

Е. А. ВИНОГРАДОВ
И. А. ДОРОФЕЕВ

**ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННЫЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ
ТВЕРДЫХ ТЕЛ**



Е. А. ВИНОГРАДОВ

И. А. ДОРОФЕЕВ

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННЫЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ
ТВЕРДЫХ ТЕЛ



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2010

Тверской государственный университет



Научная библиотека 00247152

Ф3

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Глава 1. Статистическое описание теплового электромагнитного поля, генерируемого макроскопическими телами	11
§ 1.1. Статистическая модель термостимулированных электромагнитных полей и их основные характеристики	11
1.1.1. Введение (11). 1.1.2. Особенности статистической модели случайных электромагнитных полей (13).	
§ 1.2. Макроскопические уравнения флуктуационной электродинамики.	15
1.2.1. Усреднение микроскопических уравнений флуктуационной электродинамики (15). 1.2.2. Флуктуационно-диссипативная теорема (19).	
§ 1.3. Теоретические методы расчета свойств термостимулированных электродинамических полей.	20
1.3.1. Ланжевеновский подход. Теория Рытова (20). 1.3.2. Метод функций Грина (24). 1.3.3. Теория Агарваля (27). 1.3.4. Вычисление корреляционных функций в квантовой статистической физике (30).	
Литература к главе 1	36
Глава 2. Диэлектрическая проницаемость материала.	38
§ 2.1. Общие свойства диэлектрической проницаемости	39
§ 2.2. Модели диэлектрических проницаемостей твердотельной электронной плазмы на основе решения классического кинетического уравнения.	44
2.2.1. Диэлектрическая проницаемость Друде (47). 2.2.2. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы (48).	
§ 2.3. Диэлектрическая проницаемость в гидродинамическом приближении	49
§ 2.4. Диэлектрическая проницаемость вырожденного электронного газа с учетом столкновений. Теория Линдхарда–Мермина.	52
§ 2.5. Модель диэлектрической проницаемости решеточной подсистемы твердого тела	60
§ 2.6. Процессы релаксации. Температурная зависимость скорости распада стационарного состояния.	63
2.6.1. Релаксация свободных электронов в металлах (63).	
2.6.2. Релаксация свободных электронов в полупроводниках (67).	
2.6.3. Рассеяние фононов (69).	

§ 2.7. Коэффициенты Френеля. Поверхностные импедансы. Учет эффектов нелокальности	72
§ 2.8. Поверхностные электромагнитные волны	79
Литература к главе 2	84
Глава 3. Спектральные характеристики термостимулированных флуктуационных электромагнитных полей, генерируемых плоскостойкими телами	87
§ 3.1. Спектральные характеристики флуктуационного электромагнитного поля полупространства	87
3.1.1. Неравновесная задача (88). 3.1.2. Равновесная задача (91). 3.1.3. Аналитические аппроксимации (96). 3.1.4. Спектральная плотность состояний (99). 3.1.5. Пространственная корреляция тепловых полей (106).	
§ 3.2. Спектральные характеристики флуктуационного электромагнитного поля полупространства, покрытого плоскопараллельной слоистой структурой	121
Литература к главе 3	131
Глава 4. Методы исследования спектральных характеристик термостимулированного флуктуационного поля и фононных поляритонов кристаллов	133
§ 4.1. Введение	133
§ 4.2. Колебания атомов совершенной кристаллической решетки	137
4.2.1. Эффективный заряд ионов (141). 4.2.2. Инфракрасная дисперсия (145).	
§ 4.3. Поверхностные оптические фононы (поляритоны)	148
§ 4.4. Объемные поляритоны в пленках	153
§ 4.5. Экспериментальные методы исследования фононных поляритонов	154
§ 4.6. Методы обработки экспериментальных спектров отражения	168
4.6.1. Метод дисперсионных соотношений Крамерса–Кронига (169). 4.6.2. Метод дисперсионного анализа (ДА) (170). 4.6.3. Метод последовательного анализа ДА-КК (172). 4.6.4. Графический метод определения частот фононов по точкам перегиба на полосе остаточных лучей (173). 4.6.5. Влияние механической обработки поверхности кристаллов на их оптические свойства (175).	
§ 4.7. Количественные исследования малых тепловых излучательных способностей образцов в инфракрасной области спектра	180
Литература к главе 4	189
Глава 5. Радиационные состояния термостимулированного поля структуры «пленка на металле»	198
§ 5.1. Собственные состояния пленки диэлектрика на металлической подложке	199
5.1.1. Кулоновские состояния пленки диэлектрика на металлической подложке (199). 5.1.2. Дисперсия поляритонов тонкой пленки	

на металле с учетом запаздывания (205). 5.1.3. Взаимодействие с поперечным полем. ИК поглощение (208).	
§ 5.2. Экспериментальное исследование термостимулированного излучения кристаллической решетки селенида цинка	213
5.2.1. Влияние проводимости металлической подложки на спектральные особенности излучения системы «пленка на металлической подложке» (220). 5.2.2. Температурный сдвиг и уширение полос длинноволнового ИК излучения пленок селенида цинка (228). 5.2.3. Радиационная ширина полос излучения колебательных состояний тонких пленок (234).	
§ 5.3. Радиационные состояния толстых пленок.	239
5.3.1. Интерференционные поляритоны (239). 5.3.2. Резонанс дипольных колебаний примесных атомов с интерференционными поляритонами пленки (242).	
§ 5.4. Экспериментальные исследования оптических фононов анизотропных пленок.	251
5.4.1. Спектр собственных колебаний атомов кристаллической решетки свободной анизотропной пленки (251). 5.4.2. Экспериментальные результаты (254). 5.4.3. Оптические свойства анизотропных пленок в длинноволновой ИК области спектра. Влияние металлической подложки (258).	
§ 5.5. Тепловое излучение многослойных структур.	262
5.5.1. Оптические свойства гетероструктур в ИК области спектра (262).	
Литература к главе 5	267
Глава 6. Нерадиационные колебательные состояния кристаллов и пленок	273
§ 6.1. Введение	273
§ 6.2. Квазистационарные состояния теплового флуктуационного поля образца и их возмущение призмай	274
6.2.1. Излучение света плазмонами металла за счет призмы НПВО над металлом (277). 6.2.2. Излучение света поверхностными плазмонами металла за счет пленки диэлектрика на металле (283).	
§ 6.3. Термостимулированное излучение поверхностных поляритонов монокристаллов	290
6.3.1. Поверхностные фонон-поляритоны монокристалла ZnSe (290). 6.3.2. Поверхностные фонон-поляритоны монокристалла $Gd_2(MoO_4)_3$ (294).	
§ 6.4. Термостимулированное излучение поверхностных поляритонов пленок ZnSe (квазистационарное флуктуационное поле с $q > \omega/c$) . . .	298
§ 6.5. КРС в пленках селенида цинка	309
6.5.1. Введение (309). 6.5.2. Монокристаллы ZnSe (312). 6.5.3. Пленки ZnSe (313).	
§ 6.6. Резонансное КРС в пленках ZnSe.	317
6.6.1. Монокристалл ZnSe (317). 6.6.2. Пленки ZnSe (319).	
§ 6.7. Люминесценция и резонансное КРС на радиационных поляритонах сэндвичей.	325

§ 6.8. Волноводные поляритоны	329
§ 6.9. Сравнительный анализ свойств радиационной и нерадиационной частей термостимулированного поля	333
Литература к главе 6	345
Глава 7. Некоторые приложения теории флуктуационных электромагнитных полей.	352
§ 7.1. Дифракция флуктуационного электромагнитного поля на отверстии в тонкой пленке с реальными оптическими свойствами	352
§ 7.2. Дисперсионное взаимодействие между телами. Задача Е. М. Лифшица	365
7.2.1. Дисперсионное взаимодействие между телами в условиях полного термодинамического равновесия (365). 7.2.2. Дисперсионное взаимодействие между телами в условиях неполного термодинамического равновесия (372).	
§ 7.3. Дисперсионное взаимодействие в системе произвольного числа ча- стиц в условиях неполного термодинамического равновесия	374
§ 7.4. Дисперсионное взаимодействие частиц с поверхностью материала, характеризуемого нелокальным оптическим откликом	384
§ 7.5. Перенос энергии посредством термостимулированного поля между двумя телами, находящимися в термостатах с разными температу- рами	395
§ 7.6. Электро- и магнетокалорический механизм выделения энергии в зондирующем объекте, помещенном в термостимулированное электромагнитное поле образца	407
§ 7.7. Сдвиг и уширение уровней частицы в термостимулированном флук- туационном поле твердого тела. Каналы релаксации возбужденных состояний частицы, находящейся вблизи плоской поверхности	414
Литература к главе 7	422
 Приложение А. Корреляционные характеристики флуктуационных полей.	428
Литература к приложению А	448
Приложение Б. Преобразование Гильберта. Аналитический сигнал. Соотношения Крамерса–Кронига	450
Литература к приложению Б	456
Приложение В. Решение регулярной граничной задачи электродина- мики	457
Литература к приложению В	468
Приложение Г. Метод функций Грина в современной электродина- мике	469
Литература к приложению Г	480
Приложение Д. Таблицы фундаментальных постоянных и физиче- ских величин	482
Литература к приложению Д	483