

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ
ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ СПИНОВЫХ СТЕКОЛ
СИСТЕМЫ $Zn_x Cd_{1-x} Cr_2 Se_4$
С КУБИЧЕСКОЙ МАГНИТОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ**

В.Г.Веселаго, А.А.Минаков, А.В.Мягков

Исследованы процессы релаксации остаточной намагниченности M_R спиновых стекол $Zn_x Cd_{1-x} Cr_2 Se_4$ с разными величинами констант кубической магнитокристаллической анизотропии. Показано, что релаксация M_R описывается степенным законом.

Недавно было показано¹, что свойства спиновых стекол без учета магнитной анизотропии описать невозможно. В данной работе исследованы монокристаллы системы $Zn_x Cd_{1-x} Cr_2 Se_4$, на примере которых можно экспериментально проследить влияние магнитокристалличес-

кой анизотропии на свойства спиновых стекол, поскольку монокристаллы данной системы обладают кубической магнитокристаллической анизотропии, величину которой можно изменять в пределах $10^3 - 10^5$ эрг/см³ путем легирования примесью Ag²⁺. Монокристаллы Zn_xCd_{1-x}Cr₂Se₄ ферромагнитны при $x \leq 0,3$, антиферромагнитны при $x \geq 0,5$ и являются спиновыми стеклами при $x \sim 0,4$ ³. Данные спиновые стекла интересны и тем, что их магнитная подсистема образована ионами одного типа — Cr³⁺, периодически расположенными в узлах кристаллической решетки, и только случайное расположение диамагнитных ионов Cd²⁺ и Zn²⁺ приводит к пространственным флуктуациям обменных взаимодействий. Такая магнитная структура соответствует наиболее разработанным теоретическим моделям^{4,5}.

При температуре 4,2К исследовались процессы релаксации остаточной намагниченности M_R спиновых стекол двух типов: тип 1 — образцы системы Zn_xCd_{1-x}Cr₂Se₄ с $x = 0,46$, легированные Ag ~ 5 мол.%, с первой константой кубической магнитокристаллической анизотропии $K_1 \sim 10^5$ эрг/см³; тип 2 — нелегированные образцы системы Zn_xCd_{1-x}Cr₂Se₄ с $x = 0,4$ и $K_1 \sim 10^3$ эрг/см³. Определенные по температурной зависимости восприимчивости на частоте 600 Гц температуры "замерзания" T_f образцов типа 1 и 2 имеют значения 38 и 21 К соответственно.

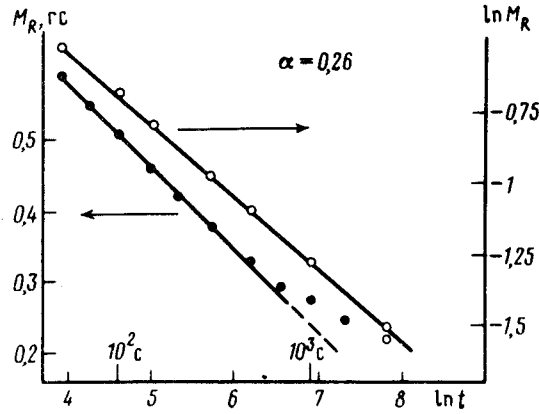


Рис. 1

Рис. 1. Релаксация изотермической остаточной намагниченности образца типа 1 в координатах $\ln M_R, \ln t$ (○) и $M_R, \ln t$ (●) при намагничивании в течение 30 с полем $H = 200$ Э

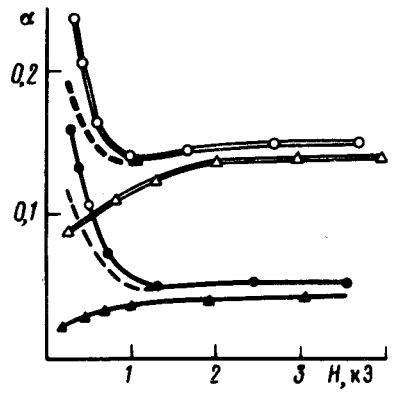


Рис. 2

Рис. 2. Зависимость α от намагничивающего поля H для образца типа 1: TRM (▲) и IRM (●) при намагничивании в течение 30 с; для образца типа 2: TRM (△) и IRM (○) при намагничивании в течение 30 с. Пунктирные линии показывают зависимость α от H для IRM при намагничивании в течение 1000 с.

Обнаружено, что зависимости величин TRM и IRM (термоостаточной и изотермической остаточной намагниченности) от величины намагничивающего поля H при $t = 50$ с (t — время, прошедшее после выключения поля) имеют вид, характерный для спиновых стекол. Зависимость для TRM имеет максимум, а для IRM имеет вид кривой насыщения. Величины насыщенной остаточной намагниченности при $t = 50$ с имеют значения ~ 40 гс и $\sim 3,5$ гс для образцов типа 1 и 2 соответственно.

Авторы большинства экспериментальных работ указывают, что релаксация M_R спиновых стекол описывается логарифмическим законом $M_R \sim 1 - \ln t$. Это связано с тем, что обычно исследуется релаксация в течение времени $t \lesssim 10^3$ с, а при таких t экспериментально трудно отделить логарифмический закон релаксации от степенного $M_R \sim t^{-\alpha}$, если $\alpha \ll 1$, поскольку

$$t^{-\alpha} \equiv \exp(-\alpha \ln t) = 1 - \alpha \ln t + \frac{1}{2}(\alpha \ln t)^2 - \dots$$

Увеличив исследуемый интервал t до 10^4 с, мы обнаружили, что релаксация M_R в образцах обоих типов описывается степенным законом, причем чем больше α , тем при меньших t наблюдается отклонение от логарифмического закона (рис. 1). Зависимость α от H приведена на рис. 2. Оказалось, что значения α зависят от длительности намагничивания. На рис. 2 показано, как изменяется соответствующая IRM величина α при увеличении длительности намагничивания от 30 до 1000 с.

Полученные экспериментальные результаты (степенной закон релаксации и зависимости α от H) качественно согласуются с результатами работ ^{4, 5}, в которых численными методами исследовалась модель спинового стекла Эдвардса — Андерсона с изинговыми спинами. Такое соответствие указывает на то, что тип и величина магнитокристаллической анизотропии качественно не меняют поведения остаточной намагниченности спинового стекла. Однако, как видно из полученных результатов, величины остаточной намагниченности заметно возрастают, а соответствующие значения α уменьшаются при увеличении энергии магнитокристаллической анизотропии.

Литература

1. Soukoulis C.M., Grest G.S., Levin K. Phys. Rev. Lett., 1983, 50, 80.
2. Минаков А.А., Филатов А.В. II Всесоюзный семинар по аморфному магнетизму, тезисы докл., 1980, с. 129. Красноярск.
3. Минаков А.А., Махоткин В.Е. Изв. АН СССР, сер. физическая, 1980, 44, 1473.
4. Dasgupta C., Ma S.-K., Hu C.-K. Phys. Rev. B, 1979, 20, 3837.
5. Künzel W. Phys. Rev. B, 1979, 19, 4595.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
13 июня 1983г.
После переработки
26 июля 1983 г.