

- [2] Левитский С.М., Шаповал В.З., Шашурин И.П. В кн.: Колебания и волны в плазме. Минск: Наука и техника, 1971, с. 88-90.
- [3] Шашурин И.П., Незлин М.В. - Письма в ЖЭТФ, 1967, т. 6, № 8, с. 787-790.
- [4] Кочмарев Л.Ю., Чмиль А.И., Шустин Е.Г. - Физика плазмы, 1985, т. 11, № 10, с. 1231-1239.
- [5] Кондратенко А.Н., Олефир В.П., Сидоренко Ю.В., Савченко И.С. - УФЖ, 1986, т. 31, № 6, с. 857-862.
- [6] Безъязычный И.А., Уллшмид И., Березин А.К., Курилко В.И. В сб.: Физика плазмы и проблемы УТС. Киев: Наукова думка, 1971, в. 1, с. 124-129.

Харьковский государственный университет им. А.М. Горького

Поступило в Редакцию
4 мая 1987 г.
В окончательной редакции
20 октября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 2 26 января 1988 г.

ФОТОМАГНЕТИЗМ КРИСТАЛЛОФОСФОРОВ
 $CaS - Eu$ И $SrS - Eu$

М.Н. Агапов, М.-Л.Ю. Аллсалу,
М.И. Данилкин, С.О. Климонский,
В.Д. Кузнецов, И.Е. Кузнецов,
В.В. Михайлин, Э.Ю. Педак

Материалы на основе CaS и SrS давно известны в качестве основания эффективных люминофоров [1]. Варьируя активатор, можно в широких пределах менять оптические свойства получаемого материала. Люминофоры $CaS - Eu$ и $SrS - Eu$ являются перспективными для телевизионных систем нового поколения. Eu^{2+} , замещающая катион Ca^{2+} или Sr^{2+} , имеет практически тот же ионный радиус и находится в регулярных узлах кубической решетки типа $NaCl$. Из-за выполнения принципа зарядовой и объемной компенсации легко образуется твердый раствор $CaS - EuS$ и $SrS - EuS$ [2].

Наши образцы приготовлены по методике, описанной в [3]. Основание кристаллофосфора высокой степени фазовой чистоты активировалось EuS (концентрация 0.01-0.1 мол. %). Образцы получались в виде порошка с размером кристалликов 2-5 мкм.

Красное свечение Eu^{2+} представляет собой широкую полосу (полуширина $\Delta \geq 0.2$ эВ) с максимумом 1.88-2.0 эВ в зависимости от основания (CaS или SrS) и температуры, соответствующую $4f^6 5d \rightarrow 4f^7$ переходу в ионе Eu^{2+} . Свечение эффективно возбуждается в активаторной полосе 2.2-3.0 эВ, пере-

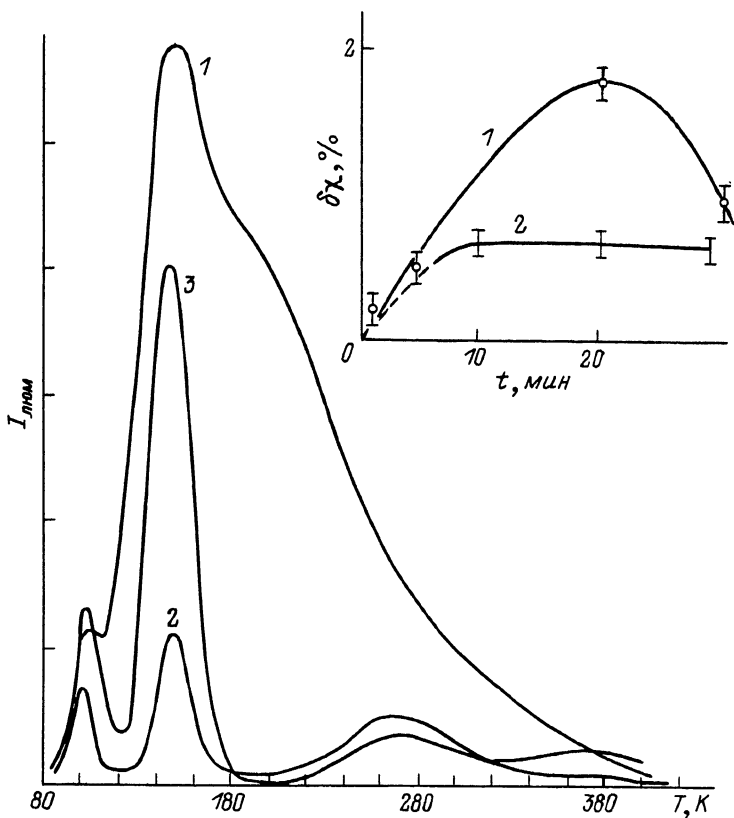
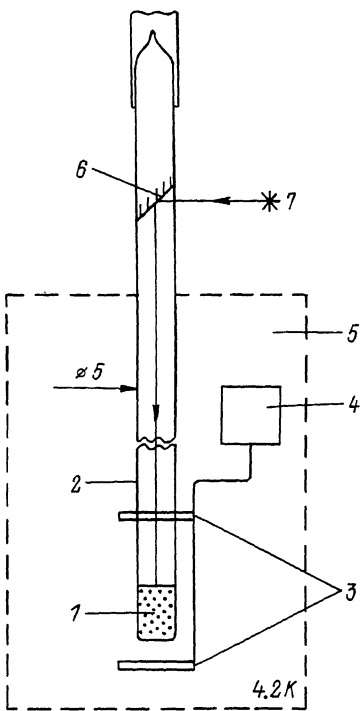


Рис. 1. Кривые термовысвечивания образцов $SrS - Eu$: 1, 2 - образцы № 77, 78 (концентрация активатора 0.1 мол. %); 3 - образцы № 8 (0.95 мол. %). В правом верхнем углу - изменение χ при $T = 4.2$ К (436 нм).

крывающей значительную часть видимого спектра, и в области межзонных переходов при $E_{\text{возб.}} \geq 4.2$ эВ. CaS и SrS обладают развитой системой центров захвата, которые образуются в процессе приготовления фосфоров. Характерные кривые термовысвечивания приведены на рис. 1. Показано, что светосумма запасается не только в области межзонных переходов, но и при возбуждении в активаторной полосе, максимум возбуждения по запасанию светосуммы приходится на 2.8-3.0 эВ [4]. Возможным механизмом является ионизация Eu^{2+} с последующим захватом электронов в ловушку: $Eu^{2+} + h\nu \rightarrow Eu^{3+} + e^-$. Ионизация Eu^{2+} под действием света наблюдалась в $SrS:Eu, Sm$ с помощью ЭПР [5].

Так как Eu^{2+} имеет основное состояние $^8S_{7/2}$ с большим эффективным магнитным моментом (около 7.9 магнетонов Бора),

Рис. 2. Схема эксперимента, 1 - образец, 2 - ампула, 3 - приемные катушки, 4 - сквид, 5 - гелиевый криостат, 6 - зеркальце, 7 - источник света.



а основное 2F_0 состояние E_{u^3+} немагнитно, ионизация $E_{u^{2+}}$ и эффективное запасание светосуммы при засветке в активаторной полосе поглощения европия должно изменять магнитную восприимчивость образцов, причем, если не происходит высвобождение светосуммы, эффект должен обладать памятью, т.е. сохраняться по окончании засветки.

В настоящее время известен ряд различных фотомагнитных эффектов, которые в большинстве случаев наблюдались в концентрированных магнитных материалах [6]. В парамагнитных и диамагнитных материалах возможно возникновение намагниченности под действием циркулярно поля-

ризованного света. Изменение восприимчивости может достигать нескольких %, эффект не обладает длительной памятью.

При комнатной температуре наши образцы имели удельную диамагнитную восприимчивость $\sim 10^{-9}$ м³/кг (измерение по методу Гуи), влияние засветки на восприимчивость не обнаружено.

При $T = 4.2$ K измерения магнитной восприимчивости проводились на квантовом магнитометре (сквид), описанном в [7]. Схема эксперимента представлена на рис. 2. Образцы насыпались в кварцевые ампулы до уровня ~ 7 мм. Ампулы откачивались при $T \geq 100$ °C до давления $\sim 10^{-2}$ Тор и отпаивались. Ампулы выдерживались несколько суток в темноте при $T = 295$ K в атмосфере гелия. Диффундируя через стенки, гелий наполнял ампулы до давления ~ 20 Тор, что обеспечивало теплообмен образцов.

Для получения величины магнитного момента осуществлялось вертикальное перемещение ампулы с образцом через приемные катушки, связанные со сквидом. Величина магнитного поля при измерениях составляла 300-600 Э. Зеркальце в верхней части ампулы давало возможность засвечивать образцы внутри криостата при $T = 4.2$ K. Для возбуждения образцов в полосе поглощения в качестве источника преимущественно использовалась ртутная лампа со светофильтром на линию 436 нм. На время измерения засветка прекращалась.

Контрольный образец без европия при $T = 4.2$ К имел удельную диамагнитную восприимчивость около $1.9 \cdot 10^{-9}$ м³/кг. Образцы с концентрацией европия 0.05–0.1 мол.% имели парамагнитную восприимчивость на полтора порядка больше, зависящую от засветки. На рис. 1 показаны результаты воздействия дозированной засветки линией 436 нм при $T = 4.2$ К. Как видно, $\chi_{уд}$ действительно меняется, однако эффективно засвечивалась лишь верхняя часть (~ 2 мм) столбика порошка, что было видно по термовысвечиванию при отогреве.

Более однородная засветка осуществлялась при $T = 295$ К через стенки ампулы. После засветки образец переносился в измерительную установку, где охлаждался до 4.2 К. Стабилизации температуры соответствовала стабилизация магнитной восприимчивости. Для некоторых образцов осуществлялся отогрев до промежуточных температур (например, 273 К) для освобождения той или иной группы ловушек.

Влияние засветки при 295 К более подробно исследовано на образцах $SrS-Eu$ (0.05 мол. %) и $CaS-Eu$ (0.1 мол. %). Засветка как линией 436 нм, так и полным светом ртутной лампы приводит к уменьшению χ , нагрев образца в темноте также мог приводить к уменьшению χ , при 250 °С этот процесс продолжался часами. Свет лампы накаливания, содержащий значительное количество ИК-излучения, вызвал увеличение $\chi_{уд}$.

Для $SrS-Eu$ наименьшая величина $\chi \sim 2.26 \cdot 10^{-8}$ м³/кг, наибольшая $10.8 \cdot 10^{-8}$ м³/кг, что соответствует изменению магнитного момента, рассчитанного на ион европия, от 4 до 8 магнетонов Бора.

Образец $CaS-Eu$ (0.1 мол. %) № 8 после высвечивания при $T = 200$ °С в течение $t = 5$ мин и последующей засветки при $T = 77$ К в течение ~ 15 мин линией 436 нм имел $\chi_{уд} = 1.59 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. После отогрева при $T = 0$ °С (вода+лед), $\chi_{уд}$ возросла до $7.79 \cdot 10^{-7}$ м³/кг. Прогрев в темноте при $T = 100$ °С в течение 15 мин вызвал дальнейший рост $\chi_{уд}$ до $9.62 \cdot 10^{-7}$ м³/кг. Прогрев при 200 °С в течение 10 мин вызвал уменьшение $\chi_{уд}$ до $8.48 \cdot 10^{-7}$ м³/кг.

Для других исследованных нами образцов также наблюдалось изменение $\chi_{уд}$, но в несколько меньшей степени.

Приведенные данные не могут быть объяснены с помощью известных механизмов фотомагнитных эффектов [6]. Эффект изменения магнитной восприимчивости в несколько раз, обладающий длительной памятью, связывается нами с изменением соотношения между количеством двух- и трехзарядных ионов европия. Этот эффект возможен, если концентрация центров захвата в немагнитном материале сравнима с концентрацией парамагнитных центров, способных изменять свое зарядовое состояние. Люминофоры $CaS-Eu$ и $SrS-Eu$ удовлетворяют, как мы полагаем, этим требованиям.

Л и т е р а т у р а

- [1] Lehmann W. - J. Lum., 1972, v. 5, p. 87-107.
- [2] Канеко У., Митани Т., Кода Т. - J. Phys. Soc. Jpn., v. 47, N 3, p. 1029.
- [3] Педак Э.Ю., Аллсалу М.-Л.Ю., Кантер М.Я. - ЖПХ, 1972, т. 45, с. 2619.
- [4] Аллсалу М.-Л.Ю., Агапов М.Н. - Джахангиров З.А., Михайлин В.В., Педак Э.Ю. Тезисы У Всесоюзного совещания „Синтез, свойства, исследования, технология и применение люминофоров“. Ставрополь, 1985, с. 181.
- [5] Titl R.S. - Phys. Rev. Lett., 1959, v. 3, p. 273.
- [6] Коваленко В.Ф., Нагаев Э.Л. - УФН, т. 148, с. 561.
- [7] Кузнецов В.Д., Алексеев Н.И. - ПТЭ, 1982, № 2, с. 166.

Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова

Поступило в Редакцию
1 августа 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 2

26 января 1988 г.

МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ, СВЯЗАННЫЙ С ДВИЖУЩЕЙСЯ ДОМЕННОЙ СТЕНКОЙ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКА

О.Л. Орлов, С.А. Попов,
С.А. Флёрова, И.Л. Цинман

Поведение неравновесной доменной структуры сегнетоэлектрика в постоянном магнитном поле изучалось в [1-3]. Нам предоставляется возможным понять наблюдаемые там явления, исходя из макроскопического рассмотрения процесса переключения сегнетоэлектрического кристалла, происходящего по схеме, изображенной на рис. 1. Здесь ток смещения, связанный с изменением направления поляризации, протекает в области границы раздела между двумя доменами и имеет различное направление по обе стороны доменной границы. Таким образом, движущаяся доменная стенка обладает создаваемым этими токами магнитным моментом $\vec{\mu}$, величина которого определяется формулой

$$\mu = P_s v l d \lambda, \quad (1)$$

а знак относительно оси \vec{a} - направлением движения стенки (обозначения см. на рис. 1). При включении магнитного поля ми-