

С. Х. ЕСАЯН, В. В. ЛЕМАНОВ,
член-корреспондент АН СССР Г. А. СМОЛЕНСКИЙ

**ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ УПРУГИХ ВОЛН
НА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦАХ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ
КРИСТАЛЛЕ $Gd_2(MoO_4)_3$**

Распространение упругих волн в полидоменном сегнетоэлектрике сопровождается взаимодействием этих волн с доменными стенками. Частным случаем такого взаимодействия является отражение и преломление упругих волн на доменных границах, приводящее к кажущемуся увеличению затухания упругих волн в полидоменном сегнетоэлектрике.

Процессы отражения и преломления упругих волн на 180° доменных стенках в сегнетоэлектриках рассматривались теоретически в работах (1-3). Однако экспериментальные исследования таких процессов, насколько нам известно, не проводились. В данной работе с помощью брэгговского рассеяния света исследованы отражение и преломление некоторых типов упругих волн на доменных границах молибдата гадолиния $Gd_2(MoO_4)_3$ (точечная группа C_{2v}).

Выбор такого объекта исследования объясняется тем, что доменной структурой молибдата гадолиния можно легко управлять, прикладывая к кристаллу небольшие механические напряжения. В частности, нетрудно получить образцы, состоящие только из двух доменов. Что касается брэгговского рассеяния света, то этот метод оказывается очень удобным и чувствительным методом регистрации отраженных и преломленных упругих волн. Измерения интенсивности рассеянного света позволяют определить интенсивность упругой волны, а измерения углов, на которые нужно повернуть образец около двух взаимно перпендикулярных осей для наблюдения рассеяния, дают возможность находить углы отражения и преломления и скорости упругих волн. Проведение таких экспериментов без использования брэгговского рассеяния света, с помощью только обычных акустических методов, представляет собой очень сложную задачу.

В работе использовались упругие волны с частотой 500–1000 Мгц, которые возбуждались с помощью пьезопреобразователей. Упругие волны распространялись вдоль осей X , Y и X' , Y' (обозначения относятся к кристаллографическим осям сегнето- и парафазы, которые составляют с доменными стенками углы 45° и 90° соответственно). Измерения проводились при комнатной температуре. В качестве источника света использовался лазер ЛГ-75 с длиной волны 6328 \AA . Коэффициенты отражения K_r и пре-

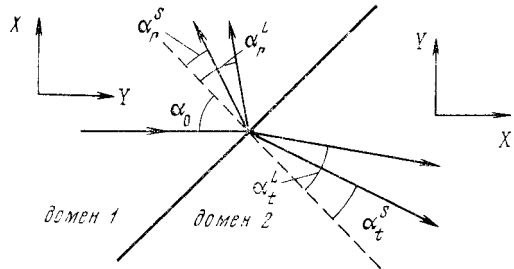


Рис. 1. Схема отражения и преломления упругих волн на доменной границе. Через α_0 , α_r и α_t обозначены углы падения, отражения и преломления, индексы L и S относятся к продольным и поперечным упругим волнам соответственно

ломления K_t определялись по формулам

$$K_{r,t} = \frac{I_{r,t} M_0}{I_0 M_{r,t}};$$

здесь I — интенсивность света, рассеянного на упругой волне, M — акусто-оптическая добротность, равная $p^2 n^6 / (\rho v^3)$, где p — фотоупругая постоянная, n — показатель преломления, ρ — плотность, v — скорость упругих волн; индексы 0, r , t относятся соответственно к падающей, отраженной и преломленной упругим волнам.

Для фотоупругих постоянных использовались данные из работы (4). Точность определения коэффициентов отражения и преломления составляет, по нашим оценкам, около 20%.

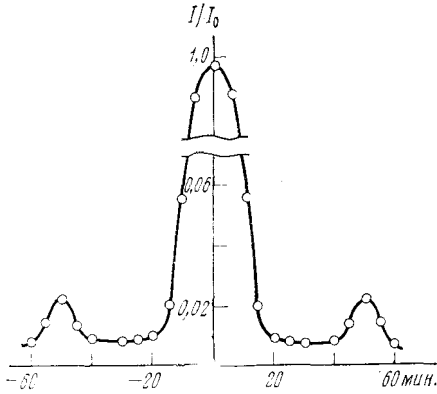


Рис. 2. Угловое распределение интенсивности света при дифракции на доменной границе. Световой пучок диаметром 1 мм падает параллельно доменной стенке вдоль оси Z . Падающий свет поляризован вдоль оси X , дифрагированный свет в $+1$ и -1 порядках поляризован вдоль осей X и Y соответственно

Как показали эксперименты, в исследованном диапазоне частот эти коэффициенты не зависят от частоты упругих волн.

Схема отражения и преломления упругих волн на доменной границе показана на рис. 1, а результаты эксперимента представлены в табл. 1. Как видно из табл. 1, и при косом, и при нормальном падении упругой волны на доменную стенку в общем случае наблюдается как отраженная и преломленная волна того же типа, так и трансформированные волны, т. е. волны другого типа по сравнению с падающей волной. Для тех типов волн, которые экспериментально не наблюдались, в табл. 1 приводятся оценки коэффициентов, полученные на основании данных о чувствительности установки. Значения углов преломления и отражения, приведенные в табл. 1, хорошо согласуются с результатами расчета по формуле Снеллиуса.

Что касается коэффициентов отражения и преломления, то прежде всего представляет интерес сравнить экспериментальные значения этих коэффициентов с расчетом, проведенным для границы двух изотропных

Таблица 1

Углы (в градусах) и коэффициенты отражения и преломления упругих волн на доменной границе

Тип волны	Направление распространения		Поляризация		$v \cdot 10^6$, см/сек		α_0	α_r^L	α_r^S	α_t^L	α_t^S	K_t^L	K_t^S	K_r^L	K_r^S
	домен 1	домен 2	домен 1	домен 2	домен 1	домен 2									
L	Y	X	Y	X	3,8	3,45	45	40	30	40	30	0,8	0,2	$5 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}
L	\bar{Y}	\bar{X}	\bar{Y}	\bar{X}	3,9	3,9	Нормальное падение					0,95	$5 \cdot 10^{-2}$	10^{-3}	$< 10^{-4}$
S^*	\bar{Y}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{Y}	2,6	2,6	Нормальное падение					$5 \cdot 10^{-2}$	0,95	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$

* Для поперечной упругой волны с деформацией XU $K_t^S = 1,0$, а остальные коэффициенты меньше, по крайней мере, чем 10^{-3} .

сред. Сравнение показывает, что в случае косо́го падения между экспериментом и расчетом имеется качественное согласие, для нормального же падения наблюдается резкое расхождение. Расчет для изотропной среды показывает, что при нормальном падении в нашем случае упругая волна должна проходить из первого домена во второй, не отражаясь и не трансформируясь в другие типы волн, что находится в противоречии с экспериментом.

Это противоречие может быть связано со следующими обстоятельствами. Упругие волны, распространяющиеся вдоль осей X и Y , не являются чистыми. Оси X и Y не строго эквивалентны между собой, поскольку решетки в соседних доменах неколлинеарны (для молибдата гадолия эта неколлинеарность составляет около 10°). Квазипродольные и квазипоперечные волны, распространяющиеся вдоль X и Y , имеют отличные от нуля пьезокоэффициенты, что необходимо учитывать при решении задачи о преломлении и отражении упругих волн на доменных границах. Такая задача с учетом всех указанных факторов рассматривалась в работах (¹⁻³), но при условии, что толщина доменной стенки значительно меньше длины волны упругих колебаний, что справедливо для большинства сегнетоэлектриков при обычно используемых частотах упругих волн.

Однако в кристаллах молибдата гадолия толщина доменных стенок существенно больше, чем в других сегнетоэлектриках (³). Чтобы оценить толщину доменных стенок в наших образцах, мы использовали метод дифракции света (⁵). Результаты измерений показаны на рис. 2. Исходя из экспериментального значения углового расщепления дифракционных максимумов и используя формулу для дифракции света на щели, получаем для толщины стенки значение около 10 мкм. Для использованных нами частот упругих волн длина волны упругих колебаний составляет величину того же порядка. Таким образом, отражение и преломление упругих волн в наших экспериментах происходит на доменных стенках, толщина которых сравнима с длиной волны. Такая задача теоретически еще не рассматривалась.

Авторы благодарят Т. М. Полховскую за предоставление кристаллов.

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе
Академии наук СССР
Ленинград

Поступило
8 I 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Г. Г. Кессених, Д. Г. Санников, Л. А. Шувалов, Кристаллография, т. 15, 1022 (1970). ² Г. Г. Кессених, Д. Г. Санников, Л. А. Шувалов, Кристаллография, т. 16, 350 (1971). ³ Г. Г. Кессених, Д. Г. Санников, Л. А. Шувалов, Кристаллография, т. 17, 345 (1972). ⁴ С. Х. Есаян, Х. С. Багдасаров и др., ФТТ, т. 16, 143 (1974). ⁵ K. Suzuki, Sol. St. Commun., v. 11, 937 (1972).