

РАССЕЯНИЕ СВЕТА В МАГНИОБАТЕ СВИНЦА В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР РАЗМЫТИЯ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Г. А. Сжоленский, В. А. Трепаков, Н. Н. Крайник

С ростом температуры от 20 до 400° С в $\text{PbMg}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}$ наблюдалось уменьшение интегрального рассеяния света, практически прекращается при 360° С. Температурнозависимая часть рассеяния объясняется сосуществованием сегнето- и паразлектрической фаз в области размытого фазового перехода. Эта часть рассеяния дает значительный вклад в величину оптической плотности.

В последнее время явление рассеяния света, сопровождающего фазовые превращения в твердом теле, привлекает к себе возрастающее внимание исследователей. Становится явной значительная роль неоднородностей, возникающих при фазовом переходе, о чем свидетельствует одна из последних работ Гинзбурга и Леванюка [1].

Интересным объектом для изучения рассеяния света на структурных неоднородностях, связанных с фазовым переходом, является магнитообат свинца (PMN), явление размытия сегнетоэлектрического фазового перехода в котором впервые было обнаружено и изучено в работах [2, 3]. Предполагается [2], что размытие фазового перехода (РФП) обусловлено флуктуациями состава в подрешетке ионов, занимающих октаэдрические положения (Mn^{+2} и Nb^{+5}). Вследствие этого в диапазоне температур РФП должно наблюдаться сосуществование сегнето- и паразлектрической фаз. Диэлектрические и электрические свойства PMN в диапазоне РФП хорошо объясняются с помощью представлений о наличии полярных областей сегнетоэлектрической фазы, переориентирующих свои суммарные дипольные моменты в электрическом поле [3].

Однако, эксперименты по прямому наблюдению полярных областей отсутствуют. Очевидно, что сосуществующие фазы, в соответствии с [1], могут обуславливать значительное интегральное рассеяние света.

Нами изучались индикатрисы рассеяния света с длиной волны 6328 Å на установке, сконструированной на базе гониометра ГС-5, позволяющей измерить угловое распределение интенсивности рассеянного света в диапазоне углов от 0 до 120°, с точностью отсчета углов $\pm 20'$. Приемная апертура детектора (ФЭУ-62) составляла 1°. Температура стабилизировалась с точностью $\pm 0,01^\circ \text{C}$.

Образцы различных ориентаций в виде прямоугольных пластин с размерами $3 \times 3 \times 0,13 + 0,4 \text{ мм}^3$ изготовлялись из монокристаллов PMN , выращенных методом кристаллизации из раствора в расплаве PbO . Падающий свет распространялся в направлении нормали к большой грани пластин.

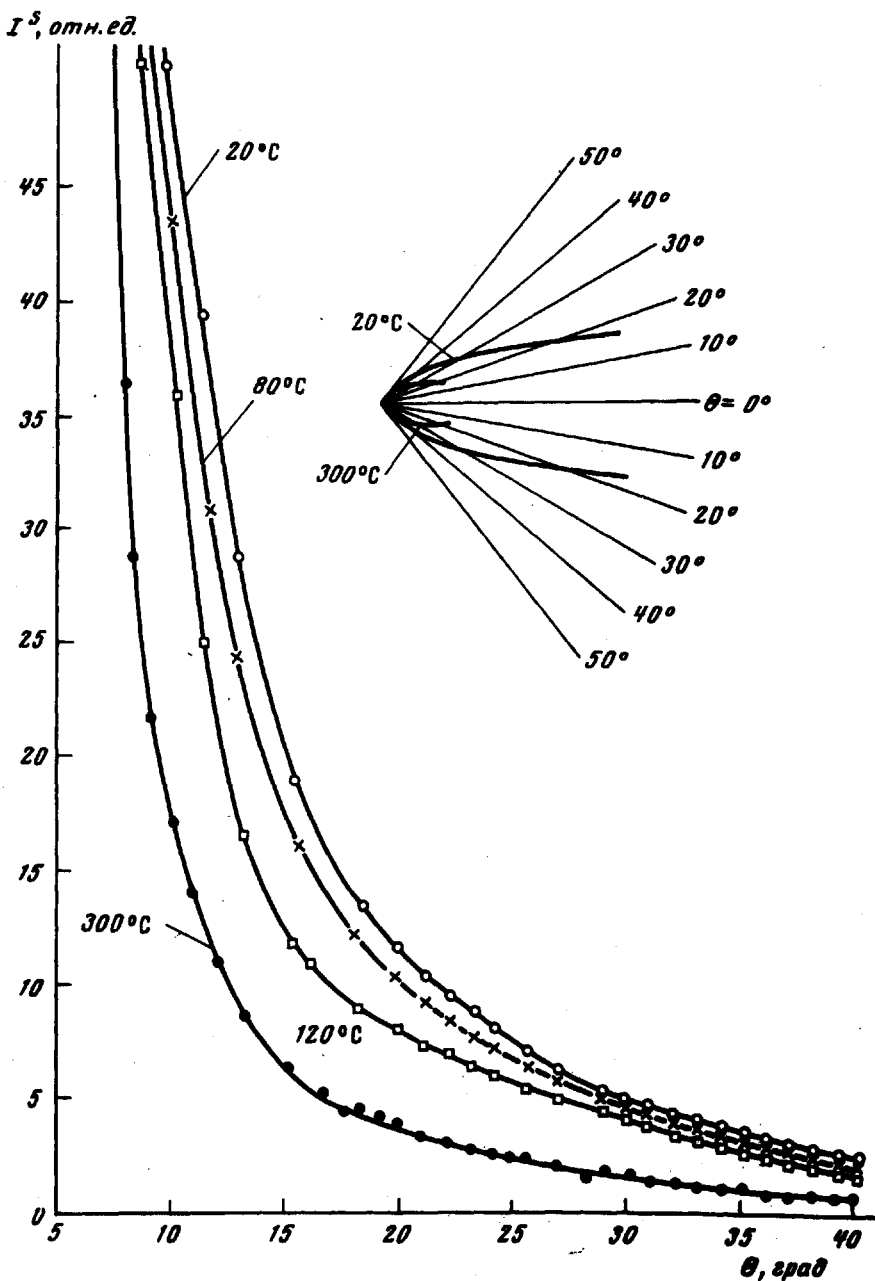


Рис. 1. Угловое распределение интенсивности рассеяния I^S в плоскости поляризации падающего света при различных температурах. На вставке показаны диаграммы для двух температур

В исследуемом интервале температур $20 + 400^\circ\text{C}$ обнаружено интенсивное, зависящее от температуры, рассеяние света. Величина коэффициента рассеяния на угол 90° при комнатной температуре составляет $\sim 4 \cdot 10^{-4} \text{ см}^{-1}$. Для образцов разной ориентации существенного различия индикатрис не отмечалось. На рис. 1 приведены индикатрисы

рассеяния света в плоскости поляризации падающего луча при различных температурах (вставка на рисунке иллюстрирует соответствующие диаграммы рассеяния). Индикатрисы и приведенная для примера на рис. 2 температурная зависимость рассеяния света на угол 20° указывают на значительное уменьшение рассеяния с ростом температуры, практически прекращающееся при температурах выше $\sim 360^\circ\text{C}$. При этом пропускание образца в прямом направлении увеличивается ($\theta = 0^\circ$ на рис. 1). Столь значительную часть рассеяния света, зависящую от температуры, мы связываем с рассеянием на полярных областях и их границах с парафазой, на доменных границах и прилегающих к ним объемах параэлектрической фазы, показатель преломления которых изменен благодаря электрическим и механическим напряжениям. Наблюдающаяся по данным [4] сильная температурная зависимость показателя преломления (n) *PMN* в области РФП также прекращается при 360°C , что интерпретируется как результат завершения фазового перехода и хорошо совпадает с нашими результатами.

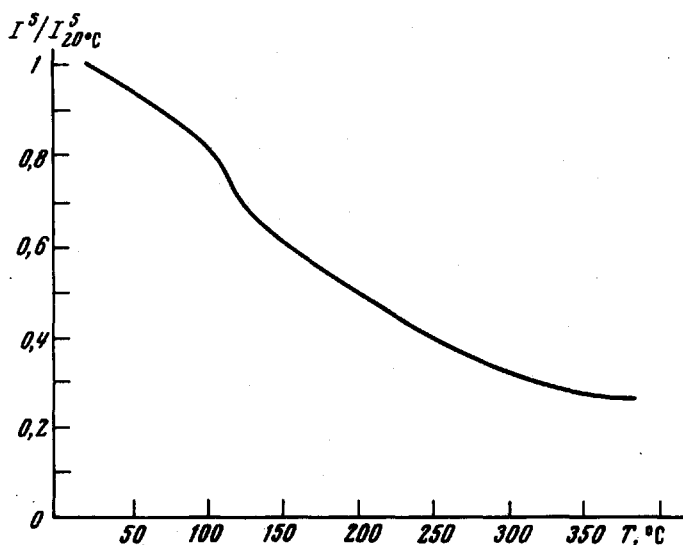


Рис. 2. Температурная зависимость интенсивности рассеянного света (отнесенной к значению при 20°C) $I^S / I_{20^\circ C}^S$, выходящего под углом 20° к направлению падающего луча

Небольшое различие показателей преломления полярной и неполярной фаз (2,52 и 2,55 соответственно) позволяет применить для зависящей от температуры компоненты теорию рассеяния света Рэлея – Ганса [5]. В нашем случае для света, рассеивающегося на сферических частицах и выходящего через грань образца под углом θ , где θ – угол между направлениями падающего и рассеянного света, справедливо:

$$I^S = C(T) I_0 \left[\sqrt{9\pi/2} u^3 J_{3/2}(u) \right]^2, \quad (1)$$

где I^s — интенсивность света, вышедшего под углом θ , I_0 — интенсивность падающего света, $C(T)$ — некоторая функция, не зависящая от угла θ при постоянной температуре T , $u = 2x \sin(\theta/2n)$; $x = ka$, $k = 2\pi n/\lambda$ — волновой вектор в среде, λ — длина волны света, a — радиус рассеивающей частицы, J — функция Бесселя порядка $3/2$.

Несомненно, что рассеяние света в *PMN* в диапазоне температур РФП значительно сложнее явлений, описываемых теорией Рэлея и Ганса. Все же мы использовали выражение (1) для оценки размеров зависящих от температуры рассеивающих областей, предполагая их сферичность. При 120°C в образцах с толщиной менее $0,17\text{ мкм}$, при которой, согласно [5], выполнялись условия однократности рассеяния, средний радиус составил $\sim 4 \cdot 10^{-7}\text{ м}$, что хорошо согласуется с имеющимися представлениями в размерах полярных областей. Сравнение диаграмм для температурнозависимой части рассеяния указывает на уменьшение размера рассеивающих областей с ростом температуры.

Следует отметить, что рассеяние света в диапазоне РФП может привести к аномалиям величины оптической плотности. Так в [6] в области средней температуры Кюри *PMN* был обнаружен максимум оптической плотности на краю полосы поглощения, отнесенный авторами за счет рассеяния. Действительно, при определении коэффициента поглощения методом разных толщин использование приемника с апертурой, равной, например, 7° , приведет к тому, что на длине волны света 6328 \AA величина коэффициента ослабления вследствие рассеяния, составляющая по нашим данным $0,6\text{ см}^{-1}$, будет входить в измеряемую величину коэффициента поглощения $2 + 5\text{ см}^{-1}$. Вклад рассеяния в величину оптической плотности может оказаться еще большим по мере приближения к фундаментальной полосе поглощения.

Авторы благодарны Н.Б.Назаренко, М.С.Садыкову за участие в постановке эксперимента, В.А.Письменному и К.Скорняковой за предоставление кристаллов, Б.Д.Лайхтману за ценную дискуссию.

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

Поступила в редакцию
12 июля 1974 г.

Литература

- [1] V.L.Ginzburg, A.P.Levanyuk. Phys. Lett., 47A, 345, 1974.
- [2] Г.А.Смоленский, В.А.Исупов. ЖТФ, 24, 1375, 1954.
- [3] Г.А.Смоленский, А.А.Бережной, Н.Н.Крайник, И.Е.Мыльникова. Изв. АН СССР, сер. физ., 33, 2, 282, 1969.
- [4] Gerald Burns and В.А.Scott. Sol. Stat. Comm., 13, 423, 1973.
- [5] Г.Ван де Хюлст. Рассеяние света малыми частицами. М., ИИЛ, 1961.
- [6] Л.С.Камзина, Н.Н.Крайник, Н.Н.Нестерова. ФТТ, 14, 2147, 1972.