

Dipl.-Ing. Detlef Uhlendorf, Berlin

**Untersuchung neuartiger
Algorithmen zur Berechnung
der Ausbreitung
elektromagnetischer
Wellen in integriert
optischen Strukturen**

Reihe **10**: Informatik/
Kommunikationstechnik Nr. **467**

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Problematik der Beam Propagation Methoden	1
1.1	Entwicklung der Operatorengleichung aus den Maxwellschen Gleichungen .	2
2	Lineare Operatoren und Matrizen im unitären Raum	6
2.1	Matrizen und gewöhnliche Differentialgleichungen	6
2.2	Die spezielle Matrixfunktion e^A	8
3	Diskretisierung physikalischer Strukturen und mathematischer Operatoren	13
3.1	Ein-, zwei- und dreidimensionale integriert optische Probleme	13
3.2	Diskretisierung physikalischer Strukturen	15
3.3	Diskretisierung mathematischer Operatoren	17
3.4	Definition des Simulationsfensters	21
4	Physikalische Grundlagen der Wellenausbreitung	23
4.1	Die Grundgleichung für die skalare BPM	23
4.2	Die vektorielle BPM basierend auf E-Feldern	24
4.3	Die vektorielle BPM basierend auf H-Feldern	27
4.4	Diskretisierung der H-Feld-Gleichungen	30
4.5	Bestimmung aller übrigen Feldkomponenten	34
4.6	Modenberechnung als Eigenwertproblem	36
5	Reihenentwicklung des Ausbreitungsoperators	43
5.1	Berechnung von Matrizenpotenzen durch Spektralverschiebung	43
5.2	Matrixnorm und Abschätzung von Matrizen-Eigenwerten	44
5.3	Genauigkeitsabschätzung für die Reihenentwicklungs-BPM	47
6	Implementierung neuer numerischer Algorithmen	53
6.1	Unitaritätsbetrachtung der diskretisierten Operatoren	53
6.2	Transparente Randbedingungen des Simulationsgebietes	54
6.3	Modifizierter Reihenentwicklungs-Algorithmus	62
6.4	Brechzahl-Effektivierung zur Berechnung schmaler Wellenleiter	63
6.5	Finite Differenzen an Brechzahldiskontinuitäten	72
7	Zweidimensionale Simulation integriert optischer Strukturen	81
7.1	SOI-Rippenwellenleiter	81
7.2	Taper zur verlustarmen Ankopplung optischer Chips an Fasern	84
7.3	Mach-Zehnder-Interferometer bei konstruktiver und destruktiver optischer Interferenz	92
7.4	Bestimmung der Beatwellenlänge einer Stufenprofilfaser mittels vektorieller BPM-Simulation	97

8 Zusammenfassung	100
A Anhang (Matrixalgebra im unitären Raum)	102
A.1 Vektoren im Kalkül des unitären Raumes	102
A.2 Lineare Operatoren	103
A.3 Matrizen mit speziellen Eigenschaften	105
A.4 Das Matrixeigenwertproblem	106
A.5 Diagonalisierbarkeit von Matrizen und Matrixfunktionen	108
B Anhang (Normbegriff zur Eigenwertabschätzung)	111
C Anhang (Lösung ohne paraxiale Näherung)	113
D Anhang (Eigenwertgleichung der Stufenfaser)	116