

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
2	Grundlagen	5
2.1	Funktionsweise einer LED	5
2.2	Das III-Nitrid Materialsystem	5
2.3	Herstellung einer nitrid basierten LED	10
2.3.1	Das Wachstumssubstrat	10
2.3.2	Schichtaufbau und Epitaxie	13
2.3.3	Prozessierung	17
2.4	Die Aktive Zone	20
2.4.1	Ladungsträgerstatistik im Halbleiter	21
2.4.2	Rekombination in Halbleitern	28
2.4.3	Der p - n -Übergang	35
2.4.4	Die Quantentröge - piezoelektrische Felder	39
3	Exemplarische Herleitung grundlegender Kenngrößen einer typischen LED	45
3.1	Bestimmung radiometrischer Kenndaten sowie deren Abhängigkeit vom Strom	45
3.1.1	Ulbricht-Kugel	45
3.1.2	Die Strahlungsleistung	47
3.1.3	Spektrale Kenngrößen	48
3.1.4	Energiekonversionseffizienz, externe Quanteneffizienz, sowie elektrische Effizienz	50
3.2	Berechnung photopischer Kenngrößen	53
3.2.1	Farbwahrnehmung und Farbmeterik	53
3.2.2	Dominante Wellenlänge, Lichtstrom sowie Lichtausbeute	56
3.3	Temperaturabhängigkeit der Photo- sowie Elektrolumineszenz	59
3.3.1	Messapparaturen zur temperaturabhängigen Bestimmung der PL sowie EL	59
3.3.2	Typische Temperaturabhängigkeit (AlGaIn)N-basierter LEDs	63
3.4	Untersuchung der Rekombinationsmechanismen	68
3.4.1	Das ABC-Modell	68
3.4.2	Bestimmung der ABC-Parameter	71
4	Effizienzuntersuchungen an SQWs unterschiedlicher Wellenlänge	75
4.1	Wellenlängenabhängigkeit der Effizienz (AlGaIn)N-basierter LEDs	75
4.2	Herstellung SQWs mit unterschiedlicher Emissionswellenlänge	76
4.3	Elektrooptische Charakterisierung	77
4.3.1	Ermittelung der Erwärmung im Betrieb	77
4.3.2	Integrale Messung der EQE	78
4.4	ABC-Fit - Erweiterung des van Opdorp 't Hooft-Modells	82
4.5	Bestimmung der Ladungsträgerlebensdauer sowie absoluten RRs	84
4.6	Einfluss der Polarisationsfelder auf das Zusammenspiel der Rekombinationsparameter	87
4.7	Diskussion der Ergebnisse und Literaturabgleich	88

5	Untersuchung der Kleinstromeffizienz	93
5.1	Herstellung von LEDs unterschiedlicher Kleinstromeffizienz	95
5.2	Experimentelle Bestimmung der I - U - sowie I -EQE-Charakteristik	96
5.3	Bestimmung der internen Quanten- sowie Extraktionseffizienz	99
5.4	Differentielle Analyse der I - U -Charakteristik	100
5.5	Diskussion der I - U -Charakteristik sowie deren Korrelation mit der IQE	103
5.6	Modellbildung und Simulation	107
5.7	Alterung unter Betrieb und erhöhter Temperatur	111
6	Der Droop – Untersuchung des Hochstromverlustkanals	117
6.1	Theorien über den Effizienzabfall bei hohen Betriebsströmen	117
6.2	Ursache des Droops - Nachweis von Auger-Prozessen	121
6.2.1	Strukturen zum Nachweis des Auger-Prozesses	123
6.2.2	Resonante Anregung der grünen Quantentröge	124
6.2.3	Mögliche physikalische Ursachen der UV-Lumineszenz	126
6.2.4	Quantitative Betrachtung: Auger Hauptverursacher des Droops	134
6.2.5	Schlussfolgerung: Auger-Prozesse als hauptverantwortlicher Prozess für den Droop	137
6.3	Manipulation des Droops – Quaternäre QWs	138
6.3.1	Probenherstellung	138
6.3.2	Elektrooptische Eigenschaften (AlGaIn)N basierter QWs	140
6.3.3	Bestimmung der Extraktionseffizienz sowie der RRs quaternärer SQWs	142
7	Verminderung des Droops - V-förmige Defekte zur Löcherinjektion	149
7.1	Experimentelle Umsetzung	151
7.1.1	μ EL und μ PL Analyse einer Saphir-LED	152
7.1.2	Visualisierung und Lokalisierung der VPits via EBIC	156
7.2	Scantek - μ PL mit spektraler Auflösung	160
7.3	Zusammenführung der Kenngrößen aus unterschiedlichen Analysemethoden . .	161
7.4	Diskussion	162
8	Zusammenfassung	175
	Veröffentlichungen und Patente	177
	Akronyme	183
	Physikalische Größen & Symbole	185
	Konstanten	187
	Glossar	189
	Literaturverzeichnis	190
	Danksagung	209