

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	V
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Überblick .....	1
1.2 Ziel.....	1
1.3 Literatur .....	1
<b>2 Grundlagen</b> .....	2
2.1 Maxwell-Gleichungen .....	2
2.1.1 Integralform.....	2
2.1.2 Differenzialform.....	4
2.2 Grenzflächenbedingungen .....	5
2.2.1 Grenzflächen .....	5
2.2.2 Normalkomponenten [2.3] .....	5
2.2.3 Tangentialkomponenten [2.3].....	6
2.2.4 Stetigkeitsbedingungen in Differenzenform.....	7
2.2.5 Feldgleichungen an Grenzflächen .....	8
2.2.5.1 Grundzusammenhänge .....	8
2.2.5.2 Photonenstromdichte.....	11
2.2.5.3 Relaxationszeit .....	12
2.2.5.4 Energiebilanz.....	12
2.2.6 Ebene Wellen an Grenzflächen .....	15
2.2.6.1 Übergang isotrop $\rightarrow$ anisotrop .....	15
2.2.6.2 Übergang anisotrop $\rightarrow$ isotrop .....	28
2.3 Feldverteilung in anisotropen optischen Bauelementen.....	37
2.3.1 Gleichungssysteme für die $E_m$ - und $H_m$ -Moden.....	37
2.3.2 $E_m$ -Moden.....	39
2.3.2.1 Lösungsansatz .....	39
2.3.2.2 Stetigkeitsbedingungen an den Längs-Grenzflächen .....	40
2.3.2.3 Eigenwertgleichung für die $E_m$ -Moden .....	41
2.3.2.4 Feldverteilung für den $E_0$ -Mode.....	42
2.3.2.5 Anregung des $E_0$ -Modes.....	44
2.3.3 $H_m$ -Moden .....	47
2.3.3.1 Lösungsansatz .....	47
2.3.3.2 Stetigkeitsbedingungen an den Längs-Grenzflächen .....	48
2.3.3.3 Eigenwertgleichung für die $H_m$ -Moden.....	49
2.3.3.4 Feldverteilung für den $H_0$ -Mode .....	50
2.3.3.5 Anregung des $H_0$ -Modes .....	51
2.4 Aufgaben.....	53
2.5 Lösungen.....	54
2.6 Literatur .....	59

<b>3 Erweiterter Jones-Kalkül</b> .....	60
3.1 Erweiterte Jones-Matrix bei diagonalem Dielektrizitätstensor .....	60
3.1.1 Lösungsansätze.....	60
3.1.2 Differenzialgleichungen für die Jones-Matrix-Elemente.....	61
3.1.3 Lösung der Jones-DGL.....	62
3.1.3.1 Allgemeine Lösung .....	62
3.1.3.2 Anfangswerte .....	63
3.2 Diagonale Jones-Matrizen.....	64
3.2.1 Lichtwellenleiter .....	64
3.2.2 Polarisatoren .....	64
3.2.3 Retarder .....	67
3.2.4 Faseroptischer Verstärker .....	69
3.2.5 Zusammenfassung .....	72
3.2.5.1 Modenanregungsbedingungen.....	72
3.2.5.2 Jones-Matrizen .....	74
3.3 $z$ -Komponenten-Übertragungsfunktion bei diagonalem Dielektrizitätstensor .....	81
3.3.1 Ableitung der $z$ -Komponenten-Übertragungsfunktion .....	81
3.3.2 $z$ -Komponenten-Übertragungsfunktionen .....	82
3.4 Erweiterte Jones-Matrix bei symmetrischem oder hermiteschem Dielektrizitätstensor.....	83
3.4.1 Dielektrizitätstensoren .....	83
3.4.1.1 Symmetrischer Dielektrizitätstensor.....	83
3.4.1.2 Hermitescher Dielektrizitätstensor .....	86
3.4.2 Ableitung der erweiterten Jones-Matrix .....	88
3.4.2.1 Erweiterte Jones-Matrix bei symmetrischem Dielektrizitätstensor .....	88
3.4.2.2 Erweiterte Jones-Matrix bei hermiteschem Dielektrizitätstensor .....	89
3.5 Jones-Matrizen und $z$ -Komponenten-Übertragungsfunktion mit $z$ -Achse als Drehachse.....	89
3.5.1 Absorbierende Medien mit komplexem Dielektrizitätstensor .....	89
3.5.2 Nichtdiagonale Jones-Matrizen und zugehörige $z$ -Komponenten- übertragungsfunktion .....	90
3.5.2.1 Voraussetzungen .....	90
3.5.2.2 Nichtdiagonale Jones-Matrix.....	91
3.5.2.3 $z$ -Komponenten-Übertragungsfunktion .....	93
3.5.2.4 Polarisationsübertragungsgleichung.....	95
3.5.2.5 Diskussion .....	97
3.5.3 Beispiele .....	99
3.5.3.1 Lichtwellenleiter.....	99
3.5.3.2 Polarisatoren.....	103
3.5.3.3 Rotatoren .....	105
3.5.3.4 Optische Isolatoren.....	108
3.6 Realisierung orthogonaler und unitärer Transformationen .....	110
3.6.1 Orthogonale Transformationsmatrix .....	110
3.6.1.1 Orthogonale RT-Zerlegung .....	110
3.6.1.2 Beispiel zur orthogonalen RT-Zerlegung .....	116
3.6.2 Unitäre Transformationsmatrix .....	121
3.6.2.1 Unitäre RT-Zerlegung .....	121
3.6.2.2 Beispiel zur unitären RT-Zerlegung.....	122

3.7	Erweiterte Fourier-Matrizen .....	124
3.7.1	Ableitung der erweiterten Fourier-Matrix .....	124
3.7.2	Beispiele .....	125
3.7.2.1	Amplitudenmodulator .....	125
3.7.2.2	Phasenmodulator .....	127
3.8	$z$ -Komponenten-Fourier-Koeffizienten .....	128
3.8.1	Ableitung der $z$ -Komponenten-Fourier-Koeffizienten .....	128
3.8.1.1	Diagonale periodische Matrizenfunktion .....	128
3.8.1.2	Nichtdiagonale periodische Matrizenfunktion .....	129
3.8.2	Beispiele .....	130
3.8.2.1	Amplitudenmodulator .....	130
3.8.2.2	Phasenmodulator .....	131
3.9	Aufgaben .....	132
3.10	Lösungen zu den Aufgaben .....	133
3.11	Literatur .....	142
<b>4</b>	<b>Erweiterter Kohärenzmatrizen-Kalkül</b> .....	<b>143</b>
4.1	Definition der erweiterten Kohärenzmatrix .....	143
4.2	Erwartungswert der Intensität .....	144
4.3	Leistungsspektrum und Intensität .....	145
4.4	Erwartungswert der Ausgangsintensität eines linearen zeitinvarianten optischen Systems .....	146
4.5	$z$ -Komponenten-Kohärenzfunktion .....	147
4.5.1	Diagonale erweiterte Kohärenzmatrix .....	147
4.5.2	Nichtdiagonale erweiterte Kohärenzmatrix .....	150
4.6	Transformation der erweiterten Kohärenzmatrix .....	153
4.6.1	Transformation auf Diagonalform .....	153
4.6.1.1	Erweiterte Kohärenzmatrix bei Laserphasenrauschen .....	153
4.6.1.2	Diagonalisierung der erweiterten Kohärenzmatrix .....	156
4.6.1.3	Realisierung der Transformation auf Diagonalform .....	160
4.6.2	Transformation auf die Jones-Matrix-äquivalente Form .....	163
4.6.2.1	Spezialfall der erweiterten Kohärenzmatrix bei Laserphasenrauschen .....	163
4.6.2.2	Ableitung der Transformationsmatrix .....	165
4.6.2.3	Realisierung der Jones-Matrix-äquivalenten Transformation .....	167
4.7	Aufgaben .....	171
4.8	Lösungen zu den Aufgaben .....	174
4.9	Literatur .....	182
<b>5</b>	<b>Übertragung der <math>z</math>-Komponente der elektrischen Verschiebungsflussdichte über lineare optische Systeme</b> .....	<b>183</b>
5.1	Determinierte Beschreibung .....	183
5.1.1	Zusammenschaltungsregeln .....	183
5.1.2	Erzeugung der $z$ -Komponente der elektrischen Verschiebungsflussdichte am Eingang .....	185
5.1.3	Elimination der $z$ -Komponente der elektrischen Verschiebungsflussdichte am Ausgang .....	185
5.1.3.1	Grundprinzip .....	185
5.1.3.2	$z$ -Komponenten-Analysator .....	186
5.2	Stochastische Beschreibung .....	192

5.3	Aufgaben.....	194
5.4	Lösungen zu den Aufgaben.....	196
5.5	Literatur .....	200
<b>6</b>	<b>Klassifizierung optischer Netzwerke.....</b>	<b>201</b>
6.1	Streumatrix.....	201
6.2	Verlustlosigkeit, Passivität, Aktivität.....	202
6.3	Reziprozität [6.1] .....	203
6.4	Reflexionsfreiheit.....	204
6.5	Symmetrie.....	204
6.6	Aufgaben.....	205
6.7	Lösungen zu den Aufgaben.....	206
6.8	Literatur .....	209
<b>7</b>	<b><math>z</math>-Komponenten-Eigenanalyse .....</b>	<b>210</b>
7.1	Verfahren der $z$ -Komponenten-Eigenanalyse .....	210
7.1.1	Änderung des Dielektrizitätstensors.....	210
7.1.2	Eigenwertänderung in der diagonalen erweiterten Jones-Matrix.....	211
7.1.3	$z$ -Komponenten-Eigenanalyse .....	212
7.2	Schlussfolgerungen aus Anwendersicht.....	215
7.3	Aufgaben.....	215
7.4	Lösungen zu den Aufgaben.....	216
7.5	Literatur .....	219
<b>8</b>	<b>Anwendungsbeispiel: Faseroptischer Stromsensor .....</b>	<b>220</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>221</b>
<b>10</b>	<b>Anhänge.....</b>	<b>222</b>
A1	Ableitung der komplexen Dielektrizitätskonstanten .....	222
A2	Ableitung der $x$ -Komponenten-Übertragungsfunktion.....	223
A3	Ableitung der $y$ -Komponenten-Übertragungsfunktion.....	225
A4	Statistik des Laserrauschens.....	227
A4.1	Phasenrauschdifferenz.....	227
A4.2	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Intensitätsrauschens .....	230
A4.3	Kohärenzfunktion des Laserrauschens .....	232
A5	Mc Cumber-Theorie des faseroptischen Verstärkers .....	233
A5.1	Ansätze .....	233
A5.2	Lorentz-Näherung für den Verstärkungskoeffizienten .....	234
A5.3	Effektiver Verstärkungskoeffizient.....	234
A5.4	$z$ -Komponenten-Übertragungsfunktion .....	235
A6	Erfindung: Faseroptischer Stromsensor .....	236
A7	Signalverarbeitung in faseroptischen Stromsensoren.....	257
A7.1	Beschreibung der Erfindung .....	257
A7.2	Erläuterung der Erfindung .....	258
	Bildverzeichnis .....	262
	Tabellenverzeichnis .....	263
	Abkürzungsverzeichnis .....	263
	Formelzeichen .....	264
	Sachwortverzeichnis.....	271