

Inhalt

1	Der kristalline Zustand	11
1.1	Struktur idealer Kristalle	12
	Raumgitter	12
	Kristallstrukturen	16
	Millersche Indizes	18
	Reziprokes Gitter	19
	Erste Brillouin-Zone	21
1.2	Kristalle als natürliche Beugungsgitter	23
	Lauesche Gleichungen	23
	Braggsche Reflexionsbedingung	26
	Strukturfaktor	28
	Debye-Waller-Faktor	32
	Beugung von Materiewellen	33
1.3	Bindungsarten im Kristall	34
	Ionenbindung	35
	Kovalente Bindung	41
	Metallische Bindung	42
	Van-der-Waals-Bindung	43
	Bindung über Wasserstoffbrücken	43
1.4	Fehlordnungen im Kristall	44
	Leerstellen und Zwischengitteratome	45
	Fremdatome in Kristallen	52
	Farbzentren	53
	Versetzungen	54
	Kleinwinkelkorngrenzen und Stapelfehler	60
1.5	Experimentelle Methoden zur Untersuchung von Kristallstrukturen mit Hilfe von Röntgenstrahlen	61
	Laue-Verfahren	61
	Drehkristallverfahren	62
	Debye-Scherrer-Verfahren	63
2	Dynamik des Kristallgitters	64
2.1	Gitterschwingungen	65
	Eigenschwingungen von Kristallgittern mit einatomiger Basis	65
	Phononen	69
	Eigenschwingungen von Kristallgittern mit zweiatomiger Basis	71
2.2	Spezifische Wärme von Kristallen	74
	Zustandsdichte im Phononenspektrum	75
	Debyesches Näherungsverfahren	76

2.3 Anharmonische Effekte	80
Thermische Ausdehnung	81
Wärmeleitung in Isolatoren	83
2.4 Phononenspektroskopie	85
Unelastische Neutronenstreuung	85
Raman-Streuung	88
Aufgaben zu Kapitel 1 und 2	90
3 Elektronen im Festkörper	91
3.1 Modell des freien Elektronengases	92
Spezifische Wärme von Metallen	93
Wärmeleitung in Metallen	95
Glühermission von Elektronen aus Metallen	96
Metallische Bindung	99
3.2 Bändertheorie des Festkörpers	100
Bloch-Funktion	101
Näherung für quasigebundene Elektronen	105
Näherung für quasifreie Elektronen	109
Metalle, Halbmetalle, Isolatoren und Halbleiter	113
Fermi-Flächen von Metallen	114
3.3 Kristallelektronen in äußeren Kraftfeldern	118
Effektive Masse eines Kristallelektrons	120
Bewegung eines Kristallelektrons in einem elektrischen Feld; Defektelelektronen	121
Bewegung eines Kristallelektrons in einem magnetischen Feld; Zyklotronfrequenz	124
Elektrische Leitfähigkeit von Metallen	127
Elektrische Leitung in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern; Hall-Effekt	135
3.4 Halbleiter	138
Eigenleitung	138
Störstellenleitung	141
p-n-Übergang	147
3.5 Experimentelle Methoden zur Bestimmung der charakteristischen Eigenschaften eines Halbleiters	150
Hall-Effekt bei Halbleitern	151
Zyklotron-Resonanz bei Halbleitern	153
3.6 Quanten-Hall-Effekt	157
Aufgaben zu Kapitel 3	163
4 Dielektrische Eigenschaften der Festkörper	164
4.1 Zusammenhang zwischen Dielektrizitätskonstante und Polarisierbarkeit	164
Lokales elektrisches Feld	165
Clausius-Mosottische Gleichung	168

4.2 Elektrische Polarisation und optische Eigenschaften von Isolatoren	169
Lorentzsches Oszillatormodell	170
Eigenschwingungen von Ionenkristallen	172
Optisches Verhalten von Ionenkristallen	176
Polaritonen	180
Orientierungspolarisation	181
4.3 Optische Eigenschaften von Metallen und Halbleitern	184
Plasmaschwingungen	185
Interbandübergänge	188
Exzitonen	189
4.4 Ferroelektrizität	190
Polarisationskatastrophe	193
Antiferroelektrizität	194
4.5 Experimentelle Methoden zur Bestimmung der dielektrischen Funktion	195
Kramers-Kronig-Relationen	195
Auswertung von optischen Reflexionsspektren	197
Energieverlust schneller Elektronen in einem Festkörper	198
Aufgaben zu Kapitel 4	200
5 Magnetische Eigenschaften der Festkörper	201
5.1 Para- und Diamagnetismus von Isolatoren	202
Langevinscher Para- und Diamagnetismus	203
Salze der seltenen Erden und der Eisenreihe	206
5.2 Para- und Diamagnetismus von Metallen	208
5.3 Ferromagnetismus	211
Molekularfeldnäherung	214
Spinwellentheorie	219
Domänenstruktur	224
5.4 Antiferromagnetismus	228
5.5 Spingläser	233
Aufgaben zu Kapitel 5	238
6 Supraleitung	239
6.1 Grundzüge der mikroskopischen Theorie der Supraleitung	241
Effektive Elektron-Elektron-Wechselwirkung	242
Cooper-Paare	249
Grundzustand und angeregte Zustände eines Supraleiters bei $T = 0 \text{ K}$	252
Supraleitende Zustände für $T > 0 \text{ K}$	258
Isotopieeffekt	261
Halbleitermodell des Supraleiters	262
Giaever'sche Tunnelexperimente	265
6.2 Elektrodynamik des supraleitenden Zustands	269
Londonsche Gleichungen	270
Dünne supraleitende Schicht im Magnetfeld	274
Flußquantisierung	275

8 Inhalt

6.3 Josephson-Effekte	277
Josephson-Gleichungen	277
Josephson-Kontakt im Magnetfeld	280
Josephson-Kontakt im Feld einer elektromagnetischen Mikrowellenstrahlung	285
6.4 Thermodynamik des supraleitenden Zustands	289
Freie Enthalpie des supraleitenden Zustands	290
Entropie und spezifische Wärme	293
6.5 Phänomenologische Theorie von Ginzburg und Landau	295
Ginzburg-Landau-Gleichungen	295
Phasengrenzenergie	300
Supraleiter erster Art	304
Supraleiter zweiter Art	309
6.6 Hochtemperatur-Supraleiter	317
Aufgaben zu Kapitel 6	320
7 Legierungen	322
7.1 Thermodynamik binärer Legierungen	323
Ideale Lösungen	328
Eutektische und peritektische Zustandsdiagramme	330
Intermetallische Verbindungen	334
Thermische Analyse	338
Überstrukturen	339
7.2 Kinetik der Phasenreaktionen	344
Darken-Gleichungen	346
Erstarrungsvorgänge	350
Ausscheidungsvorgänge	356
Martensitische Umwandlungen	357
7.3 Metastabile Legierungen	361
Struktur metallischer Gläser	365
Beugungsdiagramme amorpher Substanzen	367
Feinstrukturanalyse von Röntgenabsorptionskanten	370
Aufgaben zu Kapitel 7	372
Anhang	
A Thermodynamische Gleichgewichtsbedingungen	373
B Verteilungsfunktionen in der Boltzmann-, Bose- und Fermi-Statistik	374
Boltzmannsche Verteilungsfunktion	378
Bosesche Verteilungsfunktion	378
Fermische Verteilungsfunktion	378
C Periodensystem mit Daten über verschiedene atomare Eigenschaften und Festkörpereigenschaften der Elemente	Faltblatt
Literaturverzeichnis	383
Sachverzeichnis	387