

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1 Theoretische Grundlagen</b>	<b>7</b>
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
<b>2 Numerische und experimentelle Methoden</b>	<b>45</b>
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-Zeitbereichsspektroskopie . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Metamaterial-basierter Sensor</b>	<b>89</b>
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
<b>4</b>	<b>Oberflächenwellen auf Metaoberflächen</b>	<b>121</b>
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
<b>Zusammenfassung</b>	<b>173</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>179</b>
<b>Publikationsliste</b>	<b>193</b>