

ЦИРКУЛЯРНЫЙ ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКЕ $\text{Pb}_5\text{Ge}_3\text{O}_{11}$

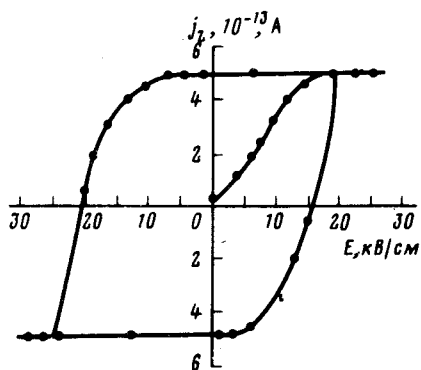
*В.В. Леманов, С.Х. Есаян, А.Ю. Максимов,
В.Т. Габриэлян*

В гиротропном кристалле $\text{Pb}_5\text{Ge}_3\text{O}_{11}$ обнаружен циркулярный фотогальванический эффект. Под воздействием электрического поля фотогальванический ток изменяет знак, что является следствием энантиоморфного превращения правого кристалла в левый. Определен коэффициент циркулярного фотогальванического эффекта.

Фотогальванический эффект заключается, как известно, в возникновении стационарного электрического тока при однородном освещении кристалла. В случае света с линейной поляризацией имеет место линейный фотогальванический эффект, который наблюдался в ряде сегнетоэлектриков [1, 2], диэлектриков [3] и полупроводников [4]. В оптически активных кристаллах возможно возникновение фотогальванического тока под действием света с циркулярной поляризацией [5, 6]. Такой циркулярный эффект экспериментально наблюдался лишь в полупроводниковых кристаллах Te [7] и в диэлектриках типа $\text{V}_{12}\text{SiO}_{20}$ [3, 8]. На наш взгляд, особый интерес представляет его наблюдение в сегнетоэлектрических кристаллах, в которых под действием внешнего электрического поля возможно переключение спонтанной поляризации и, тем самым, изменение знака фотогальванического тока (как и знака оптической активности). С этой целью в качестве объекта исследования нами были выбраны кристаллы одноосного сегнетоэлектрика $\text{Pb}_5\text{Ge}_3\text{O}_{11}$ (температура Кюри $T_C = 177^\circ\text{C}$). В сегнетофазе эти кристаллы принадлежат к тригональной сингонии (точечная группа C_3), выше температуры перехода они являются гексагональными (C_{3h}).

Эксперименты проводились при комнатной температуре. Для освещения образцов использовался гелий-кадмиевый лазер ЛПМ-11 с длиной волны 0,44 мкм и мощностью $5 \cdot 10^{-3}$ Вт. Для измерения циркулярного фотогальванического эффекта применялся модуляционный метод, подробно описанный в [3, 8]. При использовании этого метода направление вращения падающего на кристалл циркулярно поляризованного света периодически изменяется с помощью электрооптического модулятора. В наших экспериментах частота модуляции составляла 20 Гц, фотогальванический ток измерялся на той же частоте с помощью синхронного детектора с постоянной времени 10 сек. Поскольку входное сопротивление регистрирующего устройства (10^8 Ом) было значительно меньше, чем сопротивление образца, то условия эксперимента соответствовали режиму короткого замыкания.

Для измерений использовались образцы в виде пластин толщиной 0,5 мм, вырезанных перпендикулярно оси Z (C_3), с поперечными размерами около 10 мм. На поверхности пластины наносились полупрозрачные платиновые электроды, которые служили для измерения фотогальванического тока. Циркулярно поляризованный свет лазера фокусировался на пластину в виде пучка диаметром 1 – 2 мм. Перед измерениями образец нагревался до температуры выше точки Кюри и медленно охлаждался до комнатной температуры. В таком образце фотогальванический ток практически отсутствовал (рисунок), как это и должно быть для полидоменного образца, поскольку знаки токов различны для доменов разных знаков. Далее к образцу вдоль оси Z прикладывалось постоянное электрическое поле, образец выдерживался в этом поле 10 мин, после чего поле выключалось и проводились измерения фотогальванического тока. Результаты измерений представлены на рисунке. Как видно из рисунка, зависимость тока от постоянного электрического поля имеет гистерезисный характер, и при полях +16 кВ/см и –20 кВ/см происходит переключение поляризации и изменяется знак фотогальванического тока (факт переключения поляризации при указанных полях контролировался по изменению знака оптической активности). Различие в коэрцитивных полях, также, как и небольшой ток в полидоменном образце, может быть связано с некоторой униполярностью образца.



Зависимость циркулярного фотогальванического тока от постоянного электрического поля, приложенного вдоль оси Z

Далее был проведен ряд экспериментов с целью подтверждения того, что наблюдаемый ток действительно связан с циркулярным фотогальваническим эффектом, а не с сопутствующими эффектами такими, как пирозэффект или контактные явления. Пирозэффект, в принципе, может дать заметный сигнал за счет циркулярного дихроизма или возможной паразитной амплитудной модуляции света, причем этот сигнал будет изменять знак при переключении поляризации. Непосредственные измерения указанных параметров, а также очень резкое уменьшение измеряемого тока при малых отклонениях светового пучка от оси Z , позволяют считать вклад пирозэффекта незначительным. Этот вывод подтверждается также и таким, например, экспериментом. При повороте кристалла на 180° вокруг оси, перпендикулярной волновому вектору падающего света, без переключения электродов происходит изменение знака измеряемого тока без изменения его величины. Если бы ток был обусловлен пирозэффектом, то знак его не должен был изме-

няться. Анализ всей совокупности экспериментальных данных показывает, что измеряемый ток не связан и с контактными явлениями.

Таким образом, приведенные на рисунке результаты представляют собой первое наблюдение циркулярного фотогальванического тока, знак которого изменяется под действием внешнего электрического поля в результате энантиоморфного превращения правого кристалла в левый. Отметим, что наблюдение подобного эффекта в кристаллах Te или $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, в которых циркулярный эффект был обнаружен ранее, потребовало бы специального выращивания правых и левых кристаллов. Из экспериментальных результатов получаем, что компонента тензора, описывающего циркулярный фотогальванический эффект равна $2,5 \cdot 10^{-10} \text{ В}^{-1}$.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
18 августа 1981 г.

Литература

- [1] Glass A.M., von der Linde D., Negran T.J. Appl. Phys. Lett., 25, 1974, 233.
- [2] Попов Б.Н., Фридкин В.М. ФТТ, 20, 1978, 710.
- [3] Петров М.П., Грачев А.И. ФТТ, 22, 1980, 1671.
- [4] Андрианов А.В., Валов П.М., Ярошецкий И.Д. Письма в ЖЭТФ, 31, 1980, 532.
- [5] Ивченко Е.Л., Пикус Г.Е. Письма в ЖЭТФ, 27, 1978, 640.
- [6] Belinicher V.I. Phys. Lett., 66A, 1978, 213.
- [7] Аснин В.М., Бакун А.А., Данишевский А.М., Ивченко Е.Л., Пикус Г.Е., Рогачев А.А. Письма в ЖЭТФ, 28, 1978, 80.
- [8] Петров М.П., Грачев А.И. Письма в ЖЭТФ, 30, 1979, 18.