

Если энергии электронов велики  $E_0 \sim 500$  мэв, то квантовые числа  $n$  и  $n'$  взаимодействующих частиц порядка  $10^8$  [6]. Для таких сильных возбуждений можно дать лишь грубую оценку  $I$ , если считать, что основной вклад в рассеяние дает область малых  $p^\perp$ ; тогда

$$I \cong \left| \frac{1}{2^{9/2} n^{3/2} \pi^2} \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{1}{4} \ln^2 2n - \ln^2 \eta \right) - \frac{1}{4n} \left( \frac{1}{2} \ln 2n - \ln \eta \right) \right\} \right|,$$

т. е. с ростом  $n$  значение  $I$  существенно уменьшается. Таким образом, в настоящей заметке показано, что учет возбуждения электронов дает тенденцию к уменьшению константы  $\alpha$ . Отметим также, что первые эксперименты по исследованию эффекта Тушека показали, что значение экспериментально измеренной константы  $\alpha$  меньше теоретической в 40 раз (1). Различие в значениях константы было отнесено к пересмотру объема, занимаемого электронами. В нашей работе показано, что учет возбуждения осцилляторов ведет к уменьшению  $\alpha$  независимо от объема.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bernardini C., Corazza G. F., Giugno G. Di, Touschek. Phys. Rev. Lett., **10**, 407, 1963.
2. Uta Volkcl. Препринт Desy 67/5, Marz, 1967.
3. Байер В. Н., Хозе В. А. «Атомная энергия», **25**, 440, 1968.
4. Хозе В. А. Лекции на шестой зимней школе ФТИ по теории ядра и физике высоких энергий. Ленинград, 1971.
5. Соколов А. А., Тернов И. М. ДАН СССР, **153**, 1052, 1963; Соколов А. А., Тернов И. М., Багров В. Г., Гальцов Д. В., Жуковский В. Ч. «Изв. вузов», физика, № 5, 3, 1968.
6. Синхронное излучение. Сборник статей, под ред. А. А. Соколова и И. М. Тернова. М., «Наука», 1968.

Поступила в редакцию  
5.5 1972 г.

Кафедра  
теоретической физики

УДК 538.632

Е. П. СВИРИНА, Ю. В. НЕМЧИНОВ

### К АНИЗОТРОПИИ ЭФФЕКТА ХОЛЛА В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОМ НИКЕЛЕ

Анизотропия гальваномагнитных эффектов в ферромагнитных металлах до сих пор еще изучена слабо. Однако во всех проведенных исследованиях указывается на то, что анизотропия существенно влияет на поведение этих эффектов.

В работах [1—6] исследовалась анизотропия Холл-эффекта на монокристаллах Fe, Ni, Co и сплавов Fe—Si (до 3% Si), Fe—Ni (от 40 до 50% Ni). Для кубических кристаллов в основном наблюдалась анизотропия обыкновенного коэффициента Холла  $R_0$ , а относительно анизотропии спонтанного коэффициента  $R_s$  получены весьма разноречивые сведения. Для гексагонального Co анизотропия наблюдалась как для  $R_0$ , так и для  $R_s$ .

В связи с этим мы провели исследование эффекта Холла в монокристаллическом никеле для выяснения анизотропии коэффициентов  $R_0$  и  $R_s$ . Работа выполнена на двух образцах, вырезанных электронским способом из крупного монокристалла никеля высокой чистоты (99,99%) вдоль кристаллографических осей легкого [111] и трудного [001] намагничивания. Образцы имели вид прямоугольных параллелепипедов размером  $2 \times 3 \times 15$  мм. Кристаллографические оси [111] и [001] отвечали направлению их большей стороны с точностью до  $1-2^\circ$ . Из средней части каждого параллелепипеда вырезалась пластинка толщиной 0,5—0,7 мм, к которой приваривались токовые и холловские электроды. Две другие части образца присоединялись к пластинке через посредство изолирующей пасты. Этот известный способ измерения э.д.с. Холла [7, 8] позволяет значительно увеличить плотность холловского тока и уменьшить размагничивающий фактор. Для устранения возможного влияния на эффект Холла механических деформаций и текстуры образцы отжигались в форвакууме ( $10^{-3}$  мм рт. ст.) при  $900^\circ\text{C}$  в течение 6 час.

Измерения проводились в магнитных полях до 10 кэ при температуре 80—650° К. Магнитное поле было направлено вдоль осей [111] и [001].

В этих условиях анизотропный характер Холл-эффекта в монокристаллическом никеле наблюдался в полевой зависимости э.д.с. Холла  $E_x(H)$ , в зависимости э.д.с. Холла от намагниченности  $E_x(I)$  и в температурной зависимости спонтанных величин  $I_s$ ,  $E_{xs}$ ,  $R_s$ .

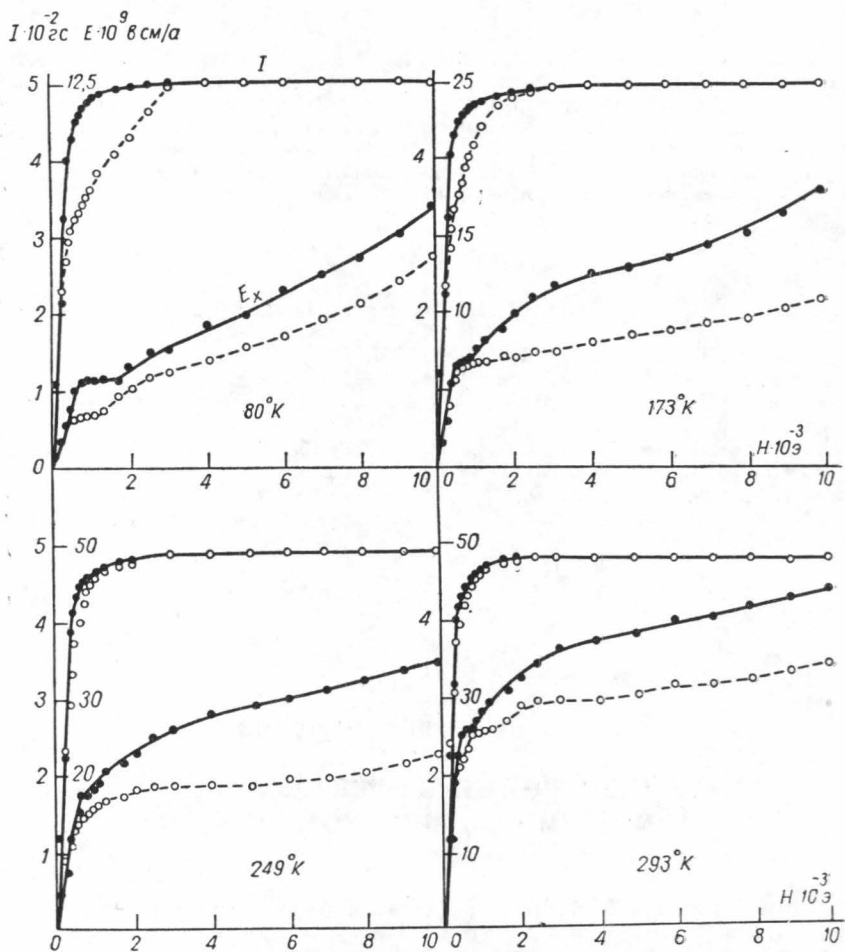


Рис. 1. Зависимость намагниченности  $I$  и э. д. с. Холла  $E_x$  от внешнего магнитного поля  $H$  для направлений легкого [111] (●) и трудного [001] (○) намагничивания никеля

На рис. 1 представлены кривые  $E_x(H)$  для четырех температур. На этих же графиках показаны соответствующие кривые намагничивания  $I(H)$  для легкого [111] и трудного [001] направлений. Как видно, при температуре 80° К наиболее отчетливо проявляется магнитная анизотропия никеля, которая с ростом  $T$  убывает.

На рис. 2 показана температурная зависимость спонтанных величин  $I_s$ ,  $E_{xs}$  и  $R_s$ . Величины  $I_s$  и  $E_{xs}$  определялись путем экстраполяции кривых  $I(H)$  и  $E_x(H)$  из области насыщения на ось  $H=0$ , а величина  $R_s$  рассчитывалась как отношение  $E_{xs}/I_s$ . Здесь отчетливо видна анизотропия спонтанной части э.д.с. Холла  $E_{xs}$  и соответствующего ей спонтанного коэффициента  $R_s$  для всех исследованных нами температур. При этом  $E_{xs}$  имеет максимум при подходе к точке Кюри ( $\sim 630^\circ \text{K}$ ).

На рис. 3 приведена температурная зависимость коэффициента  $R_0^* = R_0 + R_p \chi_p$ , рассчитанного для легкого и трудного направлений намагничивания никеля по тангенсу угла наклона кривых  $E_x(H)$  в области технического насыщения ( $H > H_s$ ). Вид-

но, что в интервале температур от 250 до 500° К коэффициент  $R_0^*$  почти не меняется, однако с приближением к точке Кюри он растет в соответствии с ростом восприимчивости парапроцесса  $\chi_p$ . Численные значения коэффициента  $R_0^*$  в области низких температур, где можно пренебречь влиянием парапроцесса, равны  $6,5 \cdot 10^{-13}$  в·см/а·эрст.

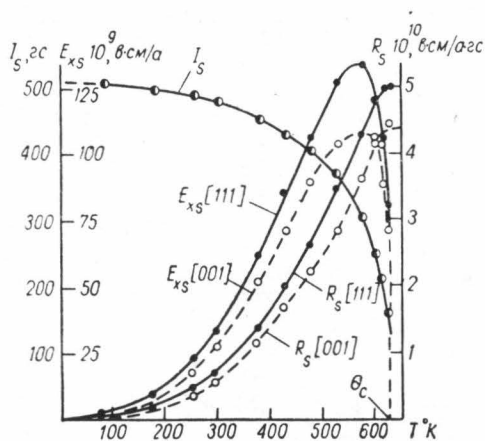


Рис. 2. Температурная зависимость спонтанных величин  $I_s$ ,  $E_{xs}$  и  $R_s$  для направлений [111] и [001]

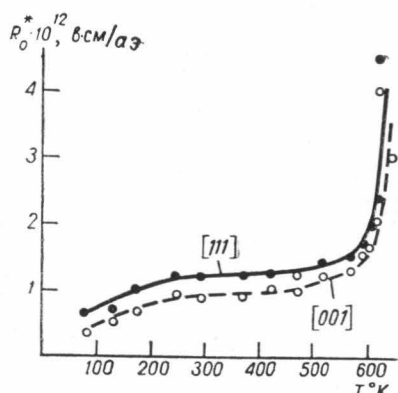


Рис. 3. Температурная зависимость коэффициента  $R_0^* = R_0 + R_p \chi_p$  для направлений [111] (●) и [001] (x)

для легкого и  $4 \cdot 10^{-13}$  в·см/а·эрст для трудного направления намагничивания никеля.

В настоящее время теория анизотропии Холл-эффекта в ферромагнетиках до конца не разработана. Однако в теоретической работе [9] было показано, что анизотропия Холл-эффекта в никеле не объясняется анизотропией одной только проводимости. Возможно, наши экспериментальные результаты помогут выяснению этого вопроса.

Авторы благодарят проф. Г. С. Кринчика и проф. К. П. Белова за интерес к нашей работе и обсуждение результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tatsumoto E., Okamoto T. J. «Phys. Soc. Japan.», 14, 975, 1959.
2. Tatsumoto E., Okamoto T. J. «Phys. Soc. Japan.», 14, 226, 1959.
3. Jellinghaus, Andress M. «Naturwissenschaften», 45, 508, 1958.
4. Muth Peter Z. «Metallkunde», 54, 429, 1963.
5. Hiraoka J., Kitai T., Tatsumoto E. J. «Phys. Soc. Japan.», 22, 661, 1967.
6. Волкенштейн Н. В., Федоров Г. В., Широковский В. П. «Физика металлов и металловедение», 11, 152, 1961.
7. Волкенштейн Н. В., Федоров Г. В. «Физика металлов и металловедение», 2, 377, 1956.
8. Белов К. П., Свирина Е. П. «Успехи физических наук», 96, 20, 1968.
9. Thomas G., Morsocci V. A. «J. of Appl. Phys.», 40, 2462, 1969.

Поступила в редакцию  
25.4 1972 г.

Кафедра  
общей физики для мехмата»