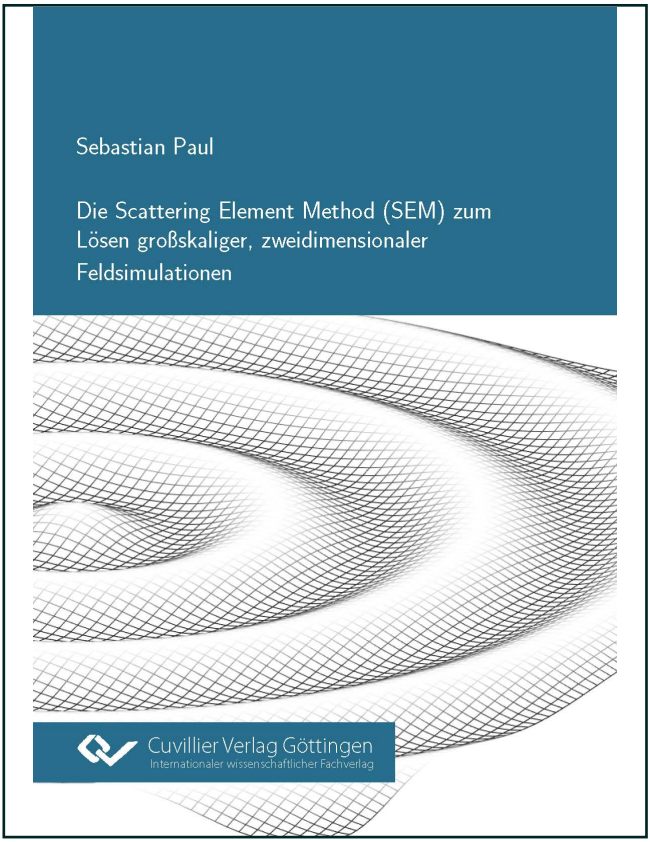
Sebastian Paul (Autor)

Die Scattering Element Method (SEM) zum Lösen großskaliger, zweidimensionaler Feldsimulationen



https://cuvillier.de/de/shop/publications/8754

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

Inhalt

Abstract **vii**

Kurzfassung **ix**

1. Einleitung **3**
1.1. Organisation dieser Arbeit 4
1.2. Beiträge zum Stand der Wissenschaft 5

2. Grundlagen **7**
2.1. Nomenklatur 8
2.2. Elektromagnetische Feldtheorie 8
2.2.1. Wechselwirkung elektromagnetischer Felder mit Materie 10
2.2.2. Randbedingungen elektromagnetischer Felder 11
2.3. Die elektromagnetische Welle 12
2.3.1. Wellenfunktionen 13
2.3.2. Ebene Wellen 15
2.3.3. Elektromagnetische Wellen in einem Medium 16
2.3.4. Reflexion und Transmission elektromagnetischer Wellen an Materialgrenzen bei senkrechtem Einfall 17
2.3.5. Wellenleiter mit rechteckigem Querschnitt 18
2.3.6. Reduktion auf zweidimensionale Probleme 22
2.4. Streuparameter 23
2.4.1. Streuparameter für Wellenamplituden 25
2.4.2. Streuparameter für Leistungswellen/normierte Wellengrößen 26
2.4.3. Die Unitarität der Streumatrix 27
2.5. Signalflussgraphen 27
2.5.1. Aufbau 28
2.5.2. Mason's Regel 29
2.5.3. Matrix-Methode 33
2.5.4. Interpretation der Ergebnisse und Vergleich zu Mason's Methode . . 35
2.5.5. Geschlossene Graphen 37
2.5.6. Implementierung 40
2.6. Numerisches Lösen linearer Gleichungssysteme 41
2.6.1. Die **LU**-Zerlegung und ihre Varianten 42
2.6.2. Iteratives Verfeinern der Lösung 43

3. Die Scattering Element Method (SEM) **47**
3.1. Historisches (zur klassischen TLM-Methode) 48
3.1.1. Stand der Forschung 51
3.2. Die Elemente der FDSEM 51
3.2.1. Die Wave Sampling Matrix (WSM) 52
3.2.2. Verallgemeinerung des Lösungsansatzes 57
3.2.3. Materialübergänge 60

3.2.4. Die Simulationsgrenze/Boundary . . . 61
3.3. Der (klassische) FDSEM-Algorithmus . . . 63
3.4. Beschreibung der globalen Lösung . . . 63
3.5. Darstellung von Feldverläufen . . . 65
3.6. Beispiel: Ebene Welle vertikaler Einfall . . . 67
3.6.1. Das Simulationsmodell . . . 67
3.6.2. Der Feldverlauf . . . 67
3.6.3. Erläuterung mittels Signalflussgraph . . . 69
3.7. Dispersionsbeziehung im zweidimensionalen FDSEM-Gitter . . . 72
3.7.1. Dispersion im (FD-) SEM-Gitter mit der TLM- und FDTLM . . . 73
3.7.2. Dispersion im FDSEM-Gitter mit der WSM . . . 76
3.8. Beispiel: Lösen rechteckiger Wellenleiter mit der FDSEM . . . 78
3.8.1. Die Randbedingungen und Polarisation . . . 79
3.8.2. Die Berechnung . . . 80
3.8.3. Der Feldverlauf . . . 81
3.8.4. Eigenfrequenzen . . . 85
3.8.5. Ausbreitungskonstante . . . 89

4. Folgerungen aus dem Portformalismus 91

5. FDSEM zum Lösen großskaliger unstrukturierter Simulationsbereiche 93
5.1. Unterteilung des Modells in Teilbereiche (Schritt 1) . . . 95
5.1.1. Vergleich des Speicherbedarfs . . . 96
5.1.2. Strategien zur Aufteilung . . . 99
5.2. Lösen der einzelnen Interface-Matrizen (Schritt 2) . . . 101
5.2.1. Beschreibung des Problems . . . 102
5.2.2. Effizientes Berechnen von $\tilde{\mathbf{F}}$ . . . 103
5.2.3. Quellentransformation . . . 106
5.3. Lösen verkoppelter Interface-Matrizen (Schritt 3) . . . 107
5.4. Berechnung der inneren Ports der einzelnen Teilbereiche (Schritt 4) . . . 107
5.5. Das Preprocessing . . . 108
5.6. Beispiel: Unstrukturiertes FDSEM-Problem . . . 111
5.6.1. Hintergrund . . . 111
5.6.2. Die FDSEM-Simulation . . . 112
5.6.3. FDSEM-Simulation vs. FDTD . . . 116

6. FDSEM zum Lösen großskaliger strukturierter Simulationsbereiche 121
6.1. Modellierung der Antennen . . . 122
6.2. Das strukturierte Simulationsmodell . . . 124
6.3. Ergebnisse . . . 125
6.3.1. Speichernutzung . . . 126
6.3.2. Messung vs. FDSEM-Simulation . . . 127

7. Zusammenfassung und Ausblick 129

8. Appendices 131

Anhang A. Herleitungen 133
A.1. Herleitung k' und k'' . . . 133
A.2. Ebene Welle kleines Modell . . . 134
A.3. Herleitung der FDTLM . . . 135

A.4. Speicher 139

Anhang B. Ergebnisse **141**
B.1. Rechteckhohlleiter U_y 141
B.2. Vivaldi-Antenne 144

Literaturverzeichnis **145**

Veröffentlichungen **151**