

О СТУПЕНЧАТОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ  $\text{CaWO}_4$ ,  
АКТИВИРОВАННОГО  $\text{Er}^{3+}$

В.Л.Бакуменко, А.Н.Власов, Е.С.Коварская,  
Г.С.Козина, В.Н.Фаворин

В работе Брауна и Шенда [1] сообщалось о получении эффекта ступенчатого возбуждения флуоресценции  $\text{Er}^{3+}$  в решетках фторидов. Нами наблюдался аналогичный эффект в монокристаллах  $\text{CaWO}_4:\text{Er}^{3+}$ . Использувавшиеся в эксперименте кристаллы были выращены по методу Чохральского, концентрация в исходной шихте составляла 0,75%, специальных компенсирующих избыточный заряд примесей не вводилось. Образцы имели форму параллелепипеда с размерами 17 x 4 x 7 мм. Возбуждающие монохроматичные потоки направлялись в кристаллы навстречу друг другу через меньшие грани. Излучение образца, пройдя через фильтр, поглощающий возбуждающий свет, регистрировалось фотоумножителем ФЭУ-27.

Эффект ступенчатого возбуждения флуоресценции при длинах волн около 543 мкм наблюдался, когда длина волны света одного из возбуждающих потоков составляла около 1,5 мк и соответствовала области инфракрасного поглощения  $Ez^{2+}$  на переходе  ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$ , а длина волны света во втором возбуждающем потоке соответствовала области 710 + 850 мкм. Флуоресценция не возбуждалась ни одним из потоков в отдельности, и эффект наблюдался только при одновременном возбуждении образца обоими потоками.

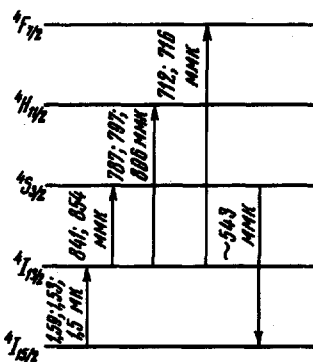


Рис. 1. Схема переходов ступенчатого возбуждения флуоресценции  $Ez^{2+}$  в  $CaWO_4$

Схема переходов, ответственных за эффект, может быть представлена в виде, приведенном на рис. 1. На рис. 2, а и б показаны зависимости интенсивности флуоресценции от длины волны возбуждения. При снятии этих характеристик менялся спектральный состав только одного из возбуждающих потоков, другой же содержал все длины волн соответствующей активной полосы. Например, при изучении зависимости флуоресценции от длины волны красного возбуждения в инфракрасном возбуждающем потоке содержались все длины волн от 1,45 до 1,6 мк.

Для сравнения эффективности отдельных красных полос на рис. 2, а приведено спектральное распределение мощности в возбуждающем потоке. Характер влияния охлаждения на вид спектров рис. 2 позволяет сделать определенные предположения относительно происхождения некоторых пиков. В частности, можно предположить, что пики около 716, 806, 854 мкм обусловлены итатовскими компонентами состояния  ${}^4I_{13/2}$ .

При повышении температуры образца до температуры жидкого азота их населенность резко падает за счет быстрой релаксации на ниже расположенные компоненты того же состояния, этим объясняется ослабление данных пиков и усиление за их счет пиков, соответствующих пере-

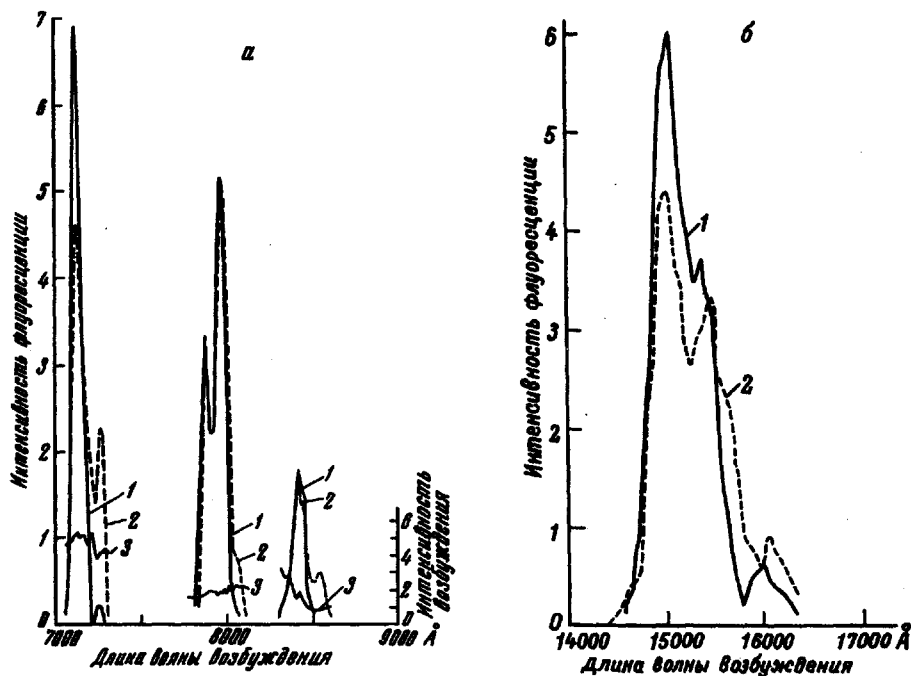


Рис. 2. Зависимость интенсивности флуоресценции от длины волны возбуждения: 1 - при температуре жидкого азота, 2 - при комнатной температуре (3 - распределение мощности источника возбуждения)

ходам с более низких уровней состояния  ${}^4I_{13/2}$  на уровни состояний  ${}^4S_{3/2}$ ,  ${}^4H_{11/2}$  и  ${}^4F_{7/2}$ . Эффект ступенчатого возбуждения флуоресценции может быть использован для преобразования светового излучения одной частоты в световое излучение другой, например перенос сигнала из инфракрасной области в видимую (инфракрасный "квантовый счетчик" [2,3]).

Считая инфракрасный возбуждающий поток сигналом, а красный - накачкой, мы сделали оценку коэффициента преобразования. При накачке мощностью несколько милливатт в полосе 15 мкм около 795 мкм коэффициент преобразования имел порядок  $10^{-6}$  ватт видимого излучения кристалла на ватт падающего на него инфракрасного излучения. Увели-

чения коэффициента преобразования можно добиться повышением концентрации эрбия, увеличением эффективной длины образцов и повышением мощности накачки. Воспользовавшись тем, что одна из полос накачки (841 мкм) близка к поясе излучения арсенида галлия, нами была опробована система с подкачкой от такого полупроводникового излучателя. Однако существенного улучшения получено не было. Это связано, во-первых, с тем, что мощность излучателя была недостаточно высока (~2 мвт); во-вторых, полоса 841 мкм соответствует переходу  ${}^4I_{13/2} \longrightarrow {}^4S_{3/2}$ , который имеет сильный запрет по  $L$  ( $\Delta L=6$ ) и по  $J$  ( $\Delta J=10$ ) и потому сравнительно мало эффективна.

В  $CaWO_4$ , активированном  $Er^{3+}$ , наблюдалась также и другая схема многоступенчатых переходов, которая отличается от схемы рис. I тем, что система из основного состояния с поглощением излучения ~980 мкм переходит в состояние  ${}^4I_{11/2}$ , более высокие возбужденные состояния в этой схеме остаются теми же.

Эффект ступенчатого возбуждения флуоресценции был получен нами и в монокристаллах  $PbMoO_4$ , активированных  $Er^{3+}$ , концентрация которого составляла 0,5%. Эффект наблюдался на тех же переходах и длинах волн, что и в  $CaWO_4 : Er^{3+}$ .

Поступило в редакцию  
20 мая 1965 г.

#### Литература

- [1] M.R.Brown, W.A. Shand. Phys. Rev. Lett., 12, 367, 1964.
- [2] N.Bloembergen. Phys. Rev. Lett., 2, 84, 1959.
- [3] А.М. Прохоров. ЖЭТФ, 48, 1384, 1961.