

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	17
Библиография к введению .....	26
<b>Раздел I. ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД С ВЛОЖЕННОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ</b> .....	<b>33</b>
<b>Глава I.1. Теоретические методы прогнозирования эффективных электро- и теплофизических свойств неоднородных текстурированных сред</b> .....	<b>33</b>
§ I.1.1. Задача об изолированном включении в бесконечной среде с однородным приложенным полем .....	33
1. Однородное включение в однородной изотропной среде .....	34
1.1. Изотропный шар .....	35
1.2. Изотропный круговой цилиндр .....	37
1.3. Изотропный эллипсоид .....	37
1.4. Анизотропный эллипсоид в изотропной среде .....	41
2. Однородное включение в однородной анизотропной среде .....	42
2.1. Однородный эллипсоид в анизотропной среде в случае совпадения его осей и главных осей тензора диэлектрической проницаемости матрицы .....	42
2.2. Однородный эллипсоид в анизотропной среде: общий случай. Тензор обобщенных геометрических факторов эллипсоида с учетом внешней анизотропии .....	49
3. Неоднородное включение с однородным ядром и оболочкой с однородными слоями в однородной среде .....	55
3.1. Бесконечный круговой цилиндр с изотропным ядром и однородной изотропной оболочкой в изотропной среде .....	56
3.2. Изотропный шар с многослойной оболочкой с изотропными слоями в изотропной среде .....	61
3.2.1. Изотропный шар с однослойной оболочкой .....	64
3.3. Анизотропный эллипсоид с анизотропной оболочкой в изотропной среде .....	65
3.3.1. Постановка задачи и обсуждение метода решения .....	65
3.3.2. Потенциал и напряженность электрического поля в матрице .....	69
3.3.3. Потенциал и напряженность электрического поля в оболочке .....	72
3.3.4. Потенциал и напряженность электрического поля в ядре .....	74
3.3.5. Учет условий на границах между матрицей и оболочкой и между оболочкой и ядром .....	75
3.3.6. Дипольный момент и тензор поляризуемости включения .....	78
3.3.7. О нахождении параметров преобразования, устраняющего анизотропию материальных свойств оболочки .....	78
3.3.8. Вычисление средней напряженности электрического поля в оболочке включения .....	79

3.4. Эллипсоид с оболочкой в анизотропной среде . . . . .	82
3.4.1. Постановка задачи и сведение ее к задаче для включения с оболочкой в вакууме . . . . .	82
3.4.2. Решение задачи для включения с оболочкой в вакууме . . . . .	85
3.4.3. Получение решения исходной задачи с помощью преобразования решения задачи для включения с оболочкой в вакууме. . . . .	88
3.4.4. Дипольный момент и тензор поляризуемости включения с оболочкой в анизотропной среде . . . . .	89
3.4.5. Включение с изотропной оболочкой в анизотропной среде . . . . .	90
3.4.6. Случай анизотропного шара с изотропной сферической оболочкой в анизотропной матрице . . . . .	93
3.4.7. Случай анизотропного шара с изотропной сферической оболочкой в изотропной матрице . . . . .	94
3.4.8. Предельный случай однородного анизотропного эллипсоидального включения в анизотропной среде. . . . .	96
3.4.9. Средняя напряженность электрического поля в оболочке включения. . . . .	98
§ I.1.2. Обобщенное приближение Максвелла-Гарнетта для матричных структур с включениями в оболочке. . . . .	100
1. Приближение Максвелла-Гарнетта для матричных сред с однородными включениями. . . . .	100
1.1. Классическое приближение Максвелла-Гарнетта . . . . .	100
1.2. Обобщения приближения Максвелла-Гарнетта на матричные среды с однородными эллипсоидальными включениями . . . . .	102
2. Обобщенное приближение Максвелла-Гарнетта для матричных сред с включениями с оболочкой. . . . .	103
2.1. Постановка задачи и вывод общего уравнения . . . . .	103
2.2. Получение аналитического решения в обобщенном приближении Максвелла-Гарнетта. . . . .	105
2.3. Некоторые частные случаи задачи . . . . .	108
2.3.1. Предельные случаи однородных включений . . . . .	108
2.3.2. Эллипсоидальные включения с изотропной оболочкой . . . . .	109
2.3.3. Включения с шарообразным анизотропным ядром в сферической изотропной оболочке . . . . .	110
2.4. Операторы среднелокального поля . . . . .	111
§ I.1.3. Обобщенное приближение эффективного поля для неоднородных сред с включениями с многослойной оболочкой . . . . .	113
1. Обобщенное сингулярное приближение как подход, объединяющий различные варианты оценок эффективных диэлектрических характеристик неоднородных сред с однородными включениями. . . . .	113
2. Обобщенное приближение эффективного поля для неоднородной среды с включениями в многослойной оболочке . . . . .	115

2.1. Постановка задачи. Формализм с использованием тела сравнения и метода функций Грина. Эффективное поле .....	115
2.2. Решение задачи в обобщенном приближении эффективного поля для случая эллипсоидальных границ ядер и слоев оболочек включений.....	118
2.3. Некоторые частные случаи применения обобщенного приближения эффективного поля .....	124
2.3.1. Предельные случаи среды, состоящей из однородных включений.....	124
2.3.2. Композит с изотропной матрицей и однотипными шаровыми включениями с многослойной оболочкой с изотропными слоями .....	125
2.3.3. Композит с изотропной матрицей и однотипными эллипсоидальными включениями с многослойной оболочкой с анизотропными слоями .....	127
2.4. Неоднородная среда с включениями с однослойной оболочкой ..	130
2.4.1. Случай матричного композита с шарообразными включениями с анизотропным ядром и изотропной оболочкой .....	131
2.4.2. Поликристаллическая среда с однотипными анизотропными шарообразными кристаллитами с изотропной оболочкой .....	132
2.4.3. Матричный композит с эллипсоидальными включениями с оболочкой.....	132
2.4.4. Операторы среднелокального поля .....	134
§ I.1.4. Метод учета вероятностного распределения ориентаций включений на основе теории представлений группы $SO(3)$ .....	136
1. Трехмерные вращения и их параметризация углами Эйлера .....	136
2. Преобразование симметричных тензоров 2-го ранга при вращениях системы координат.....	138
2.1. Преобразование компонент симметричного тензора 2-го ранга со следом, равным нулю .....	139
2.2. Некоторые свойства обобщенных сферических функций.....	140
3. Некоторые распределения в пространстве трехмерных ориентаций ..	142
3.1. Координаты Бельтрами точки единичной сферы и их связь со сферическими координатами. Одноосное распределение рэлеевского типа .....	142
3.2. Нормальные распределения на группе $SO(3)$ .....	144
4. Метод учета вероятностного распределения ориентаций включений в неоднородных средах .....	146
<b>Глава I.2. Диэлектрические и электропроводящие свойства неоднородных сред вложенной структуры.....</b>	<b>151</b>
§ I.2.1. Эффективные диэлектрические характеристики текстурированных матричных композитов с однородными включениями .....	151

1. Постановка задачи и ее аналитическое решение в обобщенном приближении Максвелла-Гарнетта .....	151
2. Некоторые частные случаи матричных композитов .....	152
2.1. Однотипные анизотропные сонаправленные эллипсоидальные включения .....	152
2.2. Однотипные эллипсоидальные включения с вероятностным распределением ориентаций .....	153
2.2.1. Равномерное распределение ориентаций включений .....	153
2.2.2. Осевое распределение ориентаций включений .....	153
2.2.3. Распределение ориентаций включений – КНР на $SO(3)$ с двумя параметрами .....	154
2.2.4. Распределение ориентаций включений – ЦНР на $SO(3)$ .....	154
2.3. Матричный композит с несколькими видами эллипсоидальных включений .....	155
§ 1.2.2. Эффективные диэлектрические характеристики матричных композитов с включениями в оболочке .....	155
§ 1.2.3. Проводимость текстурированного поликристалла с учетом межкристаллитных промежутков .....	157
1. Постановка задачи и ее аналитическое решение с помощью ОПЭП в варианте самосогласованного решения .....	157
2. Примеры применения метода на основе ОПЭП для некоторых частных случаев поликристаллов .....	159
§ 1.2.4. Моделирование частотных диэлектрических характеристик пористых структур .....	161
1. Прогнозирование частотных диэлектрических характеристик пористого кремния .....	162
2. Учет поверхностного оксидного слоя пластин или волокон в пористом кремнии .....	166
§ 1.2.5. Прогнозирование частотных диэлектрических характеристик геологических слоев .....	168
<b>Глава 1.3. Оптические свойства композитов с диэлектрической матрицей и включениями с металлической оболочкой .....</b>	<b>175</b>
§ 1.3.1. Квазистатический подход к прогнозированию оптических свойств неоднородных сред и пленок из них .....	176
§ 1.3.2. Учет наноразмерного эффекта. Средняя длина свободного пробега электрона в металлической оболочке .....	178
§ 1.3.3. Оптические свойства композитов с диэлектрической матрицей и однородными металлическими включениями .....	180
§ 1.3.4. Оптические свойства композитов с диэлектрической матрицей и включениями с диэлектрическим ядром и металлической оболочкой .....	190
§ 1.3.5. Оптические свойства композитов с диэлектрической матрицей и включениями, у которых ядро и оболочка состоят из различных металлов .....	192

<b>Глава I.4. Эффективные теплопроводящие свойства неоднородных сред вложенной структуры</b> .....	194
§ I.4.1. Эффективные теплопроводящие характеристики трибокомпозитов с антифрикционными включениями в оболочке ...	195
§ I.4.2. Эффективные теплопроводящие характеристики волокнистых композитов вложенной структуры (сравнение модельных и конечноразностных расчетов) .....	198
§ I.4.3. Метод учета неидеальности теплового контакта между включениями и матрицей на основе модели включений с оболочками ...	202
§ I.4.4. Оценка распределений локальных температурных полей в композитах вложенной микроструктуры .....	206
<b>Приложения к разделу I</b> .....	211
Приложение А. Матрицы преобразования между декартовыми и эллипсоидальными координатами .....	211
Приложение Б. Обоснование процедуры усреднения вектора поляризации гетерогенной среды путем взвешенного суммирования средних значений по однородным областям .....	213
Приложение В. Связь тензора обобщенных геометрических факторов эллипсоида с учетом анизотропии внешней среды и тензора $g$ , используемого в обобщенном сингулярном приближении .....	215
<b>Библиография к разделу I</b> .....	218
<b>Раздел II. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИКРОСТРУКТУР С ВКЛЮЧЕНИЯМИ В ОБОЛОЧКЕ</b> .....	228
<b>Глава II.1. Теоретические методы прогнозирования эффективных, локальных упругих и предельных прочностных свойств микроструктур</b> .....	228
§ II.1.1. Эффективные упругие свойства микроструктур .....	228
§ II.1.2. Локальные упругие свойства микроструктур .....	237
1. Операторы (тензоры) концентрации напряжений и деформаций ...	237
2. Объемная плотность энергии деформации .....	241
3. Прогнозирование влияния локальных напряжений в микроструктурах на средние по материалу напряжения и на достижение ими предельного напряженно-деформированного состояния .....	243
4. Прогнозирование предельных прочностных характеристик микроструктур с использованием тензора концентрации напряжений .....	249
<b>Глава II.2. Прогнозирование упруго-прочностных свойств флюидонасыщенных матричных структур</b> .....	251
§ II.2.1. Эффективные упругие характеристики пористозаполненных смазочным веществом трибокомпозитов .....	253

§ II.2.2. Концентрация напряжений и деформаций в пористозаполненных смазочным веществом трибокомпозитах . . . . .	256
§ II.2.3. Объемная плотность энергии деформации в пористозаполненных смазочным веществом трибокомпозитах . . . . .	260
§ II.2.4. Предельные прочностные показатели (при одноосном сжатии) пористозаполненных смазочным веществом трибокомпозитов. . . . .	263
<b>Глава II.3. Прогнозирование упруго-прочностных свойств капсулированных трибокомпозитов . . . . .</b>	<b>265</b>
§ II.3.1. Описание метода прогнозирования упруго-прочностных свойств капсулированных трибокомпозитов. . . . .	266
§ II.3.2. Эффективные упругие свойства капсулированных трибокомпозитов . . . . .	268
1. Моделирование эффективных упругих характеристик трибокомпозитов без учета разброса значений относительных размеров микрокапсул . . . . .	268
2. Моделирование эффективных упругих характеристик трибокомпозитов с учетом разброса значений относительных размеров микрокапсул . . . . .	273
§ II.3.3. Концентрация напряжений и деформаций в капсулированных трибокомпозитах . . . . .	275
§ II.3.4. Объемная плотность энергии деформации в капсулированных трибокомпозитах . . . . .	280
§ II.3.5. Предельные прочностные показатели (при одноосном сжатии) капсулированных трибокомпозитов. . . . .	284
<b>Глава II.4. Прогнозирование температуры фазового перехода «твердое тело – жидкость» и низкотемпературного механического поведения водосодержащих мезопористых структур. . . . .</b>	<b>288</b>
§ II.4.1. Структура и свойства исследуемых материалов. . . . .	288
§ II.4.2. Моделирование температуры плавления воды, замерзшей в условиях пространственного ограничения в мезопористой матрице кремния . . . . .	291
§ II.4.3. Моделирование низкотемпературного механического поведения водосодержащего пористого кремния . . . . .	299
<b>Библиография к разделу II . . . . .</b>	<b>305</b>