

Наличие гистерезиса в зависимости $dP/d\sigma$ от σ , по-видимому, затруднит практическое использование гиперпьезоэлектрического эффекта, однако гигантская величина этого эффекта, несомненно, вызовет интерес инженеров.

Подводя итоги, отметим, что в антисегнетоэлектриках, которые полем и механическими напряжениями могут быть переведены в СЭ состояние, возможно наблюдать гиперпьезоэлектрический эффект, который по величине выделяемого заряда существенно превышает обычный пьезоэлектрический эффект в сегнетоэлектриках.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

[1] Смоленский Г. А., Боков В. А., Исупов В. А., Крайник Н. Н., Пасынков Р. Е., Соколов А. А., Юшин Н. Н. Физика сегнетоэлектрических явлений. Л.: Наука, 1985.

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе
АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
21 ноября 1989 г.

УДК 539.27

© Физика твердого тела, том 32, № 7, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 7, 1990

ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИОННОГО МАГНИТНОГО ПЕРЕХОДА В α -Fe₂O₃ НА ЭФФЕКТ МАЯТНИКОВЫХ ПОЛОС В РАССЕЯНИИ НЕЙТРОНОВ

В. В. Квардаков, В. А. Соменков, С. Ш. Шильштейн

Недавно было установлено, что некоторые магнитоупорядоченные кристаллы обладают высоким совершенством, достаточным для наблюдения динамических эффектов при рассеянии в этих кристаллах тепловых нейтронов. Так, в ядерном и магнитном рассеянии нейтронов тонкими (несколько десятков микрон) кристаллами слабых ферромагнетиков бора-тата железа FeBO₃ и гематита α -Fe₂O₃ был обнаружен [1, 2] динамический эффект «маятниковых полос» — осциллирующая зависимость интенсивности лауэвского рассеяния от толщины кристалла. Как известно, в гематите при $T_m \approx -20$ °С происходит магнитный фазовый переход Морина [3, 4] из слабоферромагнитного состояния с анизотропией «легкая плоскость» при $T > T_m$ в антиферромагнитное состояние с анизотропией «легкая ось». Поэтому представляет интерес изучить, какое влияние этот переход оказывает на рассеяние нейтронов и, в частности, на эффект маятниковых полос.

В работе использовали кристалл гематита, выращенный методом «из раствора в расплаве» в Симферопольском государственном университете. Кристалл представлял собой пластинку с плоскостью (111), поперечными размерами $\approx 5 \times 3$ мм, толщиной ≈ 14 мкм, разнотолщенностью ± 2 мкм, полем магнитного насыщения при комнатной температуре ≈ 10 Э. Эксперименты проводили при длине волны $\lambda = 2.4$ Å на нейтронном дифрактометре МОНД, установленном на исследовательском реакторе ИР-8 ИАЭ им. И. В. Курчатова. Кристалл находился в магнитном поле ≈ 50 Э. Для экспериментов использовали термостат.

Исследовали зависимость интенсивности рассеяния от эффективной толщины кристалла, которую изменяли, поворачивая образец вокруг нормали к отражающей плоскости (метод наклона [5]). Для наблюдения нескольких осцилляций в этом тонком кристалле (толщина кристалла

составляла ≈ 0.3 от длины экстинкции) его наклоняли на углы до 80° с тем, чтобы увеличить оптическую толщину в 6—7 раз. В работе также исследовали зависимость интенсивности рассеяния от температуры кристалла.

Из результатов температурных экспериментов (рис. 1) видно, что при охлаждении образца начиная с температуры -13°C уменьшается интенсивность магнитного рассеяния нейтронов от плоскостей (111), а при -25°C эта интенсивность обращается в нуль. Учитывая, что амплитуда магнитного рассеяния нейтронов для данного отражения в антиферромагнитной фазе гематита должно быть равно нулю по причине параллельности антиферромагнитного вектора и вектора рассеяния [6], можно сделать вывод о том, что переход Морина в исследуемом кристалле происходит в диапазоне температур $-13 \div -25^\circ\text{C}$.

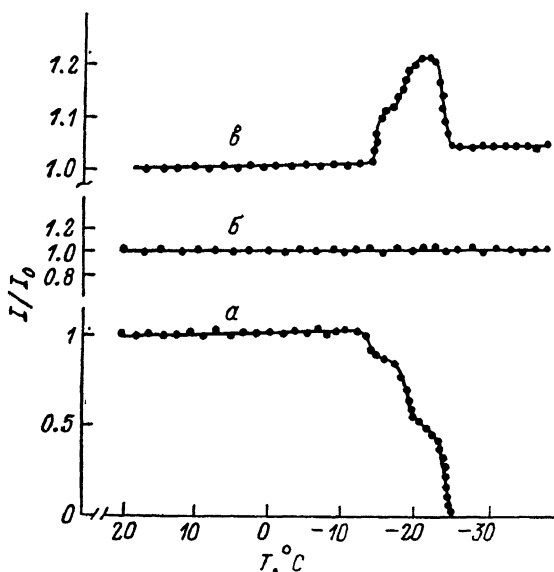


Рис. 1. Зависимость интенсивности магнитного a , (а) (рефлексы (111), (100) соответственно) и ядерного (рефлекс (222)) (б) рассеяния нейтронов от температуры кристалла $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Эксперименты, проведенные по методу наклона при комнатной температуре (в слабоферромагнитной фазе $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), показали (рис. 2), что зависимости интенсивности ядерного (110) и магнитного (100) рассеяния нейтронов от эффективной толщины кристалла имеют осциллирующий характер. Положения осцилляций совпадают с положениями, полученными на основании уравнений динамической теории [7, 8]. Контраст осцилляций ниже теоретического и убывает с ростом толщины кристалла быстрее, чем это предсказывает теория, что может быть связано с влиянием разнотолщинности [9].

Из результатов экспериментов, проведенных при $T \approx -35^\circ\text{C}$ (в антиферромагнитной фазе $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), видно, что интенсивность ядерного рассеяния нейтронов остается осциллирующей функцией эффективной толщины, а контраст осцилляций и их положение приблизительно такие же, как и при комнатной температуре. В то же время осцилляции в магнитном рассеянии нейтронов не наблюдаются. При нагреве кристалла до комнатной температуры осцилляции в магнитном рассеянии восстанавливаются с контрастом, примерно таким же, как и до охлаждения.

Как видно из рис. 1, интенсивность ядерного рассеяния не зависит от температуры, а интенсивность магнитного (100) рефлекса изменяется в момент перехода. Это указывает на то, что осциллирующий характер интенсивности магнитного рассеяния нейтронов нарушается сразу после прохождения температуры перехода.

Согласно расчетам, структурная амплитуда магнитного рассеяния нейтронов для рефлекса (100) при переходе из слабоферромагнитной

в антиферромагнитную фазу меняется незначительно (уменьшается примерно на $\approx 3.5\%$), что само по себе не должно приводить к существенным изменениям в картине дифракции. Ранее нами было установлено [1], что слабоферромагнитные домены приводят к исчезновению динамических осцилляций в магнитном рассеянии нейтронов при сохранении осцилляций в ядерном рассеянии, а для наблюдения осцилляций в магнитных рефлексах образец необходимо помещать в насыщающее магнитное поле. Возможной причиной отсутствия осцилляций в магнитном рассеянии нейтронов в $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ при $T < T_m$ могут служить слабо взаимодействующие с полем

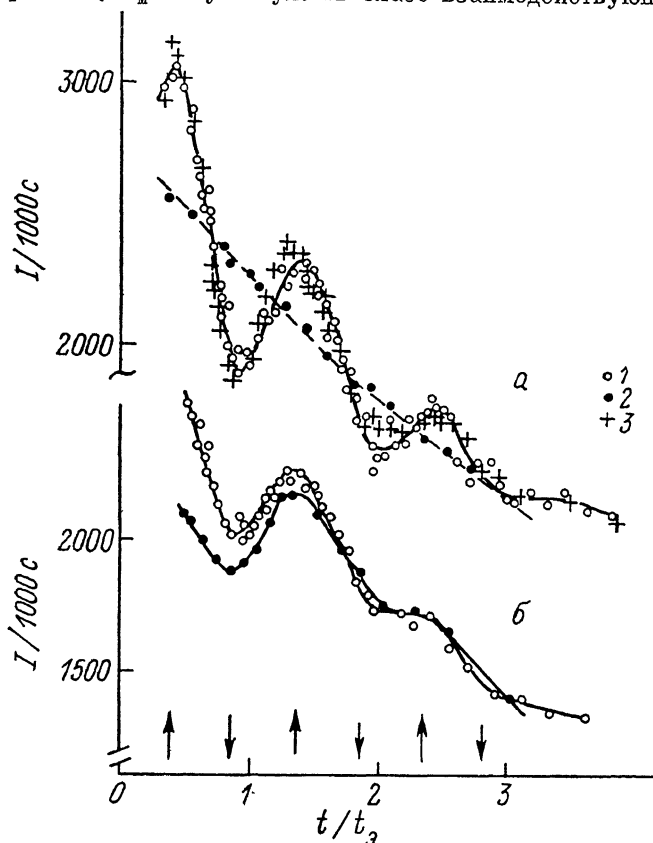


Рис. 2. Зависимости интенсивности магнитного (а) (рефлекс (100)) и ядерного (б) (рефлекс (110)) рассеяния нейтронов от толщины кристалла $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, выраженной в длинах экстинкции.

Эксперименты проводили при температуре выше (1), ниже (2) и опять выше (3) температуры Морины. Стрелками указаны теоретические положения экстремумов осцилляций.

антиферромагнитные домены, существование которых в гематите проявляется в ряде экспериментов [10, 11]. Домены приводят к нарушению трансляционной симметрии магнитной подрешетки и должны влиять на динамические эффекты в магнитном рассеянии нейтронов так же, как влияют дефекты упаковки на динамические эффекты в рассеянии рентгеновских лучей [12, 13].

Таким образом, переход Морины может приводить к появлению в магнитной структуре антиферромагнитной фазы $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ несовершенств, влияющих на динамический характер магнитного рассеяния нейтронов и не проявляющихся в ядерном рассеянии нейтронов. Эти специфические магнитные дефекты исчезают при переходе в слабоферромагнитную фазу.

Авторы благодарят В. П. Селезнева за предоставление кристалла.

- [1] Зелепухин М. В., Квардаков В. В., Соменков В. А., Шильштейн С. Ш. // ЖЭТФ 1989. Т. 95. № 4. С. 1530—1536.
- [2] Kvardakov V. V., Somenkov V. A., Shilstein S. Sh. // Materials Science Forum. 1988. V. 27/28. P. 221—222.
- [3] Morin F. J. // Phys. Rev. 1950. V. 78. № 6. P. 819—820.
- [4] Shull C. G., Strauser W. A., Wollan E. O. // Phys. Rev. 1951. V. 83. N 2. P. 333—345.
- [5] Somenkov V. A., Shilshtein S. Sh., Belova N. E., Utemisov K. // Sol. St. Comm. 1978. V. 25. P. 593—595.
- [6] Бэкон Д. Дифракция нейтронов. М.: ИЛ, 1957. 256 с.
- [7] Zachariasen W. H. Theory of X-ray diffraction in crystals. N. Y., 1945. 255 p.
- [8] Rauch H., Petrascheck D. Topics in Current Physics. V. 6 / Ed. H. Dachs. Berlin—Heidelberg—N. Y., 1978. P. 303—351.
- [9] Belova N. E., Eichhorn F., Somenkov V. A., Utemisov K., Shilshtein S. Sh. // Phys. St. Sol. (a). 1983. V. 76. N 1. P. 257—265.
- [10] Scott R. A. M., Anderson J. C. // J. Appl. Phys. 1965. V. 37. N 1. P. 234—237.
- [11] Nathans R., Pickart S. J., Alperin H. A., Brown P. J. // Phys. Rev. 1964. V. 136. N 6A. P. 1641—1647.
- [12] Kato N., Usami K., Katagawa T. // Advances in X-ray analysis. V. 10. N. Y., 1967. P. 46—66.
- [13] Kohra K., Yoshimatsu M. // J. Phys. Soc. Jap. 1962. V. 17. N 6. P. 1041—1052.

Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова
Москва

Поступило в Редакцию
5 декабря 1989 г.

УДК 621.375

! © Физика твердого тела, том 32, № 7, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 7 1990

РЕЛАКСАЦИЯ ИМПУЛЬСА ФОТОЭЛЕКТРОНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ GaAs В ЭФФЕКТЕ МАГНИТОИНДУЦИРОВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ЗАВИСИМОЙ ФОТОПРОВОДИМОСТИ

В. Л. Альперович, А. О. Минаев, Н. С. Рудая, А. С. Терехов

В работе [1] показано, что вследствие оптического выстраивания импульсов фотоэлектронов [2] магнитное поле, параллельное поверхности полупроводника, приводит к поляризационной зависимости числа баллистических фотоэлектронов, падающих на поверхность, и углов их падения. В этих условиях магнитное поле вызывает ряд поляризационно-зависимых фотоэффектов, таких как магнитоиндуцированный поверхностный фототок, возникающий при диффузном рассеянии электронов на поверхности [3], и магнитоиндуцированная баллистическая фотоэдс в барьере Шоттки [4], которая обусловлена неупругостью взаимодействия электронов с границей раздела металл—полупроводник.

В настоящей работе сообщается о наблюдении поляризационно-зависимой компоненты фотопроводимости в тангенциальном магнитном поле В, которая связана с рассеянием баллистических электронов на поверхности GaAs.

В эксперименте использовались эпитаксиальные пленки *n*-GaAs толщиной $d=7 \div 100$ мкм с подвижностью электронов $\mu=4 \cdot 10^4 \div 1.3 \cdot 10^5$ см²/В·с при 77 К. К образцу с двумя омическими контактами прикладывалось тянущее электрическое поле *E* величиной до 0.5 В/см. Для исключения влияния фотомагнитного эффекта использовалась геометрия $E \parallel B$. Поляризация света, падающего на образец по нормали, модулировалась между состояниями $e \parallel B$ и $e \perp B$. Магнитоиндуцированная поляризационно-зависимая фотопроводимость (МПФП) *j* измерялась на частоте модуляции и пропорциональна разности величин фотопроводимости для