

ровать, что в многодоменных РФГ в области T_c тип СП-перехода, интервал ΔT , в котором он осуществляется, и объемы доменов с различной ориентацией магнитных моментов зависят от соотношения между энергией анизотропии и магнитоупругой энергией в исследованных образцах.

Авторы выражают признательность А. К. Звездину за замечания и полезные обсуждения работы.

Л и т е р а т у р а

- [1] Белов К. П., Звездин А. К., Кадомцева А. М., Левитин Р. З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979. 320 с.
- [2] Власко-Власов В. К., Дедух Л. М., Иденбом М. В., Никитенко В. И. ЖЭТФ, 1983, т. 84, № 1, с. 277—288.
- [3] Симицын С. В., Спириин А. Н., Успенский М. Н. Препринт МИФИ № 032-86. М., 1986. 20 с.
- [4] Sinitsin S. V., Spirin A. N., Uspensky M. N. Hyperfine Interactions, 1986, vol. 29, p. 1369—1372.
- [5] Halpern O., Holstein T. Phys. Rev., 1941, vol. 59, p. 960—981.
- [6] Баазов Н. Г., Барааш Я. М., Бирюкова Е. А. и др. ФТТ, 1976, т. 18, № 6, с. 1721—1722.
- [7] Артемьев Н. А., Бобровник С. Н., Бялко А. А. и др. В сб.: Ядерные излучения в науке и технике / Под ред. Ю. Ф. Бабяковой и П. Л. Грузина. М.: Энергоатомиздат, 1984, с. 67—75.
- [8] Малеев С. В., Рубан В. А. ЖЭТФ, 1972, т. 62, № 1, с. 415—424; 1970, т. 58, № 1, с. 199—210.

Московский инженерно-
физический институт
Москва

Поступило в Редакцию
14 января 1988 г.

УДК 538.24

Физика твердого тела, том 30, в. 7, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 7, 1988

РЕЛАКСАЦИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ В СПИНОВЫХ СТЕКЛАХ ВЫШЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕХОДА

И. А. Зайцев, А. А. Минаков, Р. Р. Галонзка

До недавнего времени предполагалось, что в спиновых стеклах при температуре T_g происходит переход из парамагнитной фазы с экспоненциальным законом релаксации намагниченности $M(t)$ в фазу спинового стекла с логарифмически медленным или степенным [1] законом релаксации. Авторами работ [2, 3] было показано, что между парамагнитной фазой и фазой спинового стекла имеется промежуточная фаза, в которой наблюдается неэкспоненциальная релаксация. Они предположили, что в спиновых стеклах существует небольшое количество нефрустрированных ферромагнитных кластеров с температурой разрушения $T_0 > T_g$. Именно релаксацией моментов таких кластеров определяется нижняя граница зависимости

$$M(t) \geq A \exp \left[-C (\ln t)^{\frac{d}{d-1}} \right],$$

где A и C — константы, зависящие от размеров кластеров и их распределения по размерам; d — размерность системы; t — время с момента выключения намагничивающего поля H . Однако экспериментально неэкспоненциальная релаксация выше T_g не наблюдалась.

В данной работе исследована релаксация намагниченности монокристаллических образцов $\text{Cd}_{0.6}\text{Zn}_{0.4}\text{Cr}_2\text{Se}_4$ с $T_g = 21$ К [4], $\text{Cd}_{0.6}\text{Mn}_{0.4}\text{Te}$ [5]

с $T_g = 12$ К, а также магнитного коллоида [6]. В [7-9] показано, что при понижении температуры магнитный коллоид переходит из суперпарамагнитного состояния в состояние дипольного стекла, аналогичного спиновому стеклу. Температура перехода T_g определяется по излому в температурной зависимости динамической магнитной восприимчивости χ при достаточно низких частотах ν и величинах зондирующего поля h , как это показано на рис. 1 для магнитного коллоида, приготовленного на основе однодоменных 100 Å частиц магнетита, диспергированных в керосине и стабилизированных олеиновой кислотой. Объемная концентрация магнетита в коллоиде составляет 20 %, $T_g = 260$ К. Для магнитных коллоидов обычно $T_g \sim 200 \div 300$ К, что на порядок выше, чем T_g в спиновых стеклах. Таким образом, магнитные коллоиды можно использовать как удобный модельный объект для изучения свойств спиновых стекол.

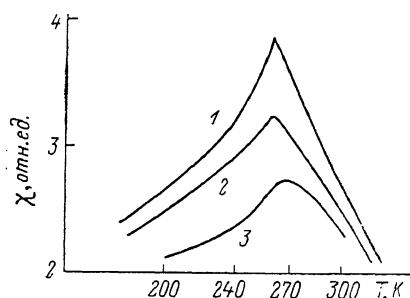


Рис. 1. Температурные зависимости магнитной восприимчивости для магнитного коллоида, измеренные при амплитуде переменного зондирующего поля 0.03 Э и частотах, Гц: 1 — 5, 2 — 15, 3 — 175.

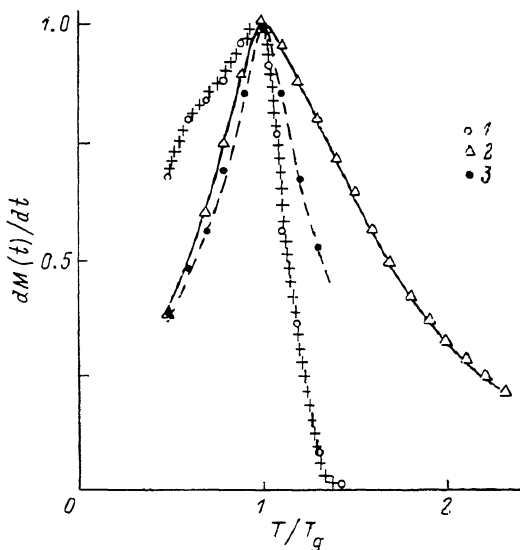


Рис. 2. Температурные зависимости dM/dt , измеренные через $t=5$ мкс после выключения намагничивающего поля.

1 — $Cd_{0.6}Zn_{0.4}Cr_2Se_4$, 2 — $Cd_{0.6}Mn_{0.4}Te$, 3 — магнитный коллоид, $dM(t)/dt$ нормировано на значение $dM(t)/dt$ при $T=T_g$.

Измерения проводились при помощи импульсно-стробоскопической установки с индукционной регистрацией сигнала [10] в интервале времен от 10^{-6} до 10^{-3} с с момента выключения намагничивающего поля H . Амплитуда намагничивающего поля $H=40$ Э, длительность 30 мкс, срез импульса поля 200 нс, частота повторения 1 кГц.

Оказалось, что для всех образцов можно указать значительный температурный интервал выше T_g , где наблюдается неэкспоненциальная релаксация намагниченности, причем для магнитного коллоида удалось установить, что $M(t) \sim t^{-\alpha}$ даже при $T > T_g$. На рис. 2 приведены температурные зависимости $dM(t)/dt$ для $Cd_{0.6}Mn_{0.4}Te$, $Cd_{0.6}Zn_{0.4}Cr_2Se_4$ и магнитного коллоида при $t=5$ мкс, т. е. достаточно большом по сравнению с характерными временами релаксации обычных парамагнетиков. Температурный интервал выше T_g неэкспоненциальной релаксации намагниченности для образцов $Cd_{0.6}Mn_{0.4}Te$ существенно больше, чем этот интервал для образцов $Cd_{0.6}Zn_{0.4}Cr_2Se_4$. Различную величину этого интервала, вероятно, можно объяснить различными причинами образования магнитного беспорядка. Так, в системе $Cd_{1-x}Mn_xTe$ беспорядок обусловлен случайным расположением атомов Mn в решетке, тогда как в системе $Cd_{1-x}Zn_xCr_2Se_4$ магнитные ионы Cr^{3+} образуют регулярную решетку, а случайной является величина энергии обмена. С другой стороны, эффективное число Z взаимодействующих соседей в системе $Cd_{1-x}Zn_xCr_2Se_4$

составляет несколько десятков [11], т. е. на порядок превышает это число для $Cd_{1-x}Mn_xTe$. Отсюда, следуя работе [3], можно заключить, что относительная величина температурного интервала $\Delta T/T_g \sim Z^{-2/3}$ неэкспоненциальной релаксации в первой системе будет почти на порядок меньше, чем во второй, что и наблюдается в эксперименте.

Таким образом, экспериментально обнаруженная неэкспоненциальная релаксация намагниченности в спиновых и дипольных стеклах заметно выше температуры перехода T_g . Обнаружено, что при температурах выше T_g наблюдается заметное различие в поведении спиновых стекол с различными Z и типами беспорядка.

В заключение авторы выражают благодарность М. Ф. Фейгельману и Л. Б. Иоффе за плодотворное обсуждение.

Л и т е р а т у р а

- [1] *Maletta H. J.* Appl. Phys., 1982, vol. 53, N 3, p. 2185—2190.
- [2] *Raneria M., Setna I., Palmer R.* Phys. Rev. Lett., 1985, vol. 54, N 12, p. 1321—1324.
- [3] *Feigelman M. V., Ioffe L. B.* J. Phys., 1986, vol. 47, N 3, p. 363—366.
- [4] *Мяжков А. В., Минаков А. А.* Труды ИОФАН, 1986, т. 3, с. 142—149.
- [5] *Galazka R. R., Nagata S., Keesom P. H.* Phys. Rev. B, 1980, vol. 22, N 7, p. 3344—3355.
- [6] *Шлюomis М. И.* УФН, 1974, т. 112, № 3, с. 427—458.
- [7] *Минаков А. А., Мяжков А. В., Веселаго В. Г.* Тез. докл. XVII Всес. конф. по ФМЯ. Донецк, 1985, с. 125—126.
- [8] *Минаков А. А., Зайцев И. А., Мяжков А. В., Веселаго В. Г.* Изв. АН СССР. Сер. физ., 1987, т. 51, № 6, с. 1062—1066.
- [9] *Minakov A. A., Myagkov A. V., Veselago V. G., Zaitsev I. A.* Acta Phys. Polon., 1987, vol. A72, N 2, p. 245—247.
- [10] *Зайцев И. А., Минаков А. А.* Препринт ИОФАН СССР, № 54. М., 1986. 24 с.
- [11] *Baltzer P. K., Robbins M., Woitowicz P. J.* J. Phys. Chem. Sol., 1967, vol. 28, N 12, p. 2423—2427.

Институт общей физики
АН СССР
Москва

Поступило в Редакци
21 января 1988 г.

УДК 621.315.592

Физика твердого тела, том 30, в. 7, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 7, 1988

СПЕКТР ЗЕЛЕННОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ZnSe

А. А. Бережная, П. Н. Занадворов, Ю. П. Максимов, Ю. А. Степанов

Спектр фотолюминесценции (ФЛ) селенида цинка долгое время является предметом интенсивных исследований, что связано с его широким практическим использованием. Спектры низкотемпературной экситонной и краевой ФЛ ZnSe надежно интерпретированы [1—3], чего нельзя сказать о широких полосах зелено-голубого, желтого и оранжево-красного свечения, хотя именно эти особенности спектров ФЛ в сильной степени связаны с примесным составом кристалла, нарушением его структуры и важны в ряде практических применений ZnSe.

В данной работе исследованы спектры низкотемпературной ФЛ с временным разрешением образцов поликристаллического ZnSe в области зеленого максимума 530—480 нм. Образцы были выращены методом вакуумной сублимации [4] и имели остаточное содержание примесей менее 10^{18} см⁻³. Материал имел кубическую структуру и состоял из зерен размером 0.05—0.25 мм с преимущественной ориентацией вдоль оси (111).

Люминесценция образцов, помещенных в дюар с жидким азотом или гелием, возбуждалась импульсами азотного лазера ЛГИ-505 или импуль-