

Ebene Wellen in verlustbehafteten, optisch steuerbaren Material-Strukturen im W-Band

Vom Fachbereich Elektrotechnik
der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte

DISSERTATION

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Wolfgang Felber

aus

Weimar

Hamburg 2006

Referent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. W. Platte
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. rer.nat. H. Harde

Tag der mündlichen Prüfung: 14.06.2006

Berichte aus der Hochfrequenztechnik

Wolfgang Felber

**Ebene Wellen in verlustbehafteten,
optisch steuerbaren Material-Strukturen im W-Band**

Shaker Verlag
Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Hamburg, Univ. der Bundeswehr, Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5263-0

ISBN-13: 978-3-8322-5263-2

ISSN 0945-0793

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Symbole, Abkürzungen, Physikalische Konstanten	III
1 Einleitung	1
2 Grundlagen ebener Wellenausbreitung im Raum	4
2.1 Berechnung von ebenen Wellen im verlustlosen Raum	5
2.1.1 Maxwell-Gleichungen	5
2.1.2 Grundlegende Eigenschaften des materiegefüllten Raumes	7
2.1.3 Grundlegende Wellengleichung für die Feldberechnung	8
2.1.4 Allgemeine Lösung der Wellengleichung	11
2.1.5 Spezielle Lösung in Form einer homogenen ebenen Welle	23
2.1.6 Spezielle Lösung in Form einer quergedämpften ebenen Welle	30
2.2 Berechnung von ebenen Wellen im verlustbehafteten Raum	38
2.2.1 Modelle zur Beschreibung von materialabhängigen Verlusten	38
2.2.1.1 Dielektrische Verluste	38
2.2.1.2 Magnetische Verluste	39
2.2.1.3 Frequenzabhängige Verluste aufgrund der Leitfähigkeit - Drude-Modell	39
2.2.2 Spezielle Lösung in Form einer inhomogenen ebenen Welle	42
3 Ebene Wellen an Grenzschichten	60
3.1 Reflexion und Brechung einer ebenen Welle	62
3.1.1 Elektrisches Feld parallel zur Grenzfläche (Fall A)	63
3.1.2 Magnetisches Feld parallel zur Grenzfläche (Fall B)	85
3.1.3 Reflexion und Brechung an zwei parallelen Grenzschichten	100
3.2 Reflexion und Transmission des Energieflusses	104
3.2.1 Elektrisches Feld parallel zur Grenzfläche (Fall A)	107
3.2.2 Magnetisches Feld parallel zur Grenzfläche (Fall B)	114
3.3 Totalreflexion und Strahlversetzung (Goos - Hänchen - Effekt)	120

4	Ebene Wellen in Leiterstrukturen mit rechteckigem Querschnitt	125
4.1	Geschichtete, optisch steuerbare Bildleitung im W-Band	126
4.1.1	Allgemeiner Aufbau einer Bildleitung	126
4.1.2	Optische Steuerung der Wellenausbreitung mit Hilfe von Halbleitern	128
4.1.3	Aufbau zur Messung der Wellenausbreitung an einer geschichteten, optisch steuerbaren Bildleitung	134
4.2	Modell zur Berechnung von Feldmoden am Beispiel der geschichteten Bild- leitung	139
4.2.1	Berechnung von Feldmoden in einem geschichteten Plattenleiter . .	141
4.2.2	Gekoppeltes Plattenleitermodell - Berechnung der Feldmoden in ein- nem Wellenleiter mit rechteckigem Querschnitt (EPC-Methode) . .	147
4.3	Simulation und Messung der Wellenausbreitung auf einer optisch steuerba- ren Bildleitung	153
5	Optimierung der Filtereigenschaften eines optisch induzierten DBR- Filters	157
5.1	Funktionsweise und Kenngrößen eines optisch induzierten DBR-Filters . .	158
5.1.1	Grundlegendes Prinzip eines DBR-Filters	158
5.1.2	Kenngrößen des untersuchten optisch induzierten DBR-Filters . . .	160
5.2	Messung der Filtereigenschaften bei inhomogener Beleuchtung	161
5.2.1	Aufbau zur inhomogenen Beleuchtung des DBR-Filters	163
5.2.2	Messergebnisse bei verbesserten Filtereigenschaften	167
6	Zusammenfassung	171
7	Anhang	173
7.1	Herleitung der Bedingungen für die Konstanten bei der Summe von Expo- nentialfunktionen	173
	Literaturverzeichnis	177