

для получения нижней кривой на рис. 2 использовались данные по рассеянию света на поляритонах в геометрии $z(x)z+\Delta y$ (рис. 1, б), а верхняя кривая рассчитана на основе экспериментальных данных рис. 1, а и замене в соотношении (2) индексов $y \rightarrow x$.

В качестве независимой проверки корректности подхода были найдены предельные значения частот оптических фононов из системы уравнений (2) с учетом (1) и экспериментальными данными частот поляритонов $\nu_p(\varphi)$. Полученные значения $\nu_{A_1}^1=751.1$, $\nu_{B_2}^1=632$, $\nu_{A_1}^2=793$, $\nu_{B_1}^2=731.2$ см⁻¹ с погрешностью 2% совпадают с нашими данными по 90-градусному рассеянию света и результатами работы [3].

Проделанный анализ особенностей спектров рассеяния света на поляритонах в кристаллах КТР позволил определить угловую дисперсию наклонных полярных оптических фононов в анизотропном кристалле во всей области углов рассеяния.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Клышко Д. Н., Пенин А. Н., Полковников Б. Ф. // Письма в ЖЭТФ. 1970. Т. 11. № 1. С. 11—14.
- [2] Леонов А. П., Воронков В. И., Стефанович С. Ю., Яновский В. К. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. № 2. С. 85—89.
- [3] Гармаш В. М., Говорун Д. Н., Коротков П. А., Обуховский В. В., Павлова Н. И., Рез И. С. // Опт. и спектр. 1985. Т. 58. № 3. С. 699—703.
- [4] Zvirgzds J. A., Habbal F., Nicola J. H., Toms D. J., Scott J. F. // Phys. Rev. 1979. V. B19. N 2. P. 1178—1182.
- [5] London R. // Adv. Phys. 1964. V. 13. N 2. P. 423—482.

Физико-технический институт
им. С. У. Умарова АН ТаджССР
Душанбе

Поступило в Редакцию
13 июня 1989 г.
В окончательной редакции
28 ноября 1989 г.

УДК 539.27

© Физика твердого тела, том 32, № 6, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 6, 1990.

НАБЛЮДЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ В ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ МАГНИТНОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ

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

Согласно динамической теории, интенсивность лауэвского рассеяния излучения на идеальном кристалле должна быть осциллирующей функцией отношения его толщины к длине экстинкции — эффект «маятниковых полос» [1-3]. Длина экстинкции связана с амплитудой рассеяния, которая в случае магнитного рассеяния нейтронов зависит от величины магнитного момента подрешеток [4] и, следовательно, от температуры образца. Поэтому при дифракции нейтронов в совершенных магнитоупорядоченных кристаллах должен наблюдаться эффект, отсутствующий при дифракции в мозаичных образцах: интенсивность магнитного рассеяния должна быть осциллирующей функцией температуры даже при монотонной температурной зависимости величины магнитного момента подрешеток. Так, для антиферромагнетика эти осцилляции можно описать следующей формулой:

$$I(T) \sim |F(T)| \int_0^t J_0(x) dx \sim |M(T)| \int_0^t \frac{J_0(x) dx}{M(T^*)} \quad (1)$$

где $I(T)$ — интенсивность рассеяния; t — толщина кристалла; $F(T)$ — структурная амплитуда рассеяния, величина которой пропорциональна величине магнитного момента подрешеток $M(T)$; $t_s(T)$ — длина экстинкции, величина которой обратно пропорциональна величине $M(T)$; T^* — некоторая температура, меньшая температуры Нееля T_N ; $J_0(x)$ — функция Бесселя. В настоящей работе проведен поиск этих осцилляций.

Для этой цели использовали совершенный кристалл слабо ферромагнетика FeVO_3 с $T_N=348$ К [5], на котором ранее мы наблюдали динамические осцилляции в зависимости интенсивности магнитного рассея-

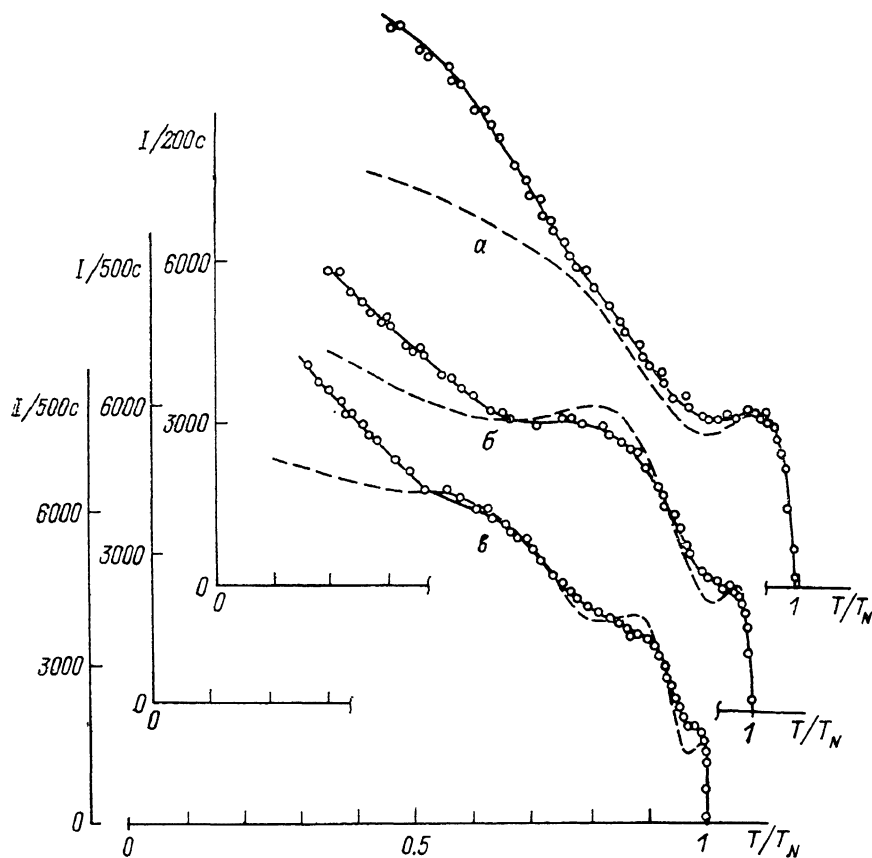


Рис. 1. Экспериментальные (точки) и теоретические (штриховые линии) зависимости интенсивности магнитного рассеяния нейтронов совершенным кристаллом FeVO_3 (рефлекс (100)) от температуры T ($T_N=348$ К) при трех значениях эффективной толщины образца, составляющих 0.82 (а), 1.19 (б), 1.66 (в) от длины экстинкции при комнатной температуре.

ния от эффективной толщины образца [6]. Он представлял собой пластинку с плоскостью (111), толщиной ≈ 70 мкм, разнотолщинностью $\approx \pm 10$ мкм, поперечными размерами $\approx 5 \times 9$ мм и был выращен в Физическом институте ЧСАН (Прага) [7]. Поскольку исследуемый кристалл был довольно тонким: величина t/t_s , вычисленная при $T^*=20$ °С на основании положения динамических осцилляций в толщинной зависимости интенсивности рассеяния, составляла ≈ 0.82 , то для увеличения эффективной толщины образец наклоняли вокруг нормали к отражающей плоскости. Исследования выполняли при трех углах наклона: 0° ($t/t_s(T^*)=0.82$), 46° ($t/t_s(T^*)=1.19$), 60° ($t/t_s(T^*)=1.66$). Кристалл находился в насыщающем магнитном поле ≈ 60 Э.

Эксперименты проводили на нейтронном дифрактометре МОНД, установленном на исследовательском реакторе ИР-8 ИАЭ им. И. В. Курча-

това. Использовали нейтроны с длиной волны $\lambda = 2.4 \text{ \AA}$, монохроматизированные путем отражения пучка от двух кристаллов пиролитического графита [8]. Долю нейтронов с длиной волны $\lambda/2$ уменьшали до уровня $\approx 2\%$ фильтром из того же материала. Площадь пучка составляла $\approx 10 \text{ мм}^2$. Измеряли зависимость интенсивности когерентного рассеяния нейтронов кристаллом FeVO_3 от температуры при медленном $\approx 50 \text{ К/ч}$ отогреве кристата от азотной до комнатной температуры и последующем нагреве образца до температуры Нееля путем подачи в азотный объем теплого воздуха. Отсутствие ухода кристалла из отражающего положения при изменении температуры контролировали путем измерения кривой качания.

Зависимость интенсивности магнитного отражения (100) от температуры (рис. 1) имеет осциллирующий характер, причем число осцилляций увеличивается с ростом эффективной толщины кристалла. Температура $\approx 75 \text{ }^\circ\text{C}$, при которой интенсивность рассеяния обращается в нуль, соответствует значению температуры Нееля.

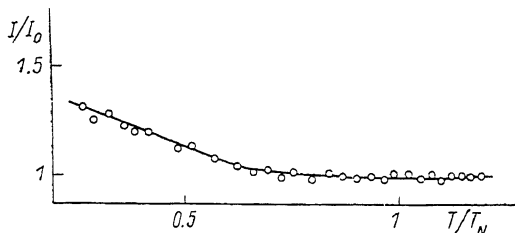


Рис. 2. Зависимость интенсивности ядерного рассеяния нейтронов FeVO_3 от температуры. Рефлекс (222).

На рис. 1 представлены также теоретические зависимости $I(T)$, рассчитанные по формуле (1), в которых в соответствии с результатами экспериментов по рассеянию нейтронов на поликристаллах FeVO_3 [9] приняли, что $M(T) \sim B_s(T)$, где $B_s(T)$ — функция Бриллюэна для спина $s=5/2$. Учет разнотолщинности образца проводили по методике [10]. Соотношение масштабов между теоретической и экспериментальной кривыми устанавливали по соотношениям абсолютных величин расчетного и измеренного интегральных коэффициентов отражения при комнатной температуре.

Положения осцилляций на экспериментальных зависимостях соответствуют теоретическим, однако контраст ниже расчетного. Интенсивность магнитного рассеяния при низких температурах превышает теоретическое значение для идеального кристалла, что наблюдалось даже при фиксировании температуры вблизи азотной или при использовании различных способов крепления. Для выяснения причины этого превышения была исследована температурная зависимость интенсивности ядерного рассеяния нейтронов (рис. 2). В этом случае при охлаждении кристалла интенсивность рассеяния монотонно возрастала. Такое возрастание естественно связать с влиянием упругих напряжений, появляющихся, по всей видимости, за счет градиентов температуры [11], поскольку ожидаемое изменение интенсивности за счет фактора Дебая—Валлера должно было составлять $< 1\%$. Следовательно, отклонение контраста осцилляций от теоретического значения обусловлено, по-видимому, увеличением деформации при низких температурах и большей чувствительностью контраста осцилляций к дефектам за счет увеличения длины экстинкции при $T \rightarrow T_N$.

Таким образом, в настоящей работе обнаружено, что интенсивность магнитного рассеяния нейтронов в совершенном кристалле осциллирует при изменении температуры. Эти осцилляции обусловлены динамическим характером рассеяния и отсутствуют при рассеянии в мозаичных кристаллах. Наблюдение осцилляций может быть использовано для определения температурных зависимостей намагниченности подрешеток, точность ко-

того в случае исследования достаточно толстых совершенных кристаллов может превысить точность определения этих зависимостей другими методами.

Авторы благодарят А. В. Иродову за помощь в расчетах, а также Г. В. Смирнова, Ю. В. Швыдько, М. В. Зелепухина за предоставление кристалла.

Список литературы

- [1] Laue M. V. Röntgenstrahl—Interferenzen. Frankfurt, 1960. 360 s.
- [2] Zachariazen W. H. Theory of X-ray diffraction in crystals. N. Y., 1945. 255 p.
- [3] Rauch H., Petrascheck D. // Topics in Current Physics. V. 6 / Ed. H. Dachs. Berlin—Heidelberg—N. Y., 1978. P. 303—351.
- [4] Изюмов Ю. А., Озеров Р. П. Магнитная нейтронография. М., 1966. 532 с.
- [5] Diehl R., Jantz W., Noläng B. I., Wettling W. // Current Topics in Mater. Sci. V. 11. Amsterdam, 1984. P. 241—387.
- [6] Зелепухин М. В., Квардаков В. В., Соменков В. А., Шильштейн С. Ш. // ЖЭТФ. 1989. Т. 95. № 4. С. 1530—1536.
- [7] Kotrbova M., Kadečkova S., Novak J., Bradler J., Smirnov G. V., Shvydko Yu. V. // J. Cryst. Growth. 1985. V. 71. N 3. P. 607—614.
- [8] Энтин И. Р., Глазков В. П., Моряков В. П., Наумов И. В., Соменков В. А., Шильштейн С. Ш. // ПТЭ. 1976. № 5. С. 56—58.
- [9] Pernet M., Elmaleh D., Joubert J. C. // Sol. St. Comm. 1970. V. 8. N 20. P. 1583—1587.
- [10] Belova N. E., Eichhorn F., Somenkov V. A., Utemisov K., Shilshstein S. Sh. // Phys. St. Sol. (a). 1983. V. 76. N 1. P. 257—265.
- [11] Malgrange C. // Acta Cryst. A. 1969. V. 25. N 2. P. 356—363.

Институт атомной энергии
им. И. В. Курчатова
Москва

Поступило в Редакцию
5 декабря 1989 г.

УДК 532.783 : 548—14

© Физика твердого тела, том 32, № 6, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 6, 1990

О ДИПОЛЬНОМ УПОРЯДОЧЕНИИ В НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

А. П. Крехов, О. А. Скалдин

В последнее время в исследованиях нематических жидких кристаллов (НЖК) значительное место занимает вопрос о возможностях существования полярной фазы [1]. В НЖК, молекулы которых обладают дипольным моментом, на границе раздела ЖК—свободная или твердая поверхность может возникать полярный слой нематика [2–6]. В результате взаимодействия постоянных дипольных моментов молекул реализуется пространственное распределение поляризации в объеме ЖК. Изучение температурного поведения параметров дипольной ориентационной поляризации представляет интерес для понимания природы и механизмов упорядочения в ЖК и свойств биомембран с жидкокристаллической структурой в живых системах.

В работе [6] в экспериментах по генерации второй оптической гармоники исследовалась температурная зависимость полярного порядка монослоя 40ЦБ на границе раздела нематик—стекло. Поверхностная поляризация оказалась не зависящей от температуры, что естественно для монослоя. Однако для макроскопического слоя ЖК имеет место пространственная неоднородность распределения параметра дипольного упорядочения $S_1(\mathbf{r})$, что может приводить к температурным изменениям эффективной толщины поляризованного слоя $\delta_{\text{эфф}}$ и S_1^0 на границе.

Рассмотрим модель поляризации в ограниченных НЖК в рамках теории нематического состояния Ландау—де Жена [7]. Так как образ-