

УДК [53+54]-022.532

ББК 22.37+30.37

Г82

*Серия основана в 2006 г.***Гриднев С. А.**

Г82 Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах / С. А. Гриднев, Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников, О. В. Стогней. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2024. — 355 с. — (Нанотехнологии). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-776-3

Изучение нелинейных явлений в многокомпонентных гетерогенных системах, находящихся в аморфном, нано- и микрокристаллическом состояниях, способствует установлению физической природы многих происходящих в них явлений и совершенствованию существующих теоретических положений, а следовательно, и разработке новых материалов, обладающих комплексом уникальных физических свойств. Для успешного решения этих задач большое значение имеет знание особенностей пространственного расположения атомов в аморфных, нано- и микрокристаллических твердых телах и многокомпонентных гетерогенных системах, основных механизмов электронного транспорта в гетерогенных системах металл—диэлектрик и механизмов формирования магнитной анизотропии в нанокompозитах ферромагнетик—диэлектрик, магнитоэлектрических явлений в системах ферромагнетик—пьезоэлектрик, рассмотренных в этой книге.

Для специалистов в областях химии, физики и материаловедения.

УДК [53+54]-022.532

ББК 22.37+30.37

Деривативное издание на основе печатного аналога: Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах / С. А. Гриднев, Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников, О. В. Стогней. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 352 с. : ил. — (Нанотехнологии). — ISBN 978-5-9963-0294-9.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-93208-776-3

© Лаборатория знаний, 2015

Содержание

Предисловие	3
Часть 1. Методы получения и морфология систем с пониженной размерностью	5
1.1. Структура аморфных твердых тел	5
1.1.1. Способы описания аморфной структуры	6
1.1.2. Экспериментальные результаты исследования некоторых аморфных структур	10
1.1.3. Модели аморфной структуры	18
1.1.4. Дефекты аморфной структуры	21
1.1.5. Структурная релаксация	25
1.2. Методы получения систем с пониженной размерностью	30
1.2.1. Получение структур из газообразного состояния	30
1.2.2. Получение аморфных структур из жидкого состояния ..	41
1.2.3. Получение вещества в аморфном состоянии из твердого кристаллического	55
1.3. Основные методы получения наногранулированных композитов металл—диэлектрик	58
1.4. Морфология наногранулированных композитов	61
1.4.1. Морфология композитов с кристаллическими гранулами ..	62
1.4.2. Морфология композитов с аморфной структурой гранул ..	65
1.4.3. Структурные изменения в аморфных гранулированных композитах при нагреве	68
Литература к части 1	71
Часть 2. Электрические свойства наногранулированных композитов металл—диэлектрик	76
2.1. Концентрационные зависимости электрического сопротивления ..	77
2.1.1. Теория протекания	77
2.1.2. Экспериментальные зависимости удельного электрического сопротивления некоторых нанокompозитов металл—диэлектрик от состава	81
2.1.3. Удельное электрическое сопротивление композитов, полученных в атмосфере аргона с добавлением азота в процессе осаждения	84
2.1.4. Удельное электрическое сопротивление композитов, полученных в атмосфере аргона с добавлением кислорода в процессе осаждения	89

2.2.	Температурные зависимости проводимости аморфных гранулированных композитов	96
2.2.1.	Проводимость в диэлектрическом режиме	96
2.2.2.	Проводимость в металлическом режиме	112
2.2.3.	Электрическое сопротивление наногранулированных композитов при высоких температурах	116
	Литература к части 2	130
Часть 3.	Магнитные свойства гранулированных композитов ферромагнетик—диэлектрик	136
3.1.	Свойства магнитных наночастиц. Суперпарамагнетизм	136
3.2.	Процессы намагничивания гранулированных композитов	141
3.2.1.	Процессы перемагничивания аморфных сплавов $\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20}$ и $\text{Co}_{86}\text{Nb}_{12}\text{Ta}_2$	141
3.2.2.	Процессы перемагничивания аморфных гранулированных композитов при комнатной температуре	145
3.3.	Магнитные свойства аморфных гранулированных композитов $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_n)_{100-x}$ и $(\text{Co}_{86}\text{Nb}_{12}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_n)_{100-x}$ при низких температурах	152
3.3.1.	Магнитное последствие	152
3.3.2.	Терромагнитный гистерезис гранулированных композитов.	156
3.3.3.	Магнитный гистерезис при низких температурах	160
3.3.4.	Концентрационные зависимости константы анизотропии и коэрцитивной силы нанокомпозитов. Влияние диполь-дипольного взаимодействия	169
3.3.5.	Релаксация остаточной намагниченности в области низких температур	172
3.4.	Механизмы формирования макроскопической магнитной анизотропии в композитах ферромагнетик—диэлектрик	182
3.4.1.	Магнитная анизотропия парного упорядочения атомов в аморфной ферромагнитной фазе композита	182
3.4.2.	Магнострикционная анизотропия	186
3.4.3.	Магнитная анизотропия, обусловленная текстурой композитов.	188
3.5.	Высоочастотные магнитные свойства наногранулированных композитов ферромагнетик—диэлектрик	192
3.5.1.	Концентрационная зависимость магнитной проницаемости наногранулированных композитов ферромагнетик—диэлектрик	192
3.5.2.	Влияние термической и терромагнитной обработки на высокочастотные свойства наногранулированных композитов.	198
3.5.3.	Частотные зависимости комплексной магнитной проницаемости.	201
	Литература к части 3	204

Часть 4. Гигантское магнитосопротивление гранулированных композитов металл—диэлектрик	212
4.1. Природа магниторезистивного эффекта в наногранулированных композитах металл—диэлектрик	213
4.1.1. Качественная модель туннельного магнитосопротивления	215
4.1.2. Количественные модели туннельного магнитосопротивления	217
4.2. Концентрационная зависимость магнитосопротивления	220
4.3. Корреляция намагниченности и магнитосопротивления композитов	225
4.4. Влияние охлаждения наногранулированных композитов на величину магнитосопротивления	227
4.5. Зависимость магнитосопротивления наногранулированных композитов от элементного состава металлической фазы.	233
4.5.1. Корреляция магнитосопротивления и магнитострикции металлической фазы композитов	234
4.5.2. Экваториальный эффект Керра в аморфных наногранулированных композитах	236
4.5.3. Влияние магнитострикции насыщения металлической фазы на магниторезистивные и магнитооптические свойства композитов	240
4.6. Роль диэлектрической матрицы и факторы, влияющие на величину магниторезистивного эффекта	241
4.6.1. Влияние термического воздействия на величину магнитосопротивления	242
4.6.2. Влияние условий получения на величину магнитосопротивления	251
4.7. Аномальное положительное магнитосопротивление наногранулированных композитов металл—диэлектрик	254
4.7.1. Магнитосопротивление гранулированных нанокompозитов Co—Al ₂ O ₃ , Co—SiO ₂ и Co—CaF ₂	255
4.7.2. Влияние кислорода на положительное магнитосопротивление	258
4.7.3. Модель положительного магнитосопротивления в наногранулированных нанокompозитах металл—диэлектрик	260
4.7.4. Влияние температуры на положительное магнитосопротивление	267
4.7.5. Отсутствие положительного магнитосопротивления в системе Co—CaF ₂	269
Литература к части 4	270

Часть 5. Электрические и магнитные свойства многослойных наноструктур $[(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_{35}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{65}/\alpha\text{-Si:H}]_{30}$	277
5.1. Концентрационная зависимость удельного электрического сопротивления многослойных структур композит—полупроводник	278
5.2. Низкотемпературные исследования электрической проводимости многослойной структуры композит—полупроводник	280
5.3. Магниторезистивный эффект в многослойной структуре композит—полупроводник	283
5.4. Магнитные свойства многослойной структуры композит—полупроводник.	285
Литература к части 5	290
Часть 6. Магнитоэлектрические свойства нано- и микро-композитов	292
6.1. Тонкопленочные наногетерогенные магнитоэлектрические композиты	298
6.1.1. Концентрационные зависимости электропроводности и диэлектрической проницаемости.	300
6.1.2. Механизмы электропроводности в композитах	305
6.1.3. Кристаллизация аморфных материалов	312
6.1.4. Структурная релаксация в аморфном состоянии	318
6.2. Слоистые магнитоэлектрические композиты	324
6.2.1. Прямой магнитоэлектрический эффект	326
6.2.2. Обратный магнитоэлектрический эффект в двухслойных композитах.	335
Литература к части 6	340