

ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ДВОЙНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ $Tl(GaS_2)_{1-x}(InSe_2)_x$ ($x=0\div 0,1$)

Э.М.КЕРИМОВА, Н.З.ГАСАНОВ, Д.И.ИСМАИЛОВ, М.А.АЛДЖАНОВ,
С.Ф.БАЙРАМОВ, А.И.ГАСАНОВ

*Институт физики НАН Азербайджана,
Азербайджан, Баку,
AZ-1143, пр. Г.Джавида, 33,*

$Tl(GaS_2)_{1-x}(InSe_2)_x$ ($x=0\div 0,1$) ikiqat əvəzlənmiş mükəmməl bərk məhlul monokristalları yetişdirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bərk məhlulların optik udulma sərhəddi, temperatur əmsalının müsbət işarəli $2 \cdot 10^{-4}$ eV/K orta giymətində düz eksiton keçidi ilə formalaşır. Eksiton enerjisinin bərk məhlulun tərkibindən asılılığı geyri monoton xarakterlidir, ümumilikdə isə bu asılılıq uzundalğalı oblasta sürüşmə ilə xarakterizə olunur. Qeyd olunanlar təsdiq edir ki, GaS_2 –nin $InSe_2$ ilə qismən əvəz olunması, $TlGaS_2$ yarımqeçirici kristalının zona quruluşunda mürəkkəb proseslərin baş verməsinə səbəb olur.

Выращены совершенные монокристаллы твердых растворов двойного замещения $Tl(GaS_2)_{1-x}(InSe_2)_x$ ($x=0\div 0,1$). Установлено, что край оптического поглощения этих твердых растворов формируется прямой линией экситона с положительным температурным коэффициентом, составляющим в среднем $2 \cdot 10^{-4}$ eV/K. Обнаружена немонотонность изменения энергии экситона в зависимости от состава твердого раствора, хотя общий характер этой зависимости – смещение в длинноволновую область. Это говорит о довольно сложном процессе, происходящем в зонной структуре полупроводникового кристалла $TlGaS_2$, связанном с частичной заменой GaS_2 на $InSe_2$.

The perfect single crystals of solid solution of double replacement $Tl(GaS_2)_{1-x}(InSe_2)_x$ ($x=0\div 0,1$) have been grown up. It is established that the edge of optical absorption of these solid solutions is formed by straight line exciton with the positive temperature factor averaging $2 \cdot 10^{-4}$ eV/K. There have been found nonmonotonic changes of exciton energy depending on solid solution structure, though the combined character of this dependence is the displacement to longwavel range. There has been shown complex process taken place in band-structure $TlGaS_2$ of semiconductor crystal connected with partial replacement of GaS_2 for $InSe_2$.

Внимание исследователей уже давно привлекают твердые растворы тройных полупроводниковых соединений типа $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ (A – Tl; B – In, Ga; C – S, Se, Te), дающие широкий спектр возможностей варьирования их физическими параметрами, что позволяет успешно применять их в качестве разнообразных детекторов, оптических анализаторов, фото- и рентгенопреобразователей и др. Физико-химические свойства системы $TlGaS_2$ – $TlInSe_2$ исследовались в работе [1], где на основе дифференциально-термического и рентгенофазового анализов построена диаграмма состояний и показано, что в этой системе образуются ограниченные твердые растворы, причем растворимость $TlInSe_2$ в $TlGaS_2$ составляет около 50 мол.%. Исследованию фото- и рентгенопроводимости монокристаллов $Tl(GaS_2)_{1-x}(InSe_2)_x$ ($0,1 \leq x \leq 0,5$) посвящена работа [2], в которой установлено, что фото- и рентгеночувствительность этих твердых растворов растет по мере увеличения x , а максимум спектральной чувствительности при этом смещается в сторону длинных волн.

Твердые растворы $Tl(GaS_2)_{1-x}(InSe_2)_x$ ($x=0\div 0,1$) были синтезированы нами в графитизированных кварцевых ампулах по методике, указанной в [1]. Затем модифицированным методом Бриджмена-Стокбаргера были выращены их совершенные монокристаллы.

Для изучения спектров оптического поглощения полученных твердых растворов образцы скальвались от монокристаллического слитка и имели форму тонких пластинок толщиной от 20 до 50 мкм. Надо отметить, что все указанные составы имели слоистую структуру, что позволяло получать качественные однородные образцы. Свет направлялся на образцы параллельно кристаллографической оси c , т.е. перпендикулярно слоям. Исследования спектров оптического пропускания

проводились при помощи разработанной нами установки на основе КСВУ-6М и азотного криостата с возможностью стабилизации температуры в интервале $77\div 380$ К (точность стабилизации составляла $\pm 0,5$ К). В качестве монохроматора использовался МДР-6, приемник излучения – ФЭУ-100. Разрешение установки было не хуже 2 \AA . Оптическая система была построена исключительно из алюминиевых зеркал с подобранными фокусными расстояниями.

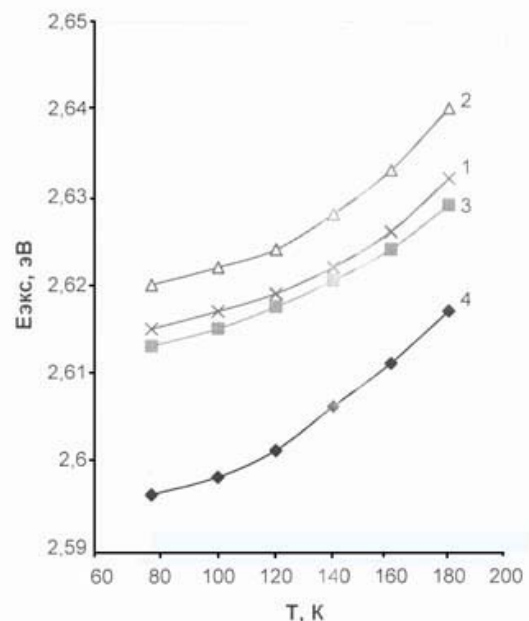


Рис.1. Температурные зависимости энергетического положения экситонного пика в монокристаллах $Tl(GaS_2)_{1-x}(TlInSe_2)_x$, значения x : 1 – 0; 2 – 0,005; 3 – 0,02; 4 – 0,1.

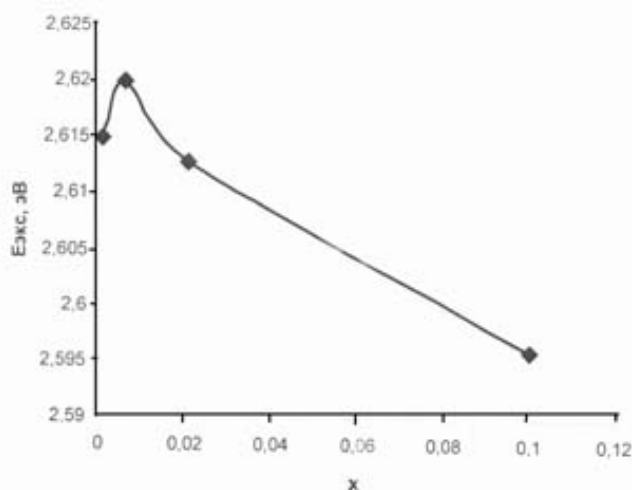


Рис.2. Зависимость положения экситонного пика в твердых растворах $(\text{TlGaS}_2)_{1-x}(\text{TlInSe}_2)_x$ от состава при температуре 77К.

Известно, что край поглощения кристалла TlGaS_2 формируется прямой экситонной линией, которую удастся наблюдать вплоть до температур 180-200К. Кроме того, TlGaS_2 обладает весьма редко встречающейся у полупроводников температурной зависимостью ширины запрещенной зоны, имеющей положительный коэффициент. Все это вызывает интерес к исследованию края оптического поглощения твердых растворов $\text{Tl}(\text{GaS}_2)_{1-x}(\text{InSe}_2)_x$, полученных на основе полупроводникового соединения TlGaS_2 замещением блока GaS_2 на InSe_2 вплоть до 10 атомных процентов.

Как показал наш эксперимент, несмотря на двойную замену, структура края поглощения монокристаллов TlGaS_2 и твердых растворов $\text{Tl}(\text{GaS}_2)_{1-x}(\text{InSe}_2)_x$ при

$x=0,005 \div 0,1$ существенно не отличается. Во всех изученных составах наблюдается краевая экситонная полоса поглощения, связанная с рождением прямого экситона.

Нами были изучены температурные зависимости положения экситонного пика для всех составов в интервале температур $77 \div 180\text{K}$. Эти зависимости приведены на рис.1, откуда видно, что для всех изученных составов сохраняется положительный знак температурного коэффициента максимума экситонной полосы, т.е., если принять во внимание слабую зависимость энергии связи экситона от температуры, это говорит о росте ширины запрещенной зоны всех этих соединений с температурой.

Также можно наблюдать немонотонность изменения энергии экситона в зависимости от состава твердого раствора. Эта зависимость представлена на рис.2 для температуры 77К. Пока неясно, с чем связан такой сложный характер смещения экситонного пика при замене GaS_2 на InSe_2 , однако естественно было бы ожидать уменьшения ширины запрещенной зоны при такой замене, так как соединение TlInSe_2 имеет по сравнению с TlGaS_2 намного более узкую запрещенную зону. Следует отметить, что, как можно видеть из рис.1,

температурный коэффициент экситонного пика $\frac{\partial E_{\text{экс}}}{\partial T}$

слабо меняется с изменением состава твердого раствора и составляет примерно $2 \cdot 10^{-4} \text{эВ/К}$.

Вышеуказанные экспериментальные результаты свидетельствуют о довольно сложном процессе происходящих в зонной структуре полупроводникового кристалла TlGaS_2 изменений, связанных с частичной заменой GaS_2 на InSe_2 .

[1]. Э.М.Керимова, Г.Д.Гусейнов, Д.Г.Агамалиев, Ф.М.Сеидов Физико-химическое исследование системы $\text{TlInSe}_2 - \text{TlGaS}_2$. Доклады АН Аз. ССР. Сер. физ.-мат. наук. 1987, №6, с.81-84.

[2]. Э.М.Керимова, С.Н.Мустафаева, Р.Н.Керимов, Г.А.Гаджиева Фото- и рентгенопроводимость твердых растворов $(\text{TlGaS}_2)_{1-x}(\text{TlInSe}_2)_x$. Неорганические материалы. 1999, т.35, №11, с.1313-1314.

Daxil olunub: 01.07.2007