

Georg A. Reider

Photonik

Eine Einführung
in die Grundlagen

Zweite, überarbeitete
und erweiterte Auflage

SpringerWienNewYork

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | Licht als elektromagnetische Welle | 1 |
| 1.1 | Das elektromagnetische Feld | 2 |
| 1.2 | Die Wellengleichung | 4 |
| 1.3 | Ausbreitungsgeschwindigkeit | 8 |
| 1.3.1 | Phasengeschwindigkeit | 8 |
| 1.3.2 | Gruppengeschwindigkeit | 9 |
| 1.3.3 | Strahlgeschwindigkeit* | 10 |
| 1.4 | Energietransport | 11 |
| 1.5 | Polarisationszustände des Lichts | 16 |
| 1.5.1 | JONES-Formalismus | 17 |
| 1.5.2 | Zirkular polarisierte Basis | 24 |
| 1.5.3 | Polarisationseigenzustände | 25 |
| 2 | Ebene Wellen in Materie | 27 |
| 2.1 | Übergang zwischen verschiedenen Medien | 28 |
| 2.1.1 | Phasenanpassung | 28 |
| 2.1.2 | Reflexions- und Transmissionskoeffizienten | 32 |
| 2.1.3 | Totalreflexion | 39 |
| 2.2 | Brechungsindex und Absorption | 44 |
| 2.2.1 | Lineares Oszillator-Modell | 44 |
| 2.2.2 | Absorption und Reflexion | 47 |
| 2.2.3 | Freies Elektronengas-Modell der Metalle | 50 |
| 2.2.4 | KRAMERS-KRONIG-Beziehungen* | 53 |
| 2.3 | Wellenausbreitung in anisotropen Medien | 55 |
| 2.3.1 | Ausbreitung in Richtung der Hauptachsen | 60 |
| 2.3.2 | Ausbreitung in beliebigen Richtungen | 61 |
| 2.3.3 | Doppelbrechende Bauelemente | 70 |
| 2.3.4 | Wellenausbreitung in elektrooptischen Medien | 71 |
| 2.3.5 | Flüssigkristall-Bauelemente | 77 |
| 2.4 | Spezielle Ausbreitungseffekte | 79 |
| 2.4.1 | Optische Aktivität | 79 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.4.2 | Magnetooptischer Effekt | 81 |
| 2.4.3 | Wellenausbreitung in bewegten Medien..... | 83 |
| 3 | Strahl- und Impulsausbreitung | 87 |
| 3.1 | Strahlartige Wellenfelder | 87 |
| 3.1.1 | Paraxiale Wellengleichung | 87 |
| 3.1.2 | GAUSSsche Strahlen | 88 |
| 3.1.3 | Optische Komponenten im GAUSSschen Strahl | 94 |
| 3.1.4 | ABCD-Transformation des GAUSSschen Strahls | 101 |
| 3.1.5 | HERMITE-GAUSSsche Strahlen | 106 |
| 3.1.6 | FOURIER-optische Behandlung der Strahlausbreitung .. | 108 |
| 3.2 | Impulsausbreitung in Materie | 111 |
| 3.2.1 | Dispersive Ausbreitungseffekte | 111 |
| 3.2.2 | Nichtlineare Ausbreitungseffekte..... | 122 |
| 3.2.3 | Kombinierte nichtlineare und dispersive Effekte, Solitonen | 125 |
| 4 | Interferenz optischer Felder | 129 |
| 4.1 | Zweistrahlint interferenz | 129 |
| 4.1.1 | MICHELSON-Interferometer | 130 |
| 4.1.2 | MACH-ZEHNDER- und SAGNAC-Interferometer | 133 |
| 4.1.3 | Streumatrix | 133 |
| 4.1.4 | YOUNG'scher Doppelspalt | 136 |
| 4.2 | Vielstrahlinterferenz | 138 |
| 4.2.1 | Optische Liniengitter | 139 |
| 4.2.2 | Dielektrische Vielschichtsysteme | 141 |
| 4.2.3 | FABRY-PEROT-Interferometer | 146 |
| 4.3 | Resonatoren | 150 |
| 4.3.1 | Kugelspiegel-Resonatoren..... | 152 |
| 4.3.2 | Hohlraumresonatoren | 158 |
| 4.4 | Kohärenz | 159 |
| 4.4.1 | Zeitliche Kohärenz..... | 159 |
| 4.4.2 | Räumliche Kohärenz | 164 |
| 5 | Dielektrische Wellenleiter | 165 |
| 5.1 | Planare Wellenleiter | 166 |
| 5.1.1 | Eigenmoden des planaren Wellenleiters..... | 167 |
| 5.1.2 | Transversales Modenprofil | 171 |
| 5.1.3 | Dispersionsrelation | 172 |
| 5.2 | Glasfaser-Wellenleiter | 174 |
| 5.2.1 | Gradientenindex-Glasfaser-Wellenleiter | 174 |
| 5.2.2 | Stufenindex-Glasfaser-Wellenleiter | 176 |
| 5.2.3 | Verluste und Dispersion | 183 |
| 5.3 | Wellenleiterintegrierte Optik | 188 |
| 5.3.1 | Wellenleiterkoppler | 189 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.3.2 | Eigenmoden des Wellenleiterkopplers | 196 |
| 5.3.3 | Wellenleitergitter | 199 |
| 5.3.4 | Wellenleiter-Interferometer und -Modulatoren | 207 |
| 5.3.5 | Aktive Wellenleiterkomponenten | 212 |
| 6 | Wechselwirkung Licht/Materie | 215 |
| 6.1 | Übergänge im Zwei-Niveau-System | 215 |
| 6.2 | Absorption und stimulierte Emission | 222 |
| 6.3 | Spontane Emission | 224 |
| 6.4 | Linienformen | 226 |
| 6.5 | Sättigung der Absorption | 230 |
| 6.6 | Kohärente Lichtverstärkung | 234 |
| 6.7 | Optische Wechselwirkung mit Halbleitern | 238 |
| 6.7.1 | Energie-Zustände im Halbleiter | 238 |
| 6.7.2 | Optische Übergänge in Halbleitern | 244 |
| 6.7.3 | Verstärkungsbedingung | 248 |
| 6.7.4 | Ladungsträger-induzierte Brechungsindexänderung | 251 |
| 7 | Optische Oszillatoren | 253 |
| 7.1 | Stationäres Verhalten | 254 |
| 7.1.1 | Vier-Niveau-Ratengleichungen | 254 |
| 7.1.2 | Laser-Kennlinie | 256 |
| 7.1.3 | Drei-Niveau-Laser | 260 |
| 7.2 | Frequenz- und Zeitverhalten von Lasern | 261 |
| 7.2.1 | Viellinien- und Einzellinienbetrieb | 261 |
| 7.2.2 | Modenauswahl | 262 |
| 7.2.3 | Theoretische Linienbreite | 265 |
| 7.2.4 | Relaxationsoszillationen und Gewinnmodulation | 266 |
| 7.3 | Gepulste Laser | 270 |
| 7.3.1 | Verstärkungs-Schalten | 270 |
| 7.3.2 | Güte-Schalten | 271 |
| 7.3.3 | Modenverkopplung | 273 |
| 7.4 | Atomare und molekulare Laser | 278 |
| 7.4.1 | Atomare Festkörper-Laser | 280 |
| 7.4.2 | Gas-Laser | 286 |
| 7.5 | Halbleiter-Laser | 288 |
| 7.5.1 | Homostruktur-Laser | 289 |
| 7.5.2 | Heterostruktur-Laser | 292 |
| 7.5.3 | <i>Quantum-well</i> -Laser | 294 |
| 7.5.4 | Ausführungsformen und Betriebseigenschaften | 297 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 8 | Nichtlineare Optik und Akustooptik | 305 |
| 8.1 | Nichtlineare Suszeptibilität | 305 |
| 8.2 | Frequenzmischung in nichtlinearen Medien | 308 |
| 8.3 | Anharmonischer Oszillator | 312 |
| 8.4 | Nichtlineare Prozesse zweiter Ordnung | 314 |
| 8.4.1 | Frequenzverdopplung | 314 |
| 8.4.2 | Parametrische Verstärkung | 324 |
| 8.4.3 | Parametrische Frequenzkonversion* | 328 |
| 8.5 | Nichtlineare Prozesse dritter Ordnung | 329 |
| 8.5.1 | Frequenzverdreifung | 329 |
| 8.5.2 | Optischer KERR-Effekt | 330 |
| 8.5.3 | RAMAN-Verstärkung | 334 |
| 8.5.4 | Phasenkonjugation | 336 |
| 8.6 | Elektrooptische Effekte | 340 |
| 8.6.1 | Linearer elektrooptischer Effekt | 341 |
| 8.6.2 | Quadratischer elektrooptischer Effekt* | 342 |
| 8.6.3 | Feldinduzierte Frequenzverdopplung* | 343 |
| 8.7 | Akustooptik | 344 |
| 9 | Photodetektion | 351 |
| 9.1 | Photoelektrischer Effekt | 351 |
| 9.1.1 | Photoelektronen-Vervielfacher-Röhren | 352 |
| 9.1.2 | Halbleiter-Photodioden | 355 |
| 9.1.3 | Photoleiter | 363 |
| 9.2 | Detektorkenngrößen | 364 |
| 9.3 | Photometrische Maßeinheiten | 365 |
| 9.4 | Photonenstatistik | 366 |
| | Literatur | 371 |
| | Sachverzeichnis | 375 |