рактеристики зависят только от отношения масс компонентов и взаимного расстояния между ними.

Результаты работы подтверждают выводы [12] о том, что химический состав звездного населения эллиптических галактик зависит от скорости отрыва материальной точки от системы.

Проведенный здесь анализ распределения гравитационного потенциала в парах галактик и изучение области возможных движений частиц газа, по-видимому, могут объяснить некоторые фотометрические и другие особенности галактик, входящих в пары, и свидетельствуют в пользу механизма активного обмена веществом в ходе эволюции двойных систем между компонентами на ранних стадиях их существования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Демин В. В. Астрон. журн., 1984, 61, с. 1063. [2] Демин В. В., Сажин М. В. Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон., 1985, 26, № 2, с. 100, [3] Караченцев И. Д. Астрофизика, 1981, 17, с. 429. [4] Мартынов Д. Я. УФН, 1972, 108, с. 701. [5] Караченцев И. Д. Докт. дис. Н.-Архыз, 1980. [6] Дубошин Г. Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. М.: Наука, 1964. [7] Кіпд І. R. Astron. J., 1966, 71, N 1, р. 64. [8] Караченцев И. Д. Астрофизика, 1980, 16, с. 217. [9] Караченцев И. Д. Каталог изолированных пар галактик северного неба. Сообщ. САО, 1972, вып. 7, с. 3. [10] Меавигп J. In: Investigation the Universe. Ed. by F. D. Kahn. V. 91, D. Reidel, Dordrecht, 1981, р. 61—94. [11] Караченцев И. Д., Минева В. А. Письма в Астрон. журн., 1984, 10, с. 563. [12] Vigroux L., Chiese J. P., Lazareff B. Astron. and Astrophys., 1981, 98, N 1, р. 119.

Поступила в редакцию 18.06.84

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1985, Т. 26, № 3

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

УДК 538.22:539.28

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ АМОРФНОГО СПЛАВА Со₇₅Fe₅B₂₀ на Начальных стадиях кристаллизации

П. Н. Стеценко, И. Павловский (Чехословакия), В. В. Суриков, С. Д. Антипов, А. В. Гармашов

(кафедра общей физики для естественных факультетов)

Постоянный интерес к аморфным материалам типа «переходный металл — металлоид» преимущественно вызван их оригинальными магнитными свойствами, такими как большая магнитная проницаемость, малая величина коэрцитивной силы, малые магнитные потери и отсутствие у них естественной кристаллической анизотропии. Особый интерес среди них представляют аморфные сплавы типа $Co_{80-x}Fe_xB_{20}$, у которых при $x \simeq 5$ ат. % константа линейной магнитострикции обращается в нуль. Эти свойства делают сплавы такого рода перспективными для использования в качестве предельно мягких магнитных материалов. Некоторые магнитные свойства указанных сплавов были изучены в работе [1].

В настоящей работе сплав Co₇₅Fe₅B₂₀ был изучен главным образом методом ЯМР. Для получения более полного представления о процессах, происходящих в этом аморфном сплаве во время кристаллизации, были измерены также температурные зависимости намагниченности и проведен рентгенофазовый анализ. На дифрактограмме образца Со₇₅Fe₅B₂₀ в исходном аморфном состоянии наблюдалась широкая диффузная линия, подтверждающая аморфное состояние образца. Температурная зависимость намагниченности была измерена на магнитометре в переменном магнитном поле. Во время измерения образец нагревался со скоростью 16 град/мин до температуры 880°С. После охлаждения образца до комнатной температуры измерение повторялось.

На графике температурной зависимости намагниченности образца в исходном состоянии (рис. 1) в области температур 450—550°С наблю-



Рис. 1. Температурная зависимость намагниченности сплава Со₇₅Fe₅B₂₀: первое (1) и повторное (2) измерения дается отчетливый двойной спад и вблизи 600° С снова рост намагниченности до постоянной величины, которая достигается при температуре приблизительно 700° С. В повторном измерении наблюдается начальный рост намагниченности с выраженным спадом при той же температуре, при которой происходит второй спад на кривой намагниченности исходного аморфного состояния. При дальнейшем увеличении температуры намагниченность остается постоянной, величина ее совпадает с величиной намагниченности при первом измерении в том же интервале температур.

Результаты измерений зависимости намагниченности и рентгенофазовый анализ образца после повторного измерения приводят к следующим выводам. Первый резкий спад на кривой намагниченности при первом измерении ($T_{\rm кр}$ =470°C) соответствует температуре кристаллизации аморфного Co₇₅Fe₅B₂₀, при которой выделяется ферромаг-





нитная фаза Co₃B. Второй спад ($T_c = 540^{\circ}$ C) соответствует точке Кюри фазы Co₃B. При температуре 600°C происходит распад части фазы Co₃B с образованием фаз Co₂B-и Co. Начальный рост кривой намагниченности при повторном измерении вызван уменьшением величины анизотропии сплава. Резкий спад при температуре $T_c = 540^{\circ}$ C свидетельствует о присутствии фазы Co₃B. Рентгенофазовый анализ образца после измерения кривых намагниченности показал присутствие фаз Co₃B, Co₂B, г.п.у. и г.п.к. кобальта. Ни кривые намагниченности, ни рентгенографический анализ не выявляют присутствия фазы железа. Его роль в сплаве будет объяснена ниже. Приведенная интерпретация согласуется с заключениями работы [2] с той лишь разницей, что при быстром нагреве (16 град/мин) во время измерения кривых температурной зависимости намагниченности полученные нами значения температур магнитных и структурных превращений на 40° выше полученных при медленном нагреве.

Сигнал ЯМР наблюдался по стандартной двухимпульсной методике при температуре 1,4 К. Длительность импульсов составляла 1 мкс, расстояние между ними 15 мкс, полоса пропускания приемника 1 МГц. Спектр был измерен в диапазоне 130-280 МГц с шагом не более 1 МГц. Сигнал в этом диапазоне обусловлен ядрами ⁵⁹Со. На рис. 2, а приведен спектр образца в исходном аморфном состоянии. На спектре наблюдаются три главных максимума, из которых два --отчетливые и поразительно узкие для аморфных материалов. Они соответствуют частотам 145,5 и 155,1 МГц и оба имеют ширину 5,8 МГц. Третий максимум на спектре представляет собой размытый пик с центром тяжести на частоте 207 МГц и шириной 22 МГц. После отжига образца при температуре 250°С в вакууме в течение 30 мин спектр существенно изменился и принял форму, изображенную на рис. 2, б. Главный максимум этого спектра находится на частоте 227,0 МГц и имеет ширину 16 МГц. Два отчетливых, резких максимума, наблюдаемые на спектре исходного аморфного состояния, соответствуют тем же самым частотам, но имеют гораздо меньшие интенсивности. На обоих спектрах сигнал эха в верхнем пределе распространяется до частот 260 МГц. В нижнем пределе спектра сигнал наблюдается с начала диапазона измерения спектра, т. е. со 130 МГц. (По литературным данным [3, 4], в материале такого рода можно ожидать продолжения спектра без значительных пиков до частот 20—50 МГц. где в резонансе кроме ядер 59 Со участвуют также ядра 11 В.)

Обсудим теперь полученные результаты. На спектре образца исходном аморфном состоянии находятся два наиболее отчетливых максимума в области 150 МГц. Из сравнения с опубликованными измерениями на аморфных сплавах Со-В и Со-Р [3, 4] и кристаллических Со-В [5, 6] можно сделать следующие заключения. В исходном аморфном состоянии образуются области локального окружения, имеющие структуру, сходную с кристаллической структурой Co₃B. В этой кристаллической структуре существуют два неэквивалентных положения атомов кобальта с разными окружениями, отличающиеся числами соседних атомов кобальта и бора и сверхтонкими полями [5]. Можно предположить, что две резонансные линии (f_1 =145,5 МГц; $f_2 = 155,1$ МГц), соответствующие аморфному состоянию, в нашем случае обусловлены существованием сегрегаций с локальным окружением кобальта, близким к окружению в кристаллической фазе Со₃В. Атомы железа замещают атомы кобальта в соответствующих положениях и, по-видимому, способствуют образованию таких сегрегаций. Наличие железа вызывает также смещение полосы резонансных частот аморфного состояния в сторону высоких частот примерно на 10 МГц по сравнению с аморфным Со₃В [4]. Избыточные атомы кобальта при этом могут образовывать сегрегации аморфного кобальта [7]. После отжига при 250° С, очевидно, происходит интенсивное выделение кобальта. что приводит к интенсивной широкой линии г. п. у. кобальта на спектре с центром тяжести на частоте 227,0 МГц (см. рис. 2, б). Это подтверждается также рентгеновскими дифрактограммами, где на фоне широкого максимума, соответствующего аморфному состоянию, появляется

81

узкий пик, обусловленный начальной стадией образования г. п. у. кобальта. Сателлитные линии и размытие главной резонансной линии, по нашему мнению, вызваны присутствием атомов железа и бора в малоупорядоченных окружениях г. п. у. кобальта. Резкое уменьшение интенсивности линий, приписываемых резонансу ядер кобальта в аморфном состоянии, можно объяснить не только относительным уменьшением интенсивности при нормировке к максимальной интенсивности линии г. п. у. кобальта, но и перераспределением атомов аморфной фазы с образованием также других локальных окружений типа кристаллической структуры Co₂B.

Таким образом, проведенные нами эксперименты показывают, что в аморфном сплаве Co₇₅Fe₅B₂₀ уже в исходном состоянии существуют кластеры атомов с относительно хорошо определенным упорядочением типа кристаллической структуры Co₃B. Избыточные атомы кобальта выделяются, образуя аморфный кобальт. Отжиг при 250° С приводит к интенсивному образованию кристаллического г. п. у. кобальта.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность д-ру Ю. Шнайдеру (ГДР) за предоставление образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Zaveta K., Springmann B., Schneider J., Kratochvilova E. In: Proc. 4th Int. Conf. on Rapidly Quenched Metals. Sendai, 1981, p. 523.
[2] Takahashi M., Kim Ch. O., Koshimura M., Suzuki T. Japan J. Appl. Phys., 1978, 17, p. 1911.
[3] Raj K., Durand J., Budnick J. I., Skalski S. J. Appl. Phys., 1978, 49(3), p. 1671.
[4] Durand J., Panissod P., Aliaga Guerra D., Qachaon A. In: Proc. Conf. on Metallic Glasses. Budapest, 1980, p. 41.
[5] Shinohara T., Watanabe H. J. Phys. Soc. Japan, 1965, 20, p. 2020.
[6] Kasaya M., Hihara T., Koi Y. J. Phys. Soc. Japan, 1973, 34, p. 63.
[7] Durand J., Lapierre M. F. J. Phys. F: Metal Phys., 1976, 6, p. 1185.

Поступила в редакцию 13.06.84

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. З. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1985. Т. 26, № 3

УДК 621.315.592

ЭФФЕКТ НАКОПЛЕНИЯ ЗАРЯДА ПРИ ПРИЛОЖЕНИИ К ПОЛУПРОВОДНИКУ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕМЕННОГО ПОЛЯ

В. Ф. Киселев, В. А. Матвеев

(кафедра общей физики для химического факультета)

Уже в ранних исследованиях эффекта поля в германии отмечалось, что при длительном воздействии на образец синусоидального или импульсного электрического поля имеет место накопление на поверхности медленно релаксирующего заряда $Q_{\rm H}$ [1--3]. Аналогичное накопление заряда наблюдалось и в экспериментах с кремнием [4]. Это явление получило название эффекта накопления (ЭН) [5]. Имеются различные точки зрения на происхождение ЭН. Допускается присутствие на поверхности «промежуточных» поверхностных состояний, чьи времена релаксации заряда сравнимы с полупериодом переменного поля [5]. В [2, 5] накопление отрицательного заряда объясняется стимулированной полем десорбцией донорных молекул воды с поверхности. ЭН положительного заряда связывается в работе [3] с выбросом электронов из медленных состояний в окисной пленке в разрешенные зоны полупроводника. С целью получения более однозначной инфор-