

## МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В МОЛИБДАТЕ ТЕРБИЯ

*С.А.Иванов, В.Н.Курлов, Б.К.Пономарев, Б.С.Редькин*

Исследовано влияние магнитного поля до 110 кЭ на электрическую поляризацию монокристалла сегнетоэлектрика  $Tb_2(MoO_4)_3$  при 77 и 290К. При 77К имеет место магнитоэлектрический эффект - магнитное поле создает электрическую поляризацию образца.

Монокристалл молибдата тербия был выращен методом Чохральского на установке с индукционным нагревом, оснащенной системой автоматического контроля веса выращиваемого кристалла. В качестве исходного продукта использовалась шихта молибдата тербия стехиометрического состава, полученная методом СВС. Кристаллы выращивались на воздухе из платиновых тиглей в направлении [001] при скоростях вытягивания 3 - 8 мм/час и вращения 100 об/мин. Были получены монокристаллы молибдата тербия длиной 90 мм и сечением  $25 \times 25$  мм.

Измерялась разность потенциалов, возникающая между поверхностями образца, перпендикулярными оси [010] при включении импульсного магнитного поля вдоль оси [100]. Схема эксперимента изображена на рис. 1.

Исследуемый образец 1 представлял пластину размером  $1 \times 9 \times 15$  мм. Ось [001] была направлена перпендикулярно длинной стороне пластины, ось [010] была направлена по нормали к плоскости пластины. На обе поверхности образца, перпендикулярные оси [010], наклеивались куски медной фольги 2 прямоугольной формы размером  $0,05 \times 9 \times 15$  мм.

Изготовленный таким образом конденсатор использовался в качестве емкостного датчика поляризации (ЕДП). ЕДП помещался внутрь импульсного соленоида 3. Импульсное магнитное поле создавалось разрядом батареи конденсаторов на соленоид. Длительность импульса составляла 13 микросекунд, максимальное значение поля составляло 110 кЭ. Неоднородность поля по длине образца не превышала 1%. Поле было направлено вдоль длинной стороны образца (ось [100]).

Напряжение с ЕДП подавалось на вход электрометрического каскада (ЭМК) 5 с входным сопротивлением  $10^9$  Ом и далее на Y пластины цифрового запоминающего осциллографа 6. Емкость ЕДП составляла  $C_d = 60$  пф, емкость кабеля  $C_c = 520$  пф. Для уменьшения амплитуды сигнала параллельно ЕДП подключалась емкость  $C_p = 2000$  пф. Постоянная времени входной цепи ЭМК составляла 2,58 с, что значительно больше длительности импульса поля. Таким образом было обеспечено воспроизведение импульса напряжения с ЕДП практически без исключений. На X пластины осциллографа подавался сигнал, пропорциональный напряженности магнитного поля соленоида. Этот сигнал формировался катушкой измерения поля 4 и интегратором 7.

На экране осциллографа наблюдалась зависимость напряжения на обкладках ЕДП от магнитного поля. Эта зависимость передавалась из осциллографа в компьютер. По величине напряжения ЕДП рассчитывалась поляризация образца  $P$ .

На рис. 2 изображена зависимость поляризации образца  $P$  вдоль оси [010] от магнитного поля  $H$ , направленного вдоль оси [100] при  $T = 77$ К (кривая 1). Зависимость 2 получена от ЕДП без образца. Видно, что электрическая поляризация  $P$  зависит от напряженности магнитного поля  $H$ . При  $H = 110$ кЭ поляризация  $P = 3,7 \cdot 10^{-9}$  Кл/см<sup>2</sup>, что составляет около 2% от спонтанной

поляризации при 298К,  $P_s = 0,18 \cdot 10^{-6}$  Кл/см<sup>2</sup>. Зависимость  $P(H)$  близка к квадратичной без признаков тенденции к насыщению вплоть до 110 кЭ. Эффект не изменяет знака при изменении знака магнитного поля. При  $T = 290$ К измерения выполнены до значений  $H \approx 40$  кЭ. В пределах погрешности эксперимента поляризация равна нулю ( $P < 2 \cdot 10^{-11}$  Кл/см<sup>2</sup>).

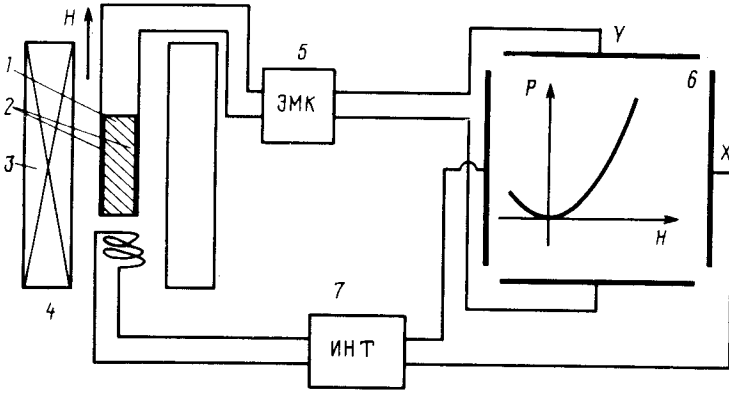


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 - образец; 2 - обкладки емкостного датчика; 3 - соленоид; 4 - катушка измерения поля; 5 - электрометрический каскад; 6 - осциллограф; 7 - интегратор

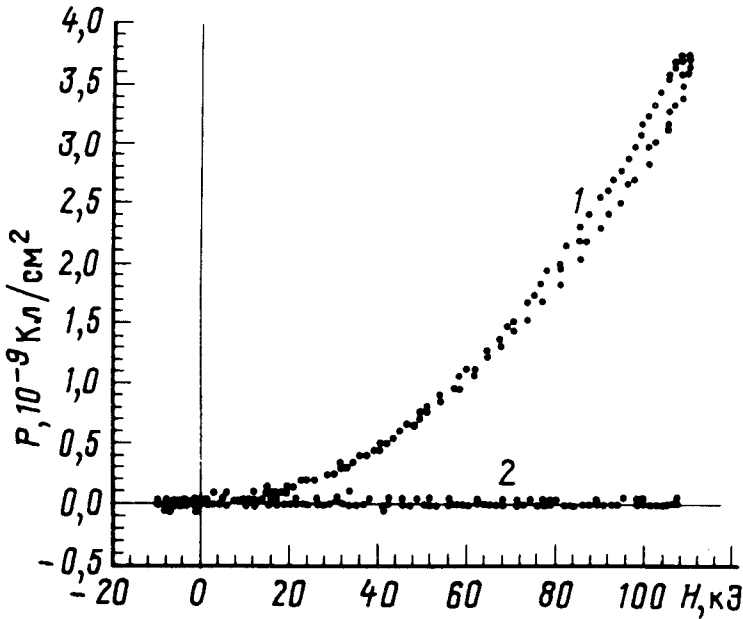


Рис. 2. Зависимость поляризации  $Tb_2(VjO_4)_3$  вдоль оси [010] от магнитного поля, приложенного вдоль оси [100] при  $T = 77$ К - кривая 1. Кривая 2 - нулевой сигнал

Наблюдаемый магнитоэлектрический эффект можно объяснить тем, что молибдат тербия обладает сегнетоэлектрическими свойствами<sup>1</sup> и, в то же время, содержит парамагнитные ионы тербия с отличным от нуля орбитальным моментом. Известно, что редкоземельные ионы с отличным от нуля орбитальным моментом могут быть источником гигантских магнитоэлектрических деформаций<sup>2,3</sup>, которые в данном случае могут создать электрическую поляризацию благодаря эффекту, обратному электрострикции. Предлагаемое объяснение носит характер

предположения и требует дальнейших исследований, которые находятся в стадии подготовки.

Авторы признательны Е.Г.Понятовскому, А.В.Серебрякову и В.М.Теплинскому за полезные обсуждения.

### Литература

1. *Borchardt H.J., Bierstedt P.E.* J. Appl. Phys., 1967, 38, 2057.
2. *Белов К.П., Левитин Р.З., Пономарев Б.К.* ЖЭТФ, 1965, 49, 1733.
3. *Белов К.П., Левитин Р.З., Пономарев Б.К., Попов Ю.Ф.* Письма в ЖЭТФ, 1969, 10, 13.

Институт физики твердого тела  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
16 июля 1990 г.

---