

Konrad Kreher

Festkörperphysik

Mit 122 Abbildungen



Vieweg · Braunschweig

Verfasser:

Dr. Konrad Kreher

Karl-Marx-Universität, Leipzig

1976

Alle Rechte vorbehalten

© Akademie-Verlag, Berlin, 1973

**Lizenzausgabe für Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig
mit Genehmigung des Akademie-Verlages, DDR-Berlin**

Herstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 582 Bad Langensalza

ISBN-13: 978-3-528-06807-3 e-ISBN-13: 978-3-322-85611-1

DOI: 10.1007/978-3-322-85611-1

Vorwort

Ziel der Festkörperphysik ist es, die Eigenschaften fester Körper auf deren atomaren Aufbau zurückzuführen, sie aus der Existenz von Elektronen und Atomkernen und den zwischen ihnen wirkenden Kräften verständlich zu machen und zu berechnen. Die dafür erforderlichen Voraussetzungen — der Nachweis der räumlich periodischen Anordnung der atomaren Bausteine und die Quantenmechanik als theoretische Grundlage — sind seit etwa 1920 vorhanden. Seit dieser Zeit hat sich die Festkörperphysik als ein relativ junges Teilgebiet der Physik außerordentlich stark entwickelt. Insbesondere nach dem 2. Weltkrieg erfuhr sie einen gewaltigen Aufschwung, so daß heute schätzungsweise fünfzig Prozent aller Physiker auf diesem Gebiet arbeiten.

Der Anreiz, sich der Festkörperphysik zuzuwenden, liegt darin, daß hier Modellvorstellungen und Meßmethoden dominieren, die großen Raum für eine schöpferische Tätigkeit bieten, obwohl man fest davon überzeugt ist, daß sich prinzipiell alle Eigenschaften von Festkörpern auf der Grundlage der Quantenmechanik deuten und berechnen lassen. Wenn trotzdem eine Vielzahl empirischer Verfahren dominieren, so liegt das daran, daß einerseits ein Vielteilchenproblem vorliegt, dessen quantitative mathematische Bewältigung allein von atomaren Größen ausgehend (von „first principles“) selbst mit modernsten Computern nicht möglich ist, und daß andererseits die Festkörperphysik an der Grenze zwischen Wissenschaft und Technik steht, wobei unter Umständen physikalische Effekte bereits technische Anwendungen finden, ohne daß ihre Grundlagen bis ins Detail geklärt sind.

Im Rahmen des vorliegenden Buches ist keine erschöpfende Darstellung möglich. Auf eine tiefgehende theoretische Fundierung der Probleme, auf experimentelle Einzelheiten und auf technische Anwendungen muß verzichtet werden. Statt dessen werden ohne detaillierte Rechnungen (die in ihrer Kompliziertheit oft die Grundgedanken verdecken) prinzipiell wichtige Leitgedanken entwickelt.

Inhaltsverzeichnis

0.	Einleitung	7
1.	Starres Gitter	9
1.1.	Kristallographische Grundlagen	9
1.1.1.	Punktgitter	9
1.1.2.	Kristallgitter	15
1.2.	Beugung von Strahlung an Kristallgittern	16
1.2.1.	Beugung von Röntgenstrahlen	17
1.2.2.	Beugung von Korpuskularstrahlung	22
1.3.	Bindung im Festkörper	25
1.4.	Gitterstörungen	37
2.	Mechanische Eigenschaften	43
2.1.	Elastische Eigenschaften	44
2.2.	Piezoelektrizität	48
2.3.	Plastisches Verhalten	51
3.	Gitterschwingungen und thermisches Verhalten	55
3.1.	Schwingungen einer zweiatomigen Kette	55
3.2.	Die Äquivalenz zwischen Gitterschwingungen und Phononen	60
3.3.	Gitterschwingungen dreidimensionaler Kristalle	63
3.4.	Wechselwirkung zwischen Licht und Phononen	65
3.4.1.	Absorption von Licht	65
3.4.2.	Streuung von Licht	66
3.5.	Unelastische Streuung von Neutronen	68
3.6.	Spezifische Wärme	70
3.7.	Wärmeleitung und Phonon-Phonon-Wechselwirkung	75
4.	Dielektrische Eigenschaften	79
4.1.	Statische Dielektrizitätskonstante und inneres Feld	79
4.2.	Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante	81
4.3.	Ferroelektrizität	87
4.4.	Nichtlineare optische Erscheinungen	93
5.	Elektronische Struktur von Festkörpern	99
5.1.	Das Elektron im eindimensionalen Gitter	102

5.2.	Die Bewegung eines Elektrons in einem eindimensionalen Modell	111
5.3.	Elektronenzustände im dreidimensionalen Kristallgitter	112
5.4.	Energieniveaus von Gitterstörungen	118
5.5.	Die Verteilung der Elektronen auf die Energieniveaus	122
5.6.	Spezifische Wärme der Elektronen	126
6.	Optische Eigenschaften von Festkörpern	129
6.1.	Rein elektronische Übergänge im Grundgitter	131
6.1.1.	Übergänge unter Beteiligung tiefliegender Bänder (Röntgenübergänge)	133
6.1.2.	Übergänge zwischen Valenz- und Leitungsband	135
6.1.3.	Absorptionskante und Excitonen	138
6.1.4.	Subbandübergänge.	142
6.2.	Elektronische Übergänge unter Beteiligung von Phononen	144
6.2.1.	Indirekte Übergänge an der Absorptionskante	145
6.2.2.	Absorption durch freie Ladungsträger	147
6.3.	Elektronenübergänge unter Beteiligung von Störstellen	152
6.4.	Kollektive Elektronenanregung	158
7.	Elektronentransport in Festkörpern	160
7.1.	Driftgeschwindigkeit und Stoßzeit	161
7.2.	Hall-Effekt	163
7.3.	Streumechanismen	165
7.4.	Elektrische Leitfähigkeit von Metallen	167
7.5.	Wärmeleitfähigkeit von Metallen	173
7.6.	Elektrische Leitfähigkeit von Halbleitern	174
8.	Magnetische Eigenschaften	181
8.1.	Diamagnetismus	184
8.2.	Paramagnetismus	185
8.2.1.	Paramagnetismus von Atomen mit nicht abgeschlossenen inneren Elektronenschalen	187
8.2.2.	Paramagnetismus der Leitungselektronen	190
8.3.	Kollektiver Magnetismus	191
8.3.1.	Molekularfeldtheorie	195
8.3.2.	Heisenberg-Modell.	199
8.3.3.	Spinwellen	202
8.3.4.	Experimenteller Nachweis von Magnonen	207
8.3.5.	Antiferromagnetismus	213
	Literaturverzeichnis	217
	Sachverzeichnis	219