

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Kristallstruktur und Eigenschaften	5
2.1	Kristallstruktur	5
2.2	Stickstoff-bedingte Eigenschaften von Nitriden	8
2.3	Bandlücken der Gruppe-III-Nitride	9
2.4	Verspannungen durch Gitterfehlpassung	11
2.5	Polarisation von Gruppe-III-Nitriden	14
2.5.1	Spontane Polarisation (\vec{P}_{sp})	14
2.5.2	Piezoelektrische Polarisation (\vec{P}_{pz})	15
2.5.3	Piezoelektrische Felder	19
3	GaInN-Leuchtdioden	23
3.1	Grundlagen zu Leuchtdioden	23
3.2	GaInN-Leuchtdioden	27
3.3	Auswirkungen der Piezofelder auf AlGaInN-Heterostrukturen	27
3.4	Einflussparameter auf die Emissionswellenlänge	30
4	Epitaxie	31
4.1	Epitaxieverfahren für optoelektronische Bauelemente	31
4.1.1	Gasphasen-Epitaxie	32
4.1.1.1	Hydrid-Gasphasen-Epitaxie	32
4.1.1.2	Metallorganische Gasphasen-Epitaxie	33
4.1.2	Molekularstrahlepitaxie	38
4.2	Polare, semipolare und nichtpolare Kristallebenen	39
4.2.1	GaN-Substrate	40
4.2.2	Kristallabscheidung von GaN auf Fremdsubstraten	41

4.2.2.1	Entlang a -Richtung orientiertes GaN auf r -orientiertem Saphir	41
4.2.2.2	Entlang a -Richtung orientiertes GaN auf a -orientiertem Siliziumkarbid	43
4.2.2.3	Entlang m -Richtung orientiertes GaN auf m -orientiertem Siliziumkarbid	44
4.2.2.4	Entlang m -Richtung orientiertes GaN auf $\langle 001 \rangle$ -orientiertem γ -Lithiumaluminat	44
4.2.2.5	Semipolare GaN-Kristallebenen auf Spinell	45
4.2.3	Verschiedene Kristallebenen durch selektive Epitaxie	46
4.3	Selektive Epitaxie von GaN	46
4.3.1	Abscheideraten und Füllfaktor	47
4.3.2	Oberflächeneigenschaften verschiedener Kristallebenen	49
4.3.3	Selektive Epitaxie und Ga-Quelle	53
5	Herstellung und Prozessierung von GaInN-LEDs	55
5.1	Ganzflächig abgeschiedene GaInN-LEDs	55
5.1.1	Epitaktische Herstellung der Referenz-LEDs	55
5.1.2	Besonderheiten der Epitaxie von GaInN	58
5.1.3	Besonderheiten der Epitaxie von Mg-dotiertem GaN	60
5.1.4	Prozessierung der Referenz-LEDs	61
5.2	Selektiv abgeschiedene GaInN-LEDs	63
5.2.1	Herstellung der selektiv abgeschiedenen LEDs	63
5.2.2	Prozessierung der selektiv abgeschiedenen LEDs	66
6	GaInN-LEDs auf semipolaren Seitenfacetten	69
6.1	Prinzipieller Funktionsnachweis	69
6.2	Untersuchungen zum Nachweis des reduzierten piezoelektrischen Feldes	69
6.2.1	Vergleich der Emissionswellenlängen	70
6.2.1.1	Einfluss des Füllfaktors	71
6.2.1.2	Vergleich der Spektren	74
6.2.1.3	Einfluss der lokalen Abscheiderate	76
6.2.1.4	Unterschiede der Quantenfilmdicken	78
6.2.1.5	Unterschiede beim In-Anteil	88
6.2.2	Emissionswellenlänge und Piezofeldstärke	91

6.2.3	Stromabhängige Wellenlängenverschiebung	95
6.3	Quantenausbeute	96
6.3.1	Probleme der Prozessierung und Lösungen	97
6.3.1.1	Wahl der Maskierungsschicht	97
6.3.1.2	Mesa-Strukturierung	98
6.3.1.3	Zusammensetzung und Leitfähigkeit	100
6.3.1.4	Schichtdicken der p-dotierten Schicht	102
6.3.1.5	Untersuchungen zum Einfluss der Quellen TEGa und TMGa	104
6.3.1.6	Abscheidecharakteristik von Mg-dotiertem GaN bei selektiver Epitaxie	106
6.3.1.7	Thermische Belastungen	113
6.3.1.8	Oberflächenbeschaffenheit	115
6.3.2	Ausgangsleistungen bis 3 mW	115
7	Zusammenfassung	119
A	Formelzeichen und Abkürzungen	123
B	Notation der Klammersymbole	127
C	Voigt-Notation: Reduktion der Anzahl unabhängiger Kompo- nenten	129
C.1	Für Tensoren dritten Ranges	129
C.2	Für Tensoren vierten Ranges	131
	Literaturverzeichnis	135
	Vorveröffentlichungen	147