

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Funktionsweise und Kenngrößen bolometrischer Detektoren	5
2.1	Aufbau und Funktion eines Bolometers	5
2.2	Eigenschaften supraleitender Heiße-Elektronen-Bolometer	10
2.2.1	Grundlagen der Supraleitung	10
2.2.2	Der Heiße-Elektronen-Effekt	11
2.3	Rauschgrößen bolometrischer Detektoren	13
2.3.1	Thermisches Rauschen	14
2.3.2	Phononenrauschen	15
2.3.3	1/f-Rauschen	15
2.3.4	Photonenrauschen	16
3	Antennengrundlagen und Strahlungsausbreitung	19
3.1	Maxwell-Gleichungen und Gaußwellen	19
3.2	Grundlagen der Antennentheorie	23
3.2.1	Umrechnung zwischen Nah- und Fernfeldern	24
3.2.2	Antennenkenngrößen	28
3.3	Methoden zur Berechnung der Strahlungskopplung	37
3.3.1	Grundlagen der elektromagnetischen Feldtheorie	37
3.3.2	Kopplung von Gaußstrahlen	38
4	Entwurf und Berechnung von Breitbandantennen im THz-Bereich	41
4.1	Konzepte zur Realisierung breitbandiger Antennen	41
4.1.1	Winkelkonstante Antennen	42
4.1.2	Selbstkomplementäre Antennen	44
4.1.3	Selbstähnliche Antennen	45
4.2	Betrachtung von Materialeigenschaften bei hohen Frequenzen	46
4.2.1	Materialien zur Herstellung von Antennen	47
4.2.2	Einflüsse von Substrateigenschaften	52
4.3	Entwurf logarithmisch-periodischer Antennen	54

4.3.1	Bewertung existierender Entwurfsmodelle	57
4.3.2	Entwicklung eines neuen analytischen Modells	61
4.4	Entwurf logarithmischer Spiralantennen	67
4.5	Vergleich zwischen Linsen und Hornantennen	72
4.5.1	Funktionsweise von Hornantennen	72
4.5.2	Funktionsweise und Berechnung von Linsenantennen	74
4.5.3	Vorstellung gebräuchlicher Linsengeometrien	79
4.6	Diskussion und Zusammenfassung	81
5	Entwicklung von Detektormodulen für den Einsatz am Elektronen- synchrotron ANKA	83
5.1	Einführung	83
5.2	Entwurf und Simulation der Planarantennen	85
5.2.1	Selbstkomplementäre log-periodische Antenne	87
5.2.2	Log-Spiralantenne	93
5.2.3	Log-Spiralantenne für Frequenzen bis unterhalb von 100 GHz	101
5.3	Entwurf der Linsenantennen	105
5.3.1	Berechnung der Reflexionsverluste	105
5.3.2	Simulation der Richtcharakteristika	108
5.3.3	Untersuchung der Polarisationsseigenschaften	112
5.4	Entwurf einer breitbandigen Mikrowelleneinbettung des Detektors .	114
5.5	Charakterisierung der Detektormodule	122
5.5.1	Charakterisierung der Detektoreigenschaften	123
5.5.2	Bestimmung der Richtcharakteristika der Linsenantennen . .	130
5.5.3	Untersuchung der Polarisationsseigenschaften der Linsen- antennen	132
5.5.4	Charakterisierung der Mikrowelleneigenschaften	135
5.6	Experimenteller Einsatz der Detektormodule bei ANKA	137
5.7	Diskussion und Zusammenfassung	141
6	Entwicklung eines Moduls zur Detektion gepulster Strahlung eines THz-Quantenkaskadenlasers	143
6.1	Einführung	143
6.2	Konzeptionierung des Detektormoduls	147
6.2.1	Entwurf einer Breitbandspiralantenne für NbN-Detektoren . .	147
6.2.2	Entwurf der Mikrowelleneinbettung des Detektors	150
6.3	Charakterisierung des Detektormoduls	151

6.4	Messungen am Quantenkaskadenlaser	155
6.4.1	Beschreibung des Experiments	155
6.4.2	Analyse der THz-Emission des QCLs abhängig von der angelegten Vorspannung	157
6.4.3	Analyse der THz-Emission des QCLs abhängig von der Impulslänge	164
6.5	Diskussion und Zusammenfassung	166
7	Antennen mit hoher Impedanz für ungekühlte Detektoren aus amorphem $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$	169
7.1	Einführung	169
7.2	Grundlagen zur Entwicklung von Antennen mit hoher Impedanz . .	171
7.3	Entwurf und Analyse hochohmiger Antennen	173
7.3.1	Archimedische Spirale	173
7.3.2	Logarithmisch-periodisches Dipolarray	177
7.3.3	„Multi-tail“-Dipolantenne mit Massekopplung	181
7.4	Diskussion und Zusammenfassung	187
8	Raumtemperaturbolometer basierend auf $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$	189
8.1	Einführung	189
8.2	Beschreibung des Detektoraufbaus	190
8.3	Charakterisierung der elektrischen Detektoreigenschaften	192
8.4	Strahlungsmessungen bei 650 GHz	198
8.5	Diskussion und Zusammenfassung	199
9	Zusammenfassung	201
A	Verifikationsmessungen der log-periodischen Planarantennen im Mikrowellenbereich	207
A.1	Struktur $\text{Ant}_{B,1}$	208
A.2	Struktur $\text{Ant}_{B,2}$	209
A.3	Struktur $\text{Ant}_{B,3}$	210
B	Layouts der entwickelten Detektorchips	211
B.1	Struktur $\text{Ant}_{LP,A}$	211
B.2	Struktur $\text{Ant}_{LS,A1}$	212
B.3	Struktur $\text{Ant}_{LS,A2}$	213
B.4	Struktur $\text{Ant}_{LS,B}$	214

C Symbole und Konstanten	215
D Liste eigener Publikationen	221
E Betreute studentische Arbeiten	225
Abbildungsverzeichnis	227
Tabellenverzeichnis	231
Literaturverzeichnis	235