

André Guinier / Rémi Jullien

Die physikalischen Eigenschaften von Festkörpern

**Eine leichtverständliche Einführung
in die Festkörperphysik**

Aus dem Französischen von *Hans Benker* und *Klaus Handrich*



Carl Hanser Verlag München Wien

Inhaltsübersicht

1	Thermische Eigenschaften von Festkörpern	13
1.1	Wärmekapazität von Festkörpern	13
1.1.1	Erstes Modell der Atomstruktur	13
1.1.2	Zweites Modell: Das Modell von Einstein	19
1.1.3	Elastische Wellen im Kristall: Das Modell von Debye	24
1.1.4	Theorien der Wärmekapazität einatomiger Festkörper	39
1.1.5	Inelastische Streuung von Neutronen an Phononen ..	40
1.1.6	Wärmekapazität mehratomiger Kristalle	43
1.2	Wärmeausdehnung	52
1.3	Wärmeleitfähigkeit	55
1.3.1	Leitfähigkeit, mittels elastischer Wellen behandelt ...	56
1.3.2	Modell des Phonongases	58
1.3.3	Qualitative Erklärung einiger experimenteller Ergebnisse	62
2	Elektrische Eigenschaften von Festkörpern	65
2.1	Dielektrika	66
2.1.1	Polarisation der Dielektrika	67
2.1.2	Mechanismen der elektrischen Polarisation	69
2.1.3	Piezoelektrische Kristalle	71
2.1.4	Polare Kristalle	73
2.1.5	Ferroelektrische Kristalle	75
2.1.6	Eine allgemeine Bemerkung	77
2.2	Elektrische Leitfähigkeit von Festkörpern	77
2.2.1	Ohmsches Gesetz	77
2.2.2	Natur der Ladungsträger	78
2.2.3	Ionenleitfähigkeit	79
2.2.4	Elektronische Leitfähigkeit in Metallen	81
2.2.5	Die klassische Theorie der Elektronen in Metallen	82
2.2.6	Die Quantentheorie der Elektronen in Metallen	86
2.2.7	Isolatoren und Leiter im Sinne der Quantenphysik ..	102
2.2.8	Störstellen im Kristall und elektrischer Widerstand von Metallen	103
2.2.9	Vergleich zwischen dem klassischen Modell und dem Quantenmodell	107
2.3	Halbleiter	108
2.3.1	Eigenhalbleiter	108
2.3.2	Induzierte Leitfähigkeit in einem Halbleiter	109
2.3.3	Dotierte Halbleiter	110
2.3.4	Störleitfähigkeit und Bandtheorie	112

2.3.5	Verteilung der Elektronen auf die möglichen Zustände des Halbleiters	115
2.3.6	Der pn-Übergang	121
2.3.7	Der pnp-Transistor	124
2.3.8	Feldeffekttransistor: integrierte Elektronik	125
2.3.9	Über die Leitfähigkeit nichtkristalliner Halbleiter ..	128
2.4	Supraleiter	132
2.4.1	Demonstrationsexperiment für die Supraleitfähigkeit	132
2.4.2	Die Theorie der Supraleitung	133
2.4.3	Eine durch das Experiment bestätigte Vermutung der BCS-Theorie	135
2.4.4	Anwendungen der Supraleiter	136
2.5	Die neuen Leiter	137
2.5.1	Die eindimensionalen Leiter: die TTF — TCNQ	137
2.5.2	Zweidimensionale Leiter: Verbindungen mit Graphiteinfügung	138
3	Die magnetischen Eigenschaften von Festkörpern ..	139
3.1	Wirkung eines Magnetfeldes auf einen Festkörper ..	139
3.1.1	Vergleich der Wirkung magnetischer und elektrischer Felder	139
3.1.2	Das magnetische Moment des Atoms	140
3.1.3	Werte der atomaren magnetischen Momente	143
3.2	Diamagnetismus und Paramagnetismus	145
3.2.1	Atome mit dem magnetischen Moment Null: Der Diamagnetismus	145
3.2.2	Atome mit einem von Null verschiedenen magnetischen Moment: Der Paramagnetismus	145
3.3	Der Ferromagnetismus	150
3.3.1	Das molekulare Feld	151
3.4	Andere Ordnungstypen der magnetischen Momente in einem Kristall	158
3.4.1	Der Antiferromagnetismus	159
3.4.2	Der helikoidale Magnetismus	159
3.4.3	Der Ferrimagnetismus	160
3.5	Das Verhalten von Ferro- und Ferrimagnetika in einem Magnetfeld	162
3.5.1	Die <i>Weiss</i> 'schen Bezirke	163
3.5.2	Die Hystereseschleife	164
3.6	Beziehungen zwischen magnetischen Eigenschaften und der Struktur der Materie	169
4	Die mechanischen Eigenschaften von Festkörpern .	171
4.1	Einführung	171
4.2	Die Elastizität	173

4.2.1	Die Elastizitätstheorie in der Mechanik	176
4.2.2	Elastizität und atomare Struktur	182
4.2.3	Die Inelastizität	186
4.3	Die Plastizität	189
4.3.1	Plastische und spröde Festkörper	189
4.3.2	Die Plastizität vom makroskopischen Gesichtspunkt aus	190
4.3.3	Gleiten in metallischen Kristallen	191
4.3.4	Versuch einer theoretischen Berechnung des Elastizitätsgrenzwertes	194
4.3.5	Versetzungen: Ihre Rolle bei der plastischen Deformation	197
4.3.6	Weg zu einer quantitativen Theorie des plastischen Verhaltens des realen Kristalls	200
4.3.7	Einige qualitative Anwendungen der Plastizitätstheorie	202
4.3.8	Plastizität von Metallegierungen	206
4.3.9	Wechselwirkung zwischen Versetzungen und Verunreinigungen: Alterungseffekte	212
4.3.10	Andere Formen der plastischen Deformation	214
4.4	Der Bruch	216
4.4.1	Der Spröbruch	216
4.4.2	Der duktile Bruch	221
4.4.3	Der Übergang duktiler Bruch \rightleftharpoons Spröbruch	222
4.5	Das Fließen	224
4.5.1	Die atomaren Mechanismen des Fließens	225
4.5.2	Bei hoher Temperatur verwendbare Metalle	227
4.6	Die Ermüdung	229
4.6.1	Atomarer Mechanismus der Ermüdung von Metallen	230
4.6.2	Wie ist der Widerstand gegenüber der Ermüdung zu verbessern?	233
4.7	Einige Bemerkungen zu den mechanischen Eigenschaften der Metalle	234
5	Die Diffusion	237
5.1	Der Diffusionskoeffizient	240
5.1.1	Interpretation des Diffusionskoeffizienten im atomaren Maßstab	241
5.1.2	Experimentelle Messung des Diffusionskoeffizienten	244
5.1.3	Die Rolle der Lücken bei der Diffusion	248
5.2	Diffusion in realen Systemen	250
5.3	Einige Anwendungen der Diffusion in Festkörpern .	254
	Literaturverzeichnis	259
	Sachregister	261