

Отметим также, что с помощью предложенного метода можно оценить и константу  $A$ . Действительно, определяя значения  $\sigma$  и  $K$  при  $T = T_{кр}$  из (2), можно оценить  $A$ . Таким методом для феррита  $Gd_3Fe_5O_{12}$  мы нашли  $A = 35 \cdot 10^{-8}$  эрг/см, что также хорошо согласуется с литературными данными [3].

### Список литературы

- [1] Крупичка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. М.: Мир, 1976. Т. 2. 504 с.
- [2] Алиев Ш.М., Камилов И.К., Моллаев А.Ю., Сайпуллаева Л.А. // ФТТ. 1992. Т. 34. № 7. С. 2290–2292.
- [3] Mee C.D. // Contemp. Phys. 1967. V. 8. N 4. P. 385–400.

Институт физики ДНЦ РАН  
Махачкала

Поступило в Редакцию  
10 июня 1993 г.

УДК 535.212

© Физика твердого тела, том 36, № 2, 1994  
Solid State Physics, vol. 36, N 2, 1994

## ФОТОРЕФРАКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ В КОНЦЕНТРИРОВАННОМ РУБИНЕ

*Ю.В.Владимирцев, Н.Н.Куркин, Ю.Е.Несмелов, Н.К.Соловаров*

Как известно, в концентрированном рубине ( $Al_2O_3 : Cr^{3+}$ ) лазерное облучение при низких температурах приводит к формированию однородных электрических полей напряженностью в несколько сотен кВ/см [1]. В [2] было доказано, что в рубине при облучении возникают домены электрического поля; поля в доменах равны по абсолютной величине и противоположны по направлению.

Подобное поведение свойственно сегнетоэлектрическим кристаллам, однако рубин — диэлектрик и микроскопическая модель, описывающая фотоиндуцированное появление электрической доменной структуры в рубине [3], существенно отличается от известных механизмов образования фотоиндуцированных электрических полей в сегнетоэлектриках.

С другой стороны, наличие фотоиндуцированных внутренних электрических полей в высокоомных кристаллах сегнетоэлектриков является причиной изменения двулучепреломления [4], что формально служит характеристикой кристалла как сегнетоэлектрика. Более того, общепринято, что само существование эффекта фотоиндуцированного изменения двулучепреломления или фоторефрактивного эффекта обусловлено сегнетоэлектрической природой кристалла. Поэтому интересно было изучить влияние электрических полей доменов, возникающих в рубине при лазерном облучении, на двулучепреломление, что и является целью данной работы.

Образец рубина представляет собой плоскопараллельную пластинку толщиной 0.48 мм, вырезанную параллельно оптической оси; концентрация 0.49 вес.%  $Cr_2O_3$ . Измерения проводились при температуре 77 К в разных точках образца.

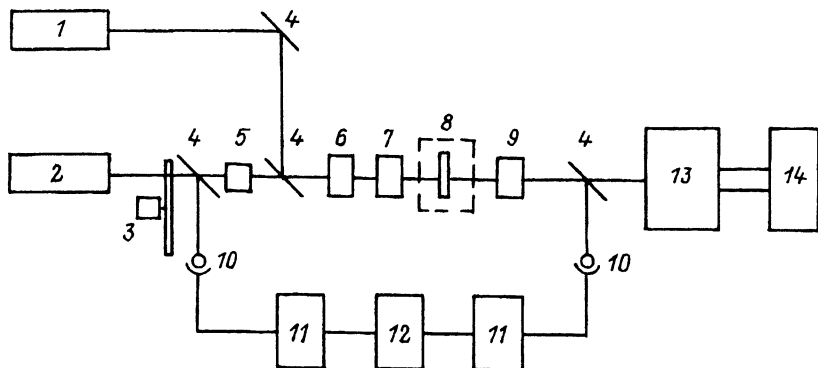


Схема эксперимента.

1 —  $\text{Ag}^+$  лазер, 2 — He-Ne лазер, 3 — модулятор, 4 — зеркала, 5 — пластинки  $\lambda/4$  и  $\lambda/2$ , 6 — поляризатор  $P$ , 7 — компенсатор  $C$ , 8 — образец  $S$  в криостате, 9 — анализатор  $A$ , 10 — фотодиоды, 11 — селективные усилители, 12 — синхронный детектор, 13 — монохроматор, 14 — самописец.

Определение изменения двулучепреломления рубина осуществлялось при помощи PCSA-поляриметра [5]. Схема эксперимента приведена на рисунке.  $\text{Ag}^+$  лазер использовался для наведения электрической доменной структуры в образце рубина. He-Ne лазер считывающий, не влияющий на доменную структуру в рубине. Плоскости всех оптических элементов (поляризатора  $P$ , компенсатора  $C$ , образца  $S$ , анализатора  $A$ ) расположены перпендикулярно проходящему лучу света. Все азимуты ( $P$ ,  $C$  и  $A$ ) отсчитывались от оптической оси  $C_3$  исследуемого образца. В качестве компенсатора  $C$  использовалась четвертьволновая слюдяная пластинка, азимут  $C = -\pi/4$ . Азимуты  $P$ ,  $C$  и  $A$  отсчитывались с точностью  $3'$ . Вращением  $P$  и  $A$  оптическая система устанавливалась на минимум пропускания, после чего  $A$  фиксировался и снимался отсчет азимута  $P$ . Величина двулучепреломления  $\Delta n = n_0 - n_e$  связана с величиной азимута  $P$  следующим образом [5]:  $P = (\pi d \Delta n) / \lambda$ , где  $d$  — толщина образца,  $\lambda$  — длина волны излучения He-Ne лазера. Далее  $\text{Ag}^+$  лазером в образце рубина создавалась электрическая доменная структура, после чего снова снимался отсчет азимута  $P$ . Величина изменения двулучепреломления определялась на разности величин азимутов  $P$  до и после облучения образца рубина. Для увеличения пороговой чувствительности PCSA-поляриметра применялся метод качания [5], т.е.  $P$  отстраивался от  $P_{\min}$  на  $2-2.5^\circ$  и находились величины интенсивности прошедшего излучения He-Ne лазера при изменении азимута  $P(\mathcal{J}(P))$ . Шаг  $P$  составлял  $0.5^\circ$ . Полученные значения  $\mathcal{J}(P)$  аппроксимировались параболой, вершина которой является искомым минимальным значением  $P$ . Радиус корреляции экспериментальных точек и полученной параболы составлял 0.99.

Получено, что двулучепреломление рубина изменяется только в процессе создания электрической доменной структуры. Двулучепреломление образца рубина с созданной в нем доменной структурой с однородными электрическими полями, близкими к полю насыщения  $E_s$  ( $370 \text{ кВ/см}$ ), не изменяется по сравнению с необлученным образцом в пределах ошибки эксперимента ( $3.7 \cdot 10^{-7}$ ). Наличие электрических

полей в рубине проявляется как симметричное расщепление или уширение узких линий люминесценции и поглощения ионов  $\text{Cr}^{3+}$ , в частности  $R_1$ -линии [1]. В данной работе напряженность электрического поля доменов определялась из величины расщепления  $R_1$ -линии. Необходимо отметить, что величина расщепления  $R_1$ -линии пропорциональна проекции электрического поля на направление оптической оси  $C_3$ ; в электрическом поле, направленном перпендикулярно  $C_3$ , форма  $R_1$ -линии не изменяется. Об однородности электрических полей в облученной части образца говорит ширина компонент дублета  $R_1$ -линии люминесценции: в «хорошо» облученном образце ширина компонент дублета совпадает с шириной исходной линии (см. рис. 3 в [3]).

В «недооблученном» образце  $R_1$ -линия люминесценции представляет собой слаборазрешенный дублет с уширенными (по сравнению с исходной линией) компонентами (см. рис. 6 в [3]). Подобная форма  $R_1$ -линии люминесценции говорит о наличии в облученной области образца различных электрических полей напряженностью от 0 до  $E_s$ . Только в таком «недооблученном» образце обнаружено изменение двулучепреломления рубина: происходит уменьшение величины двулучепреломления на  $2.6 \cdot 10^{-6} \pm 0.37 \cdot 10^{-6}$ .

Изменение двулучепреломления рубина естественно связать с возникающими при облучении электрическими полями. Отсутствие фоторефрактивного эффекта в образце рубина с созданной в нем однородной электрической доменной структурой и наличие эффекта в «недооблученном» образце позволяют заключить, что электрические поля, параллельные  $C_3$ , не влияют на двулучепреломление рубина. Мы полагаем, что в процессе образования электрической доменной структуры в рубине возникают дополнительные электрические поля, перпендикулярные  $C_3$ , не проявляющиеся спектроскопически, но изменяющие двулучепреломление образца. При образовании же в рубине доменной структуры с однородными электрическими полями  $E_s$  эти дополнительные электрические поля, перпендикулярные  $C_3$ , исчезают, что в свою очередь приводит к исчезновению фоторефрактивного эффекта.

### Список литературы

- [1] Liao P.F., Glass A.M., Humphrey L.M. // Phys. Rev. B. 1980. V. 22. N 5. P. 2276–2281.
- [2] Басун С.А., Каплянский А.А., Феофилов С.П. // ЖЭТФ. 1984. Т. 87. № 6(12). С. 2047–2063.
- [3] Kurkin N.N., Nesmelov Yu.E., Solovarov N.K. // J. Phys.: Cond. Matter. 1991. V. 3. P. 5353–5366.
- [4] Фридкин В.М. Фотосегнетоэлектрики. М.: Наука, 1979. 264 с.
- [5] Аззам Р., Башара Н. Эллипсометрия и поляризованный свет. М.: Мир, 1981. 583 с.

Казанский физико-технический институт  
КНЦ РАН

Поступило в Редакцию  
16 июля 1993 г.