

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	<i>i</i>
1. Einführung	1
2. Grundlagen zur Spektroskopie mit THz-Strahlung	5
2.1 Generation elektromagnetischer Wellen im THz-Bereich	5
2.1.1 Photoleitung	7
2.1.1.1 Photoleitende Antennen	8
2.1.1.2 Hertzscher Dipol	11
2.1.1.3 Bandbreitenlimitierung von THz-Strahlung beim Generationsprozess	12
2.1.2 Optische Gleichrichtung	14
2.2 Detektion	16
2.2.1 Bolometer, Ge:Ga-Detektor	16
2.2.2 Photoleitung	16
2.2.3 Elektro-optische Detektion	19
2.3 Zusammenfassung	22
2.4 Wissenschaftliche Anwendungen der THz-Spektroskopie	22
2.4.1 Gase	24
2.4.2 Flüssigkeiten	24
2.4.3 Festkörper	25
2.5 Technologische Aspekte	27
3. Halbleiter mit langen Ladungsträgerlebensdauern	29
3.1 Typ-I/Typ-II Quantentopf-Strukturen	29
3.1.1 Elektronische Eigenschaften	30
3.1.1.1 Typ-I und Typ-II Heterostruktur	31
3.1.1.2 Elektronische Wellenfunktionen der Typ-I/Typ-II Heterostruktur	32
3.1.2 Optische Eigenschaften	33

3.1.2.1	Optische Übergänge	33
3.1.2.2	Lineare Spektroskopie	36
3.1.2.3	Nichtlineare optische Messungen	37
3.2	Silizium	40
3.2.1	Kristallines Silizium	41
3.2.1.1	Elektronische Struktur	41
3.2.1.2	Interbandabsorption	42
3.2.1.3	Intrabandabsorption	43
3.2.1.4	Ladungsträgerlebensdauern	47
3.2.2	Mikrokristallines Silizium	47
3.2.3	Poröses Silizium	50
3.2.4	Ladungsträger-Beweglichkeit	51
4.	Wasser	52
4.1	Struktur-Modelle von Wasser	53
4.1.1	Eisähnliche Modelle	53
4.1.2	Mehr-Komponenten-Modell	54
4.2	Lineare optische Eigenschaften	56
4.2.1	Dielektrische Relaxation (Debye-Modell)	58
4.2.2	Intermolekulare Vibrationen	62
4.2.3	Intramolekulare Vibrationen	64
4.2.4	Theoretische Modelle	64
4.2.4.1	Molekular-Dynamik-Simulationen	64
4.2.4.2	Intermolekular-Modell	65
5.	Experimentelles	67
5.1	Photoleitende Antennen	67
5.1.1	Herstellung	67
5.1.2	Charakterisierung	70
5.2	Optischer Aufbau	73
5.2.1	THz-Spektrometer	73
5.2.1.1	THz-Transmissions-Spektrometer	74
5.2.1.2	Optischer Anrege/THz Abfrage-Aufbau	75
5.2.2	Auswertung der Messdaten	77
5.2.3	Rauschcharakteristik des Messplatzes	77
5.3	THz-Imaging	78
6.	THz-Modulatoren	80
6.1	Typ-I/Typ-II Quantentopf-Strukturen	80

6.1.1	Transmissionsmessungen	81
6.1.1.1	Modulation der THz-Amplitude	81
6.1.1.2	Modulation der THz-Phase	85
6.1.2	Drude-Modell	91
6.1.3	Temperaturabhängige Messungen	96
6.1.4	Zusammenfassung	99
6.2	Silizium	100
6.2.1	<i>cw</i> THz-Transmissionsmessungen	100
6.2.2	Zeitaufgelöste optische Anrege/THz Abfrage-Messungen	108
6.2.2.1	Kristallines Silizium	108
6.2.2.2	Mikrokristallines Silizium	111
6.2.2.3	Poröses Silizium	116
6.2.3	Zusammenfassung	118
7.	THz-Spektroskopie an Flüssigkeiten	120
7.1	Reines Wasser (H_2O)	122
7.1.1	Resultate	122
7.1.2	Diskussion	123
7.2	Isotopen-Effekt	128
7.2.1	Resultate	128
7.2.2	Diskussion	128
7.3	Temperatur-Abhängigkeit	132
7.3.1	Resultate	132
7.3.2	Diskussion	133
7.4	Kation/Anion-Konzentrations-Abhängigkeit	135
7.4.1	Resultate	135
7.4.2	Diskussion	135
7.5	Wässrige Säuren	137
7.5.1	Resultate	139
7.5.2	Diskussion	139
7.6	Zusammenfassung	142
8.	Zusammenfassung und Ausblick	144
Anhang A		147
Anhang B		149
Literaturverzeichnis		151