

# 目 次

■ 第 1 章 固体の構造と電子状態	1
1.1 固体の分類	1
1.2 1次元固体中の電子の振舞	2
1.2.1 周期的ポテンシャル中での電子の運動	3
1.2.2 ブロッチホの定理とブロッチホ関数	4
1.2.3 摂動論による固有エネルギーと波動関数	7
1.2.4 摂動論が使えない場合	8
1.2.5 エネルギー・バンド	10
1.3 クロニツヒ-ペニーモデル	11
1.4 エネルギー・バンドと固体の性質	13
1.5 ブロッチホ関数とワニア関数	17
1.5.1 ワニア関数	17
1.5.2 ワニア関数の性質	18
1.6 タイト・バインディング近似	20
■ 第 2 章 結晶の構造とエネルギー・バンド	23
2.1 2次元格子構造と結晶構造	23
2.1.1 並進ベクトル	23
2.1.2 複雑な結晶構造と単位構造, 単位胞	25
2.2 3次元結晶構造	26
2.2.1 単純立方結晶	26
2.2.2 体心立方結晶	27
2.2.3 面心立方結晶	28

iv	目次	
2.2.4	六方最密結晶	28
2.2.5	食塩型結晶	30
2.3	3次元結晶の電子状態	31
2.3.1	ブロッホの定理	31
2.3.2	エネルギー・バンド構造とブリュアン・ゾーン	33
2.3.3	ブリュアン・ゾーンとバンド・ギャップ	35
2.3.4	ワニア関数とタイト・バインディング近似	36
2.4	エネルギー・バンドと固体の性質	38
2.5	カーボン・ナノチューブ	40
2.5.1	炭素シートのバンド構造	41
2.5.2	ブリュアン・ゾーン	43
2.5.3	カーボン・ナノチューブの電子状態	45
■ 第3章	格子振動	48
3.1	1次元モデル	48
3.1.1	ハミルトニアンの特角化	49
3.1.2	フーリエ変換	50
3.1.3	基底状態と励起状態	52
3.2	3次元系の格子振動	54
3.2.1	簡単なモデル	55
3.2.2	ハミルトニアンの特角化	55
3.2.3	縦波と横波	57
3.3	音響モードと光学モード	58
3.4	電子・格子相互作用	63
3.5	パイエルズ転移	65
■ 第4章	固体の熱的性質—比熱	70
4.1	比熱の古典理論	71
4.2	比熱の量子力学的理論	74
4.3	電子比熱	77

	目次	v
4.3.1	金属の電子比熱	79
4.3.2	絶縁体の電子比熱	80
4.4	高温での固体の比熱	84
4.5	低温での固体の比熱	85
■ 第5章	電磁波と固体の相互作用	87
5.1	電場と固体の相互作用	87
	電子と電場の相互作用	88
5.2	電磁波の吸収	90
5.3	誘電率	92
5.3.1	絶縁体の誘電率	96
5.3.2	金属の誘電率 I—振動数に依存する誘電率	97
5.3.3	金属の誘電率 II—波数に依存する誘電率	98
5.3.4	プラズマ振動	100
5.4	固体による光の反射	101
5.5	固体中の光の透過	105
5.6	励起子	106
5.7	特別な系での電磁波と固体の相互作用	109
5.7.1	金属微粒子による光の吸収	109
5.7.2	全反射とエバネッセント波	111
5.8	フォトニック結晶	112
■ 第6章	電気伝導 I	116
6.1	電気伝導の現象論	117
6.2	不純物による電気抵抗	119
	電気伝導率とコンダクタンス	121
6.3	電気伝導の量子論—久保の理論とランダウアーの理論	122
6.3.1	久保の理論	123
6.3.2	ランダウアーの理論	129
6.3.3	ランダウアーの理論の検証	132

vi	目次	
	6.3.4	コンダクタンスの量子化 ..... 134
	6.4	アンダーソン局在 ..... 135
	6.4.1	局在した固有状態 ..... 137
	6.4.2	アンダーソン局在に関する問題 ..... 140
<b>■</b>	<b>第7章</b>	<b>電気伝導 II 一半導体における電気伝導</b> ..... 146
	7.1	半導体中の不純物 ..... 146
	7.1.1	不純物準位 ..... 146
	7.1.2	不純物準位と化学ポテンシャル ..... 149
	7.1.3	半導体におけるアンダーソン局在 ..... 151
	7.2	n型半導体, p型半導体とその応用 ..... 152
	7.2.1	MOSFET ..... 152
	7.2.2	ヘテロ接合 ..... 156
<b>■</b>	<b>第8章</b>	<b>磁場中の電子の運動</b> ..... 158
	8.1	磁場中の電子の古典論 ..... 158
	8.2	磁場中の電気伝導 ..... 160
	8.3	電気伝導率テンソルと測定 ..... 161
	8.3.1	コルビノ円盤 ..... 163
	8.3.2	ホール効果 ..... 164
	8.4	磁場中の電子の量子論 ..... 165
	8.5	磁場中の2次元電子系 ..... 168
		磁場中の2次元電子系のホール効果 ..... 169
	8.6	量子ホール効果 ..... 171
	8.6.1	強磁場中の電子状態 ..... 171
	8.6.2	強磁場中の電子状態と電気伝導率 ..... 174
	8.6.3	量子ホール効果の理論 ..... 177
<b>■</b>	<b>第9章</b>	<b>超伝導</b> ..... 184
	9.1	超伝導とは ..... 184

	目次	vii
	9.2	超伝導の特徴 ..... 186
	9.2.1	電気抵抗の消失 ..... 186
	9.2.2	マイスナー効果 ..... 186
	9.2.3	磁場による臨界温度の低下 ..... 187
	9.2.4	2次の相転移 ..... 187
	9.3	ロンドン方程式 ..... 188
	9.3.1	マイスナー効果とロンドン方程式 ..... 188
	9.3.2	ロンドン方程式の解 ..... 190
	9.3.3	ロンドン方程式の意味 ..... 192
	9.4	ギンズブルグ-ランダウの理論 ..... 194
	9.4.1	超伝導状態の自由エネルギー ..... 194
	9.4.2	ギンズブルグ-ランダウ方程式 ..... 198
	9.4.3	ギンズブルグ-ランダウ方程式の解 ..... 201
	9.4.4	第2種の超伝導体 ..... 203
	章末問題解答	..... 209
	付録 A.	並進演算子 ..... 216
	付録 B.	群速度と位相速度 ..... 217
	付録 C.	遮蔽効果 ..... 220
	付録 D.	ヤコビの行列式 ..... 223
	付録 E.	カノニカル分布と大カノニカル分布 ..... 224
	付録 F.	直接ギャップと間接ギャップ ..... 226
	付録 G.	物質中のマクスウェル方程式について ..... 227
	索引	..... 229