

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА КРИСТАЛЛАХ TGS С ПЕРИОДИЧЕСКИМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ПРИМЕСИ

Шут В.Н.¹, Мозжаров С.Е.¹, Кашевич И.Ф.²

¹Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск, Беларусь,

²ВГУ им.П.М. Машерова, г. Витебск, Беларусь, kashevich@tut.by

Кристаллы TGS-TGS+Cr с послойно-периодическим распределением неизоморфной примеси ионов хрома в объеме кристалла могут быть использованы в качестве различных дифракционных решеток, причем как амплитудных, так и фазовых, в зависимости от режимов наблюдения дифракции.

Целью данной работы было изучение дифракционных явлений на периодических примесных структурах сегнетоэлектрических кристаллов триглицинсульфата с примесью ионов хрома (TGS-TGS+Cr). Полученные кристаллы TGS-TGS+Cr с различным периодом примесной структуры (от 100 до 400 мкм) раскалывались по плоскости спайности (перпендикулярно вектору спонтанной поляризации) на образцы толщиной 1-2 мм и полировались. Для наблюдения дифракционных явлений образцы подвергались кратковременному травлению. В качестве примера на рисунке 2 показано фото одного из образцов с периодом примесной структуры 250 мкм. В качестве источника света использовалось лазерное излучение с длиной волны 630 нм.



Рисунок 1- Внешний вид образца TGS-TGS+Cr

Слоистый кристалл TGS-TGS+Cr можно представить как структуру, представляющую собой в оптическом отношении последовательное чередование слоев с различным показателем преломления. Дифракцию на такой структуре можно рассматривать, как дифракцию света на акустической волне. Суть которой состоит в том, что продольная акустическая волна создает в среде распространения волну сжатия и растяжения, что приводит к образованию периодического в пространстве и во времени изменения показателя преломления среды вдоль направления распространения акустической волны (вследствие явления фотоупругости). При прохождении света через такую сложную структуру возникает дифракция. Отметим, что если длина акустической волны сравнима с длиной световой волны, то среда с акустической волной может служить фазовой дифракционной решеткой, на которой можно наблюдать дифракцию пучков света. Такая дифракционная решетка будет объемной, если толщина среды L , в которой распространяется акустическая волна, существенно больше длины акустической волны.

Согласно [1,2], дифракция лазерного излучения в этом случае носит двоякий характер и зависит от условий наблюдения и определяется параметром:

$$Df = \frac{\pi \lambda L}{n \Lambda^2} \quad \text{или} \quad Q = \frac{2\pi \lambda L}{\Lambda^2} \approx \frac{\theta_0}{\theta_p}$$

где λ - длина волны лазера, L - глубина дифракционной решетки по лучу, Λ - длина звуковой волны (в случае кристалла ТГС-ТГС:Cr³⁺ - это период слоистой структуры), n - показатель преломления (для номинально чистого ТГС- $n \sim 1,534$).

Если $Df \gg 1$, то выполняется условие дифракции в брэгговской оптической области, при которой энергия распределяется только между двумя максимумами - нулевым и первым. Если $Df \ll 1$, то имеем дифракцию в области Рамана-Ната с большим числом дифракционных порядков. (аналогично, для параметра Q : если $Q \approx 0,3$ - дифракция Рамана-Ната, если $Q \approx 4\pi$ - дифракция Брэгга) (см. рисунок 2).

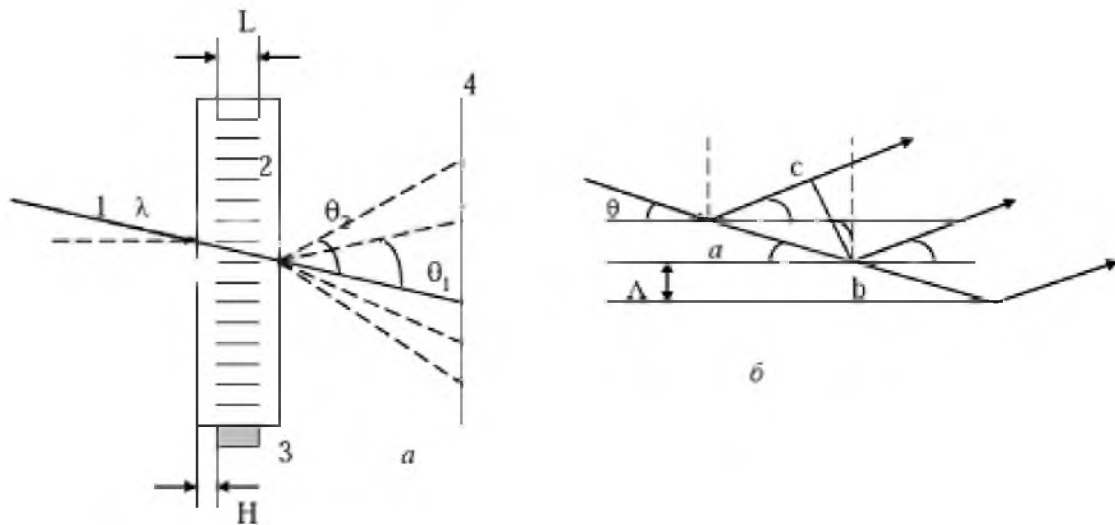


Рисунок 2 - Схема наблюдения дифракция света :а- режим Рамана-Ната, б - режим Брэгга.
1- падающий свет, 2- слоистая структура, 4 - дифракционная картина на экране [1]

Используя эти параметры и считая, что Λ - период примесной структуры, было установлено, что на кристалле ТГС-ТГС+Cr³⁺ $\Lambda \sim 200 - 250$ мкм должна наблюдаться дифракция Рамана-Ната. Особенностью дифракции Рамана-Ната является то, что можно считать, что световой луч проходит через область взаимодействия прямолинейно [8]. Пренебрежение искривлением луча внутри области взаимодействия эквивалентно предположению о чисто фазовой модуляции света при его взаимодействии с упругой волной (в случае ТГС-ТГС+Cr³⁺ с периодической примесной структурой). Разлагая фазомодулированную волну на выходе из области взаимодействия в угловой спектр, можно получить характерную для дифракции Рамана-Ната картину с большим числом дифракционных максимумов. При дифракции Рамана-Ната наблюдается порядка 10 дифракционных максимумов, по интенсивности не очень сильно отличающиеся друг от друга. Для дифракции Брэгга характерно наличие лишь одного дифракционного максимума, который образуется отражением падающего света от фронта бегущей световой волны.

Экспериментальное наблюдение дифракции на образцах ТГС-ТГС:Cr³⁺ и номинально чистых ТГС проводилось на образцах различной толщины, что позволило наблюдать дифракцию как в режиме Рамана-Ната (рисунок 3а), так и в режиме Брэгга (рисунок 3 б).

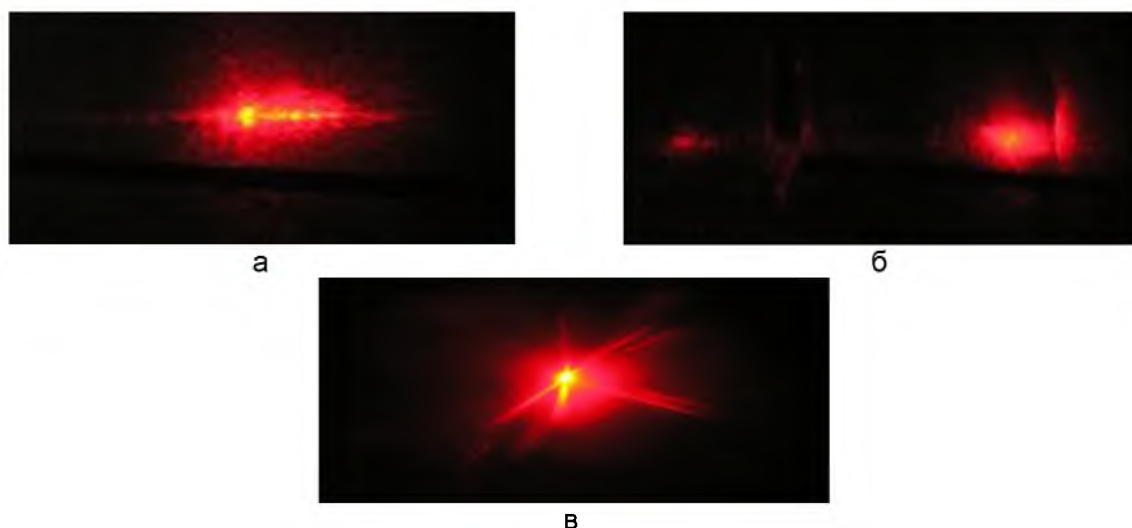


Рисунок 3 - Изображения, получаемые на экране после прохождения лазерного излучения через образцы TGS-TGS+Cr(a,б) и TGS(в)

В качестве источника излучения использовался лазер ЛГН-207А с длиной волны $\lambda=630$ нм, а интенсивность излучения в дифракционных максимумах измерялась измерителем интенсивности лазерного излучения ИМО-2Н.

Установка собиралась на оптической скамье. Пучок света от лазера падал на образец кристалла TGS-TGS+Cr. Структура закреплялась на юстировочной подставке. Наблюдение дифракционной картины проводилось на экране, расположенном на расстоянии $L \gg (2\Lambda)^2 / \lambda$, где Λ - размер периода примесной структуры. Данное условие обеспечивает параллельность пучка.

Размытие картины дифракции связано с наложением дифракционных максимумов из-за достаточно большого периода примесной структуры. По-видимому, используя ИК излучение возможно получить более четкие дифрактограммы. Измерение распределения интенсивности лазерного излучения также показало, что энергия света, приходящаяся на 1-й боковой максимум, сравнительно мала из-за распределения энергии по многим максимумам. Если допустить, что примесь в кристалле распределена по синусоидальному закону, то для описания дифракции Рамана-Ната на периодических примесных структурах вполне применимы формулы, описывающие дифракцию на синусоидальной фазовой решетке. Возникающие максимумы и минимумы распределения интенсивности света зависели от величины периода и полностью соответствовали, периодам, рассчитанным с помощью микроскопических исследований.

Отметим, что описанный выше метод наблюдения периодических структур на основе кристаллов TGS-TGS:Cr⁺³ и снятия дифрактограмм, можно использовать также для определения периода и отклонения от него выращенных кристаллических дифракционных решеток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев, Ю.В. Дифракция света на звуке в твердых телах// Ю. В. Гуляев, В. В. Проплов, Г. И. Шердин.- УФН.- Т.24, Вып.1.-1978.- С. 61-110.
2. Асадчиков В.Е., Бабак В.Г., Бузмаков А.В. и др. //Приборы и техника эксперимента. - 2005. - Т. 3. - С. 99.