

О СВЯЗИ ЦЕНТРОВ СВЕЧЕНИЯ С СОБСТВЕННЫМИ  
ДЕФЕКТАМИ В  $CdGa_2S_4$

А. Н. Георгобяни, В. С. Дону, З. П. Илхкина,  
В. И. Павленко, И. М. Тигиняну

УДК 621.315.592

Исследовано влияние различных условий отжига и облучения ионами неона на спектральное распределение фотолюминесценции (ФЛ) монокристаллов титгаллата кадмия. Получены данные, указывающие на собственно-дефектную природу центров ФЛ в  $CdGa_2S_4$ .

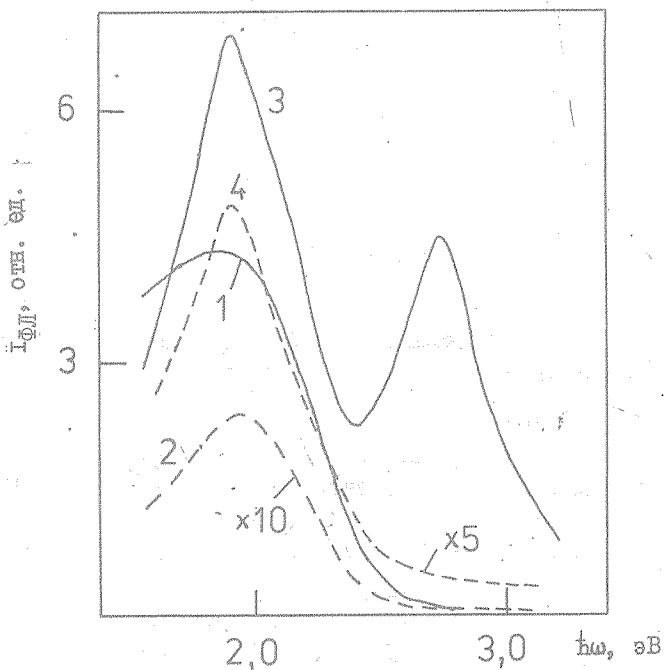
Люминесцентные свойства соединения  $CdGa_2S_4$ , обладающего большой шириной запрещенной зоны ( $E_g = 3,77$  эВ при  $T = 10$  К /1/), исследованы в работе /2/. Найдено, что спектр ФЛ соединения состоит из одной широкой полосы, максимум которой смещается из красной области в зеленую при переходе от температуры жидкого азота к комнатной. Сделано предположение о связи красной ФЛ с рекомбинацией носителей через донорно-акцепторные пары /3/. Природа центров свечения не установлена.

В данной работе исследуются спектры ФЛ монокристаллов  $CdGa_2S_4$  после отжига в различных условиях и после облучения образцов ионами неона. Цель работы состояла в выявлении связи центров свечения с собственными дефектами в  $CdGa_2S_4$ .

Были исследованы две группы монокристаллов  $n$ -типа проводимости с удельным сопротивлением  $\rho = 10^8 - 10^{10}$  Ом·см (монокристаллы группы А) и  $\rho \geq 10^{10}$  Ом·см (монокристаллы группы Б). Образцы были выращены методом иодидного транспорта /4/, причем монокристаллы группы Б получали при избытке кадмия. Серия образцов была подвергнута отжигу в потоке аргона ( $T_c = 600$  °С), либо в насыщенных парах серы ( $T = 750$  °С). Другая серия образцов облучалась ионами неона на ускорителе тяжелых

ионов фирмы High Voltage Engineering Европа. Энергия ионов составляла 300 кэВ, плотность тока  $\sim 2$  мкА/см<sup>2</sup>. После облучения образцы отжигались в насыщенных парах серы при 750 °С. Длительность всех термообработок – 30 мин.

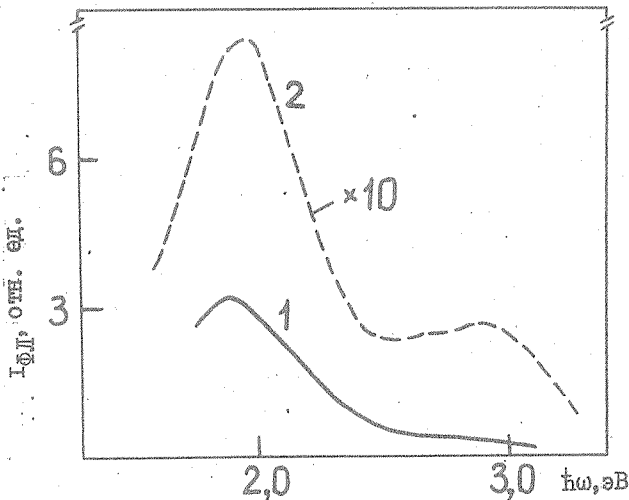
Возбуждение ФЛ осуществлялось светом с длиной волны  $\lambda = 313$  нм, выделенной из свечения ртутной лампы ДРШ-100. В качестве спектрального прибора использовали монохроматор ЗМР-3, разрешение было не хуже 0,05 эВ. При измерениях образцы находились при температуре 80 К.



Р и с. 1. Спектры ФЛ исходных (кривые 1 и 3) и отожженных в парах серы (2 и 4) образцов  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$  (кривые 1 и 2 для образцов группы А, 3 и 4 – для группы Б)

На рис. 1 показаны спектры ФЛ исходных (кривые 1 и 3) и отожженных в парах серы (2 и 4) монокристаллов  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$  групп

А и Б. Видно, что спектры отожженных и неотожженных образцов группы А сходны. Для образцов группы Б отжиг приводит к резкому уменьшению интенсивности голубой полосы ФЛ.



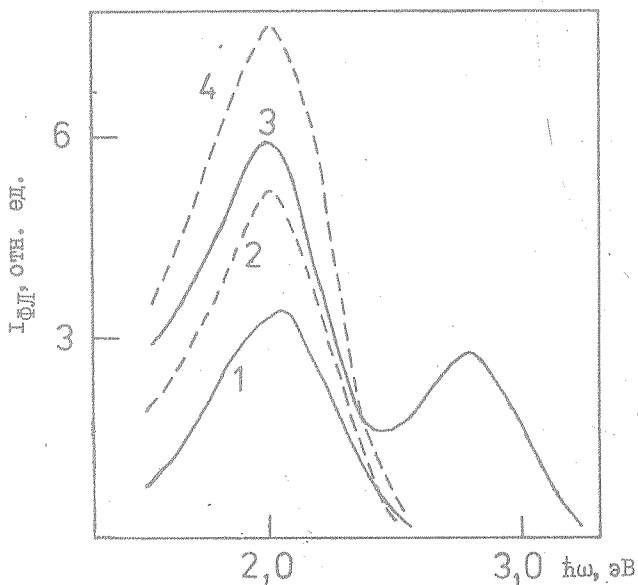
Р и с. 2. Спектры ФЛ неимплантированных (кривая 1) и имплантированных ионами неона при дозе  $6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$  (2) монокристаллов  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$

На рис. 2 показаны спектры ФЛ неимплантированных (кривая 1) и имплантированных ионами неона при дозе  $6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$  (2) монокристаллов  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$  двух групп. После облучения относительный вклад голубой полосы в интегральном спектре ФЛ увеличивается.

Спектры ФЛ исходных (кривые 1 и 3) и отожженных в потоке аргона (2 и 4) монокристаллов  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$  групп А и Б приведены на рис. 3. После отжига образцов группы А длинноволновое крыло кривой ФЛ поднимается. В случае образцов группы Б отжиг приводит к увеличению интенсивности красной полосы и к резкому уменьшению интенсивности голубой.

Анализ приведенных кривых указывает на то, что спектр ФЛ монокристаллов  $\text{CdGa}_2\text{S}_4$  сложный и состоит по крайней мере из двух полос с максимумами при энергиях 1,9 эВ и  $\sim 2,8$  эВ. В исходных образцах группы А преобладает полоса 1,9 эВ. В об-

разцах группы Б кроме полосы при 1,9 эВ наблюдается полоса при 2,8 эВ, которую, учитывая условия приготовления данных кристаллов, можно было бы связать со сверхстехиометрическим содержанием в них кадмия. Если говорить о межузельных атомах кадмия, то температурная обработка может привести к их улетучиванию (аналогичная ситуация наблюдается для межузельного цинка в ZnS /5/). Действительно, отжиг образцов  $CdGa_2S_4$  группы Б в аргоне (рис. 3, кривая 4) или в сере (рис. 1, кривая 4) приводит к уменьшению интенсивности голубой полосы. Интересным



Р и с. 3. Спектры ФЛ исходных (кривые 1 и 3) и отожженных в аргоне (2 и 4) образцов  $CdGa_2S_4$  (кривые 1 и 2 для образцов группы А, 3 и 4 - для группы Б)

является увеличение интенсивности полосы при 2,8 эВ после облучения образцов ионами неона. Химически неактивный неон вряд ли участвует в образовании центров свечения. С другой стороны, ионная бомбардировка кристаллов обычно увеличивает в них

концентрацию собственных дефектов. Исходя из этого можно считать, что ионное внедрение неона приводит к росту в образцах  $CdGa_2S_4$  центров свечения, в состав которых входит межузельный кадмий.

Как отмечалось выше, красную полосу ФЛ  $CdGa_2S_4$  связывают с рекомбинацией носителей через донорно-акцепторные пары /3/. Возрастание интенсивности полосы ФЛ при 1,9 эВ после отжига монокристаллов  $CdGa_2S_4$  в аргоне указывает на возможную связь соответствующих доноров с вакансиями серы, так как в работе /6/ указывается на интенсивное улетучивание серы из кристаллов  $CdGa_2S_4$  при их прогреве выше температуры 570 °С. В то же время уменьшение интенсивности красной полосы при отжиге образцов в парах серы (рис. 1) можно объяснить уменьшением количества центров  $V_S$ .

Таким образом, проведенное исследование указывает на связь центров люминесценции в  $CdGa_2S_4$  с собственными дефектами соединения. Вопрос об участии йода, который используется при выращивании образцов как транспортер, в образовании центров свечения остается открытым.

В заключение авторы выражают благодарность Ю. В. Бочкову за помощь при выполнении работы, а также В. А. Дравину и А. В. Спицкуну за проведение имплантации.

Поступила в редакцию  
3 июля 1981 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. А. Н. Георгобiani и др., ФТТ, 23, 2094 (1981).
2. P. Kivits et al., J. Phys. C: Solid State Phys., 11, 236 (1978).
3. P. Kivits et al., J. of Luminescence, 16, 145 (1978).
4. В. Ф. Житарь и др., В сб. "Физика и химия сложных полупроводников", "Штиинца", Кишинев, 1975 г., с. 50.
5. В. Б. Гутан и др., Опт. и спектр., 33, № 6, 116 (1972).
6. В. С. Дону и др., Известия АН МССР, сер. физ.мат. № 2, 89 (1979).