

АНОМАЛЬНЫЙ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ В ПОЛЯРИЗОВАННОМ СВЕТЕ

В.М.Фридкин, Р.М.Магомадов

Впервые получена зависимость фотовольтаического тока в сегнетоэлектрике $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ от направления поляризации света и определены компоненты фотовольтаического тензора k_{ijk} . Наблюден продольный фоторефрактивный эффект.

Аномальный фотовольтаический эффект (АФ эффект) в кристаллах без центра симметрии описывается тензором третьего ранга α_{ijk} [1]

$$J_i = \alpha_{ijk} E_j E_k, \quad (1)$$

где J_i — фотовольтаический ток; E_i, E_k — проекции вектора поляризации света (для линейно поляризованного света). АФ эффект для сегнетоэлектриков впервые наблюдался в [2, 3] для $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ и кристаллов ниобата бария, стронция. Для сегнетоэлектриков, как в [2, 3], так и в последующих работах [4] не было обнаружено зависимости J_z от поляризации света (z — направление спонтанной поляризации), а также сообщалось, что $J_y = J_x = 0$. В то же время, АФ эффект в кубическом пьезоэлектрике $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ наблюдается только в поляризованном свете [5]. В настоящей работе для $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ впервые обнаружена зависимость фотовольтаического тока от поляризации света и определены все компоненты фотовольтаического тензора.

Измерения проводились для монокристалла ниобата лития с примесью железа, имевшего форму параллелепипеда с гранями (001), (010) и (100) и соответственно линейными размерами $0,5 \times 0,35 \times 0,1$ см. Освещение кристалла производилось линейно поляризованным светом на длине волны $\lambda = 500$ нм, что соответствует краю полосы поглощения Fe^{+2} в $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ [6]. В качестве источника света использовались ксеноновая лампа и монохроматор ЗМР. Применялся описанный ранее метод измерения [6], позволявший измерять как стационарный фотовольтаический ток J , так и генерируемое им поле $E = J/\sigma$, где σ — фотопроводимость. Все измерения производились для постоянной интенсивности света $I = 2,3 \cdot 10^{-3}$ Вт·см $^{-2}$ при комнатной температуре.

Фотовольтаический ток измерялся как в направлении спонтанной поляризации (ось z), так и в направлениях x и y для всех возможных ориентаций плоскости поляризации света. На рис. а, б и в представлена экспериментальная зависимость фотовольтаического тока J_z, J_y и J_x от угла β между плоскостью поляризации света и соответствующей осью кристалла. Принимая во внимание отличные от нуля компоненты тензора a_{ijk} для точечной группы $3m$, к которой принадлежит ниобат лития, запишем в соответствии с (1) выражения для фотовольтаического тока J_z, J_y и J_x (направление распространения линейно поляризованного света указано соответственно на рис. а, б и в).

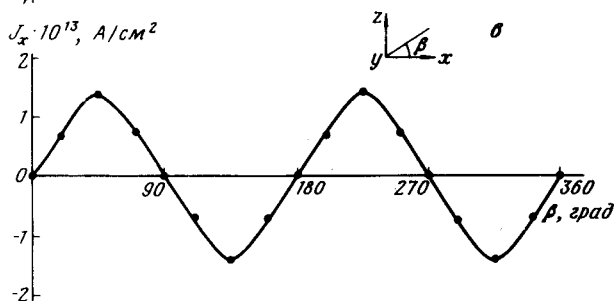
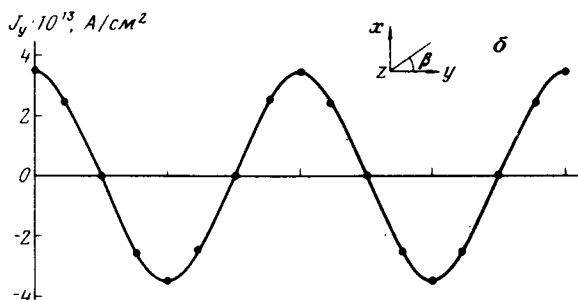
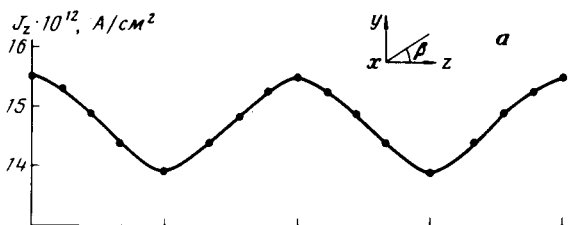
$$J_z = a_{31}I + (a_{33} - a_3)I \cos^2 \beta, \quad (2)$$

$$J_y = a_{22}I(1 - \sin^2 \beta), \quad (3)$$

$$J_x = a_{15}I \sin 2\beta, \quad (4)$$

где I — интенсивность света. Сравнение экспериментальных ориентационных зависимостей рис. а, б и в соответственно с (2), (3) и (4) указывает на их хорошее согласие. В то время как токи J_x и J_y отличны от нуля только для поляризованного света и дважды изменяют знак при повороте плоскости поляризации на 360° , ток и в направлении спонтанной поляризации имеет составляющую, не зависящую от направления поляризации света. Возможно, это объясняет, почему ранее в [2–4] не наблюдалось влияние поляризации света на фотовольтаический ток J_z . Интересны два случая, не представленные на рисунке. Если свет распространяется вдоль оси x , то $J_x = 0$ при любом значении β . При

распространении света вдоль оси z ток $J_z = \alpha_{33} I$ и не зависит от направления поляризации света. Заметим, что амплитуды токов J_y и J_x более чем на порядок ниже J_z . Соответственно и генерируемое поле \tilde{E}_y, \tilde{E}_x оказалось более чем на порядок ниже \tilde{E}_z и не превышало 200 в см^{-1} . Однако, и этих полей было достаточно, чтобы наблюдать продольный фоторефрактивный эффект в направлении оси z , $\delta(\Delta n) \approx 10^{-6}$, который при указанной выше интенсивности света был более чем на порядок ниже известного ранее [6] поперечного фоторефрактивного эффекта (в направлении оси y).



Зависимость фотовольтаического J_z (а), J_y (б) и J_x (в) от ориентации плоскости поляризации света в $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$. Направление распространения света указано на рис. а, б и в

Из сравнения кривых рис. а, б и в с (2) — (4) были определены численные значения α_{ijk} или фотовольтаические коэффициенты $k_{ijk} = 1/\alpha^* \alpha_{ijk}$, где α^* — коэффициент поглощения (в $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ $\alpha^* \approx 4,5 \text{ см}^{-1}$ при $\lambda = 500 \text{ нм}$; плеохроизмом можно пренебречь). В результате получены следующие значения: $k_{31} \approx 1,4 \cdot 10^{-9}$; $k_{33} \approx 1,5 \cdot 10^{-9}$; $k_{22} \approx 0,5 \cdot 10^{-10}$; $k_{15} \approx 1,0 \cdot 10^{-11} \text{ А} \cdot \text{см} / \text{Вт}$. Значения k_{31} и k_{33} близки к определенному ранее значению фотовольтаического коэффициента для $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$ в неполяризованном свете [7].

Литература

- [1] В.И.Белиничер, В.К.Малиновский, Б.И.Стурман. ЖЭТФ, 73, 692, 1977.
- [2] V.M.Fridkin, A.A.Grekov, P.V.Ionov, A.I.Rodin, E.A.Savchenko, K.A.Verkhovskaya. Ferroelectrics 8, 433, 1974.
- [3] A.M.Glass, D.von der Linde, T.J.Negran. Appl. Phys. Lett., 25, 233, 1974.
- [4] В.М.Фридкин, Б.Н.Попов. УФН, 126, 657, 1978.
- [5] М.П.Петров, А.И.Грачев. Письма в ЖЭТФ, 30, 18, 1979.
- [6] В.М.Фридкин. Фотосегнетоэлектрики, М., Физматгиз, 1979.
- [7] A.M.Glass, D.von der Linde, D.H.Auston, T.J.Negran. J.Electron. Mater, 4, 915, 1975.
-