

ISSN 0132-6414

**ФИЗИКА  
НИЗКИХ  
ТЕМПЕРАТУР**

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

**ТОМ  
10**

**9.1984**

лах для энергии связанных состояний (7) и направления оси  $\epsilon - 4\mu H$  на противоположное на рисунке. Общая структура спектра при этом не нарушается.

Пользуюсь случаем выразить искреннюю благодарность В. М. Цукернику за постоянную поддержку работы и полезные обсуждения результатов.

E. V. EZERSKAYA

## LOW TEMPERATURE PROPERTIES OF QUASI-ONE-DIMENSIONAL MAGNETIC SYSTEMS WITH XY INTERACTION

(Short Note)

The effect of the interaction between XY chains upon the spectrum of lower lying excitations of quasi-one-dimensional magnetic systems is investigated. It is shown that the energies of two-magnon bound states of a three XY chain tube are beyond the continuous spectrum at sufficiently high values of a total quasi-momentum, while the energies of similar states for a strip containing the same number of chains are always within a total spectrum.

### LIST OF SYMBOLS

$\mathcal{H}$ , Hamiltonian;  $S$ , spin operator;  $J$ , exchange interaction constant;  $\mu$ , magneton;  $H$ , magnetic field;  $\epsilon$ , energy.

### FIGURE CAPTION

The structure of a continuous spectrum of a two-magnon states of the tube:  $\epsilon - 4\mu H = J_1 \pm 2J_2 \cos k/2$  (I);  $\epsilon - 4\mu H = -J_1/2 \pm 2J_2 \cos k/2$  (II);  $\epsilon - 4\mu H = -2J_1 \pm 2J_2 \cos k/2$  (III). 1, 4, 5, 8, 9 — degeneracy multiplicities of energy levels for portions of continuous spectrum. Dash-and-dot lines — bound states with energies (7).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jongh L. J. de, Miedema A. R. Experiments on simple magnetic model systems.— *Adv. Phys.*, 1974, 23, N 1, p. 1—260.
2. Swank D. D., Landee C. P., Willett R. D. Magnetic interactions of copper (II) trimers.— *J. Magn. and Magn. Mater.*, 1980, 15—18, p. II, p. 319—320.
3. Akadi H., Uryū N. Magnetic susceptibility of a chain system consisting of copper (II) trimers.— *Phys. Lett. A*, 1981, 86, N 4, p. 248—250.
4. Lieb E., Schultz T., Mattis D. Two soluble models of an antiferromagnetic chain.— *Ann. Phys.*, 1961, 16, N 3, p. 407—466.
5. Конторович В. М., Цукерник В. М. Магнитные свойства цепочки спинов с двумя подрешетками.— *ЖЭТФ*, 1967, 53, вып. 3, с. 1167—1175.
6. Езерская Е. В., Цукерник В. М. Квантовые стационарные состояния квазиодномерной магнитной системы.— *ФНТ*, 1983, 9, № 10, с. 1082—1092.
7. Конторович В. М., Цукерник В. М. О фазовых переходах в спиновых системах при нуле температуры.— *ЖЭТФ*, 1972, 62, вып. 1, с. 355—361.

Харьковский гос. ун-т  
им. А. М. Горького

Получено 13.04.84

УДК 539.292

В. И. ГОСТИЩЕВ, С. Е. ДЕМЬЯНОВ, В. Р. СОБОЛЕВ

## МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

При гальваномагнитных измерениях на алюминии обнаружен рост относительного поперечного магнетосопротивления в зависимости от деформации, обусловленный малоугловым рассеянием электронов на протяженных дефектах кристаллической решетки. Сравниваются два вида малоуглового рассеяния — электрон-фононное и электрон-дислокационное.

Целый ряд эффектов в низкотемпературных характеристиках электро-сопротивления и магнетосопротивления алюминия, как показано в работе [1], имеют общую природу, связанную с тем, что функция распределения электронов в чистом металле имеет анизотропию, обусловленную, в частности, анизотропией процессов рассеяния на фононах. В работе [2] установлена корреляция между температурными зависимостями электро-сопротивления и магнетосопротивления алюминия, содержащего статические дефекты кристаллической решетки различного вида. Экспериментально показано, что влияние протяженных дефектов (дислокаций) на температурную зависимость относительного поперечного магнетосопротивления  $\rho_H/\rho_0$  качественно подобно воздействию примесей и дефектов закалки, т. е. приводит к уменьшению масштаба анизотропии функции распределения. При этом детально не исследовалась возможность малоуглового рассеяния электронов на дислокациях, а выводы о существовании такого механизма рассеяния основывались на качественных оценках или непрямым измерениям.

В настоящем сообщении приводятся экспериментальные результаты исследования поперечного магнетосопротивления алюминия в процессе низкотемпературной пластической деформации. Проанализированы два механизма малоуглового рассеяния электронов на фононах и дислокациях.

В эксперименте использовались цилиндрические образцы поликристаллического алюминия

диаметром 1,4 мм с  $RRR = 10\,000$  в исходном состоянии. Измерения проводили в диапазоне температур 4,2—40 К и магнитных полей напряженностью до 85 кэ. Образцы деформировались путем одноосного растяжения при 4,2 К в интервале деформаций 0—30 % с шагом 3 %. После достижения определенной степени деформации образец разгружался и выдерживался при комнатной температуре в течение 170 ч с целью отжига точечных дефектов [3], затем охлаждался до 4,2 К и после измерений подвергался следующему этапу низкотемпературной деформации.

Вид кривой деформационного упрочнения с характерными скачками в области больших напряжений позволяет заключить, что в процессе деформации отсутствовало двойникование и генерировались преимущественно протяженные и точечные дефекты [4]. Плотность вводимых протяженных дефектов легко оценить по изменению электро-сопротивления  $\Delta\rho$  [5]:  $\Delta\rho = 3,7 \cdot 10^{-19}$  ом · см<sup>3</sup>/ед. дисл.

На рис. 1 приведены зависимости  $\rho_H/\rho_0$  от деформации для некоторых значений магнитного поля при 4,2 К. Как видно, относительное магнетосопротивление с увеличением  $\epsilon$ , т. е. плотности дислокаций, возрастает, достигает максимума при  $\epsilon \approx 10\%$  ( $N_D \approx 3 \cdot 10^9$  ед. дисл./см<sup>2</sup>) и далее убывает, оказываясь при  $\epsilon \sim 20\%$  меньше значений  $\rho_H/\rho_0$  при  $\epsilon = 0$ . Возрастание  $\rho_H/\rho_0$  наблюдается уже при  $\epsilon \sim 0,2-0,3\%$ , т. е. сразу после достижения предела упругой деформации. Увеличение напряженности магнитного поля приводит к приблизительно линейному росту  $\rho_H/\rho_0$ , причем скорость его для различных деформаций остается приблизительно одинаковой, что определяется сильным линейным ростом  $\rho_H$  с магнитным по-

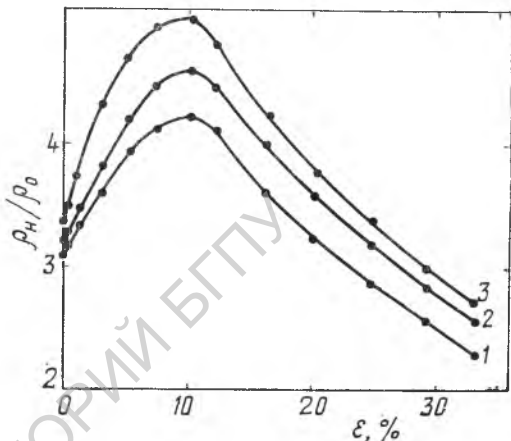


Рис. 1. Зависимость относительного магнетосопротивления алюминия от деформации для напряженности магнитного поля  $H = 15$  (1); 40 (2); 85 (3) кэ при  $T = 4,2$  К.

лем. Характер кривой  $\rho_H/\rho_0(\epsilon)$  качественно подобен температурным зависимостям, полученным в [2,6] и нами в настоящей работе, и свидетельствует о наличии механизма рассеяния, аналогичного по действию малоугловому рассеянию на длинноволновых фонах. Другими словами, генерация протяженных дефектов при пластической деформации до 10 % увеличивает анизотропию функции распределения, а при дальнейшей деформации уменьшает ее. Вероятно, при больших плотностях протяженных дефектов в структуре алюминия образуются локальные источники близкодействующих напряжений, на которых электроны рассеиваются упруго.

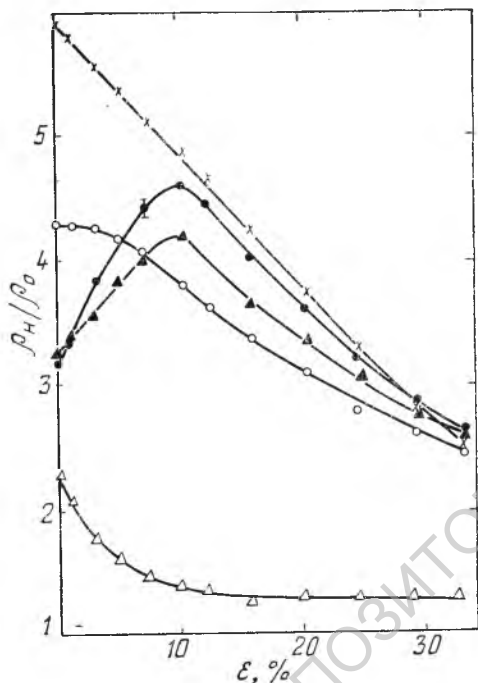


Рис. 2. Изменение  $\rho_H/\rho_0$  с деформацией при температуре 4,2 (●); 7,5 (▲); 12 (○); 17 (×); 40 К (△) при  $H = 40$  кэ.

При 17 К, т. е. температуре, при которой наблюдается сильное отклонение от правила Маттиссена,  $\rho_H/\rho_0$  максимально. Анизотропия функции распределения линейно уменьшается во всей области деформаций, причем масштаб анизотропии функции распределения, обусловленный электрон-фононными механизмами рассеяния, больше масштаба анизотропии, обусловленного малоугловым электрон-дислокационным рассеянием. Повышение температуры до 40 К приводит к полному подавлению обоих анизотропных механизмов рассеяния.

Авторы признательны Ю. Н. Цзяну и А. И. Копелиовичу за полезные обсуждения результатов работы.

V. I. GOSTISHCHEV, S. E. DEM'YANOV, and V. R. SOBOLOV

## MAGNETORESISTANCE OF ALUMINIUM AT INELASTIC DEFORMATION

(Short Note)

Galvanomagnetic measurements have shown that relative transverse magnetoresistance during deformation increases due to small angle electron scattering on extended lattice defects. Two kinds of electron small angle scattering on phonons and dislocations are compared.

Приведенные на рис. 2 зависимости  $\rho_H/\rho_0(\epsilon)$  при различных температурах дают представление об относительном вкладе фонного и дислокационного механизмов рассеяния электронов. При 4,2 К доминирующими механизмами рассеяния являются рассеяния на примесях и на протяженных дефектах. Увеличение концентрации последних приводит к резкому возрастанию масштаба анизотропии функции распределения. Повышение температуры до 7,5 К не приводит к качественным изменениям зависимости относительного поперечного магнетосопротивления от деформации, хотя уменьшение величины  $\rho_H/\rho_0$  свидетельствует об изотропизации функции распределения. При  $T = 12$  К в области малых деформаций неупругое электрон-фононное рассеяние становится эффективнее электрон-дислокационного, и максимум  $\rho_H/\rho_0$  смещается в область  $\epsilon \sim 0$  ( $N_D \approx 10^8$  ед. дисл/см<sup>2</sup>). Увеличение плотности дислокаций приводит к изотропизации функции распределения во всем диапазоне  $\epsilon$ .

## LIST OF SYMBOLS

$\rho_H$ , low temperature magnetoresistance;  $\rho_0$ , low temperature resistance;  $\rho_H/\rho_0$ , relative transverse magnetoresistance;  $\varepsilon$ , inelastic deformation;  $N_d$ , dislocation density;  $T$ , temperature.

## FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. Deformation dependence of relative magnetoresistance in different strength magnetic field  $H$ , kOe: 15 (1); 40 (2); 85 (3).  $T = 4.2$  K.

Fig. 2. Deformation dependence of relative magnetoresistance at different temperatures  $T$ , K: 4.2 (●); 7.5 (▲); 12 (○); 17 (×); 40 (△).  $H = 40$  kOe.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каган Ю., Флеров В. Н. К теории сопротивления и магнетосопротивления металлов при низких температурах.— ЖЭТФ, 1974, 66, вып. 4, с. 1374—1386.
2. Корреляция между температурными зависимостями магнетосопротивления и отклонением от правила Маттиссена в алюминии с линейными дефектами решетки / В. Н. Моргун, В. И. Хоткевич, Н. Н. Чеботаев, В. А. Бондарь.— Металлофизика, 1980, 11, № 2, с. 31—36.
3. Winterberger M. Elimination des lacunes dans les aluminiums thés purs.— Acta Met., 1959, 7, N 8, p. 549—555.
4. Старцев В. И., Ильичев В. Я., Пустовалов В. В. Пластичность и прочность металлов и сплавов при низких температурах.— М.: Металлургия, 1975.— 328 с.
5. Maeta H., Kiritani M. An experimental determination of electrical resistivity of dislocations in deformed aluminium.— J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. A—II, 1966, 30, N 1—2, p. 13—19.
6. Цзян Ю. И., Еременко, Шевченко О. Г. Температурная зависимость магнетосопротивления алюминия.— ЖЭТФ, 1969, 57, вып. 6, с. 1923—1936.

Ин-т физики твердого тела  
и полупроводников АН БССР,  
г. Минск

Получено 16.04.84

УДК 536.48; 539.2

В. В. СУМАРОКОВ, Ю. А. ФРЕЙМАН, В. Г. МАНЖЕЛИЙ, В. А. ПОПОВ,  
В. А. КОНСТАНТИНОВ

## ЗАТОРМОЖЕННОЕ ВРАЩЕНИЕ МОЛЕКУЛ CO В МАТРИЦЕ ТВЕРДОГО Kг. ТЕПЛОЕМОСТЬ

В области температур 2—12 К исследована теплоемкость твердого раствора Kг—CO с концентрацией окиси углерода 0,95 мол. %. Для согласия экспериментальных и расчетных результатов необходимо предположить существенную перенормировку эффективной вращательной постоянной,  $V/V_{\text{эф}} \approx 2,5$ . Найдено, что барьер, препятствующий вращению молекулы CO в матрице Kг, составляет  $\sim 10 \text{ В} \approx 27,5 \text{ К}$ . Предсказано существование низкотемпературного пика теплоемкости с максимумом в области  $T \sim 0,3—0,4 \text{ К}$ .

Исследования отвердевших инертных газов, содержащих молекулярные примеси, привели к обнаружению низкотемпературных аномалий теплоемкости [1, 2] и теплового расширения [3, 4], связанных с заторможенным вращением примесных молекул. Для изучения особенностей поведения твердых растворов, содержащих гетероядерные молекулы, в настоящей работе проведены calorиметрические исследования системы Kг—CO.

Исследована теплоемкость кристаллического криптона и твердого раствора Kг—CO с концентрацией примеси 0,95 мол. % в области температур 2—12 К. Для выделения избыточной теплоемкости раствора с целью устранения систематических ошибок нами была измерена теплоемкость твердого криптона. Полученные нами данные о теплоемкости криптона в пределах ошибки эксперимента согласуются с результатами работ [5, 6].