

PACS numbers: 74.43. – f,Kj, 61.43.Er

СВЯЗЬ КОЭФФИЦИЕНТА ХОЛЛА С НЕКОТОРЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В АМОРФНЫХ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФЕРРОМАГНЕТИКАХ

*М.Ю. Барабаш*¹, *Л.Ю. Куницкая*², *Л.Г. Хоменко*¹, *Ю.А. Куницкий*¹

¹ Технический центр НАН Украины,
ул. Покровская, 13, 04070, Киев, Украина
E-mail: nanosys@imp.kiev.ua

² Национальный Авиационный Университет,
пр. Космонавта Комарова 1, 03680, Киев, Украина

Для ряда сплавов на основе металлов группы железа исследованы температурные зависимости коэффициента Холла, электро-сопротивления, намагниченности насыщения в аморфном и кристаллическом состояниях. В рамках теории Кондорского-Ведяева-Грановского установлена связь между аномальным коэффициентом Холла R_s , удельным электросопротивлением ρ и намагниченностью насыщения J_s . Выявлены закономерности в изменении ряда физических параметров аморфных сплавов как в процессе термообработки, так и при переходе в кристаллическое состояние.

Ключевые слова: ЭФФЕКТ ХОЛЛА, АМОРФНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ, НАМАГНИЧЕННОСТЬ, УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ, ФЕРРОМАГНИТНЫЕ СПЛАВЫ.

(Получено 19.04.2010, в отредактированной форме – 30.04.2010)

1. ВВЕДЕНИЕ

Среди кинетических свойств аморфных металлических сплавов (АМС) наиболее чувствительным к магнитному состоянию является эффект Холла. Однако, несмотря на определенные успехи в разработке теории аномального эффекта Холла (АЭХ) в аморфных ферромагнетиках [1–3], сведения об экспериментальных исследованиях гальваномагнитных свойств АМС весьма малочисленны и противоречивы [4–17]. Между тем, изучение температурной зависимости эффекта Холла в аморфных ферромагнетиках позволяет оценить знак и концентрацию носителей заряда, установить связь между аномальным коэффициентом Холла R_s , удельным электросопротивлением ρ и намагниченностью насыщения J_s , а также экспериментально проверить эффективность теории Кондорского-Ведяева-Грановского [1-3, 5, 10]. Это дает возможность получить информацию о природе кинетических явлений в АМС в зависимости от их состава и особенностей структуры, а также установить закономерности в изменении ряда физических параметров как в процессе термообработки сплавов, так и при переходе в кристаллическое состояние.

Цель работы – исследование температурных зависимостей коэффициента Холла R_H , удельного электросопротивления ρ и намагниченности насыщения J_s в ферромагнитных сплавах на основе металлов группы

железа в аморфном и кристаллическом состояниях и установление взаимосвязи между этими параметрами.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования использовались бинарные и многокомпонентные аморфные сплавы в виде лент толщиной 30 мкм и шириной 12 мм, полученные в идентичных условиях закалкой из жидкого состояния по методике, описанной в [13]. Аморфность сплавов контролировалась рентгенографически на дифрактометре ДРОН-2.0 в $\text{Fe}_{K\alpha}$ -излучении [13]. Измерение температурных зависимостей в интервале $77 \div 1000$ К удельного электросопротивления ρ и коэффициента Холла R_H проводилось на образцах прямоугольной формы 4×12 мм, вырезанных из центральной части аморфной ленты, по четырехзондовой методике [9-10]. Эффективный коэффициент Холла R_H определялся по формуле:

$$R_H = \frac{U_H d}{IH} = \frac{R_0 B + 4\pi J_s R_s}{H}, \quad (1)$$

где U_H – падение напряжения; d – толщина образца; I – ток, протекающий через образец в магнитное поле $H > H_s$; $R_0 B$ – член, соответствующий обычному эффекту Холла, вытекающему из действия силы Лоренца на носители тока; $4\pi J_s R_s$ – характеристический вклад для ферромагнетиков, связанный со спин-орбитальным взаимодействием; J_s – намагниченность насыщения.

Поскольку удельное сопротивление Холла ρ_H может быть записано в виде

$$\rho_H = R_0 B + 4\pi R_s J_s, \quad (2)$$

то исследование зависимости $\rho_H = f(B)$ позволяет экспериментально разделить нормальную R_0 и аномальную R_s составляющие коэффициента Холла: R_0 определяется из наклона кривой $\rho_H = f(B)$ при $B > 4\pi J_s$, а R_s находится из экстраполяции кривой $\rho_H = f(B)$ до пересечения с осью ординат при $B = 0$. Температурные зависимости намагниченности насыщения исследовались на вибрационном магнитометре [10].

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Типичные зависимости холловского удельного сопротивления ρ_H от внешнего магнитного поля для некоторых АМС на основе железа приведены на рис. 1. Обращает внимание, что частичная замена железа на никель уменьшает значение холловского сопротивления и сдвигает точку перегиба на кривых $\rho_H(B)$ в область более слабого магнитного поля. Для большинства АМС на основе металлов группы железа коэффициент $R > 0$, а нормальный коэффициент Холла R_0 слабо зависит от температуры и примерно на два порядка меньше, чем R_s . Так, при $T = 300$ К для аморфного сплава $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$ нормальная составляющая $R_0 = 6,6 \cdot 10^{-10}$ м³/Кл, а аномальная составляющая $R_s = 3,4 \cdot 10^{-8}$ м³/Кл, для сплава $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{20}\text{Si}_8\text{B}_{12}$ имеем $R_0 = 1,1 \cdot 10^{-11}$ м³/Кл, $R_s = 4,1 \cdot 10^{-8}$ м³/Кл.

Рассчитанные в приближении модели свободных электронов концентрации носителей заряда для АМС на основе металлов группы

железа при 300 К находятся в интервале $(8 \div 20) \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$, что совпадает с результатами работ [6, 7]. Радиус сферы Ферми для большинства АМС $k_F = (0,16 \div 0,18) \text{ нм}^{-1}$.

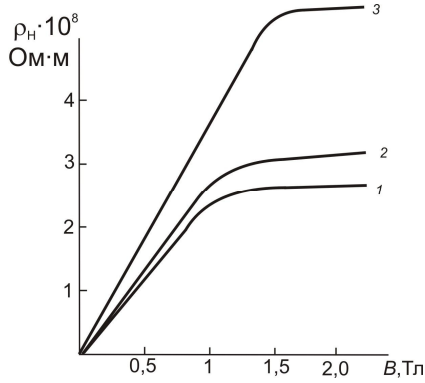


Рис. 1 – Зависимость холловского удельного электросопротивления ρ_H от индукции внешнего магнитного поля при 300 К:

- 1 – $Fe_{80}B_{20}$;
- 2 – $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$;
- 3 – $Fe_{40}Ni_{40}B_{20}$

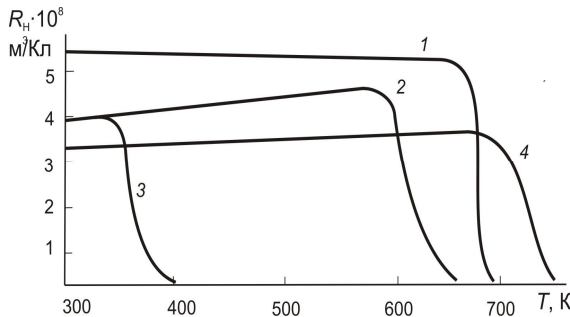


Рис. 2 – Температурная зависимость постоянной Холла аморфных сплавов:

- 1 – $Fe_{80}B_{20}$;
- 2 – $Fe_{40}Ni_{38}Mo_4B_{18}$;
- 3 – $Fe_{60}Ni_{69.8}Si_{4.7}B_{3.5}$;
- 4 – $Fe_{60}Co_{20}Si_8B_{12}$

Ход температурных кривых $R_H(T)$ (рис. 2) показывает, что R_H имеет положительный знак и в зависимости от состава меняется в пределах $(3 \div 6) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{Кл}$, а коэффициент $\partial R_H/\partial T$ для АМС положителен и составляет $(1 \div 3) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{Кл}\cdot\text{К})$. Исключение представляет аморфный сплав $Fe_{80}B_{20}$, у которого $\partial R_H/\partial T < 0$. Характерно, что у кристаллических сплавов на основе металлов группы железа абсолютные значения R_s меньше, а $\partial R_H/\partial T > 0$ несколько больше, чем у АМС того же состава, и находятся в интервале $(4 \div 7) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{Кл}\cdot\text{К})$. Такое различие в значениях R_s и $\partial R_H/\partial T$ связывают [3] с усилением спин-орбитального взаимодействия в результате разупорядочения в атомной структуре АМС.

В рамках дифракционной модели получено [18] выражение для температурной зависимости коэффициента $R_s(T)$ многокомпонентных аморфных ферромагнитных сплавов на основе d -металлов при $T < T_C$. Ответственным за АЭХ считалось несобственное спин-орбитальное взаимодействие поляризованных по спину s - или d -подобных носителей тока с локализованными d -электронами и рассеяние на структурных (концентрационных) и магнитных неоднородностях. Расчет R_s осуществлен исходя из кинетического уравнения Больцмана

итерационным методом по малому параметру $\lambda = \tau/t \ll 1$, где τ и t – времена релаксаций упругих и неупругих процессов рассеяния соответственно. Температурная зависимость $R_s(T)$ имеет вид

$$R_s = R_s^{(0)} + \alpha(T/T_c)^{3/2} + \beta(T/T_c) + \gamma(T/T_c)^2, \quad (3)$$

где α , β , γ – коэффициенты, зависящие от тройной и парной корреляционной функции расположения атомов.

В отличие от кристаллических сплавов, коэффициенты α , β , γ в уравнении (3) для АМС имеют сложную зависимость от структурных факторов. Температурная зависимость коэффициента Холла R_H для АМС может являться следствием активации носителей тока и прыжкового механизма проводимости (если уровень Ферми находится вблизи края подвижности для d -электронов), зависимости от температуры s - d -гибридизации и вероятности межзонных переходов, различия в температурных зависимостях подвижностей разных групп носителей тока и других причин [13]. При $T < 300$ К температурная зависимость $R_H(T)$ в нанокристаллических системах может быть связана с наличием высокодисперсной кристаллической фазы. Этот эффект несущественен при высоких температурах, где уменьшается различие значений R_H и ρ для кристаллического и аморфного состояний [13]. Основная причина отличия в температурных зависимостях АЭХ в аморфном и кристаллическом состояниях для сплавов одинакового состава – различие механизмов рассеяния, обусловленное особенностью структур ближнего порядка. В ферромагнитных металлах в полное электросопротивление ρ вносят вклад фононное рассеяние, примесное рассеяние и рассеяние, вызванное термическими флуктуациями спинов.

Отметим также, что эффективный магнитный момент в АМС, рассчитанный на атом магнитоактивных компонент (Fe, Co, Ni), имеет несколько большие значения, чем для кристаллических аналогов. Это свидетельствует о формировании суперпарамагнитных кластеров в АМС в процессе быстрого охлаждения из жидкого состояния. Увеличение локальных магнитных моментов в многокомпонентных нанокристаллических ферромагнетиках при уменьшении скорости охлаждения расплава свидетельствует о повышении склонности к образованию суперпарамагнитных неоднородностей [10].

Для аморфных ферромагнитных систем Fe-Co-Si-B и Fe-Co-Mo-B установлено, что с повышением содержания металлоидов в сплавах абсолютные значения R_H увеличиваются, а величина $\partial R_H / \partial T$ уменьшается. С ростом содержания железа в сплавах этих систем увеличивается значения R_s и ρ_H . Замена железа на никель в системах Fe-Co-Si-B, Fe-Co-Mo-B сдвигает точку перегиба на кривых $\rho_H = f(B)$ в область более слабых магнитных полей.

В работе [12] исследован эффект Холла в аморфных ферромагнитных сплавах системы Fe-B с содержанием бора от 14 до 20 % (ат.). Установлено, что в сплаве с содержанием бора 17,5 % (ат.), где наиболее сильно проявляются инвариные свойства, при $T = 300$ К значение R_H составляет $8,9 \cdot 10^{-8}$ м³/Кл. При увеличении температуры отжига коэффициент Холла R_H практически не меняется вплоть до температуры

Кюри. При $T \approx T_c$ наблюдается уменьшение значения R_H примерно на порядок. Эти результаты позволяют предположить, что электронное и магнитное состояние аморфных сплавов систем Fe-B подобны состояниям для классических инварных сплавов системы Fe-Ni.

С ростом содержания хрома в пределах 8 ÷ 15 % (ат.) в аморфных сплавах системы Fe-Cr-B наблюдается тенденция уменьшения значений R_s и ρ_H . В аморфных сплавах системы Co-P с ростом содержания фосфора в пределах 4 ÷ 12 % (ат.) наблюдается увеличение значений R_s и ρ_H . При этом точка перегиба на кривых $\rho_H = f(B)$ сдвигается в область слабых магнитных полей [10].

На рис. 3–4 приведены типичные зависимости коэффициента АЭХ от квадрата намагниченности насыщения J_s и показана связь между температурно-зависящей частью R_s и ρ в аморфном и кристаллическом состояниях других многокомпонентных ферромагнетиков на основе металлов группы железа.

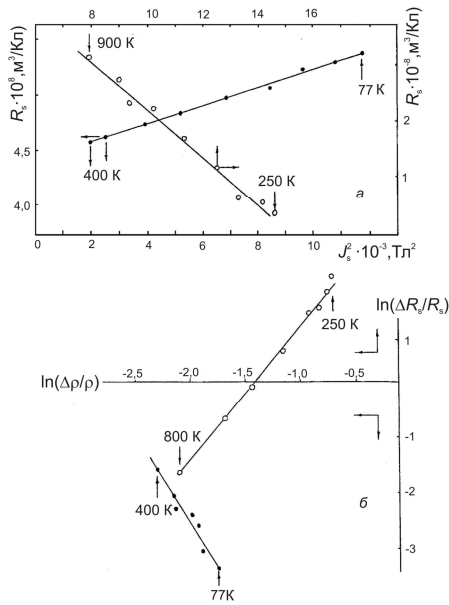


Рис. 3 – Зависимость $R_s = f(J_s^2)$ (а) и $\ln(\Delta\rho/\rho) = f(\Delta R_s/R_s)$ (б) для сплава $\text{Fe}_{68,5}\text{Co}_8\text{Cr}_8\text{Si}_5\text{B}_{11}$ в аморфном (•) и кристаллическом (о) состояниях

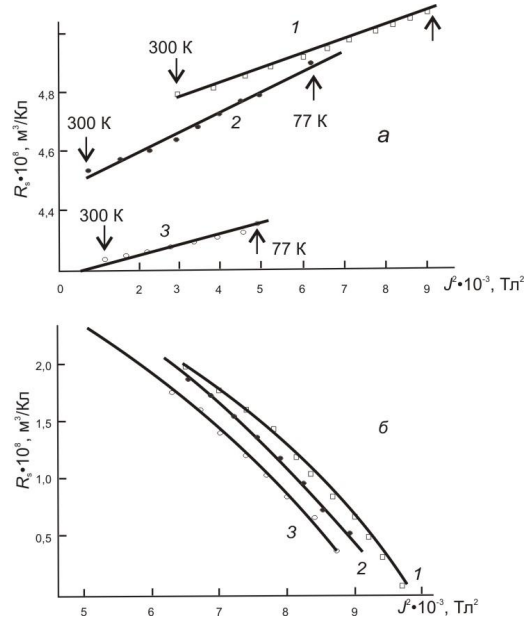


Рис. 4 – Зависимость аномального коэффициента Холла R_s от квадрата намагниченности J_s^2 для аморфных (а) и кристаллических (б) сплавов:
1 – $\text{Fe}_{77}\text{Cr}_8\text{B}_{15}$; 2 – $\text{Fe}_{75}\text{Cr}_{10}\text{B}_{15}$;
3 – $\text{Fe}_{73}\text{Cr}_{12}\text{B}_{15}$

Аналогичный характер зависимостей $R_s = f(J_s^2)$ и $\ln(\Delta\rho/\rho) = f(\Delta R_s/R_s)$ наблюдается и для высококобальтовых АМС [13]. Из анализа этих зависимостей следует, что в определенном интервале температур, характерном для каждого сплава, выполняется линейная зависимость

между R_s и квадратом намагниченности J_s^2 , которая может быть представлена в виде

$$\Delta R_s = R_s(T) - R_s(T_H) = \alpha_R [J_s^2(T_H) - J_s^2(T)], \quad (4)$$

где $R_s(T)$ и $J_s(T)$ – соответственно коэффициент АЭХ и намагниченность насыщения при $T < T_C$; $R_s(T_H)$ и $J_s(T_H)$ – значения коэффициента АЭХ и намагниченности при фиксированной температуре $T_H < T_C$. Уравнение (4) характеризует влияние ферромагнитного вклада в величину коэффициента R_s , зависящего от намагниченности насыщения J_s .

В таблице 1 приведены значения коэффициентов α_R из уравнения (4) для некоторых ферромагнитных сплавов в аморфном и кристаллическом состояниях. Видно, что в аморфном состоянии коэффициенты α_R меньше, чем в кристаллическом для идентичных составов сплавов. Это указывает на то, что связь между R_s и J_s^2 в аморфном состоянии более слабая, чем в кристаллическом (рис. 4). Уменьшение значения R_s с увеличением содержания Cr можно объяснить антиферромагнитной природой хрома, в результате чего происходит монотонное уменьшение намагниченности насыщения J_s . Увеличение содержания Cr в АМС системы $Fe_{85-x}Cr_xB_{15}$ сопровождается уменьшением эффективного магнитного момента, что свидетельствует об образовании магнитных кластеров с антипараллельной ориентацией спинов [10].

Таблица 1 – Значения коэффициента α_R для некоторых сплавов в аморфном и кристаллическом состояниях

| Сплав | Аморфное состояние | | Кристаллическое состояние | |
|---------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------|
| | Интервал температур, К | $\alpha_R \cdot 10^{13}$, м ³ /(Кл·К) | Интервал температур, К | $\alpha_R \cdot 10^{13}$, м ³ /(Кл·К) |
| $Fe_{58}Co_{20}Si_{12}B_{10}$ | 100...550 | 1,49 | 450...850 | 3,73 |
| $Fe_{40}Ni_{38}Mo_4B_{18}$ | 300...400 | 1,36 | 300...450 | 2,01 |
| $Fe_{66,9}Ni_{24,7}Si_{4,9}B_{3,5}$ | 350...600 | 1,02 | 300...600 | 0,96 |
| $Fe_{44,2}Ni_{44,2}Mo_{7,7}B_{3,9}$ | 300...450 | 2,06 | 300...450 | 2,29 |
| $Co_{86,35}Fe_{6,15}Si_{4,9}B_{2,6}$ | 350...700 | 1,34 | 300...750 | 1,93 |
| $Co_{71,7}Fe_{5,7}Ni_{11,9}Si_{8,2}B_{2,5}$ | 100...350 | 9,02 | 100...350 | 12,95 |
| $Co_{59,7}Fe_{5,8}Ni_{23,8}Si_{8,2}B_{2,5}$ | 100...350 | 2,09 | 100...500 | 15,02 |
| $Co_{84,35}Fe_{5,8}Si_{7,4}B_{2,45}$ | 300...450 | 3,66 | 300...500 | 4,55 |

Более слабая зависимость $\ln(\Delta\rho/\rho) = f[\ln(\Delta R_s/R_s)]$ в аморфном состоянии по сравнению с кристаллическим свидетельствует о том, что вклад фононного механизма рассеяния в аморфных сплавах значительно слабее, чем в кристаллических аналогичного состава. На механизм рассеяния носителей тока в ферромагнитных АМС, вероятно, оказывают влияние и другие эффекты [13].

В ферромагнитных сплавах наблюдается также связь между R_s и приведенным электросопротивлением $\Delta\rho/\rho$, которую можно представить в виде [2,3]

$$\Delta R_s/R_s = \beta(\Delta\rho/\rho)^m. \quad (5)$$

Коэффициенты m и β , например, для сплава $\text{Co}_{86,4}\text{Fe}_{6,1}\text{Si}_{4,9}\text{B}_{2,6}$ равны соответственно 0,47 и 2,17 в аморфном состоянии и 1,47 и 4,78 – в кристаллическом. Близкие к приведенным значения коэффициентов m и β присущи другим сплавам на основе металлов группы железа. Это свидетельствует о том, что АЭХ в исследованных АМС на основе металлов группы железа значительно слабее проявляется в аморфном состоянии, чем в кристаллическом.

Для определения роли вклада фононного механизма рассеяния в температурные зависимости $R_s(T)$ и $\rho(T)$ проверялось выполнение соотношения [1-3]

$$\Delta R_s(T) = a\rho + b\rho^2, \quad (6)$$

в котором первый член определяется асимметричным рассеянием носителей тока, а второй – связан с механизмом бокового смещения носителей тока под влиянием спин-орбитального взаимодействия.

Рис. 5 иллюстрирует характерные зависимости $R_s/\rho = f(\rho)$ для сплавов на основе металлов группы железа в аморфном и кристаллическом состояниях. Значения коэффициентов a и b приведены в таблице 2. Для других сплавов на основе металлов группы железа коэффициенты a и b имеют близкие значения, причем значение первого члена уравнения (6) значительно меньше второго.

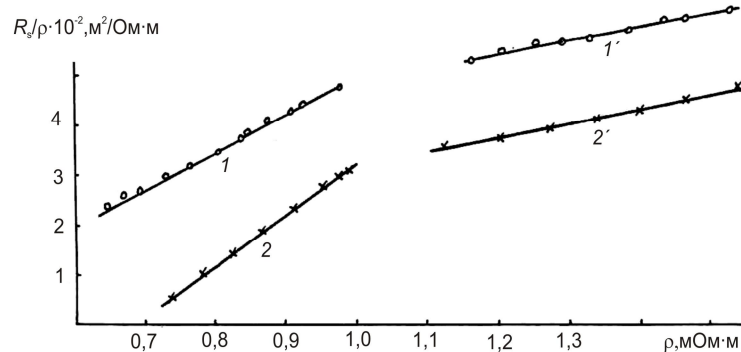


Рис. 5 – Зависимости $R_s/\rho = f(\rho)$ для сплава $\text{Co}_{84,35}\text{Fe}_{5,8}\text{Si}_{7,4}\text{B}_{2,45}$ (\times) и $\text{Fe}_{60}\text{Co}_{20}\text{Si}_3\text{B}_{12}$ (\circ) в кристаллическом (1 и 2) и аморфном (1' и 2') состояниях

Таблица 2 – Значения коэффициентов a и b для некоторых сплавов в аморфном и кристаллическом состояниях

| Сплав | Аморфное состояние | | | Кристаллическое состояние | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| | Интервал темп., К | $a \cdot 10^2$, м ² /(Ом·Кл) | $b \cdot 10^4$, м/(Ом ² ·Кл) | Интервал темп., К | $a \cdot 10^2$, м ² /(Ом·Кл) | $b \cdot 10^4$, м/(Ом ² ·Кл) |
| Fe ₆₀ Co ₂₀ Si ₈ B ₁₂ | 300...620 | 0,033 | 5,91 | 470...870 | 0,044 | 6,66 |
| Fe ₄₀ Ni ₃₃ Mo ₄ B ₁₈ | 300...450 | 0,683 | 48,0 | 300...450 | 0,038 | 7,13 |
| Fe _{66,9} Ni _{24,7} Si _{4,9} B _{3,5} | 300...550 | 0,068 | 6,7 | 500...800 | 0,128 | 11,2 |
| Co _{84,35} Fe _{5,8} Si _{7,4} B _{2,45} | 300...500 | 0,844 | 66,5 | 300...550 | 0,167 | 27,6 |
| Co _{59,7} Fe _{5,8} Ni _{23,8} Si _{8,2} B _{2,5} | 250...400 | 1,030 | 14,7 | 500...750 | 0,950 | 75,7 |
| Co _{71,7} Fe _{5,7} Ni _{11,9} Si _{8,2} B _{2,5} | 100...400 | 0,089 | 6,39 | 200...500 | 0,049 | 4,39 |

Пропорциональность $R_s \sim \rho^2$ является следствием топологического разупорядочения в высокорезистивных аморфных сплавах [3], а различия в значениях коэффициентов a и b для аморфного и кристаллического состояний ферромагнитных сплавов свидетельствует о частичной трансформации электронного энергетического спектра при аморфизации. Анализ зависимостей $R_s/\rho=f(\rho)$ указывает также на то, что фононный вклад в кинетические свойства АМС менее существен в аморфном состоянии, чем в кристаллическом. Основной причиной отличия в зависимостях $R_s(T)$ в кристаллических и аморфных ферромагнитных сплавах является различие в механизмах рассеяния, обусловленное разупорядочением структуры [13].

Существенное влияние на зависимости $R_s(T)$ для аморфных ферромагнетиков может оказывать рассеяние носителей тока на магнитных неоднородностях. В работе [3] отмечается, что под влиянием спин-орбитального взаимодействия при рассеянии электронов проводимости на примесных центрах (а также на магнонах, фононах и т.д.) возникает асимметрия вероятности рассеяния, приводящая к холловскому "закручиванию" электронов проводимости. Для d -подобных состояний в АМС возможен не только диффузионный, но и близкий к прыжковому механизму переноса заряда, а также автолокализация электронов на виртуальных дефектах с образованием электронных ловушек [13]. Поэтому температурные зависимости $R_s(T)$ большинства АМС определяются не только их составом, но и локальными магнитными и структурными неоднородностями, степенью гетерогенности сплавов и т. п., которые, в свою очередь, зависят от технологических условий их формирования и термической обработки.

4. ВЫВОДЫ

Для аморфных ферромагнетиков на основе металлов группы железа $R_s > 0$ и в зависимости от химического состава сплавов, режимов их получения находится в пределах $(1 \div 6) \cdot 10^{-8}$ м³/Кл. При переходе от аморфного к кристаллическому состоянию R_s уменьшается, а $\partial R_s / \partial T$ увеличивается, что свидетельствует об уменьшении спин-орбитального взаимодействия. Нормальный коэффициент Холла R_0 слабо зависит от температуры и примерно на два порядка меньше, чем R_s . Связь между R_s и J_s^2 в

аморфном состоянии более слабая, чем в кристаллическом, что связано с разупорядочением структуры. По этой же причине фононный вклад в кинетические свойства аморфных сплавов менее существен, чем в кристаллических аналогах. Температурные зависимости $R_s(T)$ и $\rho(T)$ свидетельствуют о частичной трансформации электронного энергетического спектра при переходе от аморфного к кристаллическому состоянию.

CONNECTION OF THE HALL COEFFICIENT WITH SOME PARAMETERS IN AMORPHOUS AND CRYSTALLINE FERROMAGNETICS

*M.Yu. Barabash*¹, *L.Yu. Kunyts'ka*², *L.G. Khomenko*¹, *Yu.A. Kunyts'ky*¹

¹ Technical Centre of NASU of Ukraine,
13, Pokrovskaya str., 04070, Kiev, Ukraine
E-mail: nanosys@imp.kiev.ua

² National Aviation University of Ukraine,
1, Kosmonavta Komarova ave., 03680, Kiev, Ukraine

For the series of alloys based on iron metal group the temperature dependences of Hall coefficient, resistivity, saturation magnetization in the amorphous and crystalline states are investigated. Within the Kondorsky-Vedyayev-Granovski theory framework the relationship between anomalous Hall coefficient R_s , specific resistivity ρ and saturation magnetization J_s was determined. The changes mechanism for some physical parameters of amorphous alloys was revealed in the case of the heat treatment and for the transition to the crystalline state as well.

Keywords: HALL EFFECT, AMORPHOUS METALLIC ALLOYS, MAGNETIZATION, SPECIFIC RESISTANCE, FERROMAGNETIC ALLOYS.

ЗВ'ЯЗОК КОЕФІЦІЄНТА ХОЛЛА З ДЕЯКИМИ ПАРАМЕТРАМИ В АМОРФНИХ ТА КРИСТАЛІЧНИХ ФЕРОМАГНІТИКАХ

*М.Ю. Барабаш*¹, *Л.Ю. Куницька*², *Л.Г. Хоменко*¹, *Ю.А. Куницький*¹

¹ Технічний центр НАН України,
вул. Покровська, 13, 04070, Київ, Україна
E-mail: nanosys@imp.kiev.ua

² Національний Авіаційний Університет,
пр. Космонавта Комарова 1, 03680, Київ, Україна

Для ряду сплавів на основі металів групи заліза досліджені температурні залежності коефіцієнту Холла, електроопору, намагніченості насичення в аморфному та кристалічному станах. В рамках теорії Кондорського-Ведяєва-Грановського встановлений зв'язок між аномальним коефіцієнтом Холла R_s , електроопором ρ та намагніченість насичення J_s . Виявлені закономірності зміни низки фізичних параметрів аморфних сплавів як у процесі термообробки, так і під час переходу до кристалічного стану.

Ключові слова: ЕФЕКТ ХОЛЛА, АМОРФНІ МЕТАЛЕВІ СПЛАВИ, НАМАГНІЧЕНІСТЬ, ПИТОМИЙ ЕЛЕКТРООПІР, ФЕРОМАГНІТНІ СПЛАВИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Е.И. Кондорский, А.В. Ведяев, А.Б. Грановский, *ФММ* **40** № 3, 455 № 5, 903 (1975).
2. А.В. Ведяев, А.Б. Грановский, *ФММ* **58** № 6, 1084 (1984).
3. А.В. Ведяев, А.Н. Волошинский, А.Б. Грановский, *Изв. ВУЗов. Физика* №1, 66 (1987).
4. *Сверхбыстрая закалка жидких сплавов* (Ред. Г. Герман) (М.: Металлургия: 1986).
5. Ю.А. Куницкий, И. Субханкулов, *Металлофизика* **10** № 6, 28 (1988).
6. В.Н. Новиков, Е.И. Харьков, Л.Г. Коваль, *Металлофизика* **6** №3, 108 (1984).
7. О.К. Кувадников, И. Субханкулов *Электропроводность, эффект Холла в сплавах $Fe_{58}Co_{20}Si_{12}B_{10}$ и $Fe_{60}Co_{20}Si_8B_{12}$. – Структура и свойства аморфных сплавов* (Устинов: Удм. гос. ун-т: 1985, 135).
8. С.М. Hurd *The Hall effect in metals and alloy* (New York: Plenum Press: 1972).
9. С.И. Сидоренко, Ю.А. Куницкий, П.П. Когутюк, *Гальваномагнитные свойства аморфных сплавов* (К.: НТУУ “КПИ”: 1995).
10. А.П. Шпак, Ю.А. Куницкий, М.И. Захаренко, А.С. Волощенко, *Магнетизм аморфных та нанокристаллических систем* (К.: Академ-періодика: 2003).
11. *Магнетизм аморфных систем* (Ред. В. Леви, Р. Хасегов) (М.: Металлургия: 1981).
12. *Аморфные металлические сплавы* (Ред. Ф.Е. Любарский) (М.: Металлургия: 1987).
13. А.П. Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Н. Лысов *Кластерные и нано-структурные материалы* (К.: Академперіодика: 2002).
14. К. Хандрик, С. Кобе, *Аморфные ферро- и ферромагнетики* (М: Мир: 1982).
15. *Металлические стекла. Атомная структура и динамика, электронная структура, магнитные свойства* (Ред. Г.-Й. Гюнтеродт, Г. Бек) (М.: Мир: 1986).
16. *Быстрозакаленные металлы* (Ред. А.Ф. Прокошин) (М.: Металлургия: 1983).
17. И.В. Золотухин, *Физические свойства аморфных металлических материалов* (М.: Металлургия: 1986).
18. А.Д. Арсеньев, А.Б. Грановский, А.В. Ведяев, *Теория аномального эффекта Холла аморфных ферромагнетиков: рассеяние на магнитных неоднородностях. – Физика аморфных магнетиков* (Красноярск: Ин-т физики: 1989, 151).