

## РАЗМЕРНЫЙ И РАДИАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА ПЛАСТИНКАМИ ИЗ $CdP_2$

И.Т.Боднар, В.М.Трухан, А.У.Шелег, Ф.П.Коршунов

Институт физики твердого тела и полупроводников Национальной Академии Наук Республики Беларусь, П.Бровки 17. 220072, Минск.

Исследование особенностей взаимодействия между световыми волнами и кристаллами как результат изменения поляризации лазерного луча после прохождения его через прозрачный кристалл является весьма интересной и перспективной областью исследований.

Оптические свойства кристалла зависят от состояния поляризации проходящего через него света. Почти во всех оптических измерениях используется линейно поляризованный свет. В то же время известно, что имеется шесть независимых видов поляризации [1]. Это горизонтальная и вертикальная линейная поляризация, левая и правая круговая поляризация, линейная поляризация под углами  $\pm 45^\circ$ . Можно провести множество оптических исследований, используя свет, находящийся в одном из шести названных состояний поляризации.

В настоящей работе для исследования особенностей пропускания света кристаллом дифосфида кадмия ( $CdP_2$ ) использовался линейно поляризованный лазерный луч, электрический вектор которого расположен под углом  $45^\circ$  к горизонтали (вертикали). Измерялась интенсивность лазерного излучения, проходящего через образец в виде плоскопараллельной пластинки, помещенной между скрещенными поляризаторами, в зависимости от угла ее поворота.

Ранее [2,3], на примере кварца и танталата лития, было показано, что интенсивность лазерного луча, поляризованного под углом  $45^\circ$ , изменяется периодически после прохождения через образец в зависимости от угла его поворота. Колебания интенсивности объясняются изменением поляризации лазерного луча и зависят от толщины образца, величины двулучепреломления и некоторых других оптических свойств кристалла.

Цель настоящей работы – определить, как изменяет поляризацию лазерного луча с электрическим вектором, расположенным под углом  $45^\circ$ , кристаллическая пластинка, вырезанная из кристалла  $CdP_2$ , а также установить влияние толщины пластинки и дозы электронного облучения.

Кристаллы дифосфида кадмия тетрагональной модификации относятся к широкозонным полупроводникам группы  $A^{II}B^V$ . Они имеют темно-красный цвет, прозрачны в ограниченной области видимого спектра. С оптической точки зрения они являются одноосными, отрицательными и активными. Благодаря большой величине двулучепреломления  $CdP_2$  может использоваться в качестве активных элементов в лазерной технике и оптоэлектронике.

В ходе эксперимента образец в виде пластинки, вырезанный из кристалла дифосфида кадмия перпендикулярно его оптической оси и закрепленный на столике гониометра-спектрометра, помещался между двумя скрещенными поляризаторами. В качестве источника света использовался гелий-неоновый лазер с длиной волны  $\lambda=632,8\text{nm}$ . Интенсивность света, пропущенного системой поляризатор-образец-анализатор, регистрировалась фотодиодом, сигнал с которого подавался на осциллограф. Измерения проводились на двух пластинках различной толщины. Лазерный луч при нормальном падении на пластинку был параллелен оптической оси кристалла. Форма эллипса поляризации определялась по максимуму интенсивности, соответствующему большой оси, и минимуму, соответствующему малой оси.

Положение эллипса в пространстве фиксировалось по наклону большой оси эллипса к оси абсцисс.

На рис.1,2 представлены колебания интенсивности лазерного луча в зависимости от угла поворота для двух различной толщины 1,98мм и 1,05мм .

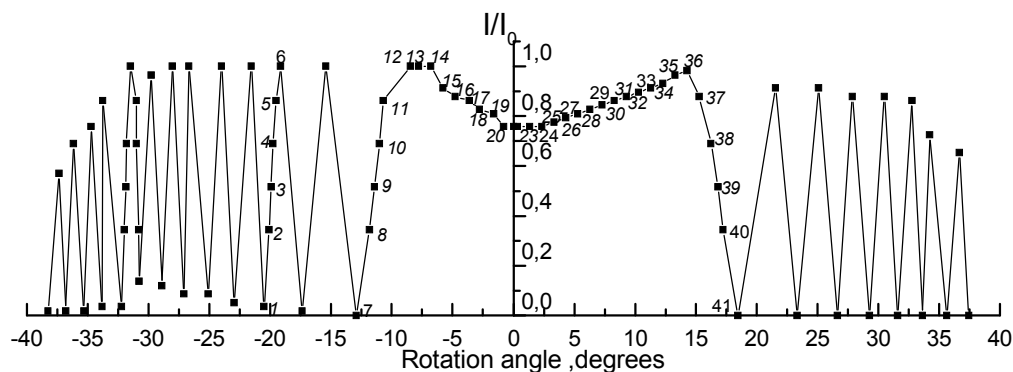


Рис.1 Зависимость относительной интенсивности лазерного луча после прохождения его через пластинку, вырезанную из кристалла CdP<sub>2</sub> перпендикулярно его оптической оси. Толщина пластинки d=1,98mm.

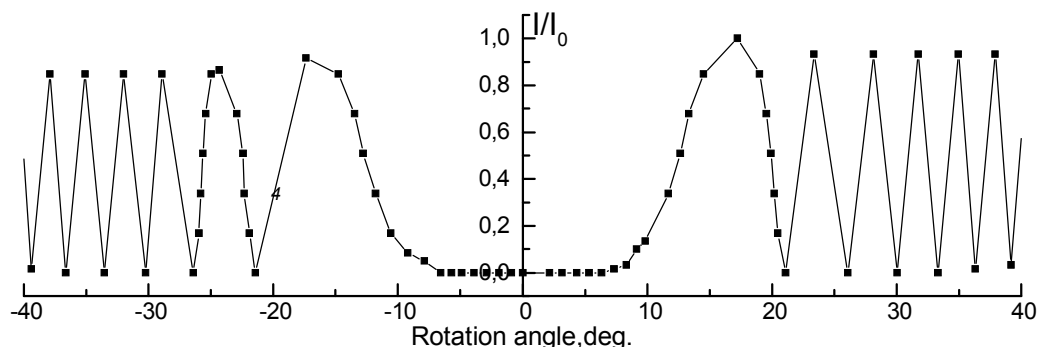


Рис.2 Зависимость относительной интенсивности лазерного луча после прохождения его через пластинку, вырезанную из кристалла CdP<sub>2</sub> перпендикулярно его оптической оси. Толщина пластинки d=1,08mm.

Нулевой угол соответствует нормальному падению света на пластинку, а положительные и отрицательные угла – вращению образца по и против часовой стрелки. Минимумы и максимумы интенсивности на обоих графиках соответствуют линейной поляризации +45° и -45°.

Наиболее интересные явления наблюдаются в центральной части графиков. Оба максимума, слегка обозначенные на рис.1, полностью разделены на рис. 2. Измерения состояния поляризации показывают, что горизонтальная площадка в центре рис.1, занимающая угол ~5°, соответствует линейной вертикальной поляризации . Горизонтальная

площадка в центре рис.2, занимающая угол  $\sim 15^\circ$ , соответствует поляризации падающего излучения  $+45^\circ$ . Это значит, что в пределах указанного угла лазерный луч проходит через кристаллическую пластинку без изменения поляризации, т.е. мы имеем дело со своего рода “окном прозрачности” для света одной поляризации.

В случае толстой пластинки, рис.1, лазерное излучение, пропущенное образцом, является линейно поляризованным для всех точек, расположенных в пределах угла  $\sim 25^\circ$  вблизи оптической оси,  $(0 \pm 12,5)$ . Вращение плоскости поляризации происходит от положения  $-45^\circ$ , левый максимум, до вертикальной поляризации, т.е., на  $135^\circ$ , а затем снова плавно возвращается в исходное положение  $-45^\circ$ .

Для более тонкой пластинки, рис.2, вращение плоскости поляризации линейно поляризованного света происходит на двух ветвях, примыкающих к центральному минимуму

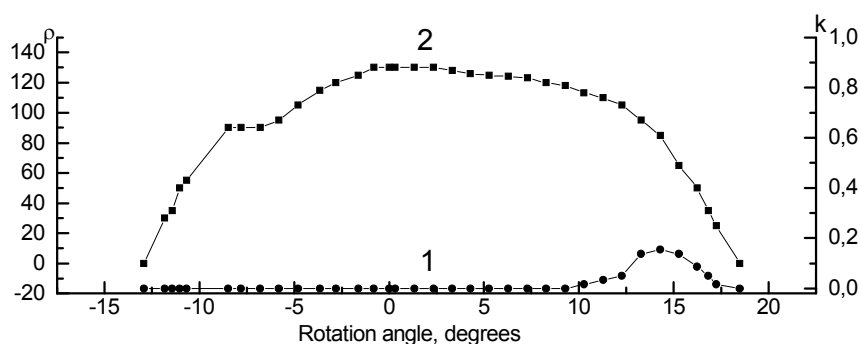


Рис.3. Зависимость вращения плоскости поляризации  $\rho$  и эллиптичности  $k$  лазерного луча, поляризованного под углом  $45^\circ$  после прохождения его через пластинку толщиной 1,98 мм, вырезанную из кристалла  $\text{CdP}_2$  перпендикулярно оптической оси.

Так как вершина левого максимума соответствует поляризации  $-45^\circ$ , то вектор поляризации плавно поворачивается на угол  $90^\circ$  по мере вращения образца, а затем по правой ветви снова достигает положения  $-45^\circ$ . Вращение вектора поляризации по левой ветви происходит по часовой стрелке, а по правой ветви против часовой стрелки. При отклонении лазерного луча от оптической оси более, чем на  $20^\circ$  появляется незначительная эллиптичность. Круговая поляризация не наблюдалась даже при значительных углах поворота пластинки.

Поскольку пластинка 1 в два раза толще пластинки 2, то можно считать, что удельное вращение плоскости поляризации тонкой пластинки больше.

Из рис.3 видно, что угол наклона большей оси эллипса поляризации изменяется, в то время как эллиптичность равна нулю в пределах угла  $\sim 25^\circ$ .

Таким образом, мы наблюдали оптическую активность кристалла дифосфида кадмия не только в направлении оптической оси, но и под значительными углами к ней.

Известно, что кристалл  $\text{CdP}_2$  является оптически активным только вдоль оптической оси. Измерения обычно проводились с использованием поляризованного излучения с электрическим вектором, направленным либо горизонтально, либо вертикально. Мы

полагаем, что именно благодаря поляризации лазерного луча под углом  $45^\circ$  нам удалось обнаружить оптическую активность под углами до  $20^\circ$  к оптической оси.

Следовательно, с одной стороны, лазерное излучение с электрическим вектором, расположенным под углом  $45^\circ$  к горизонтали (вертикали), после прохождения через пластинку, изготовленную из кристалла  $\text{CdP}_2$ , меняет свои поляризационные свойства. С другой стороны, кристалл также обнаруживает новые свойства, если использовать излучение азимутом, отличным от  $0$  или  $90^\circ$ .

Пластинка толщиной  $1,08\text{мм}$  была подвергнута электронному облучению различными дозами от  $10^{14}$  до  $10^{16}$ .

На рис.4 приведены два графика, иллюстрирующие угловое распределение интенсивности пропущенного более тонкой пластинкой света. График 1 соответствует необлученному образцу, график 2 – образцу, облученному максимальной дозой  $10^{16}$ .

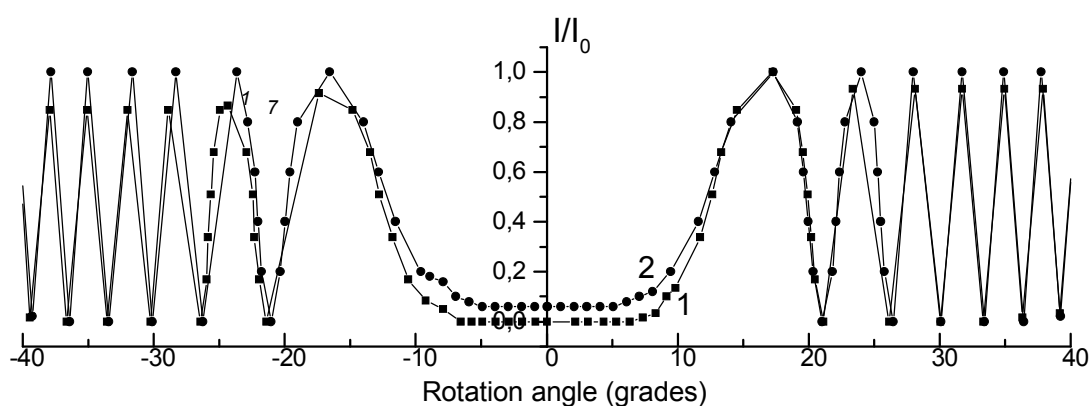


Рис.4. Зависимость интенсивности пропущенного пластинкой из  $\text{CdP}_2$  лазерного излучения в зависимости от угла вращения образца. Измерения проведены на одной и той же пластинке: 1 – до облучения, 2 – после облучения.

Как видно из рисунка, основным различием между двумя кривыми является то, что центральный минимум на кривой 2 не равен нулю и «окно прозрачности» для одной поляризации занимает угол  $\sim 10^\circ$ , а не  $\sim 15^\circ$ , как на графике 1. Горизонтальная площадка на графике 2 соответствует линейной поляризации, электрический вектор которой расположен под углом  $50^\circ$  к горизонтали. Следовательно, можно сделать вывод, что облучение приводит к сужению «окна прозрачности» и изменению поляризации центрального минимума.

#### Список литературы

1. У.Шерклифф. Поляризованный свет. Из-во "МИР", 260с., (1965)
2. И.Т.Боднар, А.К.Сойка. Оптика и спектроскопия, **69**, 197, (1990)
3. I.T.Bodnar, V.P.Yarunichev, Proc. SPIE **4829**, Part I, 327, (2002)