

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Übersicht	1
I Grundlagen	5
1 Materialsystem	6
1.1 Kristallstruktur	6
1.2 Bandstruktur	8
1.3 Photolumineszenz	8
2 Störungen des Kristallgitters	15
2.1 Verspannungen	15
2.1.1 Grundlagen der Elastizitätstheorie	15
2.1.2 Uniaxiale und biaxiale Verspannung in GaN	19
2.1.3 Auswirkung von Verspannungen auf die Photolumineszenz	20
2.1.4 Alternative Messmethoden zur Bestimmung der Verspannung	25
2.2 Versetzungen	25
2.2.1 Grundlegende Eigenschaften	26
2.2.2 Versetzungen in Galliumnitrid	30
2.2.3 Übersicht über die Untersuchungsmethoden für Versetzungen	33
3 Wachstum	39
3.1 Heteroepitaxie	39
3.1.1 Epitaxieverfahren	39
3.1.2 Substratmaterialien	40
3.1.3 Gezielte Steuerung des Verspannungshaushalts	42
3.2 Methoden zur Defektreduzierung	43
3.2.1 ELOG	43
3.2.2 SiN _x Zwischenschichten	45
3.3 Freitragende GaN-Substrate	46
3.3.1 Mehrschritt-ELO	47
3.3.2 Gezielte Rissbildung im Substrat	47
3.3.3 Selbstablösende GaN-Schichten	47
3.3.4 Laser-Lift-Off	48

II	Experimentelle Methoden	49
1	Konfokale Mikroskopie	50
1.1	Prinzip	50
1.2	Theoretische Auflösungsgrenzen	51
2	Mikro-Photolumineszenz-Messungen	53
2.1	Messaufbau	53
3	Erreichbare Auflösung	55
3.1	Räumliches Auflösungsvermögen	55
3.2	Spektrales Auflösungsvermögen	57
4	Benutzte Software	58
III	Untersuchungen an Versetzungen	59
1	Einzelne Versetzungen in Bulk-GaN	60
1.1	Spektroskopie an Versetzungen	60
1.2	Verspannungsfelder einzelner Versetzungen in μ PL	67
1.2.1	Räumliche Mittelung	67
1.2.2	Einbeziehung von Oberflächeneffekten	69
1.2.3	Vergleich mit anderen Messmethoden	71
1.2.4	Schlussfolgerungen	72
2	Ausrichtung der Burgersvektoren von Stufenversetzungen am Kristallgitter	74
2.1	Kristallsymmetrie und Ausrichtung der Burgersvektoren	74
2.2	Experimentelle Bestimmung der Richtung der Verspannungsdipole	75
2.2.1	Faltungsmethode zur Bestimmung der Dipolrichtung	76
2.2.2	Ergebnis der Richtungsauswertung	80
2.3	Ausrichtungen der Versetzungen im Experiment	80
3	Wechselwirkungseffekte zwischen Versetzungen	83
3.1	Versetzungsreihungen im Experiment	83
3.2	Berechnungen von Versetzungsensembles	83
3.2.1	Verspannung von Versetzungsensembles	84
3.2.2	Verspannungsinduzierte Bindungsenergie zwischen Versetzungen	85
	Zusammenfassung und Ausblick	91
	Weitere Arbeiten	94

A	Elastizitätstheoretische Behandlung von Stufenversetzungen	96
B	Verwendete Geräte und Optiken	100
1	Verwendete Geräte	100
1.1	Laser	100
1.2	Mikroskopobjektive	101
1.3	Probenhalter und Kryostat	103
1.4	Verschiebetische	105
1.5	Spektrometer	106
1.6	Beobachtungs-Kamera	107
2	Strahlengänge	108
2.1	Anregung	108
2.2	Detektion	110
	Probenverzeichnis	112
	Abkürzungen und Sprachkonventionen	113
	Abbildungsverzeichnis	114
	Tabellenverzeichnis	116
	Literaturverzeichnis	117
	Publikationen	125
	Danksagung	127