

## ЭКСИТОН-ЭКСИТОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СПЕКТРАХ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛА GaSe

*Г.И.Абуталыбов*

*Институт физики АН Азербайджана*

*370143 Баку, Азербайджан*

Поступила в редакцию 10 марта 1994 г.

После переработки 8 сентября 1994 г.

Обнаружено стимулированное излучение в области края фундаментального поглощения в кристаллах GaSe при 77 К, обусловленное экситон-экситонным взаимодействием.

Согласно [1–3], процесс экситон-экситонного взаимодействия обуславливает смещение линии излучения от линии свободного экситона в область, близкую к энергии связанного экситона. Поэтому природа механизмов усиления, ответственных за наблюдаемые линии, связывается с совместными экситонными процессами.

В настоящем сообщении приводятся результаты низкотемпературного исследования спектров электролюминесценции в GaSe при различных напряженностях прикладываемого к образцу электрического поля ( $E$ ) в геометриях наблюдения:  $q \perp c$  и  $q \parallel c$ , где  $q$  – волновой вектор излучения,  $c$  – оптическая ось кристалла.

Эксперименты проводились на выращенных методом Бриджмена–Стокбаргера образцах GaSe с удельным сопротивлением  $10^5 - 10^6$  Ом·см при 300 К размерами  $3 \times 5 \times 0,1$  мм, получаемых простым скалыванием вдоль плоскости спайности. В соответствии с результатами рентгеноструктурного анализа для исследований выбирались образцы, где  $\epsilon$ -политип превалировал над другими модификациями. Контакты ставились на свежесколотую поверхность: электродом служила эвтектическая смесь In–Ga. Для оценки малости контактных явлений на границе электрод–кристалл при 77 К были сняты вольт-амперные характеристики как в прямом, так и в обратном направлениях.

На рис.1 представлена серия спектров электролюминесценции GaSe при 77 К в двух геометриях наблюдения ( $q \perp c$ ,  $q \parallel c$ ) по мере увеличения напряженности прикладываемого электрического поля. Во вставках даны зависимости относительной интенсивности линии излучения  $A$  от величины  $E$  и энергетического положения линии  $A$  в увеличенном масштабе. Энергетическое положение наблюдаемых линий электролюминесценции следующее:  $A - 59$  нм,  $B - 615$  нм,  $B - 667$  нм,  $\Gamma - 688$  нм. Относительными особенностями геометрии  $q \perp c$  являются наличие сильной резонансной линии  $A$ , обусловленной незначительностью репоглощения при прохождении света сквозь образец, узость пиков  $A$  и  $B$  и отсутствие их энергетического смещения.

Анализ представленных результатов показал, что в области края фундаментального поглощения обнаружено две полосы стимулированного излучения,  $A$  и  $B$ , при  $q \perp c$  и  $q \parallel c$ , возникающие при различных значениях напряженности

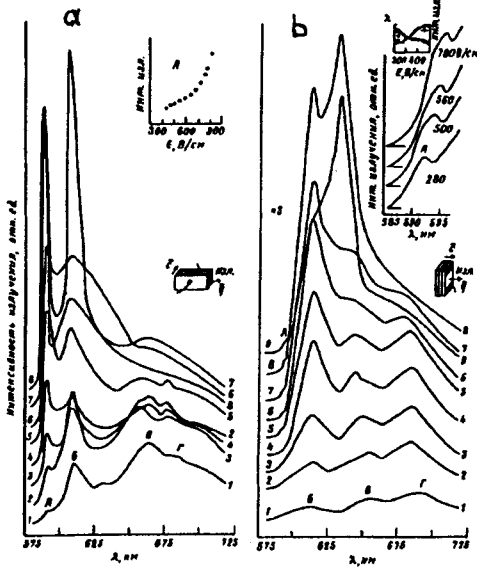


Рис.1

Рис.1. Спектры электролюминесценции GaSe при 77 К в двух геометриях наблюдения при различных значениях  $E$ : а)  $q \perp c$ , линия 1 - 450; 2 - 530; 3 - 550; 4 - 630; 5 - 720; 6 - 760; 7 - 820; 8 - 840 В/см; б) 1 - 230; 2 - 280; 3 - 340; 4 - 390; 5 - 450; 6 - 500; 7 - 560; 8 - 670; 9 - 780 В/см. Во вставках: зависимости относительной интенсивности ( $q \perp c$  и  $q \parallel c$ ) от величины  $E$  и энергетического положения ( $q \parallel c$ ) экситонной линии излучения А

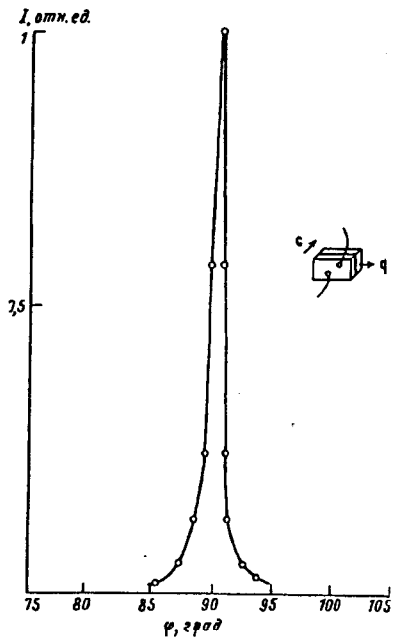


Рис.2

Рис.2. Угловая зависимость излучения при 820 В/см в геометрии  $q \perp c$ , где  $\varphi$  - угол между волновым вектором  $q$  излучения и плоскостью щели монохроматора

прикладываемого электрического поля, то есть в кристаллах GaSe существует два механизма инверсной заселенности с разным пороговым напряжением.

Для линий А и Б суперлинейная зависимость от  $E$  исключает в качестве объяснения примесное излучение, излучательную рекомбинацию связанного, свободного экситона и фоновое повторение линии свободного экситона. Несовпадение энергетического положения А и Б с линиями фотолюминесценции, обусловленной излучательной рекомбинацией свободных прямых и непрямых экситонов, а также суперлинейная зависимость (кривая 7) при  $720 < E \leq 820$  В/см в геометрии  $q \perp c$  и (кривая 8) при  $450 < E \leq 670$  В/см в геометрии  $q \parallel c$ , поляризация и направленность излучения линий А и Б позволяют предположить обнаружение стимулированного излучения, обусловленного экситон-экситонным взаимодействием [4]. На рис.2 приведена угловая зависимость излучения при 820 В/см в геометрии  $q \perp c$ . В отличие от полос А и Б линии В и Г не обнаруживают усиления даже при высоких значениях прикладываемого электрического поля. Сдвиг в коротковолновую сторону с ростом  $E$  и длинноволновое смещение с временем задержки регистрации после возбуждающего импульса показывают, что наиболее вероятным механизмом излучения полос В и Г является рекомбинация донорно-акцепторных пар [5].

В заключение отметим, что обнаружение стимулированного излучения в таких слоистых соединениях показывает перспективность применения их в качестве новых активных сред для лазеров.

- 
1. D.Magde and Manr, *Phys. Rev. Lett.* **24**, 890 (1970).
  2. H.Kukimoto, S.Shinoya, and T.Kamejima, *J. Phys. Soc., Japan* **30**, 1662 (1971).
  3. T.Ugumori, K.Masuda, and S.Namba, *Phys. Lett.* **38A**, 117 (1972).
  4. T.Ugumori, K.Masuda, and S.Namba, *Sol. St. Comm.* **12**, 389 (1973).
  5. Е.Закс, А.Гальперин, *Изв. Ан СССР, сер. физ.* **37**, 551 (1973).