

ПРОЯВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ОБЪЕМНЫХ ПОЛЯРИТОНОВ В СПЕКТРАХ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ $ZnTe$

М.С.Бродин, М.Г.Мацко

Показано, что низкотемпературные спектры люминесценции кристаллов $ZnTe$ в области основного состояния имеют сложную структуру, которая обусловлена проявлением, наряду с объемными, поверхностных поляритонов.

Исследования последних лет показали, что структура низкотемпературных спектров люминесценции кристаллов $GaAs$ [1], $ZnTe$, $Zn_xCd_{1-x}Te$ [2], $CuCl$ [3], $ZnSe$ [4], $CdTe$ [5] в области основного ($n = 1$) состояния экситонов формируется определенными участками обеих (верхней и нижней) ветвей объемных поляритонов. При этом хорошо известно, что в формировании спектров экситон-поляритонной люминесценции важную роль играет поверхность кристалла, на которой собственно и происходит процесс превращения объемных поляритонов в фотоны. Поскольку на поверхности кристалла имеются также состояния поверхностных поляритонов, то можно, в принципе, ожидать одновременного проявления в спектрах люминесценции объемных и поверхностных поляритонов. До сих пор поверхностные поляритоны удавалось наблюдать только методом нарушенного полного внутреннего (НПВО).

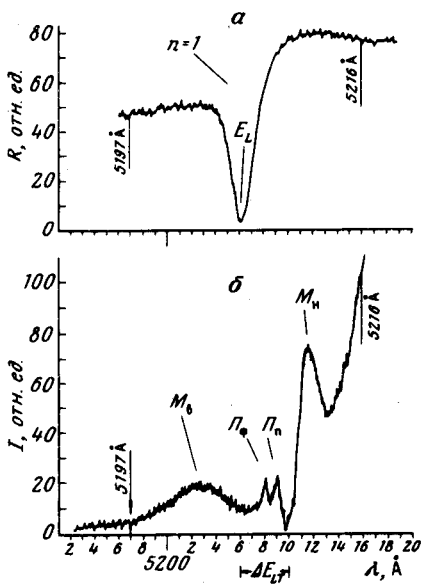
В настоящей работе впервые приводятся экспериментальные результаты о наблюдении поверхностных поляритонов в спектрах экситон-поляритонной люминесценции.

Изучены низкотемпературные спектры отражения и люминесценции кристаллов $ZnTe$, выращенных из газовой фазы, в области основного ($n = 1$) состояния экситонов. Измерения проведены фотографическим методом на дифракционном спектрографе с дисперсией $7,2 \text{ \AA}/\text{мм}$. Возбуждение кристаллов проводилось аргоновым (Ar^+) лазером с выходной мощностью излучения около 50 МВт .

На рис. 1,а приведена спектрограмма отражения исследованных кристаллов $ZnTe$ при $T = 4,2\text{К}$ в области края собственного поглощения. Структура спектра отражения с резко выраженным минимумом при $\lambda = 5206 \text{ \AA}$ и слабым максимумом при $\lambda = 5212 \text{ \AA}$ обусловлена образованием экситонов в основном ($n = 1$) состоянии. Следует отметить, что для наблюдаемой формы полосы отражения, в отсутствии так называемого "спайка", ее минимум соответствует энергии продольного экситона E_L [1].

На рис. 1,б приведена спектрограмма люминесценции этих же образцов в области экситонного резонанса при $T = 4,2\text{К}$ и низкой плотности возбуждения Ar^+ -лазером. Оказывается, что в данной области наблюдаются четыре полосы излучения, которые обозначены M_B , Π_ϕ , Π_π , M_H . Максимумы их интенсивностей расположены соответственно при $\lambda = 5202 \text{ \AA}$, $\lambda = 5208 \text{ \AA}$, $\lambda = 5209 \text{ \AA}$, $\lambda = 5211 \text{ \AA}$. В работе [2] показано, что полоса M_B обусловлена излучением верхней поляритонной ветви

(ВПВ), полоса M_H — нижней поляритонной ветви (НПВ) с области ее "бутылочного горла", т. е. названные полосы представляют излучение определенных участков дисперсионных ветвей объемных поляритонов. Энергетическое расстояние между коротковолновым краем излучения НПВ ($\lambda = 5210 \text{ \AA}$) и E_L характеризует величину продольно-поперечного расщепления ΔE_{LT} основного ($n = 1$) состояния экситонов, которая составляет для кристаллов $ZnTe$ 1,5 МэВ. Таким образом из рис. 1, б видно, что излучение объемных поляритонов расположено вне области ΔE_{LT} .



Спектры: а — отражения и б — излучения кристаллов $ZnTe$ в области основного ($n = 1$) состояния экситонов при $T = 4,2K$

Полосы Π_{Φ} , Π_{Π} расположены внутри области ΔE_{LT} и не могут быть приписаны излучению объемных поляритонов. Действительно, во-первых эта область характеризуется полным внутренним отражением для излучения объемных поляритонов. Во-вторых, в излучении объемных поляритонов проявляются только те участки их дисперсионных ветвей, для которых имеется, наряду с экситонной, и фотонная составляющая. Внутри же области ΔE_{LT} поляритоны НПВ являются фактически чистыми экситонами. Фотонов или же фотоподобных поляритонов объемных ветвей с энергиями, соответствующими области ΔE_{LT} , в кристалле не существует. Следовательно наблюдение люминесценции объемных поляритонов в данной области принципиально невозможно.

Между тем дублетная структура спектра люминесценции кристаллов $ZnTe$ внутри области ΔE_{LT} находит хорошее объяснение при учете состояний поверхностных поляритонов, несмотря на то, что их проявление в спектрах обычной люминесценции запрещено законом сохранения импульса. Действительно, в работе [6] теоретически показано, что такая ситуация имеет место только для идеально плоской границы кристалла и при неучете процессов рассеяния поверхностных поляритонов на акустических фононах. В этой же работе показано, что учет этих факторов снимает данный запрет и делает возможным наблюдение излучения поверхностных поляритонов в спектрах экситон-поляритонной лю-

минесценции в виде дублета полос внутри области ΔE_{LT} . Для объяснения причин возникновения именно дублетной структуры спектра люминесценции поверхностных поляритонов важным оказывается следующее обстоятельство. Вероятность рассеяния поверхностных поляритонов на акустических фононах максимальна вблизи $E = E_S$, где E_S — максимальная энергия поверхностных поляритонов, поскольку в этой области у них велика экситонная компонента. В области энергий $E \gtrsim E_T$ (E_T — энергия объемных поляритонов НПВ) поверхностные поляритоны являются в основном фотонами. Поэтому они слабо взаимодействуют с фононами и не могут дать вклад в спектры люминесценции. Однако вблизи E_T максимальна вероятность рассеяния поверхностных поляритонов на шероховатостях поверхности. Поскольку структура спектра люминесценции является произведением плотности состояний поверхностных поляритонов на вероятность их рассеяния, то различие в вероятностях рассеяния на шероховатостях и акустических фононах приводит к формированию дублетной структуры спектра люминесценции поверхностных поляритонов.

В заключение отметим, что с ростом температуры до $20 \div 30$ К наблюдается перераспределение интенсивностей между полосами P_Φ и P_Π . Интенсивность полосы P_Φ несколько возрастает по сравнению с P_Π . Именно такая температурная эволюция дублета излучения поверхностных поляритонов предсказывается теоретически в [6]. Однако более подробно этот вопрос, наряду с анализом температурных изменений в спектрах излучения объемных поляритонов, будет рассмотрено отдельно.

Институт физики
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
19 июля 1979 г.

Литература

- [1] D.D.Sell, S.E.Stokowski, R.Dingle, S.V.Di Zorenzo. Phys. Rev., B7, 4568, 1973.
- [2] М.С.Бродин, Д.Б.Гоер, М.Г.Мацко. Письма в ЖЭТФ, 20, 300, 1974.
- [3] S.Suga, T.Koda. Phys. Stat. Sol. (b), 66, 255, 1974.
- [4] П.С.Кособуцкий. УФЖ, 22, 6, 1977.
- [5] R.Hiesinger, S.Sugo, T.Willmann, W.Drebrot. Phys. Stat. Sol. (b), 67, 641, 1975; М.Г.Мацко, О.В.Франив. ФТТ, 21, 3, 1979.
- [6] В.М.Агранович, Т.А.Лескова. Письма в ЖЭТФ, 29, 2, 1979.