

Магнитный шум как причина спонтанного перемагничивания тонких пленок GaMnSb

А.А. Филатов^{1,2}, А.И. Дмитриев²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

²Институт проблем химической физики РАН

Магнитные полупроводники – эффективная среда для создания спиновой поляризации носителей заряда. Однако величина косвенного обмена, поддерживающего спин-поляризованное состояние настолько мала, что соответствующие температуры Кюри значительно ниже комнатной (обычно ниже 110 К). Причина заключается в плохой растворимости примеси переходных металлов в полупроводниковой матрице и, как следствие, образовании различных кластеров вторичной фазы. Присутствие этих кластеров, зачастую ферромагнитных при комнатной температуре, обычно считалось вредным и приводило к различным ошибкам в интерпретации магнитных свойств таких материалов.

Недавно в тонких пленках GaMnSb, содержащих кластеры MnSb, обнаружен аномальный эффект Холла при комнатной температуре, свидетельствующий о спиновой поляризации носителей заряда и чувствительности ее к намагниченности [1]. Ввиду того, что дальний магнитный порядок при комнатной температуре в образцах невозможен, авторы [1] интерпретировали наблюдаемый эффект как поляризацию носителей заряда, туннелирующих через барьер Шоттки MnSb-GaMnSb.

В настоящей работе с помощью СКВИД магнитометра проведены измерения временных зависимостей магнитного момента $m(t)$ тонких пленок GaMnSb, содержащих кластеры MnSb, в широком интервале температур и магнитных полей. Целью работы являлось установление влияния температуры и магнитного поля на спектральные характеристики магнитных флуктуаций (магнитного шума) в образце.

Установлено, что зависимости $m(t)$ спрямлялись в полулогарифмических координатах $m(\ln t)$. Угловой коэффициент прямых $m(\ln t)$ соответствует магнитной вязкости S . Исследованы температурные и полевые зависимости магнитной вязкости $S(T, H)$. На рис. 1 показаны зависимости $S(H)$ при температурах $T = 300$ К и $T = 8$ К. Обе зависимости $S(H)$ имеют максимум при напряженности магнитного поля 260 Э и 600 Э при $T = 300$ К и $T = 8$ К, соответственно, которая оказалась близка к коэрцитивной силе образцов при соответствующих температурах.

Вид температурной зависимости S в заданном магнитном поле зависит от распределения кластеров по размерам [2, 3]. В случае логнормального распределения зависимость $S(H)$ при фиксированной температуре должна иметь вид:

$$\frac{S(H)}{m_s} = \frac{T}{25T_b \left(1 - \frac{H}{H_a}\right)^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi \ln \sigma}} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln \frac{T}{T_b \left(1 - \frac{H}{H_a}\right)^2}}{\ln \sigma} \right)^2 \right) \quad (1)$$

где m_s – магнитный момент насыщения, T – температура, T_b – температура блокировки, H – напряженность магнитного поля, H_a – поле магнитной анизотропии, σ – среднеквадратичное отклонение.

Из аппроксимации зависимостей $S(T, H)$ определены средний диаметр кластеров ~ 55 нм и константа магнитной анизотропии $\sim 3.2 \cdot 10^4$ эрг/см³.

Работа поддержана Грантом Президента Российской Федерации МК-5754.2016.3.

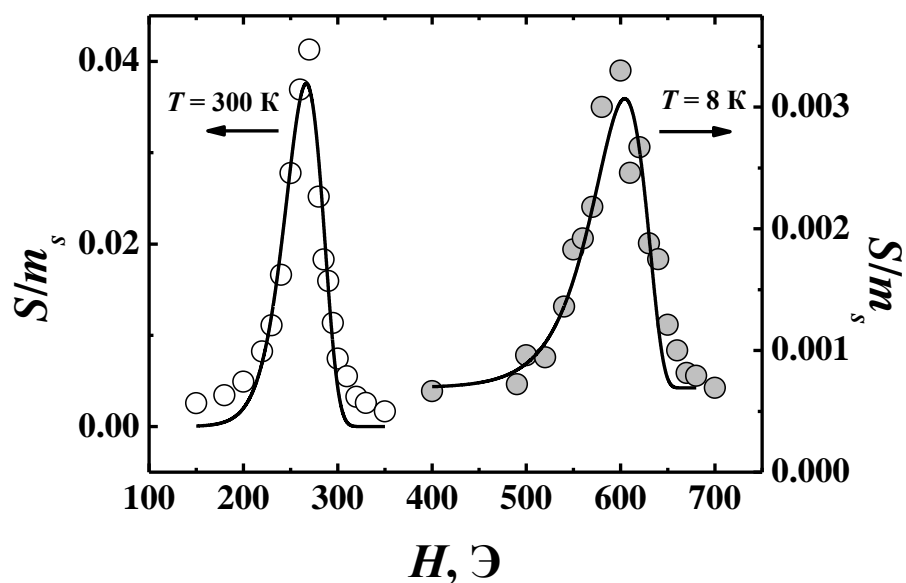


Рис. 1. Зависимости магнитной вязкости S , выраженной в единицах магнитного момента насыщения m_s , от напряженности магнитного поля H , при температурах $T = 300$ К и $T = 8$ К. Сплошными линиями показаны аппроксимации.

Литература

1. Рыльков В.В., Аронзон Б.А., Данилов Ю.А., Дроздов Ю.Н., Лесников В.П., Маслаков К.И., Подольский В.В. Особенности эффекта Холла в слоях GaMnSb, полученных осаждением из лазерной плазмы // ЖЭТФ. 2005. Т. 127. С. 838.
2. Tejada J., Zhang X.X., Hernandez J.M. Magnetic Viscosity and Hysteresis Phenomena // Proc. of NATO ASI. 1997. V. 338. P. 221.
3. Lyberatos A., Chantrell R.W., O'Grady K. Activation volumes and magnetization reversal in fine particles // Proc. of NATO ASI. 1994. V. 260. P. 653.