

- [1] Zener C. // Phys. Rev. 1951. V. 82. P. 403.
 [2] Anderson P. W., Hasegawa H. // Phys. Rev. 1955. V. 100. P. 675.
 [3] Tsukerblat B. S., Belinskii M. I., Fainzil'berg V. E., Soviet Scientific reviews. Chemistry reviews. V. 9. Magnetochemistry and Spectroscopy of Exchange Clusters of Transition Metals / Ed. M. E. Volpin. Overseas Sci. Publ. N. Y., 1978. P. 337—481.
 [4] Belinskii M. I., Gamurar V. Ya., Tsukerblat B. S. // Phys. Stat. Sol. 1986. V. 135b. P. 189.

Институт химии АН МССР
Кишинев

Поступило в Редакцию
7 июня 1991 г.

УДК 621.315.592

© Физика твердого тела, том 33, № 11, 1991
Solid State Physics, vol. 33, N 11, 1991

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ ПРУСТИТА

Ю. П. Гололобов, С. А. Шило, И. А. Юрченко

Пьезоэлектрик—полупроводник прустит (Ag_3AsS_3) при комнатной температуре принадлежит к кристаллам тригональной симметрии (точечная группа C_{3v}^6). В Ag_3AsS_3 переходу в сегнетофазу ($T=28$ К) с реориентируемым вектором поляризации, лежащим в плоскости XU , предшествует образование несоразмерной структуры при $T_i=60$ К [1, 2]. Оптические, фотоэлектрические свойства прустита достаточно хорошо изучены при различных температурах [3–6]. Тем не менее до настоящего времени в литературе отсутствовали данные о его люминесцентных свойствах.

В настоящей работе предпринята попытка восполнить этот пробел. В качестве объекта исследования использовался ориентированный монокристалл Ag_3AsS_3 с размерами $5.8 \times 4.5 \times 4.6$ мм. Оси были выбраны обычным для кристаллов тригональной симметрии образом: Z параллельна оптической оси C , $Y \perp Z$ и лежит в плоскости симметрии m , а $X \perp m$. В качестве источника возбуждения использовался лазер ЛЖИ-504, генерирующий свет длиной волны 510 нм (мощность в импульсе не превышала 50 Вт), спектры излучения регистрировались и обрабатывались с помощью многоканального анализатора NTA-1024. Детально используемая установка описана в [7]. Измерения выполнялись в режиме счета фотонов, что обеспечивало максимальное отношение сигнал/шум при малых интенсивностях световых потоков. Все спектры излучения получены в режиме нагрева с точностью стабилизации температуры ± 0.1 К.

Нами обнаружено, что при $T=7$ К фотолюминесценция (ФЛ) возникает при облучении светом любого из трех основных кристаллографических срезов прустита независимо от поляризации света, вместе с тем наблюдается существенная анизотропия спектров излучения. Так, в случае y -среза кристалла ($E \perp C$, E — вектор электрического поля световой волны) спектр ФЛ состоит из двух полос, максимумы которых приходятся соответственно на длины волн 583 и 595 нм (рис. 1, а), при $T=25$ К вместо двух полос наблюдается только одна с $\lambda_{\text{max}}=585$ нм, но при $T=29$ К вновь различимы две полосы — прежняя с $\lambda_{\text{max}}=585$ нм и новая с $\lambda_{\text{max}}=578$ нм (рис. 1, в).

По-иному трансформируется с изменением температуры спектр ФЛ для пироактивного z -среза ($E \perp C$). При $T=7$ К он обладает заметной тонкой структурой (рис. 1, в), однако уже при $T=14$ К в спектре достаточно отчетливо выражены только две полосы с максимумами при 582 и 590 нм. При дальнейшем повышении температуры первая полоса расщепляется на две, максимумы которых приходятся на $\lambda_1=578$ и $\lambda_2=585$ нм, и при $T=26$ К спектр состоит уже из трех полос (рис. 1, д).

Спектры ФЛ и их изменение с температурой от x -среза образца подобны приведенным на рис. 1, a — e и поэтому в работе не представлены.

Были также изучены температурные зависимости квантового выхода люминесценции $\eta_i(T)$ от основных кристаллографических срезов Ag_3AsS_3 (рис. 2). $\eta_i(T)$ является интегралом от интенсивности излучения кристалла в интервале длин волн $\lambda = 550 \div 650$ нм. Из рис. 2 видно, что в случае x -среза ФЛ существенно слабее, чем с поверхностей двух других срезов. Вместе с тем при повышении температуры для всех трех кривых, начиная с $T = 23$ К, наблюдается довольно резкий спад $\eta_i(T)$. Однако температурное тушение ФЛ наступает для каждого из срезов при различных температурах: для x -среза ($E \parallel C$) при 29 К, для y -среза ($E \perp C$) вблизи 32 К, а для пироактивного z -среза ($E \perp C$) только при 47 К.

На наш взгляд, природа ФЛ прустита связана с существованием ло-

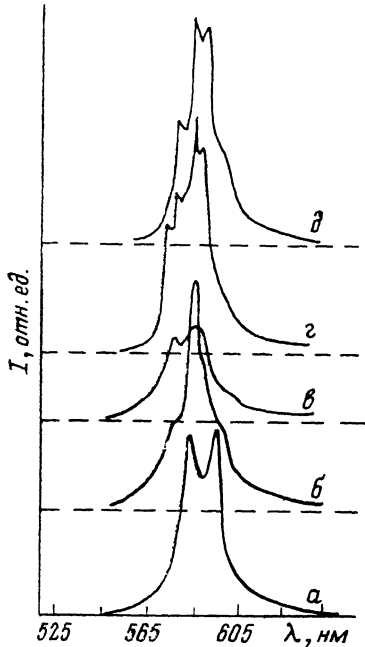


Рис. 1. Спектры фотолюминесценции монокристаллов прустита для y -среза (a — b) и z -среза (z , d) при $T = 7$ (a), 25 (b), 29 (b), 7 (z), 26 К (d).

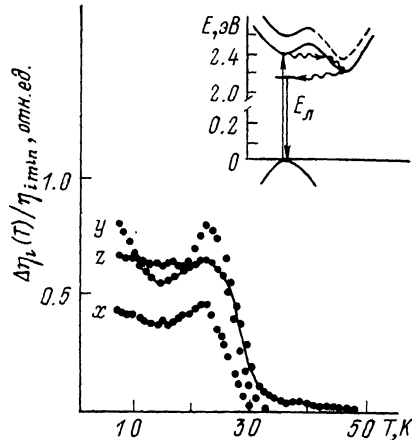


Рис. 2. Температурные зависимости $\eta_i(T)$ квантового выхода ФЛ при возбуждении с трех основных кристаллографических срезов.

На вставке — предполагаемая энергетическая диаграмма процесса возникновения ФЛ.

кализированных состояний в запрещенной зоне кристалла. Рассмотрим модель данного явления в рамках современных представлений об энергетических зонах Ag_3AsS_3 (см. вставку на рис. 2). Как известно, в случае $E \perp C$ (y - и z -срезы) имеют место не прямые оптические переходы, благодаря которым происходит заселение бокового минимума зоны проводимости (аналогичным образом происходит заполнение и для $E \parallel C$). В области сегнетоэлектрического состояния значения ширины запрещенных зон для прямых и не прямых переходов составляют $E_g^{пр} = 2.433$ и $E_g^{нпр} = 2.115$ эВ [6]. Ранее показано наличие в энергетическом спектре прустита глубокого примесного уровня с энергией активации $E_f = 0.32 \div 0.44$ эВ [3] (разброс в результатах объяснялся различием ориентаций образцов и содержанием серебра в них). Излучательными переходами с такого примесного уровня (обусловленного, по мнению авторов [3], избытком серебра) можно попытаться объяснить возникновение люминесценции в Ag_3AsS_3 (см. вставку на рис. 2). Приведем численные оценки энергий для люминесценции с y -среза образца при $T = 7$ К с учетом того, что не прямые разрешенные переходы в основном сопровождаются испусканием TO -фонона с энергией $E_{T0} = 0.045$ эВ [8] ($E_g^{нпр} - E_g^{пр} = 2.433 - 2.129$ эВ $= 0.304$ эВ $\approx E_f$, $E_f \approx (E_g^{нпр} - E_{нпр})$, $E_f^{пр} - E_f^{нпр} = 0.043$ эВ $\approx E_{T0}$, где $E_f^{пр}$,

$E_{\text{ФП}}$ — энергии бесфононной полосы люминесценции и ее фононного повторения соответственно). Аналогичным образом можно объяснить и люминесценцию с z -среза кристалла.

Температурное тушение люминесценции может происходить путем исключения данного уровня из процесса излучения в точке фазового перехода T_c , где возникает скачкообразное (на 0.04 эВ) уменьшение ширины запрещенной зоны [6]. Учитывая анизотропию глубины залегания E_i примесного уровня, можно предположить различный характер температурного тушения люминесценции в прустите. К сожалению, в настоящее время данные по анизотропии E_i отсутствуют.

Итак, в настоящей работе сообщается о первом наблюдении ФЛ кристаллов Ag_3AsS_3 , при этом обнаружены заметная анизотропия возбуждения ФЛ и существенная трансформация ее спектров с температурой. Определены также значения точек температурного тушения ФЛ для трех основных кристаллографических срезов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Гаврилова Н. Д., Копчик В. А., Новик В. К., Попова Т. В. // Кристаллография. 1978. Т. 23. № 5. С. 1067—1070.
- [2] Довгий Я. О., Китык И. В., Маньковская И. Г. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 10. С. 3170—3171.
- [3] Осипишип И. С., Буцко Н. И., Яцкив А. А. // Тез. докл. Республ. конфер. «Фотоэлектрические явления в полупроводниках». Киев, 1979. С. 179.
- [4] Бредихин В. И., Генкин В. Н., Соустов Л. В. // ФТТ. 1976. Т. 18. № 5. С. 1436—1438.
- [5] Довгий Я. О., Китык И. В. // Опт. и спектр. 1988. Т. 65. № 2. С. 329—334.
- [6] Байса Д. Ф., Колендрицкий Д. Д., Мальцев С. В. // ФТТ. 1986. Т. 28. № 1. С. 358—362.
- [7] Юрченко И. А., Брнаговский Е. Г., Гецко О. М., Снитко О. В. // Квантовая электроника (Республ. межвед. сб. научных трудов АН УССР). 1986. № 31. С. 83—88.
- [8] Довгий Я. О., Коромышин В. Н., Мороз Е. Г., Буцко Н. И. // УФЖ. 1972. Т. 17. № 5. С. 766—769.

Институт полупроводников
АН УССР
Киев

Поступило в Редакцию
10 июня 1991 г.

УДК 537.311.322

© Физика твердого тела, том 33, № 11, 1991
Solid State Physics, vol. 33, N 11, 1991

О ПОЗДНЕЙ СТАДИИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ВЫСОКООМНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ

А. В. Ильинский, М. Б. Мельников

В [1, 2] сообщалось о наблюдении при экранировании внешнего электрического поля в высокоомных полупроводниках нового явления — стратификации объемного заряда, состоящего в возникновении в ходе экранирования слоев знакопеременного заряда и связанных с ними сильных осцилляций поля. Явление наблюдалось в геометрии плоского конденсатора в кристаллах $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ [1], $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ [2], ZnSe [3] при однородной генерации и блокирующем контакте к обедняющему электроду. В [1, 2] проведено численное описание этого явления с учетом однородной в пространстве и постоянной во времени фотогенерации электронов в зону проводимости, их дрейфа и захвата на глубокие уровни локальных центров. В [4, 5] аналитически описан процесс экранирования на его начальной стадии, на которой порожденное объемным зарядом изменение поля