

Zum Entwurf planarer Antennen mit Hilfe periodischer Strukturen

Mario Schühler



Universitätsverlag Ilmenau
2012

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Diese Arbeit hat der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Ilmenau als Dissertation vorgelegen.

Tag der Einreichung: 4. Oktober 2010

1. Gutachter: Prof. Dr. Matthias Hein
(Technische Universität Ilmenau)

2. Gutachter: Prof. Dr. Albert Heubeger
(Technische Universität Ilmenau)

3. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Menzel
(Universität Ulm)

Tag der Verteidigung: 10. Juni 2011

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

Universitätsverlag Ilmenau

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag

Herstellung und Auslieferung

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG

Am Hawerkamp 31

48155 Münster

www.mv-verlag.de

ISBN 978-3-86360-011-2 (Druckausgabe)

urn:nbn:de:gbv:ilm1-2011000202

Titelfoto: photocase.com | AlexFlint

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Periodisch strukturierte Oberflächen—Einführung und Überblick	7
2.1	Eigenschaften periodischer Strukturen	8
2.1.1	Direktes Gitter, Ortsbereich	8
2.1.2	Reziprokes Gitter, Bildbereich	11
2.1.3	Dispersion und die Brillouin-Zonen	12
2.1.4	Lösung der homogenen Wellengleichung	20
2.2	Periodisch strukturierte Oberflächen	24
2.2.1	Überblick	25
2.2.2	Einordnung	27
2.2.3	Anwendungen	29
3	Dispersion entlang periodisch strukturierter Oberflächen	33
3.1	Oberflächen- und Leckwellen	34
3.2	Dispersionsverhalten: Zwei Beispiele	39
3.2.1	Beispiel 1. Pilzstruktur	39
3.2.2	Beispiel 2. Pilzstruktur mit Zwischenlage	44
3.3	Modellierung	48
3.3.1	Dispersionsrelation	49
3.3.2	Analyse des Modells	51
3.3.3	Diskussion	57
3.4	Messung des Transmissionsverhaltens	61
3.4.1	Anregung der Struktur	62
3.4.2	Ergebnisse	62

3.4.3	Ergänzende Bemerkungen	69
3.5	Anwendungsbeispiel: Strahlerentkopplung in kompakter Antennengruppe	69
4	Reflexion an periodisch strukturierten Oberflächen	73
4.1	Reflexionsverhalten bei normalem Einfall	74
4.2	Modellierung und Entwurfsvorschrift	79
4.2.1	Modellierung und Entwurf der Pilzstruktur	79
4.2.2	Modellierung und Entwurf der Pilzstruktur mit Zwischenlage	83
4.2.3	Diskussion	88
4.3	Reflexionsverhalten bei schrägem Einfall	89
4.3.1	Definition der Oberflächenimpedanz	90
4.3.2	Verallgemeinerung der Modelle für normalen Einfall	93
4.3.3	Ergebnisse und Vergleich mit Simulation	97
4.3.4	Diskussion	99
4.4	Messung des Reflexionsverhaltens	103
4.4.1	Vorbemerkungen	103
4.4.2	Normaler Einfall	105
4.4.3	Schräger Einfall	106
4.5	Anwendungsbeispiel: Planare Dipolantenne	110
4.5.1	Vorbetrachtungen zum Einfluss der Struktur	111
4.5.2	Messung der Dipolimpedanz	113
4.5.3	Strahlungscharakteristik	116
5	Strahlungsverhalten periodisch strukturierter Oberflächen	119
5.1	Leckwellenantennen—Überblick und Einordnung	120
5.2	Zusammenhang zwischen Reflexion und Dispersion—Der Leckwellenbereich	124
5.2.1	Abtasten des Leckwellenbereiches	124
5.2.2	Ergebnis: Messung der Pilzstruktur mit Zwischenlage	125
5.2.3	Bemerkungen	126
5.3	Strahlungsverhalten bei eindimensionaler Wellenausbreitung	128
5.3.1	Unbegrenzte Struktur	129
5.3.2	Begrenzte Struktur	133
5.3.3	Einfluss von Kanteneffekten	146
5.4	Anwendungsbeispiele begrenzter Strukturen	157

5.4.1	Leckwellenantenne auf Basis periodisch belasteter Leitungen	157
5.4.2	Leckwellenstruktur mit Dipolanregung	165
5.5	Einfluss der Anregung	169
5.6	Strahlungsverhalten bei zweidimensionaler Wellenausbreitung	174
5.6.1	Unbegrenzte Struktur	175
5.6.2	Begrenzte Struktur	176
5.6.3	Bemerkungen zum Einfluss von Kanteneffekten	179
5.7	Abschließende Bemerkungen	180
6	Entwurf einer Leckwellenantenne mit konischer Richtwirkung	183
6.1	Anforderungen	184
6.2	Entwurf der periodisch strukturierten Oberfläche	184
6.2.1	Bestimmung der Phasenkonstante und Fenstergröße	186
6.2.2	Dimensionierung der Einheitszelle	188
6.2.3	Simulation der Dispersion	190
6.3	Simulation	193
6.3.1	Nahfeld; Anpassung der Gitterkonstanten	194
6.3.2	Fernfeld	196
6.4	Aufbau und Messung	198
6.4.1	Streuparameter	198
6.4.2	Fernfeldcharakteristik	200
6.5	Abschließende Bemerkungen	204
7	Zusammenfassung und Ausblick	207
A	Entwurfsdiagramme und -tabellen	213
A.1	Unidirektionale Ausbreitung	213
A.2	Bidirektionale und zirkulare Ausbreitung	231
	Literaturverzeichnis	257
	Symbole und Abkürzungen	273