

УВЛЕЧЕНИЕ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ 24, 21 ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.И.Владимиров, С.Л.Пышкин, Н.А.Фердман

1. Известно, что при поглощении фотонов в среде, содержащей свободные носители тока, импульс фотонов передается этим носителям, что приводит к появлению электрического тока. В ограниченном кристалле вследствие этого появляется электрическое поле, параллельное вектору Пойнтинга электромагнитной волны, препятствующее перемещению носителей тока [1, 2]. С целью обнаружения этого эффекта нами было предпринято изучение продольного электрического поля, появляющегося в монокристаллах сульфида кадмия под действием лазерного света.

2. Кристалл CdS освещался вдоль оси x импульсом света рубинового лазера с модулированной добротностью. Длительность импульса составляла ~ 35 нсек; интенсивность света после фокусировки могла быть доведена до 150 Мвт/см². Монокристаллы CdS с темновой проводимостью $\sim 10^{-8}$ ом⁻¹.см⁻¹ имели форму прямоугольных параллелепипедов с хорошо полированными гранями и размеры $10 \times 3 \times 2$ мм. Кристалл помещался в экранированную вращающуюся камеру и имел

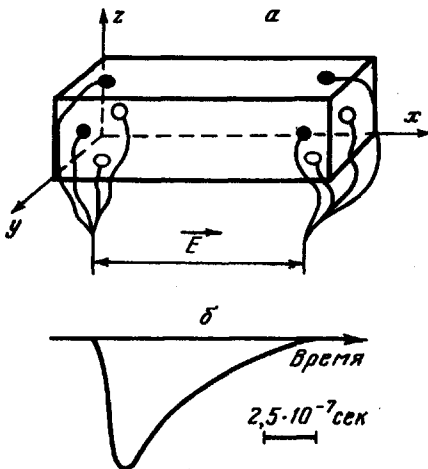


Рис. 1. *a* – схема эксперимента. Оптическая ось кристалла совпадает с осью z , свет распространяется в направлении оси x . Темными и светлыми кружками обозначены контакты, E – продольное электрическое поле, возникающее при освещении кристалла импульсом света рубинового лазера; *b* – форма импульса напряжения при мощности излучения $W = 100$ Мвт/см²

В омических контактов, соединенных в две группы вблизи каждого торца (рис. 1, *a*). Подобная схема расположения и соединения контактов

позволяет почти полностью исключить разность потенциалов, возникающую вследствие dc -эффекта [3] и его влияния на свободные носители и другие поперечные эффекты. Специальные экраны предохраняли контакты от непосредственного воздействия на них лазерного излучения. Амплитудное значение разности потенциалов, возникающей в направлении распространения света и форма импульса напряжения регистрировались на осциллографе с памятью.

3. Типичная осциллограмма сигнала для больших интенсивностей лазерного излучения ($\sim 10 \text{ Мвт/см}^2$) приведена на рис. 1, б. Импульс напряжения имеет крутой фронт $\sim 15 \text{ нсек}$ и спадает с характеристическим временем порядка микросекунды. Знак эффекта соответствует появлению отрицательного заряда на задней грани кристалла. При повороте кристалла на 180° вокруг оптической оси отрицательный заряд по-прежнему возникал на задней грани. Этот эксперимент ставился специально с целью показать, что возникновение продольной разности потенциалов не связано с появлением фотоэдс из-за неоднородности кристалла (для исследования отбирались кристаллы с незначительной фотоэдс).

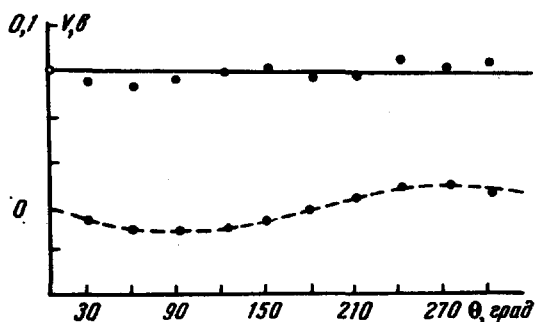


Рис. 2. Угловые зависимости продольной разности потенциалов, θ — угол между оптической осью кристалла и электрическим вектором света. Верхняя кривая получена при $W = 60 \text{ Мвт/см}^2$. Нижняя пунктирная кривая получена при $W < 25 \text{ Мвт/см}^2$, ее масштаб по оси V увеличен в 10 раз

На рис. 2 (верхняя кривая) представлена зависимость амплитудного значения продольной разности потенциалов от угла между оптической осью кристалла и электрическим вектором света. Видно, что в пределах точности эксперимента сигнал не имеет угловой зависимости.

Типичная кривая зависимости амплитуды сигнала от мощности световой волны приведена на рис. 3. Кривая состоит из нескольких участ-

ков. Сигнал на первом из них при $W < W_1$, где $W_1 \approx 25 \text{ Мвт/см}^2$, отличается от сигнала при ббльших мощностях не только количественно, но и качественно. Длительность сигнала на первом участке $\sim 30 + 40 \text{ нсек}$; сигнал имеет угловую зависимость (рис. 2, пунктирная кривая).

При $W > W_2$ (рис. 3), $W_2 \approx 100 \text{ Мвт/см}^2$, наблюдается второй излом в сторону уменьшения амплитуды сигнала.

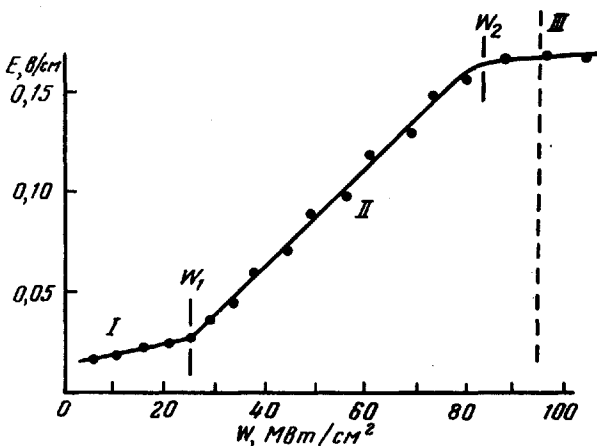


Рис. 3. Зависимость продольного электрического поля от мощности света рубинового лазера. Вертикальной пунктирной чертой обозначен порог разрушения кристалла

4. Возникновение первого участка на кривой рис. 3, по-видимому, объясняется влиянием поля dc -эффекта на свободные носители тока. Электрическое поле dc -эффекта может появляться, несмотря на принятые меры, из-за небольшой асимметрии контактов или небольшой непараллельности оси лазерного луча и оси x кристалла.

Основной эффект (участки II и III на кривой рис. 3) имеет ярко выраженный порог. Можно предположить, что он возникает из-за увлечения свободных электронов кристалла в результате действия световой волны. В пользу этого предположения свидетельствуют знак эффекта, соответствующий увлечению свободных электронов к задней грани, и перегиб на кривой рис. 3 при $W = W_2$. Значение W_2 примерно соответствует интенсивности света, при которой рождение пар электрон-дырка за счет двухфотонных процессов дает число носителей того же порядка, что и за счет однофотонных процессов [4]. Как известно [2], увеличение носителей двух знаков приводит к меньшему эффекту, чем увлечение носителей одного знака. Отметим, что пропорциональность амплитудного значения сигнала расстоянию между контактами в направ-

лении любой из осей кристалла также свидетельствует об объемном характере эффекта.

Однако эффект, обнаруженный нами, не может быть объяснен простым увлечением носителей при тормозных процессах [1, 2]. Во-первых, оценка этого эффекта по формулам работы [2] приводит к значениям, по крайней мере, на три порядка меньшим; во-вторых, импульс напряжения в случае [2] должен воспроизводить форму лазерного импульса. В-третьих, против непосредственной передачи импульса от фотонной к электронной подсистеме свидетельствует наличие порога $\sim 25 \text{ Мвт/см}^2$ начала этого процесса (как известно, процесс прямой передачи импульса при поглощении фотонов порога не имеет).

По нашему мнению, эффект может быть объяснен предположением, что поглощение фотонов в твердом теле сопровождается появлением направленного потока фононов, которые, в свою очередь, и увлекают электроны. В этом случае длительность наблюдаемого импульса будет определяться временем релаксации генерированных фононов. Это время сильно зависит от частоты и поляризации фононов, концентрации свободных носителей, созданных светом, и т.д. В настоящее время нам неизвестны некоторые из этих величин, но можно утверждать, что наблюдавшаяся нами длительность импульса $\sim 1 \text{ нсек}$ не противоречит измеренным временам релаксации фононов гиперзвука в CdS [5, 6].

Нам известно, что аналогичные исследования на плазме лазерной искры, содержащей примерно такую же, как и в нашем случае, концентрацию свободных электронов, показывают отсутствие эффекта увлечения с точностью до 10^{-3} в/см .

Институт прикладной физики
Академии наук Молдавской ССР

Поступило в редакцию
19 ноября 1968 г.

Литература

- [1] Л.Э.Гуревич, В.И.Владимиров. ЖЭТФ, 47, 301, 1964.
- [2] Л.Э.Гуревич, А.А.Румянцев. ФТТ, 9, 75, 1967.
- [3] M. Bass, P. A. Franken, I. F. Ward, G. Weinreich. Phys. Rev. Lett., 9, 446, 1962.
- [4] Б.М.Ашкинадзе, С.Л.Пышкин, С.М.Рывкин, И.Д. Ярошецкий. ФТП, 1, 1017, 1967.
- [5] А.И.Морозов. ФТТ, 7, 324, 1965.
- [6] E. Maruyama, Y. Murayama. Proc. Int. Conf. Phys. Semicond., Kyoto, p. 479, 1966.