Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**
1.1 Motivation . . . 1
1.2 Gliederung der Arbeit . . . 2

2 Allgemeine Grundlagen zu Halbleitern **5**
2.1 Kristall- und Bandstruktur von stickstoffbasierten III-V-Halbleitern . 6
2.1.1 Wachstum und Kristallstruktur . . . 6
2.1.2 Bandstruktur . . . 8
2.1.3 Galliumarsenid . . . 10
2.1.4 Einfluss von Kristallgitterverspannungen auf die Bandstruktur 11
2.1.5 Einfluss von Stickstoff auf die Bandstruktur . . . 15
2.1.6 Das Band-Anticrossing-Modell (BAC-Modell) . . . 16
2.1.7 Wirkung des Stickstoffs auf das Valenzband . . . 18
2.2 Temperatureffekte . . . 20
2.2.1 Varshni-Modell . . . 21
2.2.2 Bose-Einstein-Modell . . . 21
2.3 Elektronische Zustände in Halbleitern . . . 22
2.3.1 Elektronische Zustände in Heterostrukturen . . . 23
2.4 Exzitonen . . . 24
2.4.1 Exzitonen im Volumenmaterial . . . 25
2.4.2 Exzitonen in Quantenfilmen . . . 27
2.4.3 Lokalisierung und Stokes-Shift . . . 28

3 Experimentelle Methoden **31**
3.1 Photolumineszenz (PL) . . . 31
3.1.1 PL-Aufbau . . . 33
3.1.2 Magnetophotolumineszenz (MPL) . . . 36
3.2 Transmissionsmessungen . . . 38
3.3 Modulationsspektroskopie . . . 41
3.3.1 Physikalischer Mechanismus der Modulation . . . 42
3.3.2 Charakterisierung der spektralen Linienformen . . . 45

3.4 Verwendete Modulationsverfahren 50
3.4.1 Photomodulierte Reflexion (PR) 50
3.4.2 Elektromodulierte Reflexion (ER) 53

4 Probenbeschreibung 57
4.1 Probenwachstum 58
4.2 Aufbau der Proben 58

5 Charakterisierung von GaAsN-Volumenschichten 63
5.1 Photolumineszenz von GaAsN 63
5.1.1 Photolumineszenz bei geringem Stickstoffgehalt 64
5.1.2 Photolumineszenz bei höherem Stickstoffgehalt 67
5.2 Tempereffekte in GaAsN 72
5.2.1 Verschiebung der Bandlücke 72
5.2.2 Auswirkungen auf die Linienform 74
5.3 Band-Anticrossing-Parameter E_N und C_{MN} in GaAsN-Volumenmaterial 76
5.3.1 Verfahren zur Auswertung von PR-Spektren 76
5.3.2 Temperaturabhängigkeit von GaAsN spezifischen Materialparametern 81

6 Messungen zur Bandstruktur von GaInNAs/GaAs-Quantenfilmen 91
6.1 Temperatureffekte in GaInNAs/GaAs-Heterostrukturen 92
6.1.1 Lokalisierung in GaInNAs/GaAs-Quantenfilmen 92
6.2 Die effektive Bandlücke in GaInNAs-MQWs 99
6.2.1 Modellierung der Bandlücke 99
6.2.2 E_N in GaInNAs/GaAs-MQWs 100
6.3 Einfluss von Indium auf die Bandstruktur von GaInNAs 103
6.3.1 Elektronische Übergänge in GaInNAs/GaAs-Quantenfilmen . 103
6.3.2 Der Wechselwirkungsparameter C_{MN} 105
6.4 Bandoffset in GaInNAs/GaAs-Quantenfilmen 109
6.4.1 Messprinzip der Oberflächen-Photospannung (SPV) 110
6.4.2 Bandoffset quantisierter Zustände 111

7 Magnetooptische Effekte in GaInNAs-MQWs 119
7.1 Elektronenenergien im Magnetfeld 119
7.1.1 Landau-Niveaus und diamagnetische Verschiebung 120
7.1.2 Transmissionsmessungen an Quantenfilmen 121
7.2 Effektive Massen in GaInNAs/GaAs-Heterostrukturen 123
7.2.1 Effektive Lochmasse in GaInNAs 123
7.2.2 Exzitonenbindungsenergie in GaInNAs/GaAs-MQWs 129

8 Zusammenfassung **133**
8.1 Fazit 133
8.2 Ausblick 135

Literaturverzeichnis **137**

Publikationen **147**

Danksagung **151**