

УДК: 535.3:448.0

ВЛИЯНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ НА СПЕКТРЫ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СЛОИСТОГО КРИСТАЛЛА PbO_T

АКБЕКОВ Т.М. ОСКОМБАЕВА З.А., МЕЙМАНКУЛОВА Н.Т.
ИГД и ГТ им. академика У.Асаналиева
izvestiva@ktu.aknet.kg

В данной работе исследованы влияния всестороннего гидростатического сжатия на спектре люминесценции PbO_T в пределах от 0 до 1,2 ГПа. Под действием сжатия структуры спектр смещается в сторону низких энергий.

In this work influences of all-round hydrostatic compression on a range of a luminescence of PbO_T are investigated. In limits from 0 to 1,2 GPa. It was shown that the whole spectrum structure is shifted to less energies under compression increase.

Ранее [1,2] провели подробное исследование длинноволнового края поглощения слоистых кристаллов тетрагональной окиси свинца в области энергии (1.9-2.1 эВ).

Было показано, что наиболее интенсивные особенности - резкие ступеньки поглощения соответствуют непрямым разрешенным экситонным перехода с участием фононов. Форма экситон-фононных ступенек лучше описывалась в модели двумерных экситонных зон [3]. Не был выяснен до конца и вопрос о причине появления дублетной структуры большинства экситон-фононных ступенек.

В данной работе для определения возможной причины появления линий и других необычных особенностей проведено изучение влияния всестороннего гидростатического сжатия на спектры краевого поглощения в кристаллах окиси свинца. Среди различных методов внешнего воздействия, позволяющих изменения физических свойств твердого тела, гидростатическая методика наиболее проста и эффективна.

Исследование большого количества образцов PbO_T полученных в различных синтезах, показало, что люминесценция обнаруживается только на кристаллах, имеющих форму $d=0,1 \div 0,01$ мм. плоско-параллельных пластин, обладающих шероховатой поверхностью.

Свечения наблюдаются с наиболее развитой грани, перпендикулярной оптической оси, и распределены однородно над поверхностью. Причем люминесценции обнаруживается, как правило, только на одной из двух граней образца. На сколах таких образцов свечение отсутствует.

При послойном снятии верхних слоев в таких образцах было установлено, что необычная люминесценция локализована в приповерхностной области толщиной 50-100 мкм. Таким же оценка для толщины люминесцирующего слоя было получена при исследовании спектров возбуждения люминесценции. В отличие от спектров возбуждения объемного свечения спектр возбуждения М-полосы в широкой спектральной области повторяет ход изменения коэффициента поглощения (рис.1). Это возможно только в случае малой глубины локализации свечения. При возбуждении люминесценции в области малых коэффициентов поглощения начало первой экситон - фононной ступеньки) М-полоса не наблюдается несмотря на ее большой квантовый выход.

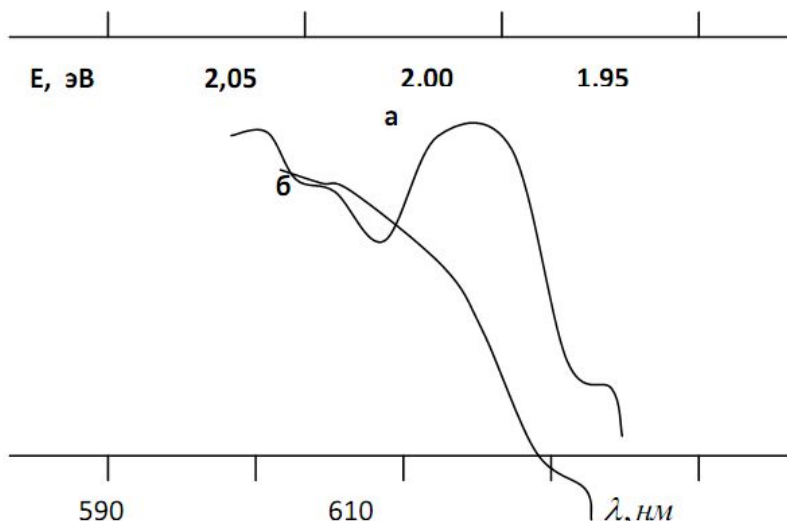
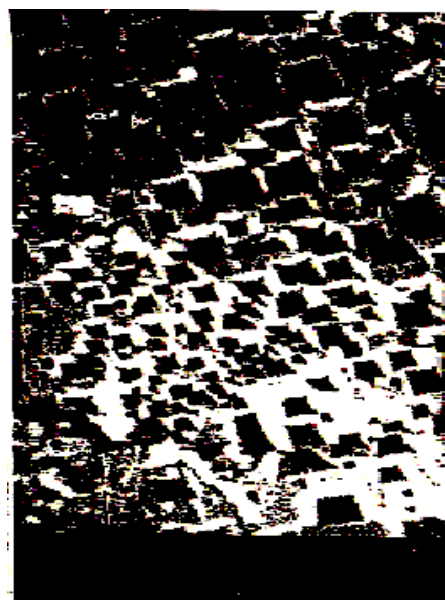


Рис.1. Спектры возбуждения кристалла тетрагональной монооксида свинца: а) –М-полосы; б) объемного сечения



а)



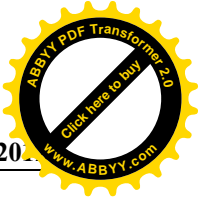
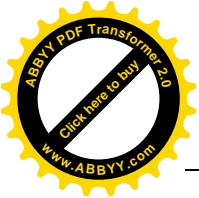
б)

Рис. 2. Фотографии поверхности кристалла тетрагональной монооксида свинца с М-полосой люминесценции, полученные с помощью электронного микроскопа при различных увеличениях: а) - 500*5; б)- 2000*5

Что бы выявить возможную причину появления в спектрах М-полосы, было проведено исследование поверхностей различных кристаллов с помощью электронного микроскопа. При этом было установлено, что М-полоса присутствует в кристаллах с сильно дефектной поверхностью.

Фотографии таких поверхностей, полученные с различными увеличениями, представлены на рис.2. Наблюдаемые на поверхностях неоднородности представляют собой ямки травления, возникающие обычно в местах выхода на поверхность дислокации. На поверхности кристаллов, не дающих М-полосу люминесценции такие особенности не наблюдаются.

Непрерывности смещения максимума М-полосы с ростом температуры, увеличением времени задержки можно объяснить, если предположить, что М-полоса возникает в результате наложения большого количества линий свечения, энергетическое положение которых непрерывно распределено в пределах контуров фоновых компонент ее люминесценции.



Необычность температурных и временных характеристик свечения М-полосы побудила нас провести дополнительные исследования. Было изучено влияние на спектр М-полосы гидростатического давления. Результаты исследований приведены на *рис.3,4*. Также как и край непрямого экситонного поглощения, М-полоса люминесценции смещается с ростом давления в длинноволновую область спектра. Однако величина баррического коэффициента (рис.4) оказалась больше величины баррического коэффициента сдвига экситонной зоны. Это можно рассматривать как возрастание с ростом давления энергии связи комплекса. Максимально измеренное увеличение энергии связи составляет величину ~ 6 мэВ при давлении 1,2 Гпа.

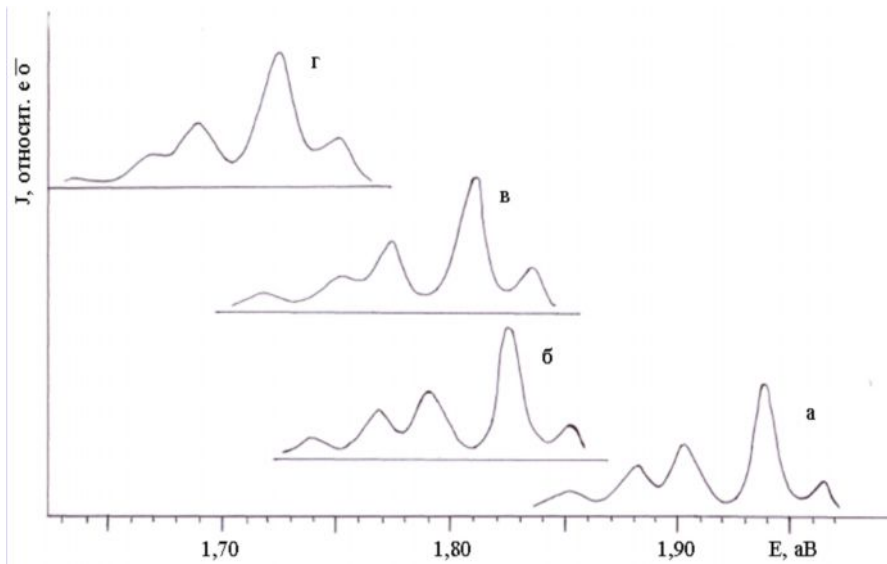


Рис. 3 Спектры люминесценции М-полосы при различных гидростатических давлениях Р, ГПа.
а - 0, б - 0,53, в - 0,73, г - 1,18

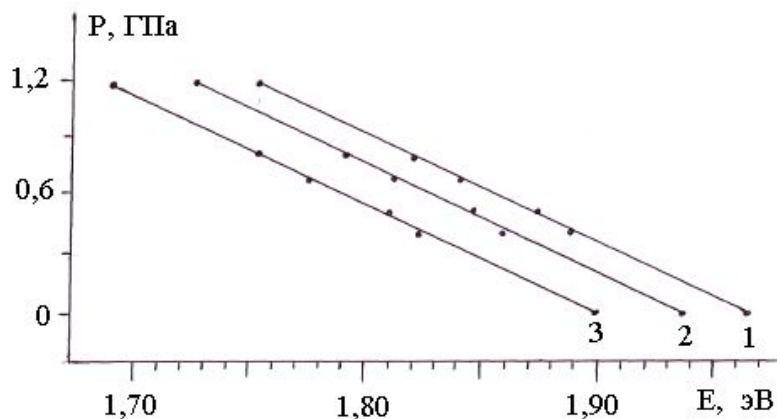


Рис. 4. Зависимость энергетического положения максимумов М-полосы от величины гидростатического давления: 1 – бесфоновой линии - $h\nu_0$; 2,3 – переходов с участием фононов $h\omega_1$, $h\omega_2$, соответственно, $T=4,2K$, $\lambda_{\text{ВОЗ}}=441,6\text{нм}$. $dE_M/dP=18 \cdot 10^{-11} \text{эВ/ГПа}$

Исходя из этого, а также максимально наблюдаемого энергетического сдвига длинноволновых краев М-полосы можно заключить, что энергии связи отдельных компонент, формирующих М-полосу, непрерывно распределены в широком интервале 0-40мэВ. При учете высокого квантового выхода такими свойствами обладает свечение локализованного экситона, в частности, наблюдаемого в работах /4/ в смешанных кристаллах $CdS_{1-x}Se_x$. Однако эта модель также не подходит к нашему случаю. С ростом температуры максимум люминесценции локализованного экситона смещается в область больших энергий в сторону свободного экситона. М-полоса обладает противоположным температурным сдвигом.

Наиболее близкими люминесцентными свойствами обладает полоса флуктуационной поверхностной люминесценции /5/. Эта полоса возникает во многих полупроводниках при замораживании на их поверхности различных электролитов и напылении тонких полупроводниковых пленок. Также как и в случае М-полосы в РвО, полоса поверхностной флуктуационной люминесценции сильно сдвигается с увеличением температуры в длинноволновую сторону. Такой сдвиг связан с термической диссоциацией электронно-дырочных возбуждений, локализованных в поверхностных потенциальных ямах, возникающих вследствие флуктуации поля электрического заряда на поверхности полупроводника. В случае М-полосы такие флуктуации могут быть вызваны наличием на поверхности адсорбированных пленок щелочи ($NaOH$), являющейся растворителем в использованном для роста методе гидротермального синтеза. Щелочь может находиться, в частности, в глубине ямок травления, возникающих в местах выхода дислокаций. Электрические поля могут быть связаны также и с самими дислокациями. Неоднородность электрических полей может быть причиной появления вблизи поверхности уровней захвата свободных носителей, формирующих М-полосу.

Литература

1. Гайсин В. А., Недзвецкий Д.С. и др. // Физ. тв. Тела, 1979. Т. 21, вып.5, с 2513-2516.
2. Акбеков Т.М., Осмоналиев К., Хайдаров К. Двумерная модель экситонных зон слоистого кристалла тетрагональной моноокиси свинца. Наука и новые технологии №2, 2005, стр.10.
3. Вербин С.Ю., Мюллер Г.О., Пермогоров С.А и др. Спектроскопическое проявление локализации экситонов в твердых растворах $CdS_{1-x}Se_x$. Актуальные проблемы спектроскопии: материалы симпозиума. М., 1985. с.181-185.
4. Григорьев Р.В, Новиков Б.В. и др. Поверхностная флуктуационная люминесценция полупроводников. Оптика и спектроскопия. 1990, Т.68, в.4, с.889-89