

В.Ф. КРАВЧЕНКО

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СТРУКТУР

**ТЕОРИЯ, АЛГОРИТМЫ
И МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Российской Федерации
по образованию в области прикладных математики
и физики в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений по направлению
«Прикладные математика и физика»*



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2006

УДК 537.312.62

ББК 22.313

К 78

Кравченко В. Ф. **Электродинамика сверхпроводящих структур. Теория, алгоритмы и методы вычислений.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 280 с. — ISBN 5-9221-0704-6.

В монографии приведены и обобщены теоретические данные о поверхностном импедансе сверхпроводников. Рассмотрены различные импедансные граничные условия и определены границы их использования в краевых задачах электродинамики. Исследовано большое количество физических моделей различных сверхпроводящих структур для внутренних и внешних краевых задач. Получены новые алгоритмы, а также разработаны методы их вычислений. Монография рассчитана на научных работников, инженеров, занимающихся вопросами радиофизики и электроники, задачами математического моделирования физических процессов, протекающих в различных сверхпроводящих структурах, а также на студентов и аспирантов ВУЗов, специализирующихся по прикладной физике и вычислительной математике.

Рекомендовано УМО РФ по образованию в области прикладных математики и физики в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Прикладные математика и физика».

Рецензенты:

член-корр. РАН В. И. Пустовойт,
доктор физико-математических наук А. Д. Шатров

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	6
Введение	8
Глава 1. Поверхностный импеданс сверхпроводников гладкой и шероховатой поверхности	11
1.1. Выбор физических моделей для описания поверхностного импеданса сверхпроводников	11
1.2. Взаимодействие электромагнитных волн со сверхпроводниками . . .	14
Глава 2. Возбуждение сверхпроводящих волноводов и объемных резонаторов	55
2.1. Разложение поля по системе собственных функций	55
2.2. Метод интегральных преобразований. Возбуждение плоского сверхпроводящего волновода	57
2.3. Электродинамические характеристики микрополосковых линий передачи	61
2.4. Электродинамические характеристики цилиндрического объемного резонатора	63
2.5. Уточнение значений поверхностного импеданса сверхпроводников с помощью цилиндрического сверхпроводящего резонатора	69
2.6. Методы определения скорости света, основанные на импедансных измерениях сверхпроводников	71
2.7. Резонансные свойства плоского волновода со сверхпроводящей стенкой	84
Глава 3. Сверхпроводящие открытые резонаторы	90
3.1. Сверхпроводящие открытые резонаторы с плоскими прямоугольными и круглыми зеркалами	90
3.2. Открытые резонаторы с плоскими зеркалами на основе ВТСП пленок	97
3.3. Уточнение значений поверхностного импеданса сверхпроводников с помощью открытого СП резонатора	98
3.4. Открытые конфокальные резонаторы со сверхпроводящими цилиндрическими зеркалами прямоугольной формы	99

Глава 4. Методы спектральной теории и их применение к решению внешних краевых задач дифракции и рассеяния волн на сверхпроводящих объектах простой и сложной формы	116
4.1. Взаимодействие электромагнитных волн с СП пленками на подложке	116
4.2. Эквивалентные граничные условия для системы сверхпроводник–подложка–сверхпроводник	122
4.3. Возбуждение сверхпроводящей плоскости	125
4.4. Возбуждение сверхпроводящего кругового и эллиптического цилиндров	129
4.5. Осесимметричное возбуждение сверхпроводящей сферы	132
4.6. Электромагнитное поле решетки сверхпроводящих антенн	135
4.7. Определение полей излучения плоской сверхпроводящей логарифмической спирали	137
4.8. Возбуждение электрическим диполем сверхпроводящего диска	141
4.9. Метод R -функций в краевых задачах электродинамики для областей сложной формы с различным импедансом	154
4.10. Возбуждение системы сверхпроводящих антенн	157
4.11. Дифракция волн на решетке из сверхпроводящих плоских нерегулярных лент	168
Список литературы к главам 1–4	177
Глава 5. Дифракция электромагнитных волн на сверхпроводящих лентах	186
Введение	186
5.1. Рассеяние электромагнитных волн тонкой сверхпроводящей лентой	190
5.2. Рассеяние электромагнитных волн решеткой сверхпроводящих тонких лент	194
5.3. Сведение краевой задачи к системе интегральных уравнений	197
5.3.1. Случай H -поляризации (197). 5.3.2. Случай E -поляризации (203).	
5.4. Схема численного решения СИУ на системе интервалов	205
5.4.1. Общая схема метода дискретных особенностей (205).	
5.4.2. Модификация МДО для СИУ, содержащего интеграл с переменным пределом интегрирования (208). 5.4.3. Дискретизация системы интегральных уравнений, эквивалентной исходной задаче (211).	
5.5. Асимптотические формулы для расчета поля в дальней зоне	212
5.6. Численная реализация математической модели	215
Глава 6. Дифракция и излучение из плоского волновода со сверхпроводящим фланцем	225
Введение	225
6.1. Задача дифракции на плоском волновом со сверхпроводящим фланцем	226

6.1.1. Постановка задачи (226).	6.1.2. Вывод граничного интегрального уравнения в случае H -поляризации (227).	
6.1.3. Вывод граничного интегрального уравнения в случае E -поляризации (234).		
6.2. Задача излучения из плоского волновода со сверхпроводящим фланцем		239
6.2.1. Постановка задачи (239).	6.2.2. Вывод граничного интегрального уравнения в случае H -поляризации (240).	
6.2.3. Вывод граничного интегрального уравнения в случае E -поляризации (244).		
6.3. Дискретная математическая модель на базе МДО		247
6.4. Асимптотическая формула для расчета поля в дальней зоне		249
6.5. Обобщение математической модели на случай конечного числа волноведущих каналов		250
6.5.1. Постановка задачи и вывод системы СИУ (250).	6.5.2. Дискретная математическая модель в случае m волноведущих каналов (256).	
6.6. Численный эксперимент и анализ результатов		257
Список литературы к главам 5–6		265