структур на основе A^2B^6 , и есть использования толстых барьерных слоев. Как было показано в [2], влияние границы раздела A^2B^6 /GaAs на свойства КЯ и сверхрешеток, определяет термическую стабильность всей системы, которая играют важную роль в процессах деградации синиезеленных лавинных диодов (ЛД) на основе ZnSe.

Экспериментальная часть.

По этой причине мы исследовали распределение структурных дефектов (типичных и протяжённых) по глубине специально нелегированных ZnSe, ZnTe, и CdTe ЭС разной толщины, выращенных МПЭ на GaAs подложках, методами низкотемпературной ($T=4.2-77$ К) ФЛ и дифракцией рентгеновских лучей. Изучалось также влияние тонкого аморфного слоя ZnTe, размещенного между буферным слоем ZnTe и GaAs подложкой на свойства КЯ - сверхрешеток и на объемные характеристики плёнок ZnTe.

Низкотемпературные спектры ФЛ слоев A^2B^6 разделяются на три спектральные области [3]: 1) область экситонных переходов, 2) область рекомбинации донорно-акцепторных пар, 3) ФЛ переходы, связанные с глубокими уровнями.

На рис.1 приведены типичные спектры ФЛ при 4.2 К для трех ЭС ZnSe/GaAs с различными толщинами, которые были выращены в одинаковых условиях. Спектры ФЛ образцов толщиной >1 мкм (кривые b, c) в краевой области состоят из узких линий с максимумами $h\nu_1=2.802$ эВ (442 нм), $h\nu_2=2.796$ эВ(443.5 нм), $h\nu_3=2.772$ эВ (446.8 нм), и $h\nu_4=2.602$ эВ (476.5). Согласно литературным данным [4] первые две полосы соответствуют излучательной рекомбинации свободного экситона I_{FX} и экситона, связанного на нейтральном доноре $I_2(D^0,X)$, соответственно. Экситонная природа этих переходов подтверждается соответствующими особенностями в спектрах отражения (см.4.6 и 4.13). Последние две полосы I_V^0 (446, нм) и Y_0 (476.5) связывают с экситонными переходами на структурных дефектах, а именно прорастающих дислокациях и дислокациях несоответствия [5]. С высокоэнергетической стороны полосы I_V^0 в исследуемых образцах часто наблюдается плечо максимумом при 446 нм I_x . Положение этого пика близко к положению двухэлектронного сателита (EL) перехода (D^0, X) [110], или к экситону, связанному на нейтральном акцепторе (связанного с As или его комплексами) . Возможная природа этой линии будет рассмотрена ниже. При более детальном рассмотрении выявляется, что полоса I_{FX} состоит из двух линий (основного пика и высокоэнергетического плеча), что обусловлено снятием вырождения в точке расщепления валентной зоны на зону легких дырок lh и тяжелых дырок hh под действием других напряжений пленки.[5].

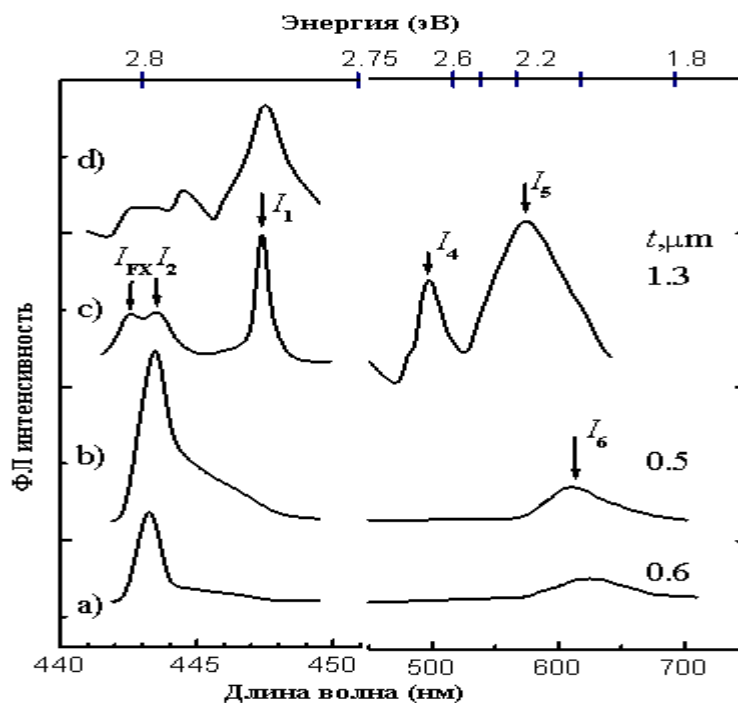


Рис.1 Типичные спектры ФЛ нелегированных образцов ЭС ZnSe/GaAs разной

толщиной: 0.5 мкм (кривая а,в), 1.3 мкм (кривая с), 2 мкм (кривая d).

Последние вызваны несогласованием в постоянных решетках ЭС и GaAs подложки, а также разницей в коэффициентах термического расширения между ZnSe и GaAs, которая возникает при охлаждении ЭС от температуры роста. Положение I_h пика чувствительно к напряжениям и поэтому оно смещается в низкоэнергетический бок спектра с увеличением толщины образцов, так как с ростом толщины растет напряжение растяжения. Высокое значение отношения интенсивности линий экситона, связанного на нейтральном доноре, к пикам свободного экситона $\zeta = I_2(D^0, X)/IFX = 1$ подтверждает высокую оптическую доскональность исследуемых образцов [5].

Кроме приведенных экситонных линий в спектре ФЛ толстых эпитаксиальных слоев присутствуют так же слабые полосы с максимумами 500 нм и 560-580 нм, связанные переходами на DA парах, а так же полосы $I_4 = 2.48$ eV (500 нм), $I_5 = 2.21$ eV (550 нм). Слабые полосы, как правило, связывают с излучением донорно-акцепторных пар, где акцептором выступает V_{Zn} , а донором - элементы I группы (Na и Li). Полосе I_4 приписывают переход, связанный с собственными дефектами в ЭС.

Спектры ФЛ более тонких образцов (рис.1 кривая а) существенно отличаются от выше приведенных спектров. В экситонной области спектра наблюдается лишь полоса 443.5 нм, полуширина которой изменяется от $W = 1,25$ нм (для образца №34) до $W = 1.07$ нм (для образца №1). Этот экспериментальный результат подтвержден также измерениями Холл-эффекта, где получена высокая плотность для электронов $n = 8 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3} - 1,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, соответствующая случаю вырождения. В спектрах ФЛ для всех тонких образцов наблюдалась так же широкая полоса с максимумом ~ 620 нм, которой приписывается DA парная рекомбинация, где донором является элемент III группы, а акцептором V_{Zn} [6]. Как, правило, пик $I_2(D^0, X)$, который наблюдается в чистых образцах, связывают с Ga_{Zn} [6], хотя возможны интерпретации и другими элементами Cl_{Se} и In_{Zn} [6]. Загрязнение атомами галлия эпитаксиальной пленки ZnSe, вероятно, происходит с GaAs подложки. Это объясняется уменьшением отношения интенсивности I_2/IFX с ростом толщины пленки (I_2 полоса связана с атомами Ga). Тогда возможным кандидатом в доноры III группы, которые отвечают, за полосу ФЛ 620 нм в тонких образцах, является также Ga_{Zn} .

Заключение

Толстые эпитаксиальные пленки ЭС (>1 мкм) содержат 2 области с повышенной концентрацией точечных макродефектов: область вблизи границы раздела A^2B^6 /подложка и тонкая область (<0.1 мкм) в приповерхностной области. Установлено, что протекает реакция образования точечных дефектов в приповерхностной области ЭС ZnSe/GaAs под

действием облучения пучком электронов и УФ светом.

REFERENCES

1. E. Korsunskaya, V.P. Klad'ko, B. Embergenov, L.V. Borkovskaya, M.P. Semtsiv, and M. Sharibaev, "Molecular-beam epitaxial growth of CdZnTe/ZnTe QW structures and superlattices on GaAs (100) substrates for optoelectronics", *SPIE Proceeding*, 1998, v.**3890**, P.537-541.
2. .V.I. Kozlovski, A.B. Krysa, Yu.G. Sadofyev, and A.G. Turyansky, "ZnTe epilayers and CdZnTe/ZnTe QWs grown by MBE on GaAs (100) substrates with use of solid-phase crystallization on seeded amorphous ZnTe layers".//*Sol. Fiz. Techn. Poluprov.* 1999, v.**33** (7), P.810-814.
3. .E.F. Venger, Yu.G. Sadof'ev, G.N. Semenova, N.E. Korsunskaya, V.P. Klad'ko, L.V. Shechovtsov, M.P. Semtsiv, L.V. Borkobskaya, and S.Yu. Sapko, "Lateral and depth inhomogeneities in Zn-based heterostructures in grown on GaAs by MBE" *Thin Solid Films*, 2000, v. **367**(1,2), P.184-188.
4. . Козловский В. И., Крыса А. В., Садофьев Ю. Г. и др. ZnTe epilayers and ZnCdTe/ZnTe QW structures grown by MBE on GaAs (100) substrates using solid phase crystallization of amorphous ZnTe buffer layer.//*ФТП.* 1999, т.33, В7, С.810.
5. .Багаев В. С., Зайцев В. В., Калинин В. В. и др. Экситонная люминесценция и резонансное КР субмонослоев CdTe в пленках ZnTe, полученных методом МВЭ.//*Письма в ЖЭТФ.* 1993, т.**58**, В.2, С.82.
6. .Венгер Е. Ф., Садофьев Ю. Г., Семенова Г. Н., и др. Излучение, связанное с протяженными дефектами в эпитаксиальных слоях ZnTe/GaAs и многослойных структурах.//*ФТП.* 2000, т.**34**, В.2, С.13.