

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	3
2 Wachstum und Materialeigenschaften	7
2.1 Molekularstrahlepitaxie	7
2.2 Eigenschaften von $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -Strukturen	8
2.2.1 Kristallstruktur	8
2.2.2 Bandstruktur und elektronische Zustände von $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$	9
2.2.3 Heterostrukturen und Dotierung	11
2.2.4 Neutrale und geladene Exzitonen	14
2.3 Wachstum und Eigenschaften von GaMnAs	16
2.3.1 Tieftemperatur GaAs	16
2.3.2 Kristalleigenschaften: LT-GaMnAs	16
2.3.3 Annealing	18
2.3.4 Ferromagnetische Kopplung in GaMnAs	18
3 Spin in Halbleitern	21
3.1 Spin-Bahn-Wechselwirkung	21
3.2 Einfluss der Kristallstruktur: <i>Bulk</i> und <i>structure inversion asymmetry</i>	22
3.3 Optische Erzeugung spinpolarisierter Ladungsträger	24
3.4 Spinrelaxation und Spindphasierung	27
3.5 Spinrelaxationsmechanismen	28
3.5.1 Der Elliott-Yafet-Mechanismus	28
3.5.2 Der D'yakonov-Perel'-Mechanismus	29
3.5.3 Der Bir-Aronov-Pikus-Mechanismus	31
3.5.4 Hyperfein-Wechselwirkung	32
3.5.5 Spindynamik von Löchern	32
4 Experimentelle Methoden	35
4.1 Photolumineszenz-Spektroskopie	35
4.2 Zeitaufgelöste Messungen	36
4.2.1 Der Titan:Saphir-Laser und Autokorrelation	36
4.2.2 Zeitaufgelöste Photolumineszenz-Spektroskopie	37
4.2.3 Zeitaufgelöste differentielle Transmission bzw. Reflexion	39
4.2.4 Zeitaufgelöste Faraday- und Kerr-Rotation	41
4.3 Vergleich TRPL / TRFR	44
4.3.1 Zeitauflösung und Messbereiche	44

Inhaltsverzeichnis

4.3.2	Anregung und Detektion	45
4.4	Herstellung optisch dünner Proben	46
5	Zweidimensionale Lochsysteme in GaAs/AlGaAs-Quantenwells	49
5.1	Proben- und Bandstruktur der untersuchten zweidimensionalen Lochsystemen	49
5.2	Leistungsabhängige Photolumineszenz: Exzitonen und Trionen	51
5.3	Spindynamik der Löcher	52
5.3.1	Temperaturabhängigkeit der Lochspin-Relaxation	52
5.3.2	Abhängigkeit der Lochspin-Relaxation von der Anregungsintensität	55
5.3.3	Verhalten im externen Magnetfeld: Dephasierung und <i>g</i> -Faktoren	56
5.3.4	Abhängigkeit der Lochspinrelaxation von der Quantenwell-Breite	58
5.3.5	Anisotropie des Loch- <i>g</i> -Faktors	60
6	GaAs/AlGaAs/GaMnAs-Schichtstrukturen	63
6.1	Probenaufbau und schematische Bandstruktur der untersuchten Proben	63
6.2	Untersuchungen zur Mn-Diffusion mittels Photolumineszenz	66
6.2.1	Einfluss der Barrierendicke	66
6.2.2	Donator-gebundene Exzitonen	68
6.2.3	Einfluss der Mn-Konzentration in der GaMnAs-Schicht	69
6.2.4	AlAs/GaAs-Übergitter als Barrierenmaterial	70
6.2.5	Einfluss der Wachstumstemperatur und des Al-Gehalts der Barriere	72
6.2.6	Tunneln und Rekombination der Ladungsträger in der LT-Barriere	73
6.2.7	Simulationen der Bandstruktur und Interpretation der PL-Ergebnisse	76
6.2.8	Nachweis von Mn-Interstitials aufgrund tiefer Störstellen	79
6.3	Zeitaufgelöste Messungen: Ladungsträger- und Spindynamik	81
6.3.1	Einfluss der Mn-Störstellen auf die Ladungsträger- und Spindynamik	82
6.3.2	Einfluss der Diffusionsstärke auf die PL- und Spinlebensdauer	86
6.3.3	Einfluss der Barrierendicke auf die PL- und Spinlebensdauer	90
6.3.4	Einfluss von lokalisierten Zuständen auf die PL- und Spinlebensdauer	97
6.4	Dotierung durch Mn-Diffusion?	99
6.5	Einfluss des Annealings auf die Ladungsträger- und Spindynamik	102
6.6	Spin-Effekte in schwachen und starken Magnetfeldern	105
6.6.1	Paramagnetische Kopplung im schwachen Magnetfeld	105
6.6.2	Dynamische Kernspinpolarisation im starken Magnetfeld	107
7	Zusammenfassung und Ausblick	113
Abbildungsverzeichnis		117
Tabellenverzeichnis		121
Literaturverzeichnis		123
Danksagung		131