



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

səhifə
page 766-768
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

МЕХАНИЗМ ИЗЛУЧАТЕЛЬНОЙ РЕКОМБИНАЦИИ И ПРИРОДА ЦЕНТРОВ СВЕЧЕНИЯ В $CdGa_2S_4$

КЕРИМОВА Т. Г., ГУЛИЕВ Р. А.

*Институт Физики АН Азербайджана,
Баку AZ- 1143, пр. Джавида, 33
E-mail: ktaira@physics.ab.az*

Приводятся результаты исследования поляризационной и температурной зависимостей спектров фотолюминесценции монокристаллов $CdGa_2S_4$ в интервале температур 77-300К. Совместный анализ полученных экспериментальных результатов совместно с данными оптического поглощения, фотопроводимости и др. позволили установить механизм излучательной рекомбинации и природу центров свечения в $CdGa_2S_4$.

Полупроводниковое соединение $CdGa_2S_4$ ввиду наличия высокой фоточувствительности, яркой люминесценции в сочетании с большой шириной запрещенной зоны является перспективным материалом для полупроводникового приборостроения. Недавно на $CdGa_2S_4$ созданы фоточувствительные структуры [1]. Несмотря на то, что оптические спектры в области края собственного поглощения $CdGa_2S_4$ исследованы довольно подробно, однако спектр локальных состояний и механизм излучательной рекомбинации исследованы недостаточно.

Излучательная рекомбинация в $CdGa_2S_4$ исследовалась в ряде работ [2-5]. Все исследования были проведены в неполяризованном излучении. При интерпретации экспериментальных результатов за ширину запрещенной зоны была принята завышенная величина ~ 3.8 эВ.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования спектров фотолюминесценции $CdGa_2S_4$ в интервале температур 77-300К. Исследования проводились на монокристаллах, выращенных методом газотранспортных реакций. В качестве транспортера использовался кристаллический йод. Выращенные монокристаллы имели вид трехгранных призм, две грани которых имели индексы $(1\bar{1}2)$ и $(\bar{1}12)$, а третья-(001). Тетрагональная ось С с гранями $(1\bar{1}2)$ и $(\bar{1}12)$ составляет угол 37° .

Монокристаллы из отдельных технологических партий при визуальном рассмотрении различались по цвету. Образцы желтого цвета (группа А) имели

удельное сопротивление $\rho=10^{10}$ Ом·см, а белого цвета (группа Б) $\rho=10^{12}$ Ом·см. Все образцы имели n-тип проводимости.

В работах [2,6] также отмечается, что полученные ими кристаллы различаются по цвету и удельному сопротивлению.

Измерения спектров фотолюминесценции проводились на установке, собранной на базе монохроматора SPM-2. Спектры излучения снимались с грани $(1\bar{1}2)$. Возбуждение осуществлялось линиями ртутной лампы 313 нм (поверхностное возбуждение) и 365 нм (объемное возбуждение). Все исследования были проведены в поляризованном излучении. Измерения спектров фотолюминесценции были проведены в интервале температур 77 – 300К.

Спектры фотолюминесценции кристаллов группы А имеют более сложную структуру, чем кристаллов группы В. Поэтому на рис.1 представлены спектры фотолюминесценции монокристаллов $CdGa_2S_4$ группы А при 77 и 300 К. Как при объемным, так и при поверхностном возбуждениях спектры излучения имели одинаковый вид. Однако, коротковолновая полоса излучения с максимумом при 2,80 эВ наблюдалась только при поверхностном возбуждении при 77К.

В спектрах фотолюминесценции $CdGa_2S_4$ можно выделить, в основном, четыре полосы: голубая, с максимумом при 2,80 эВ, наблюдающаяся при 77К; желтозеленая, состоящая из трех элементарных полос с максимумами при 2,50; 2,37 и 2,20 эВ; красная, состоящая из двух

энергетически близко расположенных линий с максимумами при 2,03 и 1,94 эВ; инфракрасная, с максимумом при 1,42 эВ, наблюдающаяся только при низких температурах.

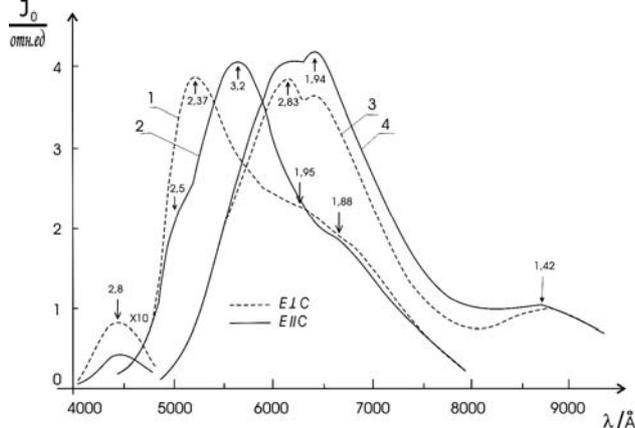


Рис.1. Спектральная зависимость фотолюминесценции в CdGa₂S₄ группы А при 300К (1,2) и 77К(3,4)

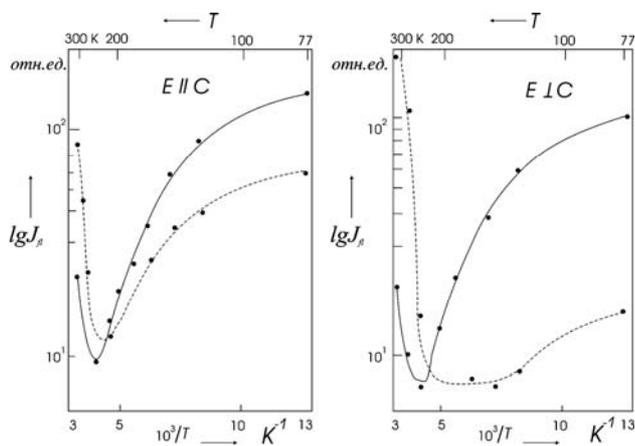


Рис.2. Температурная зависимость интенсивности излучения красной (сплошная) и желтозеленой (штриховая) в CdGa₂S₄

На рис.2 приведены температурные зависимости интенсивности желтозеленой и красной полос излучения. Видно, что температурные зависимости спектров излучения имеют сложный характер. Желтозеленая полоса излучения наиболее интенсивна при 300К. С понижением температуры от 300 до 77 К интенсивность этой полосы спадает и возгораются красная и инфракрасная полосы излучения. Можно выделить три области температур: 1) в интервале 77 < T < 200 К наблюдается сильное уменьшение красной и небольшое уменьшение интенсивности желтозеленой полосы; 2) переход от ослабления к увеличению интенсивностей обеих полос наблюдается в интервале 200 < T < 260 К; 3) возгорание желтозеленой и небольшое увеличение интенсивности красной полосы наблюдается в интервале 260 < T < 300К. Такое поведение температурных зависимостей полос фотолюминесценции в CdGa₂S₄ свидетельствует о

сложном характере механизма рекомбинации в этом соединении..

В работе [7] при исследовании фотопроводимости также выделены три температурные области и отмечается, что рекомбинация происходит при участии двух групп локализованных состояний. На наличие двух типов медленных центров, расположенных на ~ 0,6 и 1,1 эВ выше потолка валентной зоны, указывается также [8,9].

Для построения картины электронных переходов в CdGa₂S₄ необходимо использовать данные о оптических переходах в центре зоны Бриллюэна CdGa₂S₄. Согласно [10] минимальные межзонные переходы в CdGa₂S₄ локализованы в центре зоны Бриллюэна CdGa₂S₄ (рис.3). В дипольном приближении валентная зона формируется состояниями Γ₃+Γ₄ и Γ₂, расщепленных кристаллическим полем, а дно зоны проводимости состоянием Γ₁. Оптические переходы Γ₃+Γ₄→Γ₁ разрешены в поляризации $\vec{E} \perp C$ и равны 2.96 эВ при 300К и 3.05эВ при 77К. Используя данные о спектра локальных состояний в запрещенной зоне CdGa₂S₄ и учитывая, что минимальные межзонные переходы при 77 К равны 3,05 эВ наблюдаемые линии излучательной рекомбинации можно объяснить следующим образом. Голубая полоса излучения с общим максимумом при 2,80 эВ, наблюдающаяся при 77К поляризована, причем интенсивность излучения в поляризации $\vec{E} \perp C$ больше, чем в поляризации $\vec{E} \parallel C$. Поляризационная зависимость интенсивности излучения этой полосы коррелирует с поляризационной зависимостью оптических переходов в области края собственного поглощения [10]. Поэтому следует полагать, что эта полоса связана с излучательной рекомбинацией из мелких уровней близко расположенных к дну зоны проводимости.. Наблюдаемое расщепление этой полосы на две элементарные с максимумами при 2,75 и 2,92 эВ [3], по-видимому, связано с расщеплениями между подуровнями валентной зоны. Интенсивность голубой полосы увеличивается при обогащении кристаллов атомами кадмия [3] и объясняется междоузельным внедрением кадмия. Следует полагать, что междоузельные атомы кадмия образуют донорные уровни с энергией активации ~0,2 эВ, излучательными переходами из которых обусловлена голубая полоса люминесценции.

Согласно [11] в монокристаллах CdGa₂S₄ группы А, в отличие от группы В, наблюдается сложная зависимость термостимулированной проводимости, что объясняется наличием в запрещенной зоне кристаллов группы А термически разделенных глубоких уровней прилипания. Эти выводы подтверждены в [6,9], где отмечается, что в кристаллах группы А основную роль играют уровни прилипания с энергиями активации 0,5; 0,6; 0,65 и 1эВ. Наличие близко расположенных ловушечных уровней свидетельствует о квазинепрерывном их распределении. Поэтому желтозеленую полосу излучения при 2.5эВ, 2.37эВ и 2.2эВ можно

связать с излучательными переходами из этих уровней в валентную зону. Расщепление между компонентами желтозеленой полосы совпадает с расщеплениями подуровней валентной зоны. Красная полоса люминесценции с общим максимумом при 2,0 эВ наиболее интенсивна при 77К и не обнаруживает поляризационную зависимость. Интенсивность излучения в этой полосе растет при отжиге в парах аргона и уменьшается при отжиге в парах серы [4], что указывает на связь этой полосы с анионной вакансией в CdGa_2S_4 . Поэтому ее можно связать с излучательным захватом электронов глубоким акцепторным уровнем, расположенным на 1.1эВ выше потолка валентной зоны.

Инфракрасная полоса излучения также проявляется при низких температурах и обусловлена излучательными переходами на тот же центр рекомбинации (~1,1 эВ) из уровней расположенных на 0,5 ÷ 0,6 эВ ниже дна зоны проводимости. Наличие трех энергетически близко расположенных уровней 0,5 ; 0,6 и 0.65 эВ обуславливают большую ширину полосы при 1,42 эВ. Поэтому ее следует связать с излучательным захватом электронов глубоким акцепторным уровнем, расположенным на 1.1эВ выше потолка валентной зоны.

Из вышеизложенного следует, что в процессах излучательной рекомбинации в CdGa_2S_4 при низких и высоких температурах играют различные локальные центры, активно проявляющихся в различных температурных областях. Конкуренция

между ними в зависимости от температурной области приводит к изменениям в спектрах излучательной рекомбинации в CdGa_2S_4 .

В области низких температур в процессе рекомбинации участвует уровень, расположенный на 1,1 эВ выше потолка валентной зоны, а с повышением температуры происходит переключение канала рекомбинации на уровень, расположенный на ~0,6 эВ выше потолка валентной зоны. На рис.3 представлена схема излучательных переходов в монокристаллах CdGa_2S_4 группы А.

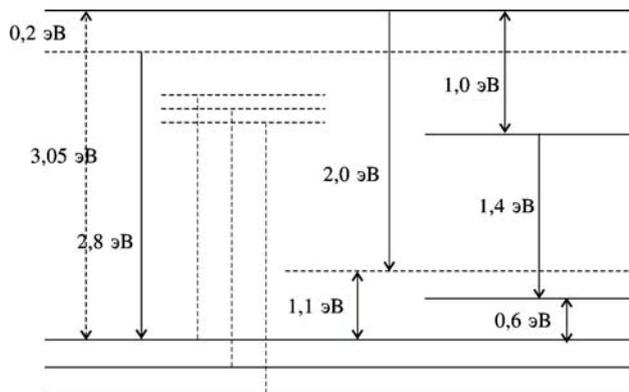


Рис.3. Схема излучательной рекомбинации в CdGa_2S_4

[1]. Рудь В.Ю., Рудь Ю.В., Вайполин А.А., Боднарь И.В., Fernelius., ФТП, 2003, т.37, в.11, с.1321-1329.
 [2]. Georgobiani A.N., Radautsan S.I., Tiginiyanu I.M. - Phys. Stat. Sol. (a), 1988, 69, k513-k520.
 [3]. Георгобиани А.Н., Дону В.С., Илюхина З.П., Павленко В.И., Тигиняну И.М., - ФТП, 1983, V.17, в.18, с.1524-1526.
 [4]. Георгобиани А.Н., Дерид Ю.О., Радауцан С.И., Тигиняну И.М., - Краткие сообщения по физике, ФИАН, 1983, №3, с.46-51.
 [5]. Георгобиани А.Н., Дону В.С., Илюхина З.П., Павленко В.И., Тигиняну И.М. Краткие сообщения по физике, ФИАН, 1981, №12, с.48-52.
 [6]. Барсука А.А., Булярский С.В., Грушко Н.С., Дону В.С., Житарь В.Ф., Радауцан С.И. - [12].

ФТП, 1980, т.14, №1, с.208 - 209, Деп.РА-2775/75 Электроника.
 [7]. Радауцан С.И., Житарь В.Ф., Дону В.С., - ФТП, 1975, т.9, в.5, с.1018-1020.
 [8]. Житарь В.Ф., Дону В.С., Радауцан С.И., Струмбан Э.Е., Электронная обработка материалов. АН Молдавской ССР, 1982, №5, с.54-58.
 [9]. Грушко Н.С., Дону В.С., . Всесоюзная конференция «Тройные полупроводники и их применения», Кишинев, Штиинца, 1972, с.157-168
 [10]. Kerimova T.G., Mamedov Sh.S., Nani R.Kh. - Phys. stat. sol. (b), 1981, v.105, k39-k41
 [11]. Kivits R., Reulen., Hendrix J., Vam Empel., Van Kleff J. J. of Luminescence, 1978, v.16, №2, p.145-160.