

Г. ЛИИДЬЯ, В. ПЛЕХАНОВ, П. СААРИ

### КРАЕВАЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЭКСИТОНОВ В $\text{PbVg}_2$

G. LIIDIA, V. PLEKHANOV, P. SAARI.  $\text{PbVg}_2$  AAREKIIRGUS FOTOERGUTUSE KORRAL

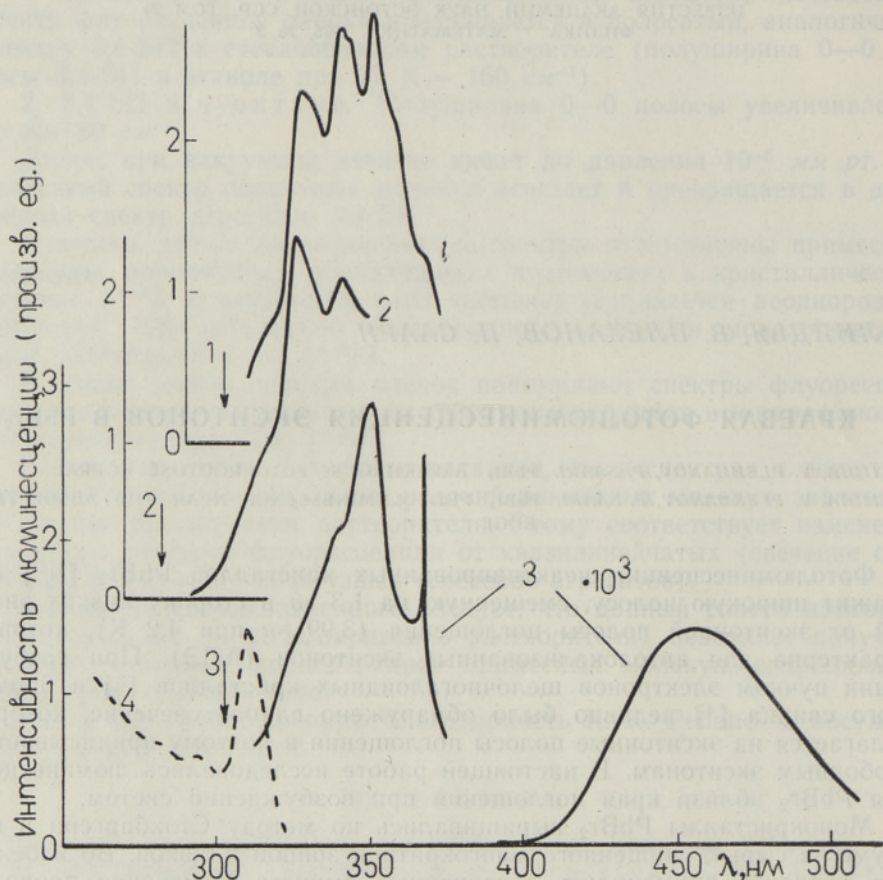
G. LIIDIA, V. PLEKHANOV, P. SAARI.  $\text{PbVg}_2$  PHOTOLUMINESCENCE NEAR THE ABSORPTION EDGE

Фотолюминесценция неактивированных кристаллов  $\text{PbVg}_2$  [1,2] содержит широкую полосу, смещенную на 1,3 эв в сторону низких энергий от экситонной полосы поглощения (3,99 эв при 4,2 К), которая характерна для автолокализованных экситонов (АЛЭ). При возбуждении пучком электронов щелочногалогидных кристаллов [3] и бромистого свинца [4] недавно было обнаружено слабое свечение, которое налагается на экситонные полосы поглощения и поэтому приписывается свободным экситонам. В настоящей работе исследовалась люминесценция  $\text{PbVg}_2$  вблизи края поглощения при возбуждении светом.

Монокристаллы  $\text{PbVg}_2$  выращивались по методу Стокбаргера в вакууме из сырья, очищенного многократной зонной плавкой. Во избежание фотолиза применялись зачерненные ампулы. Измерения проводились на пластинках, выколотых по плоскости (001). При 4,2 К образец находился в жидком гелии, при 78 К — в вакууме. Люминесценция возбуждалась лампой ДКсШ-1000 через двойной монохроматор МДР-1. Она регистрировалась с той же стороны кристалла, повернутого так, что отраженный от кристалла возбуждающий свет в другой монохроматор не попадал. Регистрация люминесценции, выделенной фильтром УФС-2 и разложенной в двойном монохроматоре ДФС-12, производилась с помощью охлажденного ФЭУ-79 в режиме счета фотонов на многоканальном счетчике [5].

На рисунке изображены спектры излучения  $\text{PbVg}_2$  при температуре 78 К (1, 2) и 4,2 К (3). Стрелки обозначают длину волны возбуждения. Спектр поглощения тонкого слоя  $\text{PbVg}_2$  (4) измерен при 4,2 К.

При 78 К в области прозрачности наблюдается ряд полос излучения при 327,5, 341 и 351 нм и менее отчетливая ступенька при 370 нм (кривая 1). В резонансе с длинноволновой экситонной полосой поглощения также наблюдается свечение, в котором можно выделить ступеньку при 315 нм, используя более коротковолновое возбуждение (кривая 2). При этом происходит небольшое смещение полосы от 327,5 до 326 нм. При 4,2 К (кривая 3) особенно интенсивной становится полоса при 351 нм и возгорается узкая линия с полушириной 0,7 нм и максимумом 368,1 нм. При этой же температуре наблюдается известная широкая полоса с максимумом около 453 нм, которая соответствует АЛЭ и имеет квантовый выход  $\eta \approx 0,2$ . Ультрафиолетовое свечение у края поглощения имеет квантовый выход  $10^{-4} < \eta < 10^{-3}$ .



Краевое свечение экситонов  $\text{PbBr}_2$  (обозначения см. в тексте).

Коротковолновая часть свечения (при  $\lambda < 320 \text{ нм}$ ) искажена в результате реабсорбции. Она резонансна с экситонными полосами поглощения ( $n = 1$ ,  $n = 2$ ). Поэтому не исключено, что это свечение свободных экситонов. Основная часть краевого свечения испускается в области прозрачности кристалла. Мы связываем ее с «горячей» люминесценцией экситонов в ходе колебательной релаксации в автолокализованное состояние. «Горячая» люминесценция наблюдалась ранее на молекулярных примесях в щелочногалогенидных кристаллах [6], а также на свободных экситонах  $\text{CdS}$  [7]. Распределение интенсивности «горячей» люминесценции определяется фактором Франка—Кондона и временем жизни на соответствующих колебательных уровнях возбужденного состояния. В случае экситонов люминесценция в коротковолновой части спектра может иметь относительно большую интенсивность либо из-за больших стоксовых потерь в АЛЭ, либо в связи с тем, что прыжковая диффузия АЛЭ на высоких колебательных уровнях увеличивает время жизни по отношению к колебательным переходам вниз [8].

Время жизни экситонов в «горячем» состоянии может быть оценено из экспериментально определенного выхода  $\eta$

$$\tau = \eta \left[ \frac{2}{3} \frac{e^2}{mc^3} \omega^2 f \right]^{-1}.$$

Здесь  $e^2/mc^2 = 3 \cdot 10^{-15}$  м,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/сек, частота перехода  $\omega = 2\pi\lambda^{-1}c = 6 \cdot 10^{15}$  сек $^{-1}$ , сила осциллятора для соответствующего перехода в поглощении  $f = 0,03$  [9]. Расчет дает  $10^{-10}$  сек  $> \tau > 10^{-11}$  сек (порядка  $10^2$  периодов кристаллических колебаний [10]).

Авторы признательны Ч. Б. Луцику, К. К. Ребане, В. В. Хижнякову и А. В. Шерману за обсуждение работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Liidja G. G., Plekhanov V. G., J. Luminescence, **6**, 71 (1973).
2. De Gruijter W. C., Phys. Lett., **34A**, 251 (1971); Thesis, Utrecht, Netherlands, 1972.
3. Куусманн И. Л., Либлик П. Х., Луцик Ч. Б., Письма в ЖЭТФ, **21**, 161 (1975).
4. Куусманн И. Л., Либлик П. Х., Плеханов В. Г., ФТТ, **17**, 1854 (1975).
5. Saari P., Phys. Stat. Sol., (b) **47**, K79 (1971).
6. Saari P., Rebane K., Solid State Comm., **7**, 887 (1969); Ребане К. К., Саари П. М., Мауринг Т. Х., Изв. АН СССР, Сер. физ., **37**, № 4, 848 (1973).
7. Gross E., Permogorov, S., Travnikov V., Selkin A., J. Phys. Chem. Solids, **31**, 2575 (1970).
8. Техвер И. Ю., Хижняков В. В., Изв. АН СССР, Сер. физ., в печати (1975).
9. Лийдья Г., Плеханов В., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., **21**, 193 (1972).
10. Willemsen B., J. Inorg. and Nucl. Chem., **33**, 3963 (1971).

Институт физики  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
7/III 1975

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 24. KOIDE  
FÜSIKA \* MATEMAATIKA. 1975. NR. 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 24  
ФИЗИКА \* МАТЕМАТИКА. 1975, № 3

УДК 535.372+577.3

Р. АВАРМАА

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ БАКТЕРИОРОДОПСИНА ПРИ 77 И 4,2 К

R. AVARMAA. BAKTERIORODOPSIINI LUMINESTSENTS TEMPERATUURIL 77 ja 4,2 K  
R. AVARMAA. THE LUMINESCENCE OF BACTERIORHODOPSIN AT 77 AND 4.2 K

В мембранных клетках некоторых бактерий сравнительно недавно были обнаружены хромо-липопротеины [1-4], физико-химические свойства которых весьма близки зрительному пигменту — родопсину. Хромофором этого пигмента, по аналогии названного бактериородопсином, является ретиналь, сходный с хромофором родопсина [5]. Насколько нам известно, люминесценция бактериородопсина до сих пор не наблюдалась.

В настоящей работе измерены низкотемпературные спектры люминесценции и возбуждения двух форм бактериородопсина (BR-560 и BR-570), имеющих максимумы спектра поглощения при 560 и 570 нм