

УДК 537.226.633

## МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В $\text{BiFeO}_3$

Р.М. ИСМАИЛОВ

*Сектор Радиационных Исследований АН Азербайджана  
370143, Баку, пр. Г.Джавида 31а*

Проведены магнитоэлектрические исследования в сегнетомагнитных кристаллах  $\text{BiFeO}_3$ . Изучены зависимости индуцированной магнитным полем электрической поляризации ( $P_{\text{ин}}$ ) от напряженности магнитного поля ( $H$ ) при различных температурах и  $P_{\text{ин}}(H)$  для неполяризованного и поляризованного кристалла  $\text{BiFeO}_3$  при комнатной температуре. Показано, что по магнитоэлектрическим данным при комнатной температуре и выше  $\text{BiFeO}_3$  является антисегнетоэлектриком.

Современная техника непрерывно требует создания новых материалов, обладающих комплексом практически важных свойств. В этой связи в настоящее время интенсивно исследуются кристаллы, обладающие одновременно несколькими подсистемами.

Среди них особо следует отметить сравнительно недавно открытый новый класс веществ – сегнетомагнетики, в кристаллических решетках которых одновременно существуют магнитное и электрическое упорядочения. Открытие сегнетомагнитных кристаллов положило начало новому направлению в физике твердого тела – комплексному исследованию взаимосвязи электрических и магнитных свойств в этих кристаллах. Одним из чувствительных физических методов изучения этой взаимосвязи является магнитоэлектрический эффект (МЭЭ).

В этой работе проведены МЭЭ-исследования в феррите висмута –  $\text{BiFeO}_3$ . Следует отметить, что первая попытка изучения взаимосвязи между электрической и магнитной подсистемами в  $\text{BiFeO}_3$  с помощью МЭЭ была сделана в [1]. Однако в этой работе не было проведено тщательного исследования. Такие вопросы, как зависимость индуцированной магнитным полем электрической поляризации от температуры  $P_{\text{ин}}(T)$ , зависимость величины критического магнитного поля  $H_c$  от температуры, влияние поляризации образцов на их магнитоэлектрические характеристики, в частности на  $H_c$  и  $P_{\text{ин}}$ , и др. не были изучены. Решение именно этих задач может ответить на вопрос относительно типа упорядочения электрической подсистемы  $\text{BiFeO}_3$ . В этой связи нами были проведены более детальные исследования МЭЭ в поликристаллическом образце  $\text{BiFeO}_3$ .

Проведенные нами измерения зависимостей индуцированной магнитным полем электрической поляризации  $P_{\text{ин}}$  от напряженности магнитного поля  $P_{\text{ин}}(H)$  в интервале температур 300–450 К и в магнитных полях до 15кЭ для  $\text{BiFeO}_3$  показали, что в полях примерно до  $H=1\div 2$ кЭ эта зависимость носит линейный характер (Рис.1). С возрастанием напряженности магнитного поля зависимость  $P_{\text{ин}}(H)$  становится нелинейной и в поле  $H=5$ кЭ величина индуцированной поляризации  $P_{\text{ин}}$  достигает максимального значения. При дальнейшем увеличении напряженности магнитного поля происходит резкое уменьшение величины  $P_{\text{ин}}$ . Такое изменение величины  $P_{\text{ин}}$  при  $H=H_c$  объясняется изменением спин-конфигурации кристалла – изменением магнитной симметрии, обусловленной поворотом вектора намагниченности магнитной подрешетки под действием внешнего магнитного поля (опрокидыванием спинов). Для  $\text{BiFeO}_3$  в поле спинфлота ( $H_c=5$ кЭ) результаты показывают, что МЭЭ обусловлен обменным взаимодействием электрической и магнитной подсистем.

Величина поля опрокидывания  $H_c=5$ кЭ и обменный характер взаимодействий электрической и магнитной подсистем, полученные для  $\text{BiFeO}_3$  из экспериментальных

исследований МЭЭ, удовлетворительно согласуются с теоретическими данными, полученными Чупис [2,3].

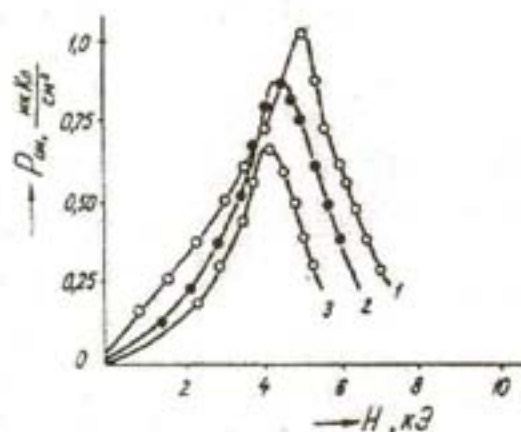


Рис.1

Зависимость индуцированной магнитным полем электрической поляризации ( $P_{ин}$ ) от напряженности приложенного магнитного поля ( $H$ ) для  $\text{BiFeO}_3$  при температурах (1) 293, (2) 338 и (3) 358К.

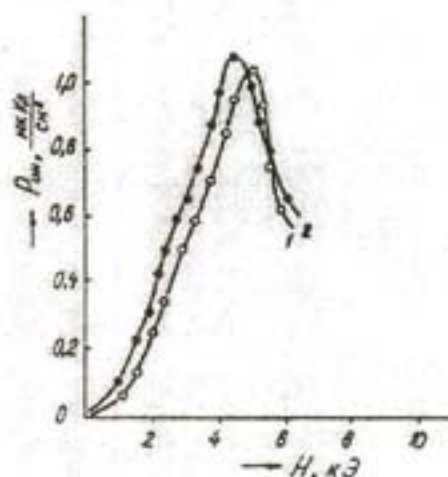


Рис.2

Зависимость индуцированной магнитным полем электрической поляризации ( $P_{ин}$ ) от напряженности магнитного поля ( $H$ ) для поляризованных (2) и неполяризованных (1) образцов  $\text{BiFeO}_3$  при комнатной температуре.

При изучение МЭЭ в феррите висмута также было обнаружено влияние предварительной электрической поляризации на магнитоэлектрические характеристики образцов, в частности, на индуцированную магнитным полем электрическую поляризацию ( $P_{ин}$ ) и на спин-опрокидывающего магнитного поля ( $H_c$ ). Установлено, что в поляризованном электрическом поле  $E=15\div 20$ кВ/см (в течение 2 час.) в феррите висмута величина индуцированной поляризации несколько увеличивается, тогда как напряженность критического магнитного поля уменьшается. Эта зависимость графически представлена на Рис.2. Видно, что как неполяризованный (1), так и поляризованный (2) кристалл  $\text{BiFeO}_3$  при  $H=0$  не обладает электрической поляризацией ( $P=0$ ), что согласуется с наличием антисегнетоэлектрического состояния в этом кристалле.

Таким образом, согласно магнитоэлектрическим данным, феррит висмут является антисегнетоэлектриком при комнатной температуре и выше, обладающим полярной пространственной группой.

1. I.H.Ismailzade, R.G.Jagupov, *Phys Stat Sol. (a)*, **32** (1975) κ161.
2. И.Е. Чупис, *Украинский физический журнал*, **23** №36 (1978) 396.
3. И.Е. Чупис *ФНТ*, **2** №6 (1976) 762.

**BiFeO<sub>3</sub> KRİSTALINDA MAQNETOELEKTRİK EFFEKTİ**

**R.M.İSMAYILOV**

BiFeO<sub>3</sub> kristalında maqnetoelektrik tədqiqatlar aparılmışdır. Xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə yaranmış elektrik polarizasiyası  $R_m$  - nin müxtəlif temperaturlarda xarici maqnit sahəsinin gərginliyindən asılılığına baxılmışdır. Digər tərəfdən otaq temperaturunda  $R_m$  asılılığına xarici elektrik sahəsində polarizo olunmuş və polarizo olunmamış BiFeO<sub>3</sub> kristalında baxılmışdır.

Maqnetoelektrik nəticələr əsasında müəyyən edilmişdir ki, BiFeO<sub>3</sub> otaq və yuxarı temperaturlarda antiseqnetoelektrikdir.

**MAGNETOELECTRIC EFFECT in CRYSTAL BiFeO<sub>3</sub>**

**R.M.ISMAILOV**

The magnetoelectric investigations segnetomagnetic crystals BiFeO<sub>3</sub> were carried out. The electric polarization dependence  $P_m$  induced by magnetic field (H) at various temperatures was studied.  $P_m(H)$  at room temperature for polarized in external electric field and non polarized BiFeO<sub>3</sub> crystals were studied too. BiFeO<sub>3</sub> was shown to be antiseqnetoelectric according to the magnetoelectric data at room temperature and over.

Редактор:Г.Аждаров