

О. Г. ВЛОХ, И. С. ЖЕЛУДЕВ, И. М. КЛИМОВ

**ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЦЕНТРОСИММЕТРИЧНЫХ
КРИСТАЛЛОВ МОЛИБДАТА СВИНЦА PbMoO_4 ,
ИНДУЦИРОВАННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ
(ЭЛЕКТРОГИРАЦИЯ)**

(Представлено академиком Р. В. Хохловым 4 V 1975)

Возможность изменения или появления оптической активности в кристаллах под действием внешнего электрического поля (явления электрогирации) была предсказана одним из авторов данной работы из симметричных соображений ⁽¹⁾. Позднее электрогирация была обнаружена в кристаллах кварца ⁽²⁾, $\alpha\text{-HfO}_3$ ⁽³⁾, LiIO_3 ⁽⁴⁾. Во всех этих случаях наблюдался эффект изменения уже имеющейся оптической активности и, поэтому, представляет интерес наблюдение оптической активности, возникающей только в результате приложения внешнего электрического поля. В ⁽⁵⁾ сообщалось о наблюдении индуцированной оптической активности в центросимметричных кристаллах SrMoO_4 . В проведенных нами экспериментах на этом кристалле электрогирацию обнаружить не удалось (точность измерения $\pm 10'$) несмотря на то, что по приведенному в ⁽⁵⁾ электрогирационному коэффициенту γ_{33} в условиях наших опытов следовало бы ожидать поворота плоскости поляризации на угол 12° . Таким образом, интерес к обнаружению электрогирации по-прежнему сохраняется. На принципиальную возможность такого обнаружения указывает и тот факт, что в центросимметричных (в параэлектрической модификации) сегнетоэлектриках триглицинсульфата и гидроселенита лития имеет место возникновение оптической активности при возникновении спонтанной поляризации ⁽⁶⁻⁸⁾.

В соответствии с данными ⁽¹⁾ одним из наиболее подходящих центросимметричных классов симметрии, представители которого могут обладать линейным электрогирационным эффектом, является класс $4/m$. Именно к нему принадлежат кристаллы молибдата свинца (PbMoO_4). По условиям симметрии в них отсутствует пьезоэлектрическая деформация и линейный электрооптический эффект, а вследствие квадратичного эффекта, возникающего при действии поля вдоль оптической оси (компонента E_3), они остаются оптически одноосными. Это обстоятельства дают возможность наблюдать эффект линейной электрогирации в кристаллах PbMoO_4 без влияния сопутствующих явлений.

В сущности методика проведенных нами исследований состояла в непосредственном измерении поворота плоскости поляризации света, распространяющегося строго вдоль оптической оси, под действием статического поля E_3 . С целью увеличения чувствительности поляризационной установки исходное положение анализатора соответствовало частичному пропусканию света ($\sim 50\%$). Угол поворота плоскости поляризации под действием поля определялся по повороту анализатора в положение компенсации изменения интенсивности света. Несмотря на то, что установка позволяла измерять углы с точностью $\pm 15''$, точность эксперимента вследствие аппаратных и фотометрических флуктуаций составляла $10'$. Для обнаружения эффекта и доказательства его линейности в качестве источника монохроматического излучения использовался гелий-неоновый одномодовый лазер ЛГ-38 (λ 632,8 нм), а для измерения дисперсии индуцированной

оптической активности установка монтировалась на базе монохроматора ЗМР-3.

Исследования показали, что под действием продольного электрического поля E_z в кристаллах PbMoO_4 имеет место поворот плоскости поляризации света, увеличивающийся линейно с ростом поля (рис. 1). При этом изменение направления поля приводит к изменению направления поворота поляризации света на противоположное, а изменение направления распространения света при неизменном направлении поля не изменяет направления поворота указанной плоскости. Эти факты указывают на то, что

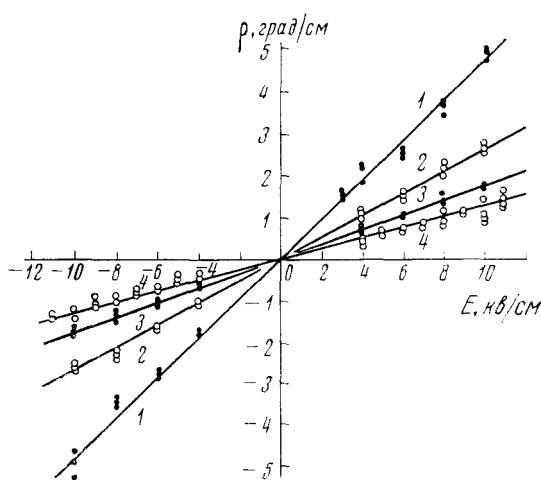


Рис. 1

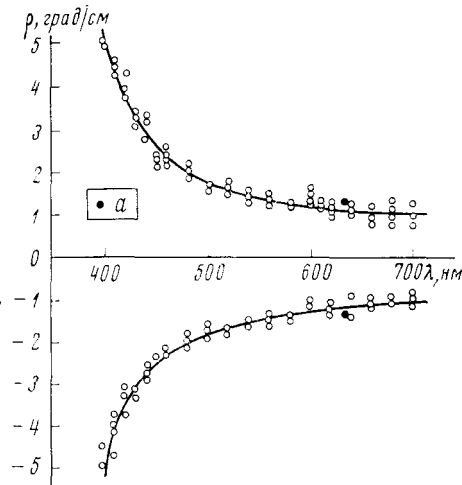


Рис. 2

Рис. 1. Зависимости удельного вращения плоскости поляризации света в кристаллах PbMoO_4 от величины электрического поля. 1 — $\lambda=400$ нм; 2 — 450 нм; 3 — 500 нм; 4 — 632,8 нм

Рис. 2. Дисперсия индуцированной оптической активности кристаллов PbMoO_4 в статическом поле; $E_3=\pm 10$ кВ/см; $a - \lambda=632,8$ нм

в описываемых опытах действительно имеет место возникновение оптической активности (а не какого-либо другого явления), которая изменяет свой знак (от правого к левому или наоборот) при изменении направления электрического поля на противоположное. В качестве критерия достоверности обнаружения индуцированной оптической активности может быть использован и тот факт, что в циркулярно-поляризованном свете эффект отсутствует. С этих позиций также исключена связь его с обычным электрооптическим эффектом.

Близость края собственного поглощения кристаллов PbMoO_4 (⁹) благоприятствует обнаружению дисперсии электрогирации. На рис. 2 представлена дисперсия индуцированной оптической активности для противоположных направлений поля $E_3=10$ кВ/см. Наблюдаемый эффект в соответствии с формой аксиального тензора третьего ранга (¹) для класса $4/m$ описывается соотношением

$$\rho = \frac{\pi n_0}{\lambda} \gamma_{33} E_3.$$

Из полученных результатов, воспользовавшись известной (⁹) величиной обыкновенного показателя преломления n_0 для λ 517 нм, находим $\gamma_{33} = (1,23 \pm 0,12) \cdot 10^{-12}$ м/в.

В дисперсионных исследованиях представляется возможным определить не только зависимость удельного вращения плоскости поляризации от длины волны при $E_3=\text{const}$, но и выявить влияние на электрогирацию двууплощения, обусловленного, например, распространением света под углом

к оптической оси. Нами показано, что в условиях такого эксперимента (свет распространяется под углом к оптической оси) наличие начального дупреломления приводит к тому (как это и должно быть), что азимут эллипса поляризации осциллирует, а огибающая этих осцилляций соответствует дисперсионной зависимости вращения плоскости поляризации в отсутствие дупреломления.

Сопоставление электрогирационных характеристик кристаллов α - HfO_3 (³), LiIO_3 (⁴) и PbMoO_4 показывает, что они имеют один и тот же порядок величины. В частности, константа γ_{33} , выражающая связь оптической активности с электрической поляризацией равна для PbMoO_4 $5,45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ к.}$ а для α - HfO_3 и LiIO_3 соответственно $\gamma_{32} = 7,14 \cdot 10^{-3}$ и $\gamma_{33} = 1,26 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ к.}$ Если же характеризовать оптическую активность, индуцированную электрическим полем, величиной угла поворота плоскости поляризации света при данном поле, то в кристаллах PbMoO_4 она оказывается максимальной по сравнению с кристаллами α - HfO_3 и LiIO_3 (в случае α - HfO_3 и LiIO_3 угол поворота при $E_3 = 10 \text{ кв/см}$ составляет минуты, а в случае PbMoO_4 — более градуса).

Авторы признательны В. Г. Габриеляну за любезно предоставленные кристаллы PbMoO_4 и Я. В. Головки за помощь в проведении измерений.

Институт кристаллографии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
17 IV 1975

Львовский государственный университет

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. С. Желудев, Кристаллография, т. 9, 501 (1964). ² О. Г. Влох, Укр. физ. журн., т. 15, 759 (1970); Письма ЖЭТФ, 13, 118 (1971). ³ О. Г. Влох, Л. А. Лазько, В. Я. Нестеренко, Кристаллография, т. 11, 1248 (1972). ⁴ О. Г. Влох, И. С. Желудев, Л. А. Лазько, Кристаллография, т. 20, 654 (1975). ⁵ Ю. В. Шалдин, ДАН, т. 191, 67 (1970). ⁶ K. Hermelbracht, H.-G. Unruh, Leit. Angew. Phys., v. 28, 285 (1970). ⁷ О. Г. Влох, И. В. Кутный, Л. А. Лазько, Изв. АН СССР, сер. физ., т. 35, 1852 (1971). ⁸ H. Futata, R. Pepinsky, J. Phys. Soc. Japan, v. 17, 725 (1962). ⁹ Б. И. Макасов, А. М. Морозов, Н. Г. Романова, Оптика и спектроскопия, т. 14, 312 (1963).