

## Inhaltsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| <b>1 Einleitung</b>   | 1  |
| <b>2 Definition der optischen Konstanten</b>  | 5  |
| 2.1 Brechungsindex $n$ . . . . .  | 5  |
| 2.2 Absorptionskonstante $k$ . . . . .  | 5  |
| 2.3 Extinktionskonstante $K$ , mittlere Reichweite des Lichtes $W$ und Tiefe der Skinschicht $\delta$ . . . . . | 9  |
| 2.4 Reflexionsvermögen $r$ und Absorptionsvermögen $a$ . . . . .  | 11 |
| <b>3 Kontinuumstheorie der optischen Konstanten</b>   | 13 |
| 3.1 Allgemeine Bemerkungen . . . . .  | 13 |
| 3.2 Hagen-Rubens-Beziehung . . . . .  | 13 |
| 3.3 Absorption . . . . .  | 14 |
| <b>4 Atomistische Behandlung der optischen Konstanten</b>   | 16 |
| 4.1 Überblick . . . . .   | 16 |
| 4.2 Freie Elektronen ohne Dämpfung . . . . .  | 19 |
| 4.3 Freie Elektronen mit Dämpfung (Klassische Elektronentheorie der Metalle) . . . . .                          | 22 |
| 4.3.1 Berechnung der Drudeschen Formeln . . . . .   | 22 |
| 4.3.2 Effektive Gleichstromleitfähigkeit und effektive Masse . . . . .  | 26 |
| 4.3.3 Relaxationszeit . . . . .   | 27 |
| 4.4 Diskussion der Drudeschen Formeln für verschiedene Frequenzgebiete . . . . .                                | 29 |
| 4.4.1 Kleine Frequenzen . . . . .   | 29 |
| 4.4.2 Hohe Frequenzen . . . . .   | 29 |
| 4.4.3 Absorption im UV, sichtbaren und nahen ultraroten Frequenzgebiet . . . . .                                | 30 |
| 4.4.4 Polarisation . . . . .  | 30 |
| 4.4.5 Argand-Diagramm . . . . .   | 32 |
| 4.5 Berechnung des Reflexionsvermögens der Metalle aus den Drudeschen Formeln . . . . .                         | 32 |
| 4.6 Gebundene Elektronen . . . . .  | 35 |
| 4.6.1 Absorptionsbanden . . . . .   | 35 |
| 4.6.2 Klassischer Oszillatator . . . . .  | 35 |
| 4.6.3 Dispersion und Absorption . . . . .   | 37 |
| 4.6.4 Kleine Strahlungsdämpfung . . . . .   | 40 |
| 4.6.5 Mehrere Oszillatoren, Oszillatorenstärke $f$ . . . . .  | 41 |
| 4.7 Beiträge von freien Elektronen und harmonischen Oszillatoren zu den optischen Konstanten . . . . .          | 41 |
| <b>5 Quantenmechanische Behandlung der optischen Konstanten</b>   | 43 |
| 5.1 Welleneigenschaft des Elektrons . . . . .   | 43 |
| 5.2 Schrödinger-Gleichung . . . . .   | 44 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.3 Besondere Eigenschaften der Schwingungsprobleme . . . . .                                       | 45  |
| 5.4 Lösung der Schrödinger-Gleichung für drei spezielle Probleme . . . . .                          | 46  |
| 5.4.1 Freie Elektronen . . . . .  | 46  |
| 5.4.2 Elektron im Potentialtopf . . . . .   | 48  |
| 5.4.3 Elektronen im periodischen Gitterfeld . . . . .   | 51  |
| 5.5 Energiebänder in Kristallen . . . . .   | 58  |
| 5.5.1 Eindimensionale Zonenbilder . . . . .   | 58  |
| 5.5.2 Brillouin-Zonen . . . . .   | 61  |
| 5.5.3 Kurven und Flächen gleicher Energie . . . . .   | 64  |
| 5.5.4 Fermi-Energie und Fermi-Fläche . . . . .  | 65  |
| 5.5.5 Fermi-Verteilungsfunktion . . . . .   | 65  |
| 5.5.6 Zustandsdichte und Besetzungsdichte . . . . .   | 66  |
| 5.5.7 Vollständige Dichtefunktion in einem Band . . . . .   | 69  |
| 5.6 Folgerungen aus dem Bandmodell . . . . .  | 70  |
| 5.7 Absorption des Lichts durch Bandübergänge . . . . .   | 72  |
| 5.8 Dispersion . . . . .  | 75  |
| 5.9 Effektive Masse . . . . .   | 80  |
| <br>  |     |
| <b>6 Anomaler Skineffekt</b> . . . . .  | 82  |
| 6.1 Allgemeine Bemerkungen . . . . .  | 82  |
| 6.2 Bedingungen für das Auftreten des anomalen Skineffekts . . . . .                                | 83  |
| 6.3 Berechnung der optischen Konstanten . . . . .   | 85  |
| 6.3.1 Gleichungen für diffuse Reflexion ( $p = 0$ ) . . . . .                                       | 85  |
| 6.3.2 Dämpfungsfrequenz und Gleichstromleitfähigkeit . . . . .                                      | 86  |
| 6.3.3 Tiefe Temperaturen . . . . .  | 87  |
| 6.3.4 Zahl der freien Elektronen . . . . .  | 87  |
| 6.3.5 Gleichung für metallische Reflexion ( $p = 1$ ) . . . . .                                     | 88  |
| 6.3.6 Reflexionsvermögen . . . . .  | 88  |
| 6.4 Ergebnisse . . . . .  | 89  |
| <br>  |     |
| <b>7 Experimentelle Bestimmung der optischen Konstanten von Metallen</b> . . . . .                  | 92  |
| 7.1 Elliptische Polarisation . . . . .  | 92  |
| 7.2 Reflexion von linear polarisiertem Licht an Metalloberflächen . . . . .                         | 94  |
| 7.3 Fresnelsche Formeln . . . . .   | 96  |
| 7.4 Brewstersches Gesetz . . . . .  | 98  |
| 7.5 Formeln zur Berechnung der optischen Konstanten von Metallen aus Reflexionsmessungen . . . . .  | 99  |
| 7.6 Bauelemente für optische Apparaturen . . . . .  | 103 |
| 7.6.1 Polarisatoren für sichtbares Licht . . . . .  | 104 |
| 7.6.2 Ultrarot-Polarisatoren . . . . .  | 105 |
| 7.6.3 Kompensatoren . . . . .   | 106 |
| 7.6.4 Spektraler Durchlässigkeitsbereich einiger optischer Gläser und Kristalle . . . . .           | 109 |
| 7.6.5 Lichtquellen . . . . .  | 110 |
| 7.7 Verschiedene Meßmethoden . . . . .  | 111 |
| 7.7.1 Messung des Haupteinfallswinkels und Hauptazimuts . . . . .                                   | 111 |
| 7.7.2 Messung des Azimuts $\psi_r$ und der Phasendifferenz $\delta$ mit einem Kompensator . . . . . | 112 |
| 7.7.3 Bestimmung der Phasendifferenz $\delta$ durch Ausmessung der Schwingungsellipse . . . . .     | 115 |
| 7.7.4 Interferenzmethode . . . . .  | 116 |

|   |            |
|---|------------|
| 7.7.5 Bestimmung des Phasensprungs $\delta'$ mittels einer Kramers-Kronig-Analyse . . . . .       | 120        |
| 7.7.6 Messung von zwei verschiedenen Reflexionsvermögen bei senkrechtem Lichteinfall . . . . .    | 124        |
| 7.7.7 Messung von zwei Phasendifferenzen bei verschiedenen Einfallswinkeln . . . . .              | 129        |
| 7.7.8 Messung des Reflexionsvermögens bei verschiedenen Einfallswinkeln . . . . .                 | 130        |
| 7.7.9 Bestimmung der Phasendifferenz $\delta$ durch Intensitätsmessungen . . . . .                | 132        |
| <b>7.8 Allgemeine Bemerkungen über die Messung der optischen Konstanten</b> . . . . .             | <b>135</b> |
| 7.8.1 Messungen im ultravioletten Spektralbereich . . . . .                                       | 136        |
| 7.8.2 Die Behandlung der Metalloberfläche . . . . .   | 137        |
| 7.8.3 Aufgedampfte Metallfilme . . . . .  | 139        |
| 7.8.4 Zur Frage der Abhängigkeit der optischen Konstanten vom Einfallswinkel des Lichts . . . . . | 140        |
| <b>8 Spezielle Probleme</b> . . . . .   | <b>147</b> |
| 8.1 Energiebänder in Kristallen . . . . .   | 147        |
| 8.1.1 Wigner-Seitz-Zelle . . . . .  | 148        |
| 8.1.2 Translationsvektor . . . . .  | 149        |
| 8.1.3 Das reziproke Gitter . . . . .  | 150        |
| 8.1.4 Dreidimensionale Brillouin-Zonen . . . . .  | 153        |
| 8.1.5 Energiebänder der freien Elektronen . . . . .   | 153        |
| 8.1.6 Bandstruktur von Kupfer . . . . .   | 156        |
| 8.2 Analyse der Reflexionsspektren . . . . .  | 158        |
| 8.2.1 Absorptions-Banden . . . . .  | 158        |
| 8.2.2 Plasmaoszillationen . . . . .   | 165        |
| 8.2.3 Verteilung der Interbandübergänge über einen Frequenzbereich                                | 168        |
| 8.3 Zahl der freien Leitungselektronen . . . . .  | 171        |
| 8.4 Die Farbe von Metallen und Legierungen . . . . .  | 175        |
| 8.5 Legierungen . . . . .   | 181        |
| 8.6 Temperaturabhängigkeit der optischen Konstanten . . . . .                                     | 189        |
| 8.7 Metallkundliche Probleme . . . . .  | 194        |
| 8.7.1 Einfluß von Gitterdefekten . . . . .  | 194        |
| 8.7.2 Ordnungsvorgänge . . . . .  | 196        |
| 8.7.3 Umwandlungen . . . . .  | 196        |
| 8.7.4 Korrosion . . . . .   | 197        |
| 8.7.5 Sichtbarmachung von Gefügen . . . . .   | 197        |
| 8.8 Modulationsspektroskopie . . . . .  | 198        |
| <b>Anhang</b> . . . . .   | <b>206</b> |
| A 1 Periodische Vorgänge . . . . .  | 206        |
| A 1.1 Ungedämpfte Schwingung . . . . .  | 206        |
| A 1.2 Gedämpfte Schwingung . . . . .  | 207        |
| A 1.3 Erzwungene Schwingung (gedämpft) . . . . .  | 207        |
| A 1.4 Welle . . . . .   | 208        |
| A 1.5 Gedämpfte Welle . . . . .   | 208        |
| A 2 Mathematische Formeln . . . . .   | 209        |
| A 2.1 Eulersche Gleichungen . . . . .   | 209        |
| A 2.2 Vektoroperatoren . . . . .  | 209        |
| A 2.3 Rechenregeln für komplexe Zahlen . . . . .  | 210        |
| A 2.4 Produkte zweier Vektoren . . . . .  | 211        |

|  |                           |
|--|---------------------------|
| <b>VIII</b>  | <b>Inhaltsverzeichnis</b> |
| <b>A 3 Tabellen . . . . .</b>                                    | <b>212</b>                |
| A 1 Vergleich von Wellenlängen, Frequenzen und Energien. . . . . | 212                       |
| A 2 Physikalische Konstanten . . . . .                           | 213                       |
| A 3 Optische Konstanten einiger Metalle . . . . .                | 213                       |
| A 4 Elektronenanordnung der Elemente . . . . .                   | 214                       |
| A 4 Allgemeine Literatur . . . . .                               | 216                       |
| <b>Sachverzeichnis</b>   | <b>217</b>                |
| <b>Subject Index</b>   | <b>220</b>                |