

ДИПОЛЬНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ОБУСЛОВЛЕННОЕ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

Э.С. ВАРТАНЯН, Р.К. ОВСЕПЯН, Т.В. САНАМЯН

Институт физических исследований НАН Армении

(Поступила в редакцию 10 августа 1995г.)

Зарегистрировано дипольное излучение кристалла ниобата лития, легированного примесью железа, при воздействии импульсного лазерного излучения с длиной волны 0.53 мкм. Проведенные измерения показывают, что это излучение обусловлено асимметричным фотовозбуждением примесного центра.

При равномерном освещении однородного сегнетоэлектрика с разомкнутыми электродами возникают фотонапряжения порядка 10^3 — 10^5 В. Эффект аномально больших фотонапряжений наиболее сильно проявляется в кристаллах ниобата лития [1]. При однородном освещении короткозамкнутого кристалла через него протекает стационарный ток, который традиционно называется фотовольтаическим [2]. Несмотря на большой экспериментальный материал, накопившийся к настоящему времени по изучению фотовольтаического тока, основные эксперименты проведены с применением металлических электродов, которые наносятся на кристалл [3]. Переход кристалл—металл создает барьер Шоттки, увеличивая емкость измерительной цепи, и препятствует прямым импульсным измерениям фотовольтаического тока.

В настоящей работе показана возможность регистрации фотовольтаического тока без использования электродов. Кристалл ниобата лития возбуждался излучением лазера YAG:Nd с модуляцией добротности, с длительностью излучения 20 нс, мощностью 5 МВт, длиной волны 0.53 мкм, частотой повторения 1 Гц. В эксперименте использовались кристаллы ниобата лития, легированные примесью железа с концентрацией 0.05 мас.%. Образцы с размерами $6 \times 6 \times 8$ мм были ориентированы по кристаллографическим осям. Схема экспериментальной установки приведена на рис.1. Излучение лазера

направлялось на кристалл, расположенный в центре тороидальной катушки. Очевидно, что такая система регистрирует магнитную составляющую дипольного излучения кристалла. Во всех измерениях направление лазерного луча совпадало с геометрической осью катушки. Тороидальная катушка, намотанная на феррит марки ВЧ-20, нагружалась на сопротивление 50 Ом и имела расчетную резонансную частоту выше 300 МГц. Сигнал с катушки регистрировался с помощью широкополосного осциллографа С1-75.

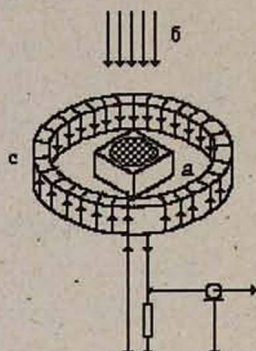


Рис.1 Схема регистрации дипольного излучения в кристалле $\text{LiNbO}_3\text{:Fe}$ (а) под действием лазерного излучения с длиной волны 0.53 мкм (б) с помощью тороидальной катушки (с).

Контроль системы регистрации осуществлялся при помощи имитатора кристалла. Для этого вместо кристалла помещался линейный проводник, по которому пропускались калиброванные по амплитуде импульсы тока длительностью 10—100 нс. Система регистрации позволяла калибровать экспериментальную установку и оценить величину искажения формы сигнала.

Форма регистрируемого импульса совпадала с формой лазерного импульса. В случае совпадения оси Z кристалла с геометрической осью катушки наблюдался максимальный сигнал, приблизительно вдвое превосходящий по амплитуде величины сигналов для других ориентаций. При повороте кристалла на антипараллельное направление наблюдался сигнал противоположной полярности. При вращении кристалла вокруг оси Z , т.е. при изменении угла между поляризацией падающей волны и

кристаллографическими осями X и Y, изменения амплитуды сигнала не наблюдалось.

При распространении лазерного луча перпендикулярно оси Z амплитуда сигнала уменьшалась вдвое и практически не зависела от угла между осью Z и вектором поляризации излучения. При облучении исследуемых кристаллов излучением с длиной волны 1.06 мкм с интенсивностью до 50 МВт/см² в пределах чувствительности регистрации фотоотклик не наблюдался. При изменении плотности мощности возбуждающего импульса на 0.53 мкм на порядок и сохранении постоянной энергии лазерного импульса, амплитуда сигнала фотоотклика не изменялась. При изменении поляризации излучения на 0.53 мкм с линейного на циркулярный также не наблюдалось изменения амплитуды сигнала. Последние три обстоятельства свидетельствуют о том, что наблюдаемые сигналы фотоотклика не имеют нелинейного происхождения, как например, в случае обратного эффекта Фарадея или эффекта оптического выпрямления [4], а также не связаны с наведенным магнитным моментом [5,6]. Сигнал не наблюдался также при чернении входной поверхности кристалла и, следовательно, полном поглощении падающего излучения и нагрева, что исключает пьезоэлектрическое происхождение сигнала. В нелегированных кристаллах ниобата лития также не удалось обнаружить сигнал фотоотклика.

Мы предполагаем, что магнитная составляющая, регистрируемая в проведенных экспериментах, обусловлена фотовольтаическим эффектом. В пользу этого свидетельствуют изменение знака наведенного в катушке тока от направления полярной оси кристалла, слабая зависимость тока от типа поляризации лазерного излучения и линейная зависимость магнитной составляющей от интенсивности лазерного излучения.

Из проведенных измерений, сравнением с калибровочным током была вычислена также константа Гласса k по известной формуле $J = k\alpha I$, где J —фотовольтаический ток, α —коэффициент поглощения, I —интенсивность лазерного излучения. Коэффициент поглощения k был вычислен из спектров поглощения. Значение константы Гласса оказалось порядка $6 \cdot 10^{-19}$ А·см/Вт, что по порядку

величины совпадает с измеренным значением стационарного режима [3]. Как известно [2], возбуждаемый в кристаллах без центра инверсии фотовольтаический ток описывается выражением

$$J = \frac{\alpha \kappa I}{\hbar \omega \Gamma} (V_0 - V_t), \quad (1)$$

где $1/\Gamma$ —время изотропизации импульса фотовольтаического электрона, V_0 - скорость неравновесного фотоэлектрона, V_t — скорость электрона при рекомбинации. Как следует из выражения (1), фотовольтаический ток обусловлен разностью скоростей ионизированного и рекомбинированного электронов. Учитывая, что длительность импульса возбуждения по величине намного превосходит характерные для кристаллов ниобата лития времена релаксации, равные 10^{-13} — 10^{-12} сек для термализации электронов и 10^{-11} сек для рекомбинации, очевидно, что форма фотовольтаического тока полностью повторяет форму лазерного излучения.

Учитывая указанное соотношение времен возбуждения и релаксации, очевидно, что импульсный фотовольтаический ток обусловлен как возбуждением, так и рекомбинацией фотоэлектронов. Исходя из сказанного, представляет большой интерес исследование дипольного излучения кристаллов со спонтанной поляризацией при возбуждении излучением с длительностью менее 10^{-10} сек и соответствующей полосой пропускания регистрирующей системы. Применение такой импульсной схемы измерения позволит экспериментально разделить вклад в фотовольтаический ток, обусловленный фотоионизированными и рекомбинированными электронами, и прямо измерить времена термализации и релаксации фотоэлектронов

Суммируя сказанное, с большой долей уверенности можно говорить о регистрации магнитной компоненты дипольного электромагнитного излучения кристалла ниобата лития с примесью железа, обусловленного взаимодействием фотоактивного лазерного излучения с кристаллом.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Лайнс , А. Гласс Сегнетоэлектрики и родственные им материалы. М., Мир , 1981.
2. В. М. Белиничер, Б. И. Стурман. УФН, 130, вып. 3, 416, 1980.
3. В. М. Фридкин, Б. Н. Попов. УФН, 26, 657 (1978).
4. И. Р. Шен. Принципы нелинейной оптики. М., Наука , 1989.
5. Р. Е. Мовсесян, А. А. Оганесян, А. М. Ханбекян. ФТТ, 31, 10, 283, (1989).
6. Р. Е. Мовсесян, А. А. Оганесян. Изв. АН Армении, Физика, 26, 137, (1991).

DIPOLE RADIATION CAUSED BY PHOTOVOLTAIC EFFECT IN LITHIUM NIOBATE CRYSTALS

E.S. VARTANYAN, R.K. HOVSEPYAN , and T.V. SANAMIAN

Dipole radiation from Fe doped LiNbO₃ has been registered under 0.53μm pulse laser action. This radiation has shown to be caused by the dipole moment alteration of an asymmetric photovoltaic center.

ՖՈՏՈՎՈԼՏԱՅԻՆ ԷՖԵԿՏՈՎ ՊԱՅՄԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ԴԻՊՈԼԱՅԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՈՒՄԸ ԼԻԹԻՈՒՄ ՆԻՈԲԱՏԻ ԲՅՈՒՐԵԴՆԵՐՈՒՄ

Է.Ս. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ռ.Կ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Տ.Վ.ՍԱՆԱՄՅԱՆ

0.53 մկմ իմպուլսային լազերային ճառագայթման ազդեցության տակ հետազոտված է LiNbO₃ : Fe բյուրեղներում ֆոտովոլտային էֆեկտով սլայմանավորված դիպոլային ճառագայթումը: