**Нассар Мохамед Элсайед Абузид Многомасштабная гомогенизация пьезоэлектрических композитов с модифицированными интерфейсными свойствами: математические модели, конечно-элементные технологии и применения**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Нассар Мохамед Элсайед Абузид

Оглавление

Введение

Глава 1: Общий обзор

1.1. Пьезоэлектрические преобразователи

1.2. Линейная теория пьезоэлектричества 19 1.2.1. Энергетические и полевые уравнения электроупругости

1.2.2. Пьезоэлектрические определяющие уравнения

1.3. Методы идентификации модулей обычных пьезоэлектрических материалов

1.4. Пористые пьезокомпозиты

1.5. Пористые пьезокомпозиты для сбора энергии

1.6. Способы устранения недостатков пористых пьезокомпозитов

1.7. Пористые пьезоэлектрические композиты с металлизированными поверхностями пор

1.7.1. Метод микроструктурного дизайна (МСД)

1.7.2. Концепция транспорта наночастиц (КТН/NPT)

1.8. Гомогенизация пористых пьезоэлектрических композитов

1.9. Аналитические методы гомогенизации

1.9.1. Краткий обзор

1.9.2. Краткое описание концепции аналитической гомогенизации

1.9.3. Тензор Эшелби

1.9.4. Разбавленное приближение

1.9.5. Метод Мори-Танака

1.9.6. Самосогласованный метод (SCM)

1.10. Численная гомогенизация 41 1.10.1. Представительный объем элемеша

1.10.2. Представительные объемы с микроструктурой рассматриваемых

пьезокомпозитов

1.11. Краткое описание метода численной гомогенизации, реализованного на основе конечно-элементных технологий

1.12. Трудности определения эффективных свойств пьезокомпозитов

1.13. Методология, реализованная в работе 46 Заключение к главе

Глава 2: Математическая модель гомогенизации

2.1. Краевые задачи и методология гомогенизации

2.2. Случай обычного пористого пьезокомпозита

2.3. Пористые пьезокомпозиты с экстремальными свойствами на границах пор

2.4. Моделирование неоднородной поляризации

2.5. Обоснование межфазных условий на примере диэлектрического композита

2.5.1. Гомогенизация сферического трехфазного диэлектрического композита

2.5.2. Предельные переходы для эффективной диэлектрической проницаемости

2.5.3. Диэлектрические задачи гомогенизации без учета экстремальных модулей материалов включений

2.5.4. Заключительные замечания

2.6. Конечно-элементные аппроксимации 75 Заключение к главе

Глава 3: Алгоритмы формирования представительных объемов

Определение представительного объема

3.1. Простой или периодический представительный объем

3.1.1. Простой представительный объем для моделирования аномальных свойств

пористых пьезокерамических материалов

3.1.2. Периодический представительный объем, представляющий СМПП с учетом

упругих свойств металлического слоя с малой толщиной

3.1.3. Представительный объем, моделирующий частичную металлизацию

поверхностей пор СМПП

3.2. Случайный представительный объем

3.2.1. Представительный объем, моделирующий случайно распределенные включения одинакового размера

3.2.2. Представительный объем для моделирования неравномерного распределения включений произвольного размера

Заключение к главе

Глава 4: Результаты вычислительных экспериментов

4.1. Влияние формы пористости на эффективные свойства обычного пористого пьезокомпозита (ОПС) и пористого пьезокомпозита с металлизированными границами пор (СМПП)

4.2. Об аномальных свойствах пористых пьезокерамических материалов с металлизированной или жесткой поверхностью пор

4.3. Влияние объемной доли металла на эффективные свойства пористого пьезоэлектрического композита с металлизированными границами пор

4.4. Эффективные свойства пористого неоднородно поляризованного по направлению пьезокерамического материала с полностью металлизированными границами пор

4.5. Влияние частичной металлизации на границах пор на эффективные свойства пористого пьезокерамического композита

4.5.1. Исследования эффективных модулей СЧМПП2Х и СЧМПП2Z

4.5.2. Исследования эффективных модулей СЧМПП2X2Y и СЧМПП2X2Z

4.5.3. Влияние частично металлизированной поверхности пор на симметрию кристалла

4.6. Исследования пьезоэлектрического композита с полыми металлическими включениями с использованием адаптируемого случайного представительного объема

133

Заключение к главе

5. Глава 5: Программные комплексы компьютерного моделирования

5.1. Алгоритм и программы для решения задач гомогенизации с учетом периодического ПО

5.2. Алгоритмы и программы для решения задач гомогенизации с учетом случайного ПО

Заключение к главе