

Влияние температуры и всестороннего сжатия на люминесценцию локального центра в слоистом кристалле $TlGaS_2$

© В.Ф. Агемян

Институт физики Санкт-Петербургского государственного университета,
198904 Санкт-Петербург, Россия

(Поступила в Редакцию 5 мая 1999 г.)

Изучены изменения в спектре люминесценции локального центра, инициированного структурными дефектами, происходящее при нагревании кристалла $TlGaS_2$ от 2 до 77 К и приложении к нему гидростатического сжатия до 35 kbar. Влияние гидростатического сжатия может быть объяснено скольжением друг относительно друга двух элементарных слоев, составляющих слоевой пакет, что приводит к понижению симметрии полостей, в которых расположены атомы таллия.

Тройные слоистые полупроводники типа $TlM^{III}X_2^{VI}$ ($M = In, Ga; X = S, Se, Te$) могут кристаллизоваться в различных политипных структурах [1], в том числе образовывать смешанные политипные системы. В элементарную ячейку моноклинного кристалла $TlGaS_2$ входит семь молекул, вследствие чего его колебательный спектр очень богат. Слоевой пакет $TlGaS_2$ состоит из двух элементарных слоев, каждый такой слой является последовательностью пирамидальных групп Ga_4S_{10} , которые в свою очередь образованы тетраэдрами GaS_4 . Пирамиды двух элементарных слоев обращены друг к другу вершинами, и в получившихся таким образом тригональных полостях расположены атомы таллия.

В спектрах люминесценции образцов $TlGaS_2$, выращенных методом Бриджмена–Стокбаргера и содержащих структурные дефекты, наблюдается электронно-колебательная система излучения локального центра, состоящая из двух бесфононных линий A и B с энергиями 16790 и 16796 cm^{-1} и большого числа колебательных реплик. Эти колебательные реплики могут быть разделены на две группы. В первую группу (до 20 cm^{-1}) входят тесно расположенные линии, соответствующие низкочастотным межслоевым колебаниям, во вторую группу (до 400 cm^{-1}) входят линии более высокочастотных внутрислоевых колебаний. Идентификация бесфононных линий и ряда линий колебательного спектра методом рамановского рассеяния, а также исследование ЭПР и зеемановского расщепления бесфононных линий этого центра проведены в работе [2]. Парамагнитные свойства центра, по-видимому, определяются ненасыщенными валентными связями атомов таллия.

Цель настоящей работы — сравнение воздействия нагревания и гидростатического сжатия на бесфононные линии излучения локального центра в $TlGaS_2$ и их реплики, соответствующие межслоевым колебаниям. При нагревании от 2 до 15 К фононные компоненты люминесценции усиливаются в несколько раз по сравнению с бесфононными линиями A и B (рис. 1), при дальнейшем нагревании кристалла структура, соответствующая межслоевым колебаниям, сильно уширяется. При 15 К интенсивности линий A и B выравниваются, и эта ситуация сохраняется при более высоких температурах.

Гидростатическое сжатие P прикладывалось при температуре 2 К и измерялось по сдвигу R -линий излучения образца рубина с низкой концентрацией хрома, помещенного внутрь сжимаемого объема рядом с образцом $TlGaS_2$. Максимальное значение P составляло 35 kbar. При росте P происходит подавление самой сильной компоненты E_g низкочастотных межслоевых колебаний, сдвиг всего спектра в длинноволновую сторону со скоростью около $2 \text{ cm}^{-1}/\text{kbar}$ и усиление линии A по сравнению с линией B , так что при $P > 25 \text{ kbar}$ линия A доминирует (рис. 2).

Постепенность изменений соотношения интенсивностей бесфононных компонент свидетельствует о том, что эти изменения не связаны с политипными фазовыми переходами, инициированными нагреванием или ги-

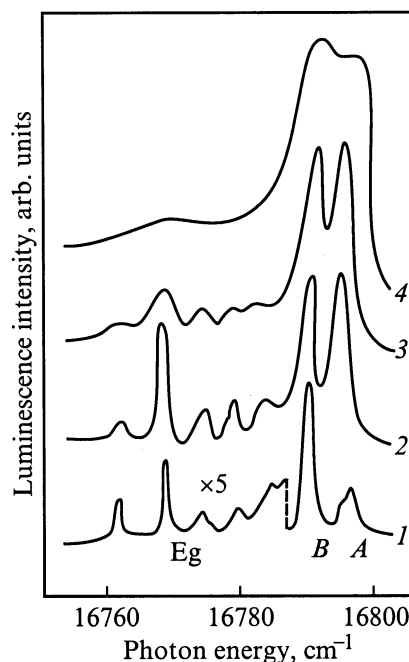


Рис. 1. Спектр излучения локального центра в $TlGaS_2$ при температурах 2 (1), 15 (2), 40 (3) и 77 (4) К — бесфононные линии A и B и их реплики, соответствующие низкочастотным межслоевым колебаниям.

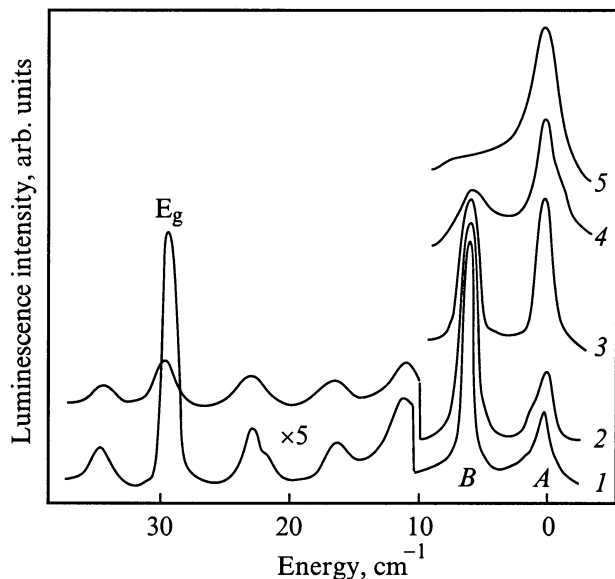


Рис. 2. Спектр излучения локального центра в TiGaS_2 при гидростатическом сжатии 0 (1), 3 (2), 7 (3), 25 (4) и 35 (5) кбар. $T = 2\text{ К}$. Для спектров 3–5 показаны лишь бесфонные линии A и B.

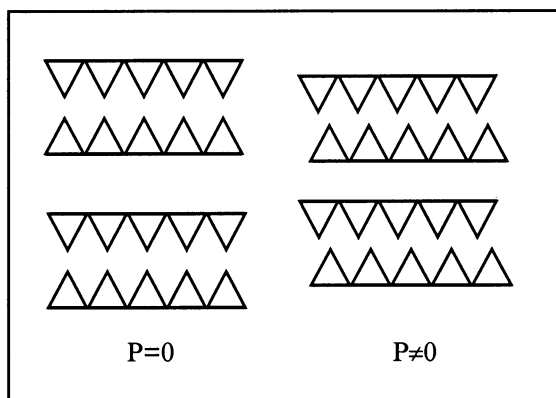


Рис. 3. Схема изменения относительного положения двух элементарных слоев, формирующих слоевой пакет, при гидростатическом сжатии кристалла TiGaS_2 .

гидростатическим сжатием. Выравнивание интенсивностей бесфонных линий A и B с ростом температуры объясняется заселением верхней компоненты возбужденного дублетного состояния центра. Что касается перераспределения интенсивности между линиями A и B, а также между компонентами структуры межслоевых колебаний при приложении гидростатического сжатия, то ее можно объяснить изменением симметрии кристаллического поля, в котором находится локальный центр. При сжатии кристалла сближаются элементарные слои, составляющие слоевой пакет, при этом происходит относительное смещение обращенных друг к другу вершин пирамид двух слоев, формирующих слоевой пакет, как это схе-

матически показано на рис. 3. Смещение приводит, в частности, к понижению тригональной симметрии расположенных между слоями полостей, в которых находятся регулярные позиции атомов таллия. Это понижение симметрии изменяет правила отбора и, как следствие, относительные силы осцилляторов переходов A и B с подуровней дублета возбужденного состояния центра в основное состояние. Следует отметить, что по крайней мере до 35 кбар деформация кристалла является упругой, и после выключения сжатия спектр излучения полностью восстанавливается.

Таким образом, приложение гидростатического сжатия к анизотропному слоистому кристаллу TiGaS_2 , содержащему структурные дефекты, вызывает нетривиальные изменения в спектре люминесценции локального центра, свидетельствующие об упругом скольжении друг относительно друга двух элементарных слоев, составляющих слоевой пакет.

Список литературы

- [1] D. Müller, H. Hahn. *Z. Anorg. Allg. Chem.* **438**, 208 (1978).
- [2] Г.И. Абуталыбов, В.Ф. Агеян, С.В. Погарев, Э.Ю. Салась. *ФТТ* **29**, 1436 (1987).