

УДК 621.315.592

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ СУЛЬФИДА ГАЛЛИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ**САЛМАНОВА А.А.***Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия*

Экспериментально исследована фотопроводимость и люминесценция кристаллов GaS под действием лазерного излучения при 300-4,2 К. Показано, что наблюдаемые особенности спектров фотопроводимости и люминесценции GaS обусловлены непрямыми оптическими переходами, с участием свободных и связанных экситонов.

Индукцированная лазерным излучением фотопроводимость и люминесценция, наряду с оптическим поглощением, являются одним из оптимальных путей получения информации о взаимодействии когерентного излучения с полупроводниками и выяснения возможности их использования в квантовой электронике. В слоистых полупроводниковых соединениях A^3B^6 , куда и относится кристаллы GaS, обнаружены ряд нелинейно-оптических и неравновесных электронных процессов под действием лазерного излучения [1-9]. Однако, большинство этих исследований относятся к кристаллам GaSe, по сравнению с которыми в кристаллах GaS эти явления мало изучены и их исследования, как правило, проведены обычными (нелазерными) источниками света при низких интенсивностях возбуждения [10-14].

В настоящей работе исследовалась фотопроводимость и люминесценция кристаллов GaS при лазерном возбуждении в области края поглощения.

Исследования проводились на специально нелегированных кристаллах p-GaS, выращенных методом Бриджмена. Образцы с толщинами 100÷300 мкм и площадями ~ 1 см² были изготовлены путем скалывания из крупных слитков в направлении параллельном оптической оси-с. На свежесколотую поверхность образца методом термического испарения в вакууме был нанесен омический контакт In. Согласно холловским измерениям, удельное сопротивление, концентрация и подвижность носителей тока составляли $\rho=10^6$ Ом·см, $p=1\cdot 10^{14}$ см⁻³ и $\mu=20$ см²/(В·с), соответственно.

В качестве источника света для измерения фотопроводимости использовался жидкостной лазер PRA, LN-107 (длительность импульса $3\cdot 10^{-9}$ с, максимальная мощность ~ 12 МВт/см², область перестройки длин волн 473÷540 нм). Согласно [12], при T=77К ширина не прямой запрещенной зоны GaS составляет $E_g=2.60$ эВ. Таким образом, применявшееся нами возбуждение попадает в область края поглощения не прямой зоны. Фотолюминесценция кристаллов GaS исследовалась при возбуждении азотным лазером PRA, LN-1000 (длительность импульса $\sim 1\cdot 10^{-9}$ с, максимальная мощность ~ 10 МВт/см², длина волны 337 нм). Выход сигналов фотопроводимости и фотолюминесценции подавался в нестационарную цифровую систему (transient digitizer system), которая включала запоминающий осциллограф (Le Groy 9400) и компьютерную систему (board Master 800 ABI 8). Измерения проводились при 4,2-300 К. Методика эксперимента аналогична, описанной в [1].

На рис.1 представлены спектры фотопроводимости кристаллов GaS при двух температурах. Как видно из рисунка, максимумы фотопроводимости соответствуют энергии 2,48эВ (300К) и 2.53эВ (200К).

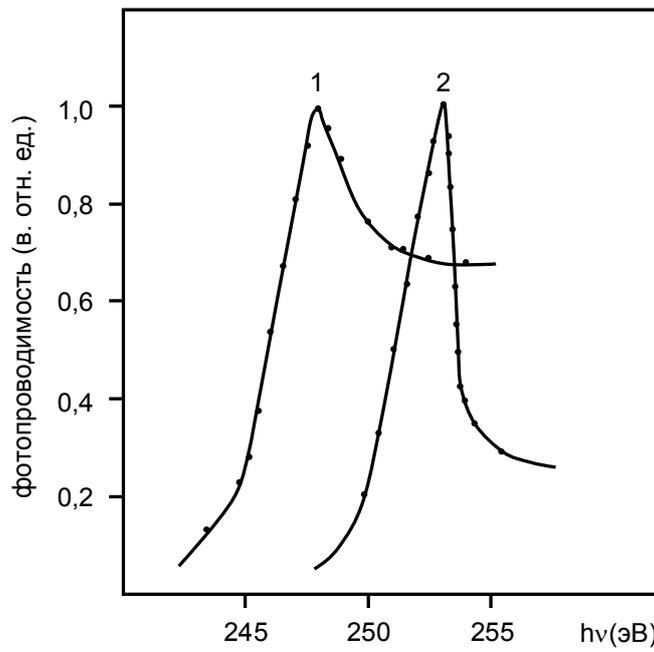


Рис.1. Спектры фотопроводимости кристаллов GaS при 300 (1) 200(2) К. Интенсивность возбуждения 12 МВт/см^2 .

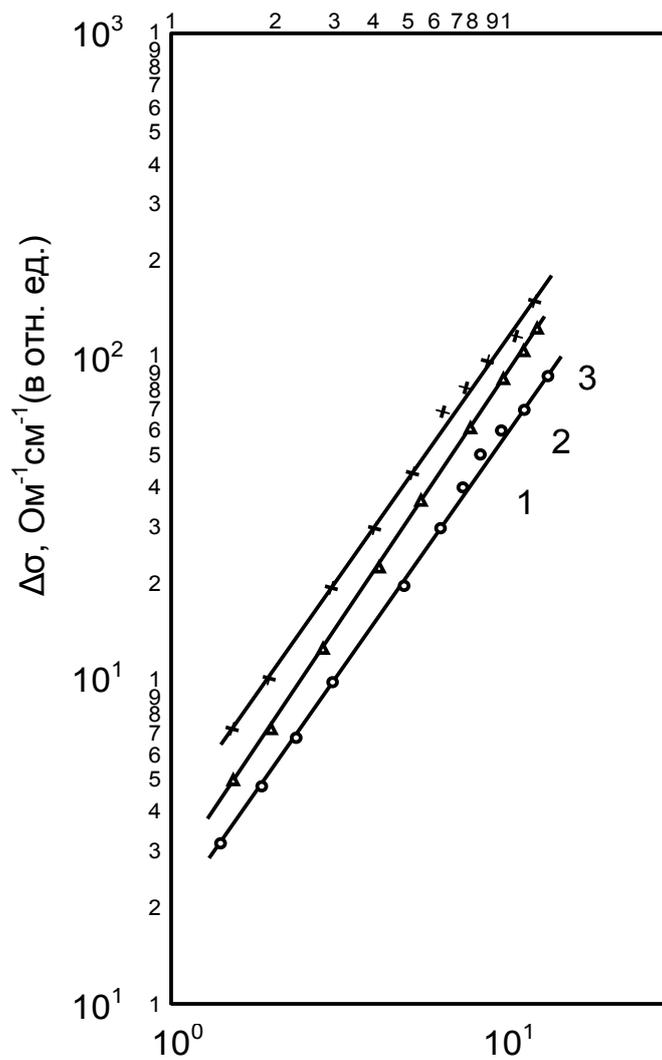


Рис.2. Зависимость фотопроводимости GaS от интенсивности возбуждения для различных образцов (кривые 1-3). $T=300 \text{ К}$.

Зависимость фотопроводимости от интенсивности возбуждения носит квадратичный характер $\Delta\sigma \sim I^2$ (рис.2). Время релаксации фотопроводимости $\sim 2 \cdot 10^{-7}$ с при 300К. Сравнение спектров фотопроводимости со спектрами поглощения GaS показывает, максимумы фотопроводимости обусловлены непрямыми оптическими переходами [14]. Квадратичная зависимость фотопроводимости от интенсивности возбуждения свидетельствует о квадратичном механизме рекомбинации неравновесных носителей тока [15]. Оценки показывают, что концентрация генерированных пар при интенсивности возбуждения $I \sim 12$ МВт/см² составляет $\sim 3 \cdot 10^{19}$ см⁻³.

Спектр излучения кристаллов GaS при 4,2 К приведен на рис.3.

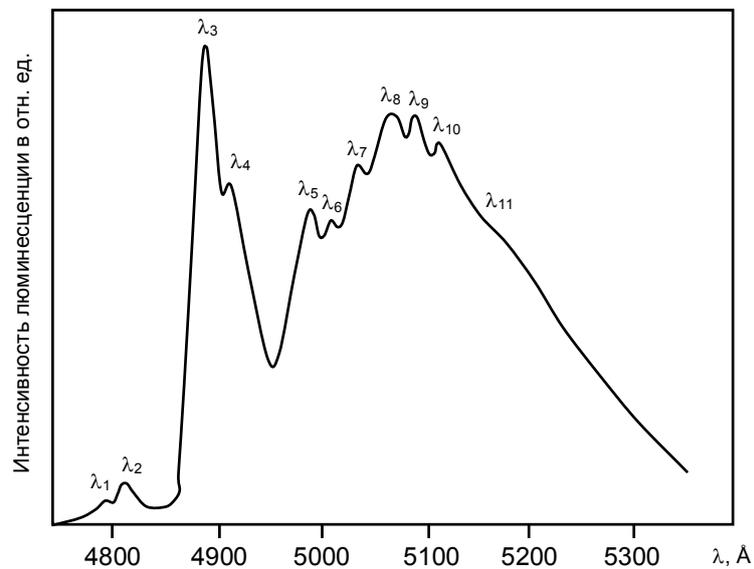


Рис.3. Спектры фотолюминесценции кристаллов GaS при 4,2 К.
Интенсивность возбуждения 12 МВт/ см².

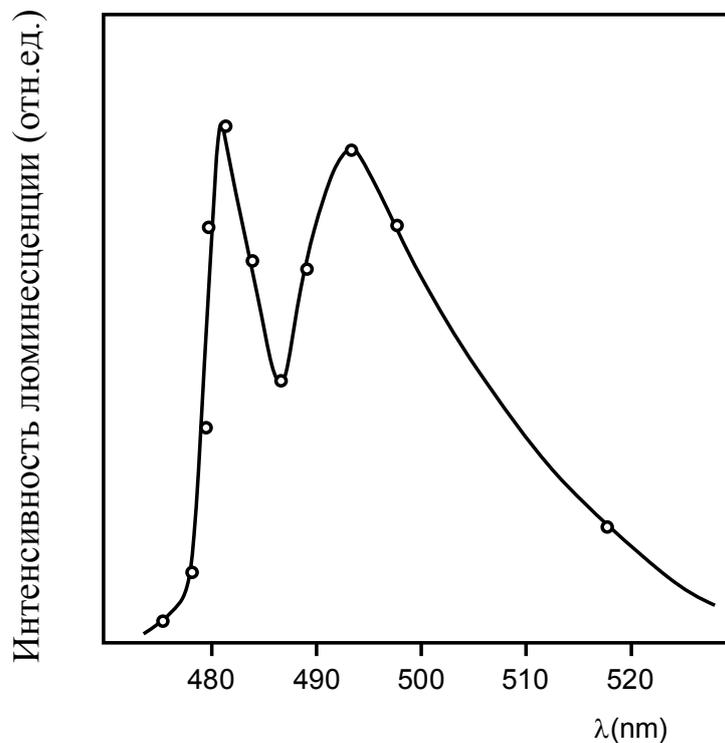


Рис.4. Спектры фотолюминесценции кристаллов GaS при 77 К.
Интенсивность возбуждения 12 МВт/ см².

На рисунке видны коротковолновые линии 479,5 и 482,0 нм (обозначенные на рисунке как λ_1 и λ_2 , соответственно), обусловленные аннигиляцией связанных экситонов с одновременным испусканием двух разных фононов с энергиями 10 и 21 мэВ[13]. Процессу образования связанного экситона с этими же фононами соответствуют наблюдаемые в спектре поглощения узкие линии $\lambda_1=475,9$ нм и $\lambda_2=473,9$ нм. Наиболее яркая линия и другие длинноволновые линии в спектре излучения GaS, могут свидетельствовать в пользу межпримесной природы люминесценции [12].

С повышением температуры от 4,2 до 80 К (рис.4) в спектре появляются линии излучения с максимумами 482,2 и 493,3 нм. Линия 482,2 нм, связана с излучением свободных экситонов[13], а линия с максимумом 493,3 нм, по-видимому, обусловлена примесным излучением.

Таким образом, приведенные выше результаты показывают, что слоистые кристаллы GaS обладают значительной фотопроводимостью и фотолюминесценцией в области непрямой запрещенной зоны, обусловленными экситонными и межпримесными переходами.

-
- [1] Кязым-заде А.Г., Агаева А.А., Салманов В.М., Мохтари А.Г. // Неорганические Материалы. 2008. Т.44. №4. С.1.
- [2] Кязым-заде А.Г., Салманов В.М., Мохтари А.Г., В.В. Дадашева, Агаева А.А. // ФТП. 2008. Т.42. В.5. С.532.
- [3] Кязым-заде А.Г., Агаева А.А., Салманов В.М., Мохтари А.Г. // ЖТФ. 2007. Т.77. В.12. С.80.
- [4] Кязым-заде А.Г., Агаева А.А., Салманов В.М., Мохтари А.Г. // Неорганические Материалы. 2007. Т.43. №12. С.1.
- [5] Ding Y.I., Shi W. // Nonlinear Opt. Phys. Mater. 2003. V.12(4). P.557.
- [6] Agayeva A., Salmanov V., Gousseynov E., Samedov S. // International Journal of Infrared and Millimeter Waves. 1999. V.20. №1. P.71.
- [7] Kalafi M., Bidadi H., Tajalli H., Salmanov V. // Optical Materials. 1996. V.6. P.117.
- [8] Днепровский В.С. // Известия АН СССР. 1986. Т.50, С.661.
- [9] Tajalli H., Kalafi M., Bidadi H., Salmanov V. // Optical Materials. 1996. V.6. P.17.
- [10] Alekperov O.Z., Godjaev M.O., Zarbaliev M.Z., Suleimanov R.A. // Sol. Stat. Commun. 1991. V.77. №1. P.65.
- [11] Разбирин Б.С., Мушинский В.П., Караман М.И., Старухин А.Н., Гамарц Е.М. // ФТП. 1978. Т.12. В.1. С.38.
- [12] Беленький Г.Л., Дильбазов Т.Г., Нани Р.Х., Салаев Э.Ю., Сулейманов Р.А. // УФЖ. 1976.Т.21. С.326.
- [13] Разбирин Б.С., Караман М.И., Мушинский В.П., Старухин А.Н. // ФТП. 1973. Т.7. В.6. С.1112.
- [14] Cingolani A., Minafra A., Tantalò P., Paorici C. // Phys. Stat. Sol. (a). 1971. V.4. K83.
- [15] Рыбкин С.М. // Фотоэлектрические явления в полупроводниках Москва. «Наука». 1963.

SULFİD QALLIY KRİSTALLARININ LAZER ŞUALARININ TƏSİRİ İLƏ FOTOKEÇİRİCİLİYİ VƏ LÜMINESSENSİYASI

SALMANOVA A.Ə.

Təcrübi olaraq GaS kristallarının fotokeçiriciliyi və lüminessensiyası lazer şualarının təsiri ilə 300-4,2 K temperatur intervalında tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, GaS kristallarının fotokeçiricilik və lüminessensiyası spektral asılılıqlarında müşahidə olunan xüsusiyyətlər çəp optik keçid və eksiton keçidləri ilə izah olunur.

PHOTOCONDUCTIVITY AND LUMINESCENCE OF CRYSTALS OF SULFIDE GALLIUM AT LASER EXCITATION

SALMANOVA A.A.

Photoconductivity and luminescence of crystals GaS under action of laser radiation is experimentally investigated at 300÷4,2 K. It has been established, that observable features of spectra photoconductivity and luminescence GaS are caused by indirect optical transition, with participation free and connected excitons.