

А. АЙДЛА, Я. КИРС

## О ПРИЧИНАХ РАЗЛИЧИЯ СПЕКТРОВ ЗЕЛЕННОГО КРАЕВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ОПТИЧЕСКОЙ ВСПЫШКИ В КРИСТАЛЛАХ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

A. AIDLA, J. KIRS. KAADMIIUMSULFIIDI KRISTALLIDES ESINEVA ROHELISE AAREKIIRGUSE  
JA OPTILISE SAHVATUSE SPEKTRITE EKINEVUSE PÕHJUSTEST

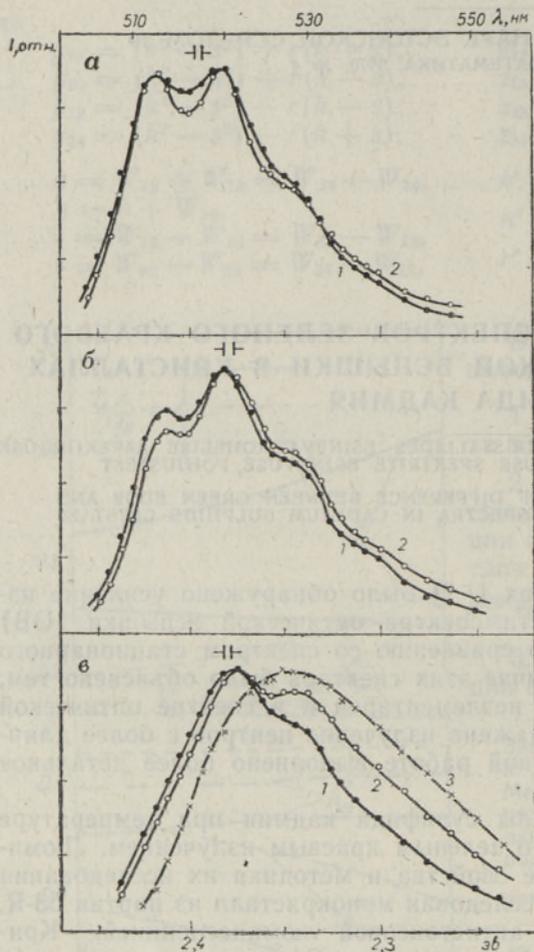
A. AIDLA, J. KIRS. ON THE REASONS OF DIFFERENCE BETWEEN GREEN EDGE AND  
INFRARED STIMULATED EMISSION SPECTRA IN CADMIUM SULPHIDE CRYSTALS

В наших предыдущих работах [1,2] было обнаружено усиление излучения в длинноволновой части спектра оптической вспышки (ОВ) зеленого краевого излучения по сравнению со спектром стационарного излучения. Обнаруженное различие этих спектров было объяснено тем, что спектр краевого излучения неэлементарен и в спектре оптической вспышки несколько сильнее выражено излучение центров с более длинноволновым излучением. В данной работе выполнено более детальное исследование этого вопроса.

Исследованные монокристаллы сульфида кадмия при температуре 77° К обладали преимущественно зеленым краевым излучением. Люминесцентные и фотоэлектрические свойства и методика их исследования описаны в [2]. Дополнительно исследован монокристалл из партии 63-R, который обладал интенсивной антистоксовой люминесценцией. Кристаллы этой партии содержали медь и хлор. Легирование кристаллов осуществлялось в процессе их роста. Кроме интенсивного краевого излучения эти кристаллы имели полосы люминесценции в красной и инфракрасной областях спектра. Интенсивность стационарной фотолюминесценции (возбуждение с ртутной линией  $\lambda = 365$  нм) в этих полосах была на 1—2 порядка ниже интенсивности в зеленой полосе.

Исследована зависимость спектров излучения зеленого краевого излучения от длины волны, интенсивности возбуждающего света и от температуры. На рисунке приведены спектры излучения при максимальной использованной нами интенсивности возбуждения (ртутная линия с  $\lambda = 365$  нм) и при слабой интенсивности возбуждения для кристаллов из трех различных партий. Из рисунка видно, что при слабом возбуждении интенсивность излучения увеличивается в длинноволновой части спектра зеленого краевого излучения.

Исследована зависимость интенсивности люминесценции от интенсивности возбуждающего света в разных областях спектра излучения. При низких интенсивностях возбуждающего света зеленое краевое излучение в коротковолновой части спектра ( $\lambda < 520$  нм) пропорционально интенсивности возбуждающего света в степени  $\alpha > 1$ , а в длинноволновой части ( $\lambda > 530$  нм) — в степени  $\alpha = 1$  (кристаллы 233 и 63-R). При более высоких интенсивностях возбуждения в обеих областях  $\alpha = 1$ . У кристалла 209 эти различия выражены слабо.



Спектры излучения при максимальной (1) и слабой (0,19%) (2) интенсивностях возбуждения, а также спектры ОВ и антистоксовой люминесценции (3) при 77° К для представителей трех различных партий кристаллов CdS: а — 209, б — 233, в — 63-R.

Ультрафиолетовый свет ( $\lambda = 365$  нм) поглощается в тонком приповерхностном слое и создает сравнительно большую плотность возбуждения. С уменьшением интенсивности ультрафиолетового света измерение спектров люминесценции при слабом возбуждении ограничено чувствительностью приемника излучения. Однако, используя слабопоглощаемый свет (вблизи края фундаментального поглощения или в красной, так называемой антистоксовой области спектра), можно значительно уменьшить плотность возбуждения. Спектры излучения при возбуждении вблизи края фундаментального поглощения и антистоксовом возбуждении при выбранных интенсивностях возбуждения практически совпадают и близки к спектрам ОВ (кривая 3, в).

При повышении температуры тоже наблюдается относительное увеличение интенсивности в длинноволновой области спектра. Так, спектр излучения кристалла 63-R, измеренный при температуре 110° К, почти полностью совпадает со спектрами ОВ и антистоксовой люминесценции при температуре 77° К. Исследование температурной зависимости излучения в различных областях спектра показывает, что в длинноволновой области экспоненциальный

спад интенсивности излучения начинается при более высоких температурах.

Можно считать доказанным, что высокотемпературная серия зеленого краевого излучения обусловлена рекомбинацией свободного электрона с захваченной на акцепторе дыркой (см., напр. [3]). Для объяснения экспериментальных результатов данной работы следует предположить, что в кристаллах сульфида кадмия могут присутствовать центры рекомбинации высокотемпературной серии зеленого краевого излучения различной глубины. Известно, что у CdS уменьшение интенсивности возбуждения смещает начало температурного тушения излучения в сторону низких температур [4, 5]. В области температурного тушения наблюдается сверхлинейная зависимость интенсивности излучения от интенсивности возбуждения. Естественно, что уменьшение интенсивности

возбуждения в первую очередь приводит к усилению температурного тушения центров, уровни которых расположены ближе к валентной зоне (более коротковолновые центры). Поэтому с уменьшением интенсивности возбуждения и повышением температуры наблюдается относительное увеличение интенсивности в длинноволновой области спектра излучения. ОВ, а также длительное послесвечение по своим интенсивностям соответствуют стационарной люминесценции при слабом возбуждении. В их спектрах также увеличивается роль более длинноволновых центров.

У кристалла 209 не наблюдалось значительного повышения интенсивности излучения ни в длинноволновой области спектра при слабом возбуждении, ни в спектре ОВ. В этом кристалле имеются в основном центры свечения только одной глубины.

Следует отметить, что изменения в фоновой структуре и увеличение интенсивности в длинноволновой области спектра излучения наблюдаются и в образцах, легированных Al, Ga, In, Cl, Br и I [6] или подвергнутых термической обработке [7]. По всей вероятности, длинноволновые центры краевого излучения отличаются от более коротковолновых центров лишь тем, что их энергетические уровни возмущены расположенными поблизости дефектами. Последние могут возникать при легировании кристаллов донорными примесями и при термообработке.

На основании изложенного выше можно заключить, что механизмы стационарной фотолюминесценции, антистоксовой люминесценции и ОВ монокристаллов сульфида кадмия в зеленой области спектра одинаковы и обусловлены рекомбинацией свободного электрона с захваченной на акцепторе дыркой.

Авторы выражают искреннюю благодарность Р. Каск за выращивание монокристаллов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айдла А. К., Кирс Я. Я., Труды ИФА АН ЭССР, № 36, 246 (1969).
2. Айдла А., Кирс Я., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 17, 406 (1968).
3. Ермолович И. Б., Любченко А. В., Шейнкман М. К., ФТП, 2, 1639 (1968).
4. Maeda K., J. Phys. Chem. Solids, 26, 1419 (1965).
5. Goede O., Gutsche E., Phys. Stat. Sol., 17, 911 (1966).
6. Doorn C. Z. van, Philips Res. Repts, 21, No. 3, 163 (1966).
7. Goede O., Phys. Stat. Sol., 6, K95 (1964).

Институт физики и астрономии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
1/IV 1970