

Б. Я. Балагуров

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ

*Макроскопическая
теория*



URSS

Б. Я. Балагуров

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ

Макроскопическая
теория



URSS

МОСКВА

ББК 22.313 22.371 22.379 30.13 30.3

Балагуров Борис Яковлевич

Электрофизические свойства композитов: Макроскопическая теория.
М.: ЛЕНАНД, 2015. — 752 с.

В рамках макроскопической электродинамики дано последовательное изложение теории основных электрофизических свойств композиционных материалов. Рассмотрены проводимость (теплопроводность и т. д.), термоэлектрические, гальваномангнитные и термогальваномангнитные эффективные характеристики бинарных (двухкомпонентных) композитов. Эти величины исследованы, как правило, во всем диапазоне изменения концентрации и других параметров соответствующих задач. Критическое поведение различных электрофизических характеристик композитов в окрестности точки фазового перехода металл–диэлектрик рассмотрено в рамках гипотезы подобия.

Книга предназначена для исследователей, занимающихся физикой композиционных материалов, а также для студентов и аспирантов, специализирующихся в этой области физики твердого тела.

ООО «ЛЕНАНД». 117312, г. Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.
Формат 60×90/16. Печ. л. 47. Зак. № 1137.

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография». Филиал «Чеховский печатный двор».
142300, Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1.

ISBN 978–5–9710–1956–5

© ЛЕНАНД, 2015

17651 ID 196801



9 785971 019565



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	9
Глава I. Проводимость изотропных композитов	13
§ 1. Электрическое поле в неоднородной среде	13
§ 2. Эффективная проводимость	20
§ 3. Слабонеоднородная среда	29
§ 4. Линейное по концентрации приближение	40
§ 5. Квадратичное по концентрации приближение	56
§ 6. Соотношение взаимности	63
§ 7. Системы с МД-переходом	70
§ 8. Приближение эффективной среды	80
§ 9. Решеточные модели	99
Литература к главе I	115
Глава II. Моменты напряженности электрического поля	117
§ 1. Парциальные моменты второго порядка	117
§ 2. Структурные флуктуации поля и тока	128
§ 3. Производная функции $f(p, h)$ по аргументу p	138
§ 4. Нелинейная проводимость	143
§ 5. Парциальные моменты высших порядков	150
Литература к главе II	162
Глава III. Проводимость анизотропных композитов ...	163
§ 1. Тензор эффективной проводимости	163
§ 2. Слабонеоднородная анизотропная среда	173

§ 3. Линейное по концентрации приближение	181
§ 4. Приближение эффективной среды	192
§ 5. Двумерная модель анизотропного композита	204
§ 6. Композиты с одноосной анизотропией	219
§ 7. Критическая область	233
§ 8. Решеточная модель	240
§ 9. Перколяционная модель полидиацетиленна	251
§ 10. Модель структурно анизотропного композита	258
Литература к главе III	272
Глава IV. Термоэлектрические свойства	273
§ 1. Матрица кинетических коэффициентов	273
§ 2. Феноменологическое рассмотрение	280
§ 3. Линейное по $\alpha(\mathbf{r})$ приближение	285
§ 4. Соотношения изоморфизма	289
§ 5. Критическая область	299
§ 6. Другие модели	305
Литература к главе IV	316
Глава V. Гальваномагнитные свойства ($D = 3$)	317
§ 1. Тензор эффективной проводимости	317
§ 2. Коэффициент Холла	328
§ 3. Магнитосопротивление	339
§ 4. Проводимость в сильном магнитном поле	352
§ 5. Билинейные характеристики	365
§ 6. Решеточная модель	379
Литература к главе V	398
Глава VI. Гальваномагнитные свойства ($D = 2$)	399
§ 1. Тензор эффективной проводимости	399
§ 2. Слабое магнитное поле	409
§ 3. Произвольные магнитные поля	413
§ 4. Анализ общих формул для σ_{ex} и σ_{ea}	427
§ 5. Билинейные характеристики	436
§ 6. Анизотропные пленки	445
Литература к главе VI	460

Глава VII. Термогальваномагнитные свойства	461
§ 1. Эффективные характеристики	461
§ 2. Трехмерный случай	465
§ 3. Двумерный случай	472
Литература к главе VII	482
Глава VIII. Композиты с регулярной структурой	483
§ 1. Первая двоякопериодическая модель	483
§ 2. Вторая двоякопериодическая модель	494
§ 3. Двумерная модель Рэлея	507
§ 4. Мультипольные поляризуемости	524
§ 5. Общий метод	531
§ 6. Трехмерная модель Рэлея	544
Литература к главе VIII	563
Глава IX. Квазистационарные поля	565
§ 1. Аналитические свойства статической эффективной проводимости	565
§ 2. Низкочастотная дисперсия проводимости	575
§ 3. Локальные колебания в LC -модели	581
§ 4. Неупорядоченная двумерная модель	588
§ 5. Двумерная модель Рэлея	593
§ 6. Магнитная проницаемость композитов	602
Литература к главе IX	606
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Макроскопическое тело во внешнем электрическом поле	607
§ 1. Асимптотика потенциала	607
§ 2. Мультипольные моменты	612
§ 3. Усредненные характеристики электрического поля ..	614
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплексный потенциал	619
§ 1. Обтекание током двумерных включений	619
§ 2. Поляризуемость некоторых двумерных фигур	624
§ 3. Линии тока	636
ПРИЛОЖЕНИЕ С. Биполярные координаты	647

§ 1. Биполярные координаты	647
§ 2. Поляризуемость пары кругов	650
ПРИЛОЖЕНИЕ D. Эллиптические координаты	655
§ 1. Эллиптические координаты	655
§ 2. Дипольная поляризуемость эллипса	658
§ 3. Мультипольные поляризуемости	663
ПРИЛОЖЕНИЕ E. Сферические координаты	669
§ 1. Сферические координаты	669
§ 2. Некоторые соотношения	672
ПРИЛОЖЕНИЕ F. Эллипсоидальные координаты	675
§ 1. Эллипсоидальные координаты	675
§ 2. Дипольная поляризуемость эллипсоида	677
§ 3. Анизотропная задача	680
ПРИЛОЖЕНИЕ G. Сфероидальные координаты	683
§ 1. Сплюснутые сфероидальные координаты	683
§ 2. Вытянутые сфероидальные координаты	686
§ 3. Сферическое включение в магнитном поле	689
ПРИЛОЖЕНИЕ H. Коэффициенты деполяризации	701
§ 1. Трехосный эллипсоид	701
§ 2. Эллипсоиды вращения	704
§ 3. Решеточные коэффициенты $N^{(\nu)}$	706
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Диагонализация пары матриц	717
ПРИЛОЖЕНИЕ J. Пороги протекания	725
ПРИЛОЖЕНИЕ K. Вычисление некоторых интегралов	737
ПРИЛОЖЕНИЕ L. Криволинейные ортогональные координаты	745
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	751