

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Theoretische Grundlagen	7
1.1 Elektromagnetische Wellen im Medium	7
1.1.1 Homogene Medien	8
1.1.2 Grenzflächen zwischen zwei Medien	10
1.1.3 Dielektrische Wellenleiter	13
1.1.4 Gradientenindex-Optik	14
1.1.5 Dispersionsmodelle	16
1.2 Metamaterialien und Metaoberflächen	19
1.2.1 Effektive Materialparameter	19
1.2.2 Grundlegende Metamaterialstrukturen	25
1.2.3 Metaoberflächen	33
1.3 Oberflächenwellen	36
1.3.1 Dispersionsrelation und Kenngrößen	36
1.3.2 Oberflächenplasmonen	39
1.3.3 Anregung von Oberflächenwellen	42
1.4 Zusammenfassung	44
2 Numerische und experimentelle Methoden	45
2.1 Numerische Simulation	45
2.1.1 Finite-Integral-Methode	46
2.1.2 Simulationsmodelle	50
2.1.3 Fehlerquellen	57
2.2 Herstellung der Metaoberflächen	58
2.2.1 Verwendete Materialien	59
2.2.2 Prozessschritte	60

2.3	Terahertz-Zeitbereichspektroskopie	63
2.3.1	Photoleitende Antennen	63
2.3.2	Das elektrooptische Abtasten	67
2.3.3	Transmissions-/Reflexionsmessaufbau	72
2.3.4	Nahfeld-Messaufbau	78
2.4	Zusammenfassung	86
3	Metamaterial-basierter Sensor	89
3.1	Analytisches Modell	89
3.1.1	Effektive Kapazität	92
3.1.2	Effektive Induktivität	94
3.1.3	Resonanzfrequenz	95
3.1.4	Homogene Umgebung	96
3.1.5	Zweischichtsystem	97
3.1.6	Mehrschichtsystem	99
3.2	Aufbau des Sensors	101
3.2.1	Linienform	104
3.3	Schichtdickenmessungen	106
3.4	Messung von Brechungsindizes	109
3.4.1	Vergleichsmessungen	112
3.4.2	Ergebnisse	115
3.5	Zusammenfassung	118
4	Oberflächenwellen auf Metaoberflächen	121
4.1	Wellenleitermodell	121
4.2	Oberflächenwellen in dünnen Metamaterial-Filmen	123
4.2.1	Dispersionsrelationen	126
4.2.2	Nachweis der Anregung	131
4.2.3	Nahfeldmessungen	137
4.3	Oberflächenwellen in asymmetrischer Umgebung	143
4.4	Gradientenindex-Optik für Oberflächenwellen	149
4.4.1	Komplementäre Ringe als Basiselemente	150
4.4.2	Strahlumlenker	156
4.4.3	Split-Ring-Resonatoren als Basiselemente	162
4.4.4	Gradientenindexstab	165

4.5 Zusammenfassung	170
Zusammenfassung	173
Literaturverzeichnis	179
Publikationsliste	193