

目 次

1 結 晶 構 造	1
原子の周期的配列	3
格子並進ベクトル 単位構造と結晶構造 基本単位格子	
空間格子の基本型	8
2次元の格子型 3次元の格子型	
結 晶 面 の 指 数	14
簡単な結晶構造	16
塩化ナトリウム構造 塩化セシウム構造 六方最密構造 (hcp)	
ダイヤモンド構造 立方硫化亜鉛構造	
原子構造の直接像	22
理想的でない結晶構造	23
積層不整と構造多形	
結晶構造データ集	24
ま と め	27
問 題	27
参 考 文 献	27
2 逆 格 子	29
結晶による波の回折	29
ブラッグの法則	
散乱波の振幅	32
フーリエ解析 逆格子ベクトル 回折の条件 ラウエ方程式	
ブリルアン・ゾーン	40
単純立方格子の逆格子 体心立方格子の逆格子 面心立方格子	
の逆格子	

単位構造のフーリエ解析	46
体心立方格子の構造因子 面心立方格子の構造因子 原子形状因子	
ま と め	52
問 題	53
参 考 文 献	55
3 結 晶 結 合	56
希ガス結晶	57
ファン・デル・ワールス-ロンドン相互作用 斥力相互作用	
平衡格子定数 凝集エネルギー	
イオン結晶	69
静電（マードルンク）エネルギー マードルンク定数の計算	
共有結合結晶	77
金 属 結 晶	80
水素結合をもつ結晶	80
原 子 半 径	81
イオン半径	
ま と め	84
問 題	84
参 考 文 献	86
4 フォノン I：結晶の振動	87
単原子結晶の振動	87
第 1 ブリルアン・ゾーン 群速度 長波長の極限 実験的に力定数を決定すること	
基本格子が 2 個の原子を含む格子	93
弾性波の量子化	97
フォノンの運動量	98
フォノンによる非弾性散乱	100
ま と め	102

問 題	103
参 考 文 献	105
5 フォノンII：熱的性質	106
フォノン比熱	106
プランク分布 規準モードの算定 1次元における状態密度	
3次元における状態密度 状態密度に対するデバイ・モデル	
デバイの T^3 法則 状態密度に対するアインシュタイン・モデル	
$D(\omega)$ に対する一般式	
結晶における非調和相互作用	120
熱膨張	
熱 伝 導 率	123
フォノン気体の熱抵抗 ウムクラップ過程 格子の不完全性	
問 題	131
参 考 文 献	132
6 自由電子フェルミ気体	133
1次元のエネルギー準位	134
フェルミ-ディラックの分布関数に対する温度の効果	137
3次元の自由電子気体	138
電子気体の比熱	143
金属の比熱の実験値	
電気伝導率とオームの法則	150
金属の電気抵抗の実験値 ウムクラップ散乱	
磁場内の運動	156
ホール効果	
金属の熱伝導率	161
熱伝導率と電気伝導率との比	
問 題	163
参 考 文 献	166

7 エネルギーバンド	167
自由電子に近い電子モデル	169
エネルギーギャップの起因 エネルギーギャップの大きさ	
ブロッホ関数	172
クローニッヒ-ペニーのモデル	173
周期的ポテンシャル内の電子の波動方程式	176
ブロッホの定理の再説 電子の結晶運動量 基本方程式の解	
逆格子におけるクローニッヒ-ペニーのモデル 空格子近似	
ゾーンの境界付近の近似解	
バンドのなかの状態数	188
金属と絶縁体	
ま と め	189
問 題	190
参 考 文 献	191
8 半 導 体	192
バンドギャップ	195
運 動 方 程 式	197
$\hbar \dot{\mathbf{k}} = \mathbf{F}$ の物理的な導出 ホール 有効質量 有効質量の物	
理解釈 半導体における有効質量 シリコンとゲルマニウム	
固有領域のキャリアー濃度	214
固有伝導領域での移動度	
不 純 物 伝 導	219
ドナーとアクセプターの熱的イオン化	
熱 電 効 果	225
半 金 属	227
ま と め	228
問 題	229
参 考 文 献	230

9 フェルミ面と金属	231
還元ゾーン形式 周期的ゾーン形式	
フェルミ面の構成	236
自由電子に近い電子	
電子軌道, ホール軌道, 開いた軌道	240
エネルギーバンドの計算	243
エネルギーバンドに対する強束縛の近似 ウィグナー-サイツの	
方法 擬ポテンシャル法	
フェルミ面を研究する実験の方法	256
磁場における軌道の量子化 ド・ハース-ファン・アルフェン効果	
ま と め	268
問 題	268
参 考 文 献	271
10 プラズモン, ポラリトン, ポーラロン	272
電子気体の誘電関数	272
プラズマ光学 電磁波の分散式 プラズマ中の横光学モード	
縦プラズマ周波数	
プ ラ ズ モ ン	280
静 電 的 遮 蔽	282
モットの金属-絶縁体転移 金属内の遮蔽とフォノン	
ポ ラ リ ト ン	290
LST の関係	
電子-電子相互作用	298
電子-フォノン相互作用: ポーラロン	301
1次元金属のパイエルス不安定	304
ま と め	306
問 題	307
参 考 文 献	310

付録 A	反射線の温度変化	311
付録 B	格子和の計算に関するエバルトの方法	315
	規則正しく並んだ双極子の格子和についてのエバルト- コーンフェルトの方法	
付録 C	弾性波の量子化：フォノン	320
	フォノン座標 生成および消滅演算子	
付録 D	フェルミ-ディラックの分布関数	325
付録 E	dk/dt 方程式の導出	328
付録 F	ボルツマンの輸送方程式	330
	粒子の拡散 古典分布 フェルミ-ディラックの分布 電気伝導率	
付録 G	ベクトルポテンシャル，場の運動量，ゲージ変換	336
	ラグランジュ運動方程式 ハミルトニアン の導出 場の運動量 ゲージ変換	339
	ロンドン方程式におけるゲージ	
付録 H	電子とフォノンの衝突	341
索 引		345