

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zum Gesamtwerk	XI
1 Einführung	1
2 Aufbau, Struktur und mechanische Eigenschaften der Kristalle	4
2.1 Allgemeines zum Aufbau und Einsatz fester Stoffe	4
2.2 Kristallzucht	7
2.2.1 Zucht aus der Schmelze	7
2.2.2 Zucht aus der Lösung	9
2.2.3 Rekristallisationsverfahren	9
2.2.4 Zonenschmelzverfahren	10
2.3 Gitterstruktur	10
2.3.1 Dichteste Kugelpackungen	10
2.3.2 Mathematische Punktgitter als Modelle von Kristallstrukturen	12
2.3.3 Baufehler	14
2.3.4 Strukturuntersuchungen	15
2.3.4.1 Einleitung	15
2.3.4.2 Kristallstrukturanalyse	16
2.4 Mikroskopie	23
2.5 Bindungen	29
2.5.1 Art der Kräfte und Kräftebilanz	29
2.5.2 Bindungstypen	30
2.5.2.1 Ionenbindung	31
2.5.2.2 Kovalente Bindung	33
2.5.2.3 Metallische Bindung	33
2.5.2.4 Van-der-Waals-Bindung	33
2.5.2.5 Wasserstoffbrückenbindung	34
2.6 Mechanische Eigenschaften	34
2.6.1 Einführung	34
2.6.2 Elastizität	36
2.6.2.1 Grundgesetze der Elastizität	36
2.6.2.2 Elastizität und atomare Struktur	38
2.6.3 Inelastizität	39
2.6.4 Plastische und spröde Festkörper	40
2.6.5 Fließen	43
2.6.6 Ermüdung	44
2.6.7 Bruch	44
3 Dynamik des Kristallgitters	47
3.1 Vorbemerkungen	47
3.2 Klassische Theorie des harmonischen Kristalls	48
3.2.1 Harmonische und adiabatische Näherung	48
3.2.2 Schwingungen einer eindimensionalen Kette	51
3.2.2.1 Kette mit einatomiger Basis	51
3.2.2.2 Rechnersimulation von diskreten schwingenden Systemen	54
3.2.2.3 Kette mit zweiatomiger Basis	58

3.2.3	Elastische Wellen im Festkörper	66
3.3	Quantenmechanische Theorie des harmonischen Kristalls	73
3.3.1	Wärmekapazität des Festkörpers	73
3.3.2	Klassischer Ansatz nach <i>Dulong</i> und <i>Petit</i>	74
3.3.3	<i>Einsteins</i> Anwendung der Quantentheorie	76
3.3.4	Phononenzustandsdichte und <i>Debye</i> -Modell	78
3.3.5	Experimente	84
3.4	Anharmonische Phänomene	91
3.4.1	Allgemeine Aspekte	91
3.4.1.1	Molekulardynamische Simulation eines zweidimensionalen Kristalls	93
3.4.1.2	Analogmodell eines Molekülkristalls	99
3.4.2	Thermische Volumenexpansion	103
3.4.3	Thermische Leitfähigkeit	120
3.5	Schlußbemerkungen	139
4	Bändermodell	142
4.1	Bezeichnungsfragen	142
4.2	Skizzierung der theoretischen Zugangswege	144
4.2.1	Einleitung	144
4.2.2	Näherung für schwach gebundene Elektronen	146
4.2.3	Näherung für stark gebundene Elektronen	152
4.3	Modellexperimente zum Bändermodell	157
4.3.1	Einführung	157
4.3.2	Modellexperimente zur Näherung für schwach gebundene Elektronen	159
4.3.2.1	Wasserwellen	159
4.3.2.2	Elektromagnetische Wellen mit einer Wellenlänge im cm-Bereich	161
4.3.2.3	Lichtwellen	162
4.3.2.4	Die Modellexperimente 4.3.2.1 bis 4.3.2.3 im didaktisch-methodischen Vergleich	163
4.3.3	Modellexperimente zur Näherung für stark gebundene Elektronen	164
4.3.3.1	Mechanisches Experiment mit Wobbelgenerator und XY-Schreiber	164
4.3.3.2	Vereinfachtes mechanisches Experiment: Gekoppelte Pendel von Hand angeregt	166
4.3.3.3	Akustisches Experiment mit Plexiglasröhren auf einem Koppelkasten	168
4.3.3.4	Akustisches Experiment mit einem Speicheroszillographen und direkt gekoppelten Plexiglasröhren	170
4.3.3.5	Elektromagnetisches Modellexperiment	172
4.3.3.6	Atomares Modell	173
4.3.3.7	Die Modellexperimente 4.3.3.1 bis 4.3.3.5 im didaktisch-methodischen Vergleich	179
5	Elektrische Eigenschaften von Halbleitern	180
5.1	Einführung	180
5.2	Grundlagen	181
5.2.1	Modellvorstellungen	181
5.2.2	Ladungsträgerkonzentration und Massenwirkungsgesetz der Ladungsträgerdichte	183
5.3	Transportprozesse	185
5.3.1	Ladungstransport	185
5.3.2	Ladungstransport im Bändermodell	186
5.4	Experimentelle Informationen	188
5.5	Bestimmung des Bandabstandes – elektrische Methoden	188
5.6	Experimente zur Ladungsträgerbeweglichkeit	197

5.7	Galvanomagnetische Effekte	207
5.7.1	Grundlagen	207
5.7.2	Vereinfachte Betrachtung – Klassische Näherung	208
5.7.3	Experimente zur Temperaturabhängigkeit der <i>Hall</i> -Spannung	209
5.8	Computersimulation zur temperaturabhängigen <i>Hall</i> -Spannung mit einem Tabellenkalkulationsprogramm	216
5.8.1	Berechnung der <i>Hall</i> -Spannung für p-Germanium	216
5.8.2	Bestimmung des Beweglichkeitsverhältnisses b von Elektronen und Löchern an p-Germanium	218
5.9	Fotoleitung und optische Absorption von Germanium und Silizium	218
6	Optische Eigenschaften von Festkörpern	226
6.1	Einführung	226
6.2	Optische Materialgrößen und Dispersion	228
6.2.1	Theoretische Grundlagen der klassischen Kontinuumstheorie: Absorption und Dispersion ..	228
6.2.2	Hinweise auf Experimente und Anwendungen der Dispersions- und Absorptionsgleichung ..	230
6.2.3	Theoretische Grundlagen der Kristalloptik: Doppelbrechung	233
6.2.4	Hinweise auf Experimente zur Polarisierung und Doppelbrechung	234
6.2.5	Allgemeines zur experimentellen Geräteausstattung für optische Untersuchungen	236
6.3	Optische Übergänge im Energiebandstrukturmodell des Festkörpers	236
6.3.1	Theoretische Grundlagen zur Absorption und Emission	236
6.3.2	Photoleitfähigkeit	241
6.3.3	Äußerer Photoeffekt	243
6.4	Optische Eigenschaften von Festkörpern mit atomarer Fehlordnung	243
6.4.1	Atomare Fehlordnung in Kristallen	243
6.4.2	Farbzentren	245
6.4.3	Weitere Anregungsprozesse in Festkörpern	247
6.4.4	Optische Absorption in inhomogen dotierten Halbleitern	249
6.5	Strahlende Übergänge – Festkörperlichtquellen	249
6.5.1	Anregungslumineszenz	249
6.5.2	Injektionslumineszenz	251
6.5.3	Laserdiode	252
6.6	Lichtwellenleitung: Integrierte Optik und Phototunneln	252
6.6.1	Kommunikation mit Lichtwellen durch Glasfasern	252
6.6.2	Theoretische Grundlagen zur Totalreflexion und Lichtwellenleitung in Festkörpern	253
6.6.3	Optisches Tunneln und Tunnelmikroskopie	255
6.7	Photonik	256
6.8	Halbleitersupergitter und niederdimensionale Strukturen	257
6.9	Optisch und thermisch stimulierte Lumineszenz an pulverförmigen Leuchtpigmenten	261
6.9.1	Einführung	261
6.9.2	Technische Leuchtstoffe	262
6.9.3	Anwendungen	264
6.9.4	Experimentelle Informationen	264
6.9.5	Methodische Anmerkungen	265
6.9.6	Elementares Lumineszenzmodell	265
6.9.7	Reaktionskinetisches Modell zur Thermolumineszenz	266
6.9.7.1	Elementares reaktionskinetisches Modell zur Thermolumineszenz	266
6.9.7.2	Thermolumineszenzmodell mit Berücksichtigung des Wiedereinfangs von Elektronen in Haftstellen	268

6.9.8	Modellexperimente	269
6.9.9	Qualitative Experimente	270
6.9.10	Quantitative Experimente	273
6.9.11	Computersimulationen zu reaktionskinetischen Modellen zur Thermolumineszenz	280
6.9.11.1	Berechnung der Glow-Kurve nach dem Randal-Wilins-Modell	280
6.9.11.2	Berechnung der Glow-Kurve mit einem Tabellenkalkulationsprogramm	280
6.9.11.3	Abschätzung der Haftstellentiefe E_h durch Anpassen der theoretischen Glow-Kurve an das Experiment	283
7	Magnetische Eigenschaften der Festkörper	285
7.1	Einführung	285
7.2	Theoretische Grundlagen	285
7.2.1	Das magnetische Moment und die Magnetisierung	286
7.2.2	Das gyromagnetische Verhältnis	287
7.3	Magnetische Materie	288
7.3.1	Materie im Magnetfeld und die Suszeptibilität	288
7.3.2	Diamagnetismus	291
7.3.3	Paramagnetismus	292
7.3.4	Ferromagnetismus	294
7.3.4.1	Die spontane Magnetisierung	295
7.3.4.2	Die Austauschwechselwirkung	296
7.3.4.3	Das Weißsche Feld	297
7.3.4.4	Ferromagnetische Domänen	299
7.3.4.5	Die Hysterese-Kurve	302
7.3.5	Antiferromagnetismus und Ferrimagnetismus	308
7.4	Experimente zum Ferromagnetismus technischer Materialien	310
7.4.1	Grundlagen	310
7.4.2	Hysterese-Kurve von Eisen	312
7.4.3	Hysterese verschiedener ferromagnetischer Materialien	313
8	Hochtemperatursupraleitung	326
8.1	Theoretische Grundlagen	326
8.2	Experimente	333
9	Elektrische und thermische Eigenschaften von Metallen	341
9.1	Einführung	341
9.2	Experimentelle Grundlagen	341
9.2.1	Interface-Systeme und Computermeßtechnik	341
9.2.2	Darstellungsmöglichkeiten und Auswertungen	345
9.3	Die Elektronentheorie der elektrischen Leitfähigkeit der Metalle	349
9.3.1	Klassisches Elektronengasmodell	349
9.3.2	Quantenphysikalische Betrachtung des freien Elektronengases	350
9.4	Klassische Elektronentheorie zur Wärmeleitfähigkeit von Metallen	351
9.5	Wiedemann-Franz'sches Gesetz	351
9.6	Experimente zum elektrischen Leitungsverhalten	351
9.6.1	Experimente zum Hall-Effekt an Metallen	352
9.6.2	Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands von Metallen	356
9.6.3	Einschaltstrom von Glühlampen	362
9.7	Wärmeleitung – Experimente und Computersimulation	365

9.7.1	Wärmeleitung in Metallen	365
9.7.2	Computervermodell zur Wärmeausbreitung	366
9.7.3	Simulationsexperimente zur nichtstationären Wärmeleitung	367
9.7.4	Experimente zur Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit	371
10	Literaturzusammenstellung: Experimente zur Festkörperphysik (Auswahl)	376
Register		381