

Эффект холла в режиме спиновых флуктуаций в $Mn_{1-x}Fe_xSi$ ($x < 0.3$)И.И. Лобанова¹, В.В. Глушков^{1,2}, В.Ю. Иванов², С.В. Демидов^{1,2}¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН

Нецентросимметричный спиральный магнетик с кубической структурой B20 MnSi интересен своими нетривиальными физическими свойствами, включающими квантовый фазовый переход под давлением [1], образование скирмионной структуры в магнитной фазе вблизи $T_c \sim 30$ К [2] и топологический эффект Холла, возникающий в этой нетривиальной спиновой текстуре [3]. Замещение марганца железом подавляет переход в основное ферромагнитное состояние и приводит к возникновению двух квантовых критических точек, отвечающих исчезновению фазы с дальним магнитным порядком ($x^* \sim 0.12$) и подавлению фазы киральной спиновой жидкости с образованием квантовой критической фазы Гриффитса ($x_c \sim 0.24$) [4]. Кроме того, в области концентраций $x \sim 0.05$ наблюдается переход от классических к квантовым флуктуациям [4].

Несмотря на существующий «бум» в области исследований MnSi и $Mn_{1-x}Fe_xSi$ [1-4], проблема разделения вкладов в эффект Холла в исследуемой группе материалов далека от своего решения. В большинстве работ акцент делается на исследовании аномального вклада в эффект Холла, для выделения которого используются различные, а иногда и взаимоисключающие процедуры обработки данных [5,6].

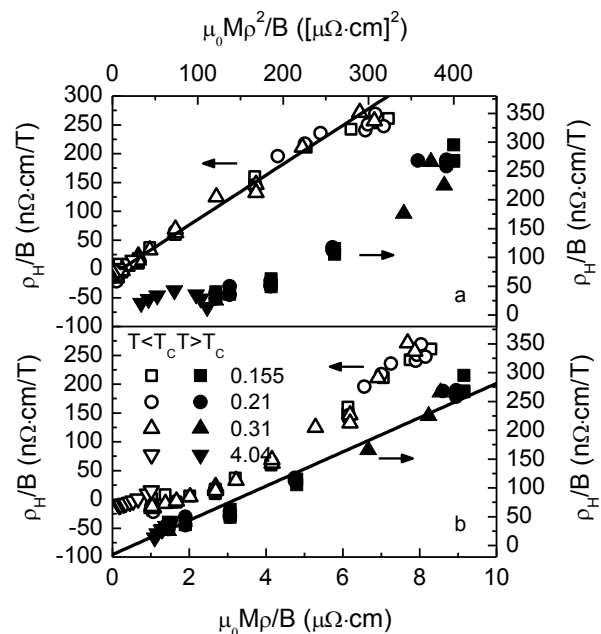


Рис.1 Холловское сопротивление ρ_{xy} а) в магнитной ($T < T_c$) и б) парамагнитной ($T > T_c$) фазах MnSi. Прямые показывают результат подгонки экспериментальных данных зависимостью $\rho_{xy}/B = R_H + 4\pi R_A M/B$ ($R_A = S_2 \rho^2$ (a) и $R_A = S_2 \rho$ (b)).

В результате исследования транспортных и магнитных свойств $Mn_{1-x}Fe_xSi$ ($x < 0.3$), выполненного на монокристаллических образцах в широком диапазоне температур (2–300 К) и магнитных полей (до 8 Тл), предложен новый подход к разделению нормального (R_{HB}) и аномального (R_{AM}) вкладов в эффект Холла, основанный на анализе температурных зависимостей $\rho_{xy}(T)$. В случае $MnSi$, представление данных $\rho_{xy}(B, M)$ в координатах $\rho_{xy}/B=f(\rho^2 M/B)$ (Рис. 1,а) и $\rho_{xy}/B=f(\rho M/B)$ (Рис. 1,б) показывает, что ниже точки Кюри ($T < T_C$) холловское сопротивление описывается зависимостью $\rho_{xy} = R_{HB} + 4\pi R_A M$ ($R_A = S_2 \rho^2$) с параметрами $R_H \approx -9.1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3/\text{Кл}$ и $S_2 \approx 0.091 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1} \text{ Гс}^{-1}$ (Рис. 1,а). В парамагнитной фазе ($T > T_C$) аномальный коэффициент Холла пропорционален удельному сопротивлению: $R_A = S_1 \rho$ ($R_H \approx -1.5 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3/\text{Кл}$, $S_1 \approx 3.1 \cdot 10^{-6} \text{ Гс}^{-1}$) (Рис. 1,б). Полученные параметрические зависимости $\rho_{xy}(B, M)$ с хорошей точностью описывают поведение кривых $\rho_{xy}(T, B < 5 \text{ Тл})$ в соответствующих температурных диапазонах [7]. Обнаруженная смена режимов аномального эффекта Холла с переходом от $R_A \sim \rho^2$ ($T < T_C$) к $R_A \sim \rho$ ($T > T_C$) свидетельствует о доминирующем вкладе процессов скошенного рассеяния (skew scattering) носителей заряда на магнитных ионах марганца в парамагнитной фазе $MnSi$. Отметим, что указанный режим ранее наблюдался при исследованиях эпитаксиальных пленок $MnSi$ [8] и составов, легированных железом [9].

Анализ транспортных свойств $Mn_{1-x}Fe_xSi$ ($x < 0.3$) показал, что в парамагнитной фазе ($T > T_C(x)$) аномальный эффект Холла также описывается вкладом ассиметричного рассеяния (skew-scattering) носителей заряда. Установлено, что абсолютные значения параметров R_H и S_1 монотонно убывают с увеличением содержания железа до значений $R_H \approx -3.11 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{Кл}$, $S_1 \approx -2,1 \cdot 10^{-6} \text{ Гс}^{-1}$ для $x \sim 0.12$ (Рис.2). При этом коэффициент Холла

обращается в ноль в окрестности первой квантовой критической точки $x^* \sim 0.12$ (рис.2), что указывает на компенсацию эффекта Холла вследствие равенства вкладов электронных и дырочных носителей заряда. Аномальный коэффициент Холла меняет

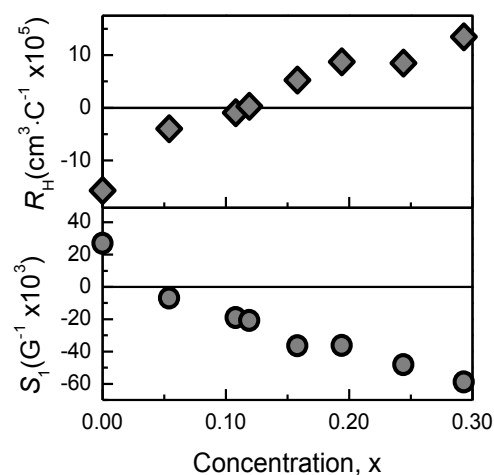


Рис. 2. Концентрационные зависимости параметров нормального и аномального вкладов в эффект Холла в парамагнитной фазе $Mn_{1-x}Fe_xSi$.

знак в диапазоне $x \sim 0.04-0.06$, что соответствует переходу между классическими и спиновыми флуктуациями.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ 13-02-00160-а.

- [1] D. Belitz et al., *Phys. Rev. Lett.* **94**, 247205 (2005).
- [2] A. Tonomura et al., *Nano Lett.* **12**, 1673 (2012).
- [3] A. Neubauer et al., *Phys. Rev. Lett.* **102**, 186602 (2009).
- [4] S.V. Demishev, et al., *JETP Letters* **98**, 933 (2013).
- [5] M. Lee et al., *Phys. Rev. B* **75**, 172403 (2007).
- [6] R. Ritz et al., *Phys. Rev. B* **87**, 134424 (2013).
- [7] V. Glushkov et al., *JETP Letters* **101** (2015).
- [8] Y. Li et al., *Phys. Rev. Lett.* **110**, 117202 (2013).
- [9] B.J. Chapman et al., *Phys. Rev. B* **88**, 214406 (2013).