

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НИКЕЛЬ-ИОДИСТОГО БОРАЦИТА

И.С. Желудев, Т.М. Перекалина, Е.М. Смирновская,
С.С. Фонтон, Ю.Н. Ярмухамедов

Исследованы магнитные свойства никель-иодистого борацита в парамагнитном и слабоферромагнитном состоянии. Ниже 68°K в магнитном поле выше 3 кэ вдоль оси, перпендикулярной направлению спонтанной намагниченности, и при колебании образца вдоль намагничивающего поля наблюдалось уменьшение и изменение знака намагниченности при увеличении поля.

Кристаллы борацитов с общей формулой $\text{Me}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{X}$ (Me – двухвалентный ион металла от хрома до меди, X – один из галогенов – хлор, бром или иод) являются сегнетоэлектриками [1]. Никель-иодистый борацит $\text{Ni}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{I}$ (НИБ) имеет кубическую высокотемпературную фазу с пространственной группой T_d^5 (точечная симметрия $\bar{4}3m$) и низкотемпературную фазу с точечной симметрией $m\bar{3}m'$.

На основании исследования эффекта Фарадея показано [2], что ниже 64°K в НИБ вдоль оси $[110]$ появляется спонтанная намагниченность, а в перпендикулярном направлении $[001]$ – спонтанная электрическая поляризация. Наличие широкого максимума магнитной восприимчивости при 120°K навело на мысль авторов работы [1], что ниже этой температуры в НИБ наблюдается антиферромагнитное упорядочение спинов. Указанные исследования магнитных свойств были проведены на поликристаллических образцах. В работе [1] установлено также существование в НИБ ниже 64°K магнитоэлектрического эффекта. На основании исследования эффекта Фарадея показано [2], что в магнитном поле H около 6 кэ магнитоэлектрическая поляризация меняет знак, при этом намагниченность поворачивается в одно из направлений $[1\bar{1}0]$ или $[\bar{1}10]$.

Данная работа посвящена изучению магнитных свойств монокристаллов НИБ в интервале температур от $4,2$ до 300°K . Монокристаллы были

выращены методом химической газотранспортной реакции. Ориентировка кристаллов в магнитном поле осуществлялась на основании их естественной огранки. Форма кристаллов позволяла производить измерения в двух направлениях: параллельно $[110]$ и в перпендикулярном ему направлении $[1\bar{1}1]$.

Исследования парамагнитной восприимчивости χ_m НИБ в интервале температур от 70 до 300° К при $H \parallel [1\bar{1}1]$ и от 80 до 300° К при $H \parallel [110]$ проведены методом магнитных весов в парах гелия и в парах азота для трех монокристаллов. Измерения показали, что выше 82° К χ_m изотропна, не зависит от величины приложенного поля и не подчиняется закону Кюри – Вейсса. Из трех образцов у одного наблюдался очень широкий максимум χ_m при 120° К. У двух других образцов этот максимум не наблюдался (рис. 1, кривая 1), что не дает основания считать, что ниже 120° К устанавливается антиферромагнитный порядок спинов.

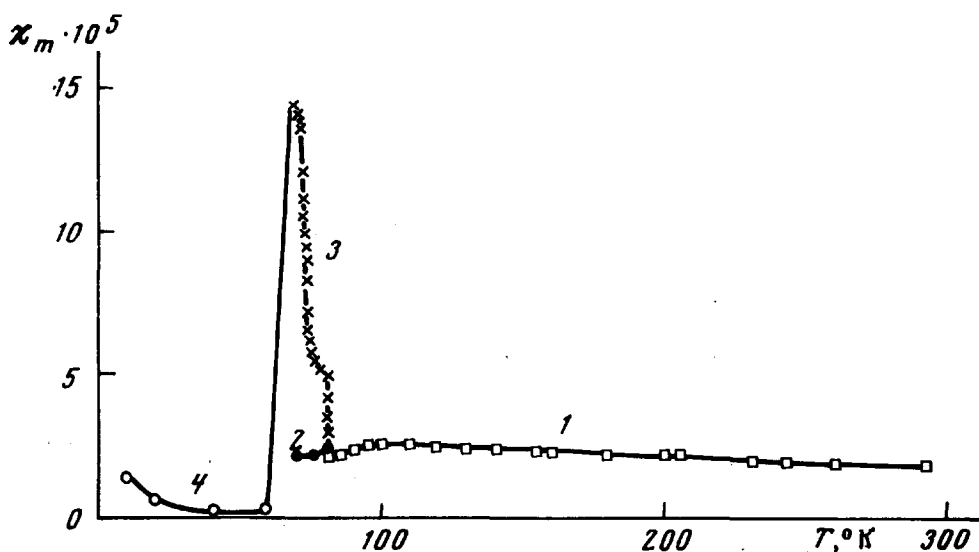


Рис. 1. Температурная зависимость восприимчивости $\text{Ni}_3\text{B}_7\text{O}_{13}$: 1 – изотропная часть χ_m , 2 – $H \parallel [1\bar{1}1]$, 3 и 4 – $H \parallel [110]$

В интервале 69 – 82° К методом вибрационного магнетометра проведено исследование намагниченности НИБ в поле электромагнита до 15 кэ. Образец находился в жидком воздухе, изменение температуры осуществлялось путем откачки паров над его поверхностью. Вычисленная на основании измерений намагниченности восприимчивость показана на том же рисунке (кривая 2 для $H \parallel [1\bar{1}1]$ и кривая 3 для $H \parallel [110]$). Измерения вдоль оси $[1\bar{1}1]$, выполненные обоими методами, хорошо согласуются между собой. Резкое увеличение χ_m при $H \parallel [110]$ с понижением температуры заставляет предположить существование в этих кристаллах магнитного фазового перехода вблизи 68° К.

В интервале 4,2 – 60° К проводились измерения намагниченности σ методом вибрационного магнетометра в сверхпроводящем соленоиде в

магнитных полях до 50 кэ . На рис. 2 представлены кривые намагничивания НИБ выше 10° К . Ход кривых при $H \parallel [110]$ показывает, что исследуемые кристаллы при $10 < T < 60^\circ \text{ К}$ являются слабыми ферромагнетиками со спонтанной намагниченностью $0,1 - 0,2 \text{ гс} \cdot \text{см}^3 / \text{г}$. Вычисленная по наклону линейных частей кривых намагничивания χ_m нанесена на график рис. 1 (кривая 4). На рис. 3 приведены результаты измерения кривых намагничивания при $4, 2^\circ \text{ К}$. При этой температуре зависимость $\sigma(H)$ напоминает кривую намагничивания обычных ферро- или ферримагнетиков.

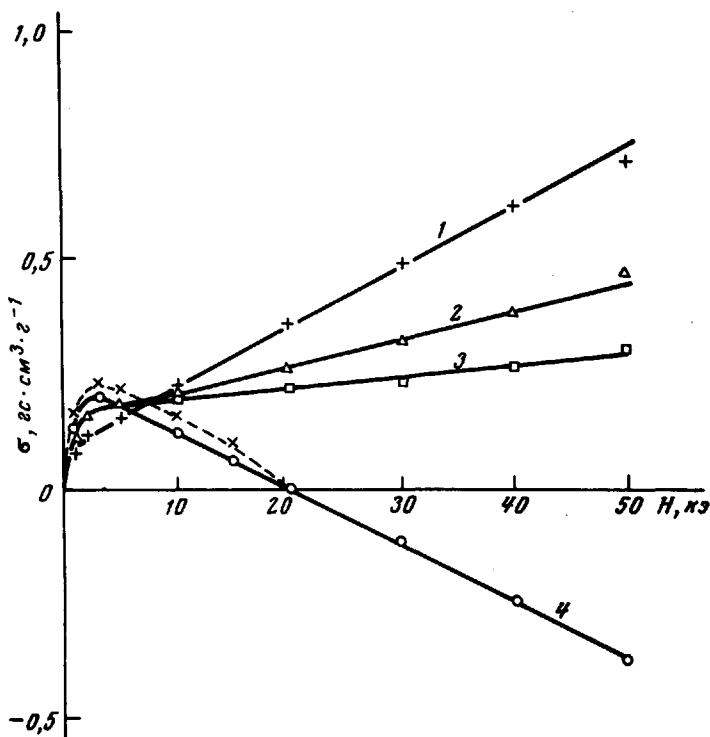


Рис. 2. Кривые намагничивания: $H \parallel [110]$: 1 – 10° К , 2 – 20° К , 3 – 40 и 60° К ; $H \parallel [1\bar{1}1]$: 4 – $20, 30, 40$ и 60° К ; \circ – увеличение H , \times – уменьшение H

Необычный ход кривых $\sigma(H)$ наблюдался в интервале температур $20 - 60^\circ \text{ К}$ в магнитном поле, направленном вдоль оси $[1\bar{1}1]$. Кривая 4 рис. 2 показывает, что намагниченность в поле выше 3 кэ уменьшается с увеличением поля, а в поле выше 20 кэ меняет знак. Измерения кривых намагничивания были повторены обычным баллистическим методом. Кривые качественно подтвердили ход, представленный кривой 4 рис. 2, хотя количественного совпадения кривых достигнуто не было. Указанная особенность кривых $\sigma(H)$ имеет место, когда вибрация образца в методе вибрационного магнетометра или его движение через баллистическую катушку в баллистическом методе параллельны приложенному магнитному полю. Проведение эксперимента при вибрации образца, направленной перпендикулярно магнитному полю, дает обычные для слабого ферромагнетизма кривые намагничивания.

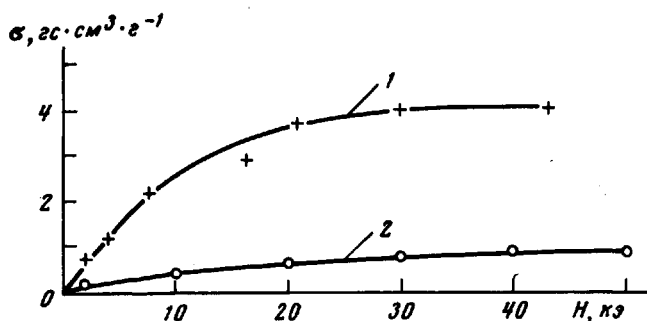


Рис. 3. Кривые намагничивания $\text{Ni}_3\text{V}_2\text{O}_7\text{I}$ при $4,2^\circ\text{K}$: 1 — $H \parallel [111]$, 2 — $H \parallel [110]$

С целью выяснения, не является ли обнаруженный эффект следствием экранировки магнитного поля был измерен качественный ход температурной зависимости электросопротивления НИВ вдоль оси $[1\bar{1}1]$. Измерения показали, что при понижении температуры от 300 до $4,2^\circ\text{K}$ сопротивление образца увеличивается от 10^5 до 10^{13} ом. Не исключено, что кривая 4 рис. 2 является следствием магнитоэлектрического эффекта [2].

Авторы благодарны Р.З.Левитину, В.И.Соколову, О.С.Галкиной и А.Н.Бажану за практическую помощь и А.П.Леванюку за постоянный интерес к работе.

Институт кристаллографии
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28 мая 1974 г.

Литература

- [1] E.Ascher, H.Rieder, H.Schmid, H.Stössel. J. Appl. Phys., 37, 1404, 1966.
[2] Г.Шмид. Рост кристаллов. М., Физматгиз, 1966 г., стр. 32.