

СТРИМЕРНАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$

Р.Б. ДЖАББАРОВ

*Институт Физики АН Азербайджана
370143, Баку, пр. Г. Джавида, 33*

В монокристаллах $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ впервые возбуждены и исследованы стримерные разряды при 77 и 300 К. Изучены условия возбуждения, влияние температуры на интенсивность спектра излучения стримерных разрядов. Наблюдались прямые одиночные разряды определенной кристаллической ориентации, локализованные в плоскости слоевого пакета, с выходом основной части светового потока вдоль канала.

В последнее время проводятся интенсивные исследования люминесценции редкоземельных ионов (РЗИ) в широкозонных полупроводниках. Этот интерес обусловлен возможностью эффективного возбуждения РЗИ через широкие полосы поглощения основы, что в свою очередь снижает порог возбуждения, увеличивая тем самым эффективность выхода люминесценции.

В этом аспекте перспективными являются монокристаллы CaGa_2S_4 , кристаллизующиеся в ромбической сингонии с пространственной группой $D_{2h}^{24} - Fddd$ с постоянными решетками: $a = 2.0087$; $b = 2.0087$; $c = 2.2112 \text{ \AA}$ которые являются высокоомными ($\rho \sim 10^9 + 10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{см}$) и проявляют ярковыраженную люминесценцию [1].

Для выращивания монокристаллов CaGa_2S_4 применялся газотранспортный метод. В качестве переносчика использовали химически чистый йод (I_2), трижды очищенный возгонкой. Полученные монокристаллы имели размеры $\sim 6 \times 3 \times 3 \text{ мм}$ [2]. Соединения типа CaGa_2S_4 обладают эффективной фотолюминесценцией (ФЛ) желтого, зеленого и голубого цветов. Они использованы нами для создания опытных люминесцентных ламп с яркостью 10^4 кд/м^2 [3,4]. Существенная особенность указанных монокристаллов заключается в отсутствии сильного концентрационного тушения (до 7 мол.%) для ряда лазерных уровней, участвующих в генерации. На основе монокристаллов $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ созданы перестраиваемые лазеры желто-зеленого свечения [5,6].

Общий метод получения генерации света путем возбуждения однородного полупроводника импульсами электрического поля был предложен ранее в [7]. При достаточно высокой напряженности электрического поля вследствие ударной ионизации или туннельного эффекта в полупроводнике происходит быстрое увеличение концентрации неравновесных носителей тока, распределенных в широкой энергетической полосе. Получение стримерных разрядов в $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ открывает новый этап в изучении физических свойств, а также в изучении электрических явлений и их использовании для практических целей. Многократная воспроизводимость пробоя в одном и том же объеме кристалла, возникающая при этом люминесценция и, в некоторых случаях, стимулированное излучение позволяют получить дополнительную информацию о строении исследуемого материала и разработке новых приборов.

В настоящей работе изучены условия возбуждения, влияние температуры на интенсивность излучения стримерных разрядов в монокристаллах $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$. Для сравнения приведены некоторые данные ФЛ $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ при лазерном возбуждении.

Стримерный разряд возбуждался импульсами напряжения амплитудой $\sim 50 \text{ кВ}$, длительностью $\sim 100 \text{ нс}$ через разрядный промежуток $100 + 300 \text{ мкм}$ с помощью иглового электрода, изготовленного из меди [8]. Чтобы избежать полного пробоя и протекания через кристалл большого тока, второй электрод заземляется. В качестве диэлектрической жидкости был использован керосин. Стримерные разряды регистрировались фотографическими методами. При этом наблюдались одиночные прямые разряды в определенной кристаллической ориентации (101), локализованные в плоскости слоевого пакета, с выходом основной части светового потока вдоль канала (рис.1). Переход от 300 К к 77 К приводит к заметному увеличению



Рис.1. Фотография стримерных разрядов в плоскостях (101) в монокристалле $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ при 300 К.

интенсивности разряда. При этом образуются одиночные разряды, и снижается общее число стримеров. Такие случаи наблюдались в пластинчатых кристаллах сульфида кадмия и объяснялись как взаимодействие электромагнитных волн микроволнового и видимого диапазонов инициированных разрядов [9-11]. Это соответствует представлению о стримерах как о самоорганизованных структурах [8].

Закономерности возникновения и распространения электрических разрядов в образце зависят от типа диэлектрической жидкости, в которую помещается образец и игольной электрод. Проводя многократные эксперименты в керосине и ацетоне, пришли к выводу, что интенсивность люминесценции в керосине намного больше, чем когда кристалл находится в ацетоне.

С целью установления природы свечения спектры стримерной люминесценции (СЛ) монокристаллов $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ сравнивались со спектрами (ФЛ) при возбуждении лазером ЛГИ-21 ($\lambda=337,1$, $\tau=10$ нс.)

Неактивированный CaGa_2S_4 обладает слабой и широкополосной ФЛ с максимумом эмиссии при 2.21 эВ. Однако, при активировании ионами Eu^{2+} данное соединение превращается в эффективный кристаллофосфор с высокой яркостью излучения. В спектре излучения $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ выявлен узкий пик с максимумом 2.23 эВ, и переход осуществляется между уровнями $4f^65d$ и $4f^7$ ионов Eu^{2+} (рис.2). Проведенные эксперименты показали, что с увеличением температуры интенсивность максимума уменьшается в четыре раза и энергетическое положение не изменяется. Спектр возбуждения представляет собой экстремально-широкую полосу, простирающуюся вплоть до видимой области, перекрываясь в широком интервале видимой области со спектром излучения. Наличие спектра возбуждения объясняется поглощением ионов Eu^{2+} , так как неактивированный CaGa_2S_4 в этой области спектра не поглощает. Необходимо отметить, что расположение максимума именно при 2.23 эВ обуславливает большое практическое значение данного соединения. Дело в том, что максимум кривой относительной чувствительности нормального человеческого глаза также приходится на 2.23 эВ.

Стримерная люминесценция (СЛ) (рис.3) при 77 и 300 К появляется при максимумах 2.33 и 2.28 эВ соответственно. Полоса излучения стримеров при комнатной температуре (рис.3, кривая 2) смещена по отношению к полосе ФЛ (рис.2) в сторону низких длин волн и имеет асимметричную форму, что так же связано с сильным поглощением света СЛ в объеме кристалла, в отличие от ФЛ, возбуждаемой в тонком приповерхностном слое порядка одного микрометра.

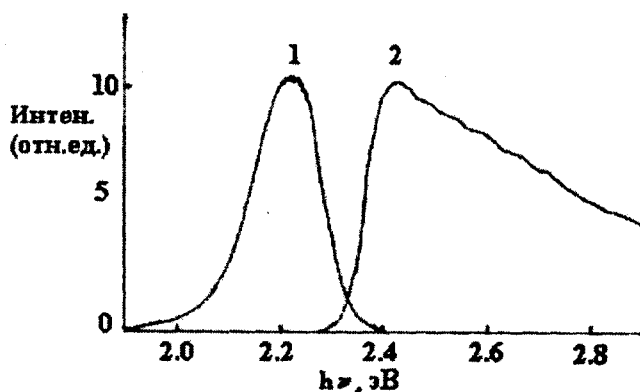


Рис.2. Спектры излучения (1) и возбуждения (2) кристаллов $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$.

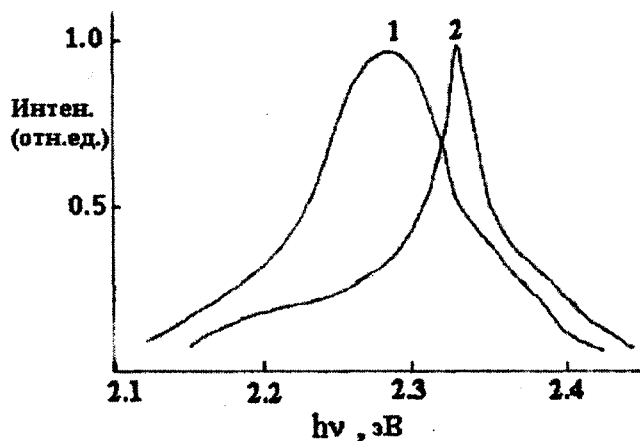


Рис.3. Спектры СЛ монокристаллов $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ при 77 (1) и 300 К (2).

По моему мнению, при возбуждении высоковольтными импульсами достигается более высокий уровень возбуждения. При этом возможно также сужение запрещенной зоны и соответствующее смещение полос люминесценции.

- [1] А.Н.Георгобиани, Б.Г.Тагиев, О.Б.Тагиев, Б.М.Иззатов. Неорганические материалы, 1995, т.31, №1, с.19-22.
- [2] A.N.Georgobiani, B.G. Tagiev, O.B.Tagiev, B.M.Izzatov, R.B. Jabbarov. Cryst. Res. Technol. 31, 1986, p.849-852.
- [3] Б.Г. Тагиев, М.Г. Шахтахтинский, В.А. Джалилов, Т.А.Гюльмалиев, Б.М.Иззатов, Г.К.Асланов, О.Б.Тагиев, Я.Г.Талыбов. Неорганические материалы, 1993, т. 29, № 10, с. 1392-1394.
- [4] Б.Г. Тагиев, А.Б. Абдуллаев, О.Б. Тагиев, Р.Б. Джаббаров, Н.Н. Мусаева. ЖПС, 1995, т.62, №3, с.145-151.
- [5] Tamao Matsumoto, S.Iida, N.T.Mamedov, Y.Mariyama, Gyejong An., A.I.Bayratov, B.G.Tagiev, O.B.Tagiev and R.B.Dzhabbarov. 11th International Conference on

- Ternary and Multinary Compounds, ICTMC-11, University of Salford, 9-12 September 1997pp.1001-1004.
- [6] Seishi Iida, Tamao Matsumoto, N.T.Mamedov, Gyejong An., Yosuke Mariyama, A.I. Bayratov, B.G. Tagiev, O.B. Tagiev and R.B.Dzhabbarov. Jpn. J. Appl. Phys. vol. 36, 1997, pp. 857-859.
- [7] Н.Г.Басов, Б.М.Вул, Ю.М.Попов. ЖЭТФ, 37, 587, 1959.
- [8] В.П. Грибковский. Полупроводниковые лазеры. Минск: Университетское, 1988, с.234-264.
- [9] В.П. Грибковский, А.Н. Прокопья, К.И. Русаков, В.В. Парашук. ЖПС, 60, 362-368, 1994.
- [10] В.В. Парашук, В.П. Грибковский. Доклады АН Белоруссии, 41, 3, 43-47, 1997.
- [11] В.В. Парашук, В.П. Грибковский. Доклады АН Белоруссии, 41, 1, 44-49, 1997.

R.B. Cabbarov

CaGa₂S₄:Eu²⁺ MONOKRİSTALLARINDA STRİMER LÜMİNESSENSİYASI

CaGa₂S₄:Eu²⁺ monokristallarında ilk dəfə olaraq 77 və 300 K temperaturlarında strimer boşalması tədqiq olunmuşdur. Strimer boşalmasında şüalanma intensivliyinə həyəcanlanma şərtinin, temperaturun təsiri öyrənilmişdir. Təbəqə paketi müstəvisində lokallaşmış, kristalloqrafik istiqamətlə təyin olunan, kanal boyu işıq selinin əsas hissəsinin çıxışı ilə müəyyən olunan tək düz boşalma müşahidə olunmuşdur.

R.B. Jabbarov

THE STREAM LUMINESCENCE IN CaGa₂S₄:Eu²⁺ SINGLE CRYSTALS

Firstly the streamer discharges are excited and investigated at 77 and 300 K in CaGa₂S₄:Eu²⁺ single crystals. The conditions of excitation, influence of temperature on intensity of radiation spectrum of streamer discharges are investigated. The single direct discharges of the certain crystalline orientation located in a plane of layer packet, with the main part of a light stream yield along the channel are observed.

Дата поступления: 26.10.00

Редактор: С.И. Мехтиева