

УДК 621.315.592

АНОМАЛИИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ С ДАВЛЕНИЕМ В СЛОИСТЫХ КРИСТАЛЛАХ $TlInS_2$, $TlGaSe_2$ и $TlGaS_2$

Т.Г. МАМЕДОВ¹, Р.А. СУЛЕЙМАНОВ^{1,2}

*Институт физики НАН Азербайджана
370143, г.Баку, пр.Г.Джавида 33¹
Бакинский Государственный Университет
370148, г. Баку, ул. З.Халилова 23²*

Изучено влияние давления на спектры краевого поглощения и комбинационного рассеяния света слоистых кристаллов $TlGaSe_2$, $TlInS_2$ и $TlGaS_2$. Особое внимание уделено эффектам, связанным с резкими изменениями барических коэффициентов ширины запрещенных зон (E_g) и частот фононов (ω) с давлением: изменению знака барического коэффициента E_g в $TlInS_2$ и скачкообразным изменениям абсолютных значений барических коэффициентов E_g в $TlGaSe_2$ и ω в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$. Показано, что наряду с особенностями, проявляющимися в оптических спектрах и связанными с фазовыми переходами (ФП), часть особенностей может быть обусловлена изменением с давлением упругих постоянных изучаемых кристаллов.

ВВЕДЕНИЕ

Полупроводники $TlGaS_2$, $TlGaSe_2$ и $TlInS_2$ кристаллизуются в слоистой структуре и, согласно имеющимся данным, имеют моноклинную структуру при комнатной температуре и атмосферном давлении [1-5]. Параметры элементарной ячейки указанных кристаллов таковы, что их можно рассматривать как кристаллы квазитетрагональной сингонии. Более того, из-за отсутствия анизотропии в плоскости слоев было показано [6,7], что при рассмотрении упругих и тепловых свойств можно пользоваться выражениями теории упругости, справедливыми для случая гексагональной симметрии. Наибольшее внимание было уделено исследованию ФП в кристаллах изучаемого семейства (для краткости будем далее их называть кристаллами типа $TlMeX_2$). По крайней мере, в случае кристаллов $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$, в настоящее время можно считать надежно установленным, что с понижением температуры от комнатной кристаллы $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ переходят сперва в несоизмерную фазу ($T_i \approx 216K$ в $TlInS_2$ и $T_i \approx 120K$ в $TlGaSe_2$), а затем в соизмерную сегнетофазу ($T_c \approx 202K$ в $TlInS_2$ и $T_c \approx 107K$ в $TlGaSe_2$) с учетверением элементарной ячейки вдоль оси "С" [8,9]. Исследования влияния гидростатического давления на различные физические свойства изучаемых кристаллов также свидетельствуют о возможности существования в них ФП под давлением [10-16]. Изучению поведения различных физических параметров при ФП с давлением и температурой посвящено очень много работ (см.напр. [3,5-17]).

В наших предыдущих работах [18,19] была построена модель деформационного потенциала, на основе которой удалось объяснить уменьшение ширины запрещенной зоны $TlGaSe_2$ и $TlInS_2$ с давлением при приложении всестороннего давления до 0,5ГПа, рост E_g в $TlGaS_2$ с ростом температуры, изменение E_g в системе твердых растворов $TlGaSe_{2x}Se_{2(1-x)}$ с составом "х".

Согласно этой модели изменение E_g с давлением в исследуемых кристаллах можно описать с помощью простого выражения :

$$\Delta E_g = D_{\perp} U_{zz} + 2D_{\parallel} U_{xx} \quad (1)$$

Здесь: D_{\parallel} и D_{\perp} – деформационные потенциалы, описывающие изменения E_g при деформациях вдоль и перпендикулярно слоям, соответственно; U_{xx} и U_{zz} – относительные удлинения вдоль этих же направлений.

Согласно [18, 19], значения деформационных потенциалов оказались равны: $D_{\parallel} = -7,3 \text{ эВ}$, $D_{\perp} = 11,9 \text{ эВ}$. При расчетах деформационных потенциалов мы пользовались выражениями для U_{xx} и U_{zz} в случае всестороннего давления, справедливыми для гексагонального кристалла:

$$U_{zz} = -\frac{C_{11} + C_{12} - 2C_{13}}{(C_{11} + C_{12}) \cdot C_{33} - 2C_{13}^2} P$$

$$U_{xx} = -\frac{C_{33} - C_{13}}{(C_{11} + C_{12}) \cdot C_{33} - 2C_{13}^2} P.$$

В целом оказалось, что деформационные эффекты в кристаллах TlGaSe_2 , TlInS_2 и TlGaS_2 и в слоистых кристаллах группы A_3B_6 [20, 21] имеют много общих черт. Обусловлено это тем, что основные особенности зонной структуры обеих групп слоистых кристаллов одинаковы. Эти особенности заключаются в том, что потолок валентной зоны и дно зоны проводимости слоистого полупроводника расщепляются при учете взаимодействия между слоями, и уменьшение расстояний между ними ведет к итоговому уменьшению E_g , т.е. к положительному знаку D_{\perp} . В то же время, сжатие слоев ведет к росту E_g , т.е. D_{\parallel} – отрицательно.

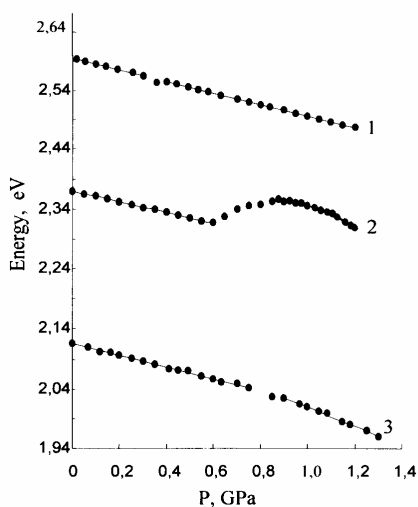
Таким образом, в слоистом кристалле итоговое изменение E_g с давлением состоит из двух вкладов, имеющих противоположные знаки. При всестороннем сжатии, ввиду слабости межслоевых сил по сравнению с внутрислоевыми, итоговое изменение E_g оказывается отрицательным ввиду относительно большего вклада изменения межслоевых расстояний. Отрицательность барического коэффициента dE_g/dP – характерная особенность всех кристаллов со слоистой структурой [20-22].

Вместе с тем в [11] было показано, что поведение E_g с давлением при давлениях $P > 0,5 \text{ ГПа}$ существенно различается в TlGaSe_2 , TlInS_2 и TlGaS_2 .

Согласно [11] (Рис.1) в интервале давлений $0,59 \div 0,66 \text{ ГПа}$ dE_g/dP в TlInS_2 меняет свой знак с отрицательного ($dE_g/dP = -8,5 \cdot 10^{-11} \text{ эВ} \cdot \text{Па}^{-1}$ при $0 \leq P \leq 0,59 \text{ ГПа}$) на положительный. При давлениях не выше, чем $P \sim 0,9 \text{ ГПа}$, барический коэффициент ширины запрещенной зоны TlInS_2 , оцененный по низкоэнергетическому участку спектра поглощения ($\alpha \leq 30 \text{ см}^{-1}$), становится вновь отрицательным, существенно при этом вырастая по абсолютному значению: $dE_g/dP \approx -20,5 \cdot 10^{-11} \text{ эВ} \cdot \text{Па}^{-1}$.

Рис.1.

Зависимости энергетических зон от давления, определенные из поведения спектров поглощения кристаллов TlGaS_2 (1), TlInS_2 (2) и TlGaSe_2 (3) с давлением при $T = 300 \text{ К}$ [11].



В TlGaSe_2 $dE_g/dP \approx -12,0 \cdot 10^{-11} \text{ эВ} \cdot \text{Па}^{-1}$ вплоть до $P \approx 0,80 \text{ ГПа}$, после чего в интервале давлений $0,80 \div 0,92 \text{ ГПа}$ резко растет по абсолютному значению: $dE_g/dP \approx -20,0 \cdot 10^{-11} \text{ эВ} \cdot \text{Па}^{-1}$.

В $TlGaS_2$ в интервале давлений до 1,2 ГПа, $dE_g/dP \approx -(7,2 \div 8,5) 10^{-11} \text{эВ} \cdot \text{Па}^{-1}$.

В [14,15] установлено, что в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ резкие изменения поведения барических коэффициентов, описанные выше, сопровождаются тепловыми эффектами, свидетельствующими о возможности протекания в них ФП с давлением.

С ФП связывалось и скачкообразное изменение с ростом давления изотермической сжимаемости $TlInS_2$ ($P_{кр}$ равны 0,65 ГПа и 1,05 ГПа) и $TlGaSe_2$ ($P_{кр}$ равны 0,59 ГПа и 0,95 ГПа) [3,14] и аномальное поведение диэлектрической проницаемости $TlInS_2$ при $P \approx 0,6$ ГПа [12].

В работах [4,23], в которых исследовалось поведение барических коэффициентов ширины запрещенной зоны в $TlGaSe_2$, а также изучалось влияние гидростатического давления на спектры комбинационного рассеяния света в кристаллах $TlInS_2$, $TlGaSe_2$ и $TlGaS_2$, возможность существования ФП в области давлений, указанных выше, подвергается сомнению. В то же время исследования влияния всестороннего давления на спектры комбинационного рассеяния $TlInS_2$ [13,16] и $TlGaSe_2$ [10] обнаружили ряд фактов, которые дают основание считать предположение о возможности существования ФП в этом интервале давлений вполне обоснованными.

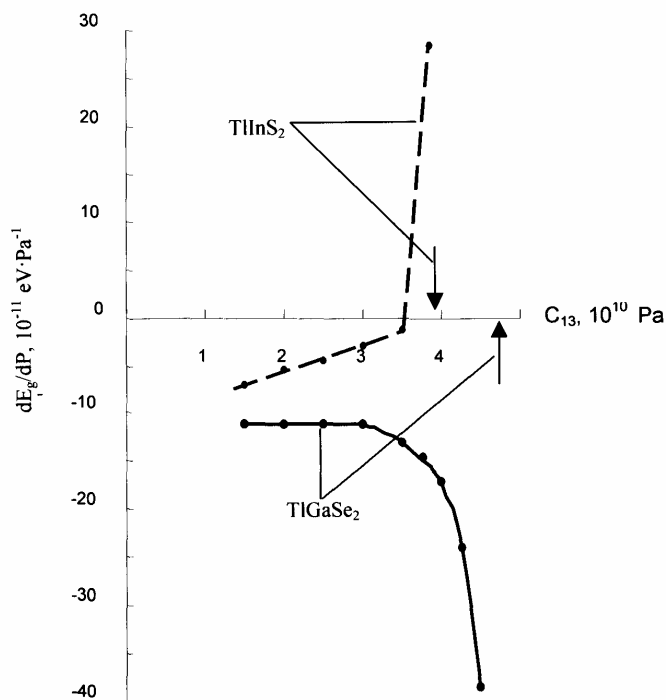
Как видно из вышеизложенного, не существует единого мнения о природе резких аномалий в поведении барических коэффициентов ширины запрещенных зон и частот фононов с давлением в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$. Выяснение природы указанных аномалий и является основной целью настоящей работы.

ПРИРОДА АНОМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ dE_g/dP С ДАВЛЕНИЕМ В $TlInS_2$ И $TlGaSe_2$

Рассмотрим особенности поведения dE_g/dP в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ с давлением (Рис.1). Отметим прежде всего, что мы сосредоточим внимание на поведении dE_g/dP в окрестности $P \sim 0,6$ ГПа в $TlInS_2$ и $P \sim 0,9$ ГПа в $TlGaSe_2$. Поведение dE_g/dP в области давлений 0,76 - 0,90 ГПа в $TlInS_2$ (Рис.1) мы рассматривать не будем, так как при $P \approx 0,76$ ГПа форма края поглощения $TlInS_2$ изменяется [11,14]. Согласно [11,14], эта трансформация обусловлена тем, что после 0,9 ГПа роль потолка валентной зоны или дна зоны проводимости начинает играть новая зона, которая двигается с давлением быстрее, чем, соответственно, один из указанных экстремумов. Подчеркнем, что в области анализируемых нами давлений край поглощения и $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ формируется переходами между одними и теми же экстремумами. Для оценки изменений dE_g/dP с давлением необходимо знание изменений упругих постоянных с давлением, что в слоистых кристаллах $TlMeX_2$ не изучено. Тем не менее, попытаемся построить хотя бы качественную картину изменения барических коэффициентов с давлением, опираясь на результаты исследований других слоистых кристаллов. Для слоистых полупроводников весьма характерно сильное изменение барических коэффициентов с давлением и температурой [20]. Это обусловлено высокой чувствительностью к давлению и температуре упругих констант, описывающих слабое межслоевое взаимодействие (в слоистых кристаллах гексагональной симметрии – это упругие постоянные C_{33} , C_{13} и C_{44}). Поскольку деформационные потенциалы $D_{||}$ и D_{\perp} имеют противоположные знаки, с ростом давления и относительно более быстрого роста “межслоевых” упругих постоянных отрицательный вклад в изменение E_g убывает и итоговый барический коэффициент растет: в кристаллах $GaSe$ и GaS dE_g/dP даже меняет знак с отрицательного на положительный [20]. По той же причине в

кристаллах группы A_3B_6 происходит перемена знака барического коэффициента при понижении температуры.

Для построения качественной картины изменения барического коэффициента ширины запрещенной зоны предположим, что из всех упругих постоянных, описывающих деформацию слоистых кристаллов $TlMeX_2$, наиболее чувствительна к давлению константа C_{13} , хотя C_{33} также может меняться с давлением.



Используя указанные выше значения деформационных потенциалов $D_{||}$ и D_{\perp} , а также значения упругих констант этих кристаллов (Таблица 1), мы построили зависимости значений барических коэффициентов от величины C_{13} для $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ (Рис.2).

Рис.2.

Зависимости значений барических коэффициентов ширины запрещенной зоны кристаллов $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ от величины упругой постоянной C_{13} . Стрелками указаны значения C_{13} , соответствующие ФП.

Так как величина упругой постоянной C_{13} в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ не известна, при оценках было принято во внимание, что при комнатной температуре и малых давлениях практически во всех слоистых кристаллах $C_{13} \approx 1,5 \cdot 10^{10}$ Па. Как видно из Рис.2, даже такая грубая модель дает правильное качественное и даже количественное поведение dE_g/dP с давлением. Действительно, видно, что с ростом C_{13} (т.е. с ростом давления) dE_g/dP в $TlInS_2$ меняет знак при давлениях, когда упругая постоянная C_{13} приближается к величине $\sim 3,75 \cdot 10^{10}$ Па.

Таблица.1

Значения упругих констант в кристаллах $TlGaSe_2$ и $TlInS_2$.

Кристаллы	Значения упругих констант, 10^{10} Па [6]			
	C_{11}	C_{12}	C_{33}	C_{44}
$TlGaSe_2$	6,42	3,88	4,37	0,5
$TlInS_2$	4,49	3,05	3,99	0,5

В отличие от $TlInS_2$, в $TlGaSe_2$ наблюдается другая картина: величина dE_g/dP достаточно слабо меняется с ростом C_{13} , а затем резко растет по абсолютной величине не меняя знака при стремлении C_{13} к величине $\sim 4,3 \cdot 10^{10}$ Па. Причина столь различного поведения dE_g/dP с давлением в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ легко объяснима. Действительно, из выражений (2) для относительных деформаций U_{xx} и U_{zz} видно, что в $TlInS_2$ с ростом C_{13} и приближения ее к величине $(C_{11} + C_{12}) / 2$

U_{zz} - стремится к нулю, в то время как U_{xx} отлично от нуля. В $TlGaSe_2$ в силу его большей по сравнению с $TlInS_2$ анизотропии $(C_{11} + C_{12})/2 > C_{33}$, поэтому с ростом C_{13} к нулю стремиться U_{xx} , при этом $U_{zz} \neq 0$. В первом случае ($TlInS_2$) при приближении C_{13} к $(C_{11} + C_{12})/2$ вклад в изменение E_g с давлением деформации слоя оказывается доминирующим и dE_g/dP меняет знак с отрицательного на положительный. В $TlGaSe_2$, напротив, с ростом давления первой приближающейся к нулю деформацией оказывается U_{xx} , поэтому значение dE_g/dP резко растет по абсолютной величине, оставаясь отрицательным.

Упругие константы $TlGaS_2$ неизвестны, но судя по величине параметров ячейки упругие постоянные этого кристалла по величине еще больше, чем в $TlGaSe_2$. Это означает, что изменений барического коэффициента аналогичных описанным выше в этом кристалле можно достичь при больших давлениях по сравнению с давлениями, характерными для $TlGaSe_2$ (и тем более для $TlInS_2$). Этот вывод также находится в согласии с экспериментом.

Еще один важный вывод заключается в том, что особенности в поведении барических бают кристаллы к порогу устойчивости, определенному из условия:

$$(C_{11} + C_{12}) \cdot C_{33} - 2C_{13}^2 \geq 0 \quad (3)$$

Поэтому приведенные выше оценки подводят к выводу о том, что резкие изменения в поведении барических коэффициентов в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ могут сопровождаться потерей устойчивости или, иными словами, ФП, что также находится в согласии с экспериментом.

ПРИРОДА АНОМАЛИЙ В ПОВЕДЕНИИ ЧАСТОТ КР АКТИВНЫХ ФОНОНОВ В $TlInS_2$ И $TlGaSe_2$

На Рис.3,4 приведены результаты влияния гидростатического давления на частоты фононов, зарегистрированных в спектрах комбинационного рассеяния света $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ [10,16].

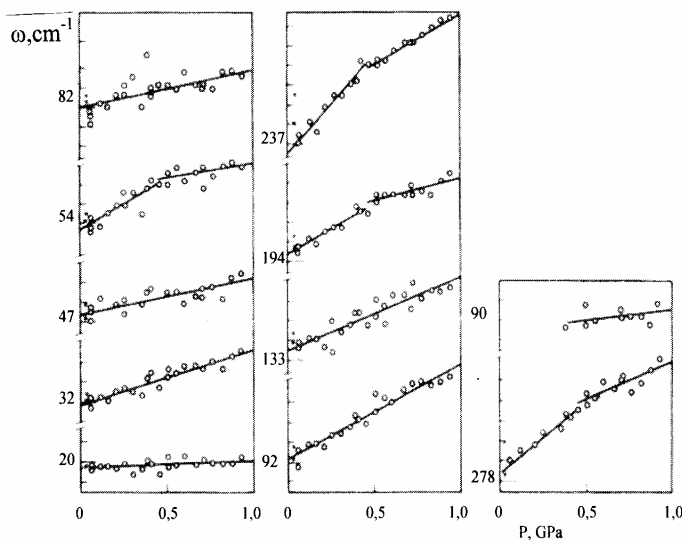


Рис.3

Барическое поведение частот оптических фононов, активных в КРС, в кристалле $TlGaSe_2$ [10].

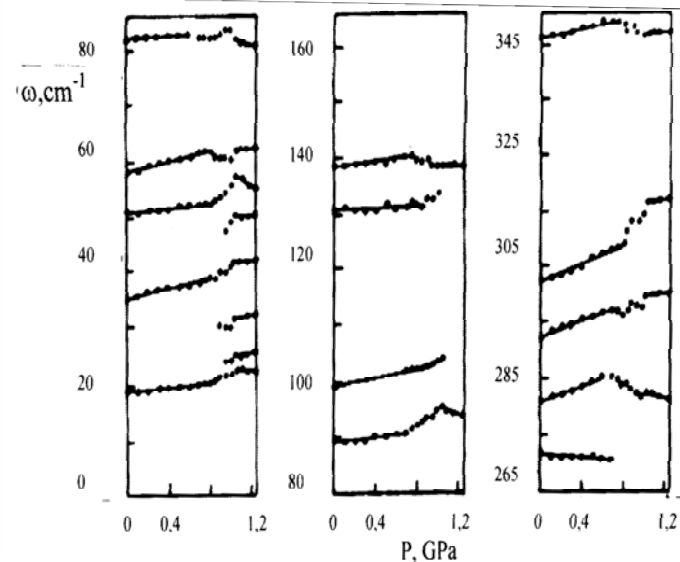


Рис.4

Барическое поведение частот оптических фононов, активных в КРС, в кристалле $TlInS_2$ [16].

Особенности фононных спектров сильноанизотропных кристаллов и их поведение с давлением хорошо известны [24]: все колебания можно разделить на две группы – низкочастотные “межслоевые” и высокочастотные “внутрислоевые”. “Межслоевые” колебания должны характеризоваться большими (~10) значениями модовых параметров Грюнайзена:

$$\Gamma = \frac{1}{\beta} \frac{d\omega}{\omega dP}, \quad (4)$$

а “внутрислоевые” - относительно малыми (~1). Здесь β - изотермическая сжимаемость.

Указанные особенности характерны и для кристаллов типа $TlMeX_2$ хотя, судя по результатам [4,10,13,16], не всегда низкочастотное колебание обладает большим параметром Грюнайзена. Очевидно необходима точная классификация фононов, что в кристаллах типа $TlMeX_2$ проведено отнюдь не для всех фононных мод.

Поведение частот оптических фононов в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ с давлением характеризуется, в основном, двумя особенностями (Рис.3,4):

1) в интервале давлений $0,60 \leq P \leq 0,85$ ГПа в $TlInS_2$ и в окрестности $P \sim 0,5$ ГПа в $TlGaSe_2$ наблюдаются изломы в зависимости $\omega(P)$,

2) в $TlInS_2$ при $P \sim 0,9$ ГПа в спектрах появляются новые низкочастотные моды с частотами 23 см^{-1} , 32 см^{-1} и 47 см^{-1} , а в $TlGaSe_2$ при $P \approx 0,5$ ГПа - фононная мода с $\omega = 90 \text{ см}^{-1}$.

Обе описанные особенности в поведении частоты фононов с давлением в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ приписывались в [10,13,16] ФП, хотя как уже указывалось выше, эта точка зрения разделяется не всеми [4].

Мы попытались применить модель деформации слоистого кристалла, описанную в предыдущем разделе, и объясняющую поведение dE_g/dP в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$, к описанию поведения частот фононов с давлением. Согласно этой модели, особенности в поведении барических коэффициентов ширин запрещенных зон в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ обусловлены резкими изменениями величин деформаций при приближении упругой константы C_{13} к определенным “критическим” значениям. К примеру, в $TlGaSe_2$ величина U_{xx} при сжатии кристалла уменьшается по абсолютной величине, достигает нуля при $C_{13} = C_{13}^{\text{крит}}$, затем меняет знак с отрицательного на положительный. Аналогичное поведение свойственно и $TlInS_2$, однако в случае этого кристалла, описанное выше поведение свойственно деформации U_{zz} . Подчеркнем, что в обоих случаях речь идет о давлениях, при которых кристаллы еще не потеряли устойчивость. В применении к фононным спектрам сделанные выше выводы означают, что к примеру, в $TlGaSe_2$, рост частот “внутрислоевых” колебаний с давлением может резко уменьшиться при приближении C_{13} к $C_{13}^{\text{крит}}$, поскольку “внутрислоевые” колебания наиболее чувствительны к деформациям слоя, т.е. к U_{xx} . Поведение частот фононных мод с давлением, соответствующих “внутрислоевым” колебаниям в $TlGaSe_2$ ($\omega = 194, 231, 278 \text{ см}^{-1}$ при атмосферном давлении), полностью согласуется со сделанным предположением (Рис 3).

В $TlInS_2$ сделанные выше выводы относительно поведения частот фононов с давлением, должны быть справедливы для “межслоевых” колебаний, поскольку они наиболее чувствительны к деформации U_{zz} . Однако, даже беглый взгляд на Рис.4, показывает, что с давлением частоты фононов могут как уменьшаться так и расти, причем это касается всех мод, как “внутри”, так и “межслоевых”. На наш взгляд это несоответствие поведения фононов описанной выше модели деформации решетки $TlInS_2$ обусловлено тем, что в отличие от $TlGaSe_2$, в $TlInS_2$

в области давлений, при которых наблюдаются особенности в поведении частот фононов, в спектре возгораются новые линии, соответствующие “межслоевым” колебаниям. Появление 3-х новых линий в спектрах КРС $TlInS_2$, по видимому, можно объяснить лишь осуществлению с давлением ФП. Ясно, что при этом говорить о каком – либо соответствии модели деформации, построенной на основе теории упругости, не приходится. Вместе с тем, используемая нами модель указывает на то, что характер деформации решетки в т.н. предпереходной области (т.е. в непосредственной близости от ФП) существенно различен в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$. Видимо, именно поэтому в $TlGaSe_2$ характер перестройки фононного спектра с давлением (точнее, отсутствие возгорания новых “межслоевых” фононных мод) существенно отличен от такового в $TlInS_2$.

Хотя используемая нами модель деформации решетки с давлением объясняет не все особенности поведения частот фононов с давлением, следует сделать вывод, это она с единых позиций объясняет многие особенности поведения барических коэффициентов ширины запрещенных зон и частот фононов с давлением в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$. Отметим также, что она не предсказывает каких либо особенностей в поведении E_g и ω с давлением в $TlGaS_2$ в силу его большей, по сравнению с $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$, анизотропии упругих свойств. Этот факт также не противоречит эксперименту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поведение ширины запрещенных зон и частот фононов в слоистых кристаллах $TlInS_2$, $TlGaSe_2$, и $TlGaS_2$ с давлением характеризуется рядом особенностей, которые можно объяснить на основе простой модели деформации решетки слоистого кристалла с учетом роста “межслоевых” упругих констант с давлением. Эта модель объясняет: перемену знака барического коэффициента в $TlInS_2$ и его рост по абсолютной величине в $TlGaSe_2$, изломы на зависимостях $\omega(P)$ для высокочастотных мод в $TlGaSe_2$, возможность реализации ФП при давлениях близких к тем, при которых наблюдаются описанные выше особенности dE_g/dP и $\omega(P)$. Кроме этого, на наш взгляд, использованная модель позволяет по новому взглянуть на природу различий ФП, происходящих в $TlInS_2$ и $TlGaSe_2$ с давлением и температурой.

1. D. Muller, F.E. Poltman, H.Z. Hahn, *Naturforsch*, **29b** (1974) 117.
2. D. Muller and H.Z. Hahn, *Anorg. Allg. Chem.*, **438** (1978) 258.
3. K.R.Allakhverdiev, T.G.Mamedov, B.G.Akinoglu and Sh.S.Ellialtioglu, *Turkish J. of Phys.*, **18** (1994) 1.
4. W.Henkel, H.D.Hochheimer, C.I.Carlone, A.Werner, S.Ves and H.G.von Schnering, *Phys.Rev.B*, **26** (1982) 3211.
5. K.A.Yee and T.A. Albright, *J. Am. Chem. Soc.*, **113** (1991) 6474 .
6. Р.А.Сулейманов, М.Ю.Сеидов, Ф.М.Салаев, *ФТТ*, **33** (1991) 1797.
7. Н.А.Абдуллаев, Т.Г. Мамедов, Р.А.Сулейманов, *ФНТ*, **27** (2001) 915 .
8. С.Б.Вахрушев, В.В.Жданова, Г.Е.Квятковский, Н.М.Окунева, К.РАллахвердиев., Р.А.Алиев., Р.М.Сардарлы, *Письма в ЖЭТФ*, **39** (1984) 291.
9. D.F.Mc.Morrow, R.A.Cowley, P.O.Hatton, J.Banys, *J.Phys.: Condens. Matter.*, **2** (1990) 3699.
10. Е.А.Виноградов, G.N. hizhin, N.N.Melnik, S.I.Subbotin, V.V.Panfilov, K.R.Allakhverdiyev, E.Yu.Salaev, R.Kh.Nani, *Phys. Stat. Sol. (b)*, **95** (1979) 383.

11. K.R.Allakhverdiev, T.G.Mamedov, V.V.Panfilov, M.M.Shukurov, S.I.Subbotin., *Phys. Stat. Sol. (b)*, **131** (1985) k .23 .
12. К.Р.Аллахвердиев, А.И.Баранов, Т.Г.Мамедов, В.А.Сандлер, Я.Н.Шарифов, *ФТТ*, **30** (1988) 1751 .
13. E.Bairamova, K.R.Allakhverdiyev, B.G.Akinoglu, T.Arai, T.G.Mamedov, *Turkish J. of Phys.*, **18** (1994) 497.
14. К.Р.Аллахвердиев, Т.Г.Мамедов, М.М.Тагиев, *Физика и техника высоко-ких давлений, Сб. науч. Тр.-Киев: Наукова Думка, вып. 28* (1988) 1.
15. К.Р.Аллахвердиев, Т.Г.Мамедов, Г.И.Переседа, Е.Г.Понятовский, Я.Н.Шарифов, *ФТТ*, **27** (1985) 927 .
16. К.Р.Аллахвердиев, Т.Г.Мамедов, Н.Н.Мельник, С.И.Субботин, М.М.Шукюров, *Доклады АН Азерб. ССР*, 42, N12 (1986) 15.
17. K.R.Allakhverdiev, M.A.Aldzanov, T.G.Mamedov,Salaev, *Solid State Commun.*, **58** (1986) 295.
18. K.R.Allakhverdiev, T.G.Mammadov, R.A.Suleymanov, N.Z.Gasanov, *J.Phys.:Condens.Matter*, **15** (2003) 1291.
19. K.R.Allakhverdiev, T.G.Mammadov, R.A.Suleymanov, N.Z.Gasanov, *Fizika*, 8, N4 (2002) 44.
20. Г.А.Беленький, Э.Ю.Салаев, Р.А.Сулейманов, *УФН* ,**155** (1988) 89.
21. J.M.Besson, J.Gernogora and R.Zallen, *Phys.Rev. B*, **22** (1980) 3866.
22. J.M.Besson, K.R.Jain and A.Kuhn, *Phys.Rev.Lett.*, **32** (1974) 936.
23. S.Vess, *Phys.Rev. B*,**40** (1989) 7892.
24. R.Zallen, *Phys. Rev. B*, **9** (1974) 4485.

TlInS₂, TlGaSe₂ VƏ TlGaS₂ LAYLI KRİSTALLARIN OPTİK XASSƏLƏRİNİN ANOMALİYALARI VƏ HİDROSTATİK TƏZYİQ ALTINDA FAZA KEÇİDLƏRİ

T.Q.MƏMMƏDOV, R.A.SÜLEYMANOV

TlInS₂, TlGaSe₂ və TlGaS₂ layli kristallarının udma və kombinasiyalı səpilmə spektrlərinə hidrostatik təzyiğin təsirin öyrənilmişdir. TlInS₂ kristalında qadağan olunmuş zolağın barik əmsalının işarəsinin dəyişməsi, TlGaSe₂ kristalında isə barik əmsalının mütləq qiymətinin kəskin artması və bu kristalların fonon tezliklərinin barik əmsallarının da kəskin dəyişməsi xüsusi olaraq araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, təzyiq altında optik spektrlərdə müşahidə olunan xüsusiyyətlər faza keçidləri ilə yanaşı, kristallarının elastiklik sabitlərinin dəyişməsilə əlaqədardır.

THE ANOMALIES OF OPTICAL PROPERTIES AND PRESSURE INDUCED PHASE TRANSITIONS IN LAYERED CRYSTALS TlInS₂, TlGaSe₂ AND TlGaS₂

T.G. MAMMADOV, R.A. SULEYMANOV

The influence of pressure on the absorption edge and Raman spectra of the layered crystals TlInS₂, TlGaS₂ and TlGaSe₂ is investigated. The effects of drastically changes of baric coefficients describing the behavior of bang gaps (E_g) and phonon frequencies (ω) with pressure, i. e. the inversion of baric coefficient sign for E_g in TlInS₂, and significant changes of absolute values for baric coefficient for E_g and ω in TlInS₂ and TlGaSe₂, are of special interest. It is shown, that some peculiarities of optical spectra under pressure can be due to the change of elastic constants of investigated crystals under pressure.

Редактор: С.Мехтиева