

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Aufbau und Entwicklung einer Laser-<math>\mu</math>-Bearbeitungsanlage</b>	<b>5</b>
2.1	Experimenteller Aufbau	6
2.1.1	Anlagenkonzept	6
2.1.2	Ultrakurzpulslaser	7
2.1.3	Optische Komponenten zur Strahlformung	13
2.1.4	Luftgelagertes Achssystem	24
2.1.5	Inspektionssystem	27
2.1.6	Optische Distanzmessung	29
2.1.7	Maschinenaufbau	30
2.2	Kalibrierung, Auflösung und Reproduzierbarkeit	31
2.2.1	Kalibrierung der Pulsenergie	31
2.2.2	Strahlparameter	32
2.2.3	Offsetbestimmung	33
2.2.4	Bestimmung der vertikalen Fokusposition	34
2.2.5	Wiederholgenauigkeit bei der Laserbearbeitung	35
2.3	Abweichungen von der Gaußschen Intensitätsverteilung	37
2.3.1	Bestimmung der Beugungsmaßzahl $M^2$	37
2.3.2	Fernfeldanalyse	38
2.3.3	Oberflächenformabweichung	39
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Licht-Materie Wechselwirkung</b>	<b>45</b>
3.1	Ausbreitung von Licht in Materie	45
3.2	Absorptionsmechanismen	47
3.2.1	Lineare Absorption	47
3.2.2	Nichtlineare Absorption	48
3.3	Thermalisierung	48
3.4	Zweitemperatur-Modell	50
3.5	Auswirkungen auf die Materie	51
3.5.1	Photothermische Prozesse	52
3.5.2	Photophysikalische Prozesse	52
3.5.3	Laserbearbeitung von GaN	54
3.6	Materialauswurf	55
3.7	Laser-induzierte periodische Oberflächenstrukturen	57
3.8	Bestimmung der Ablationsschwelle und des Fokusedurchmessers	59
3.9	Inkubationseffekte	62

<b>4 Laserbearbeitung an GaN-basierten Leuchtdioden durch ultrakurze Laserpulse</b>	<b>69</b>
4.1 Mikrokanäle in Saphir zur Funktionalisierung GaN-basierter Leuchtdioden	69
4.1.1 Phasenumwandlung und selektives Ätzen . . . . .	70
4.1.2 Fokussieren von Gaußschen Strahlen in transparente Materialien	72
4.1.3 Herstellung von Mikrokanälen in Saphir . . . . .	75
4.1.4 Maximieren der Kanallänge . . . . .	78
4.2 Laserinduziertes Vereinzeln von Saphirchips durch Volumenmodifikation	87
4.2.1 Erzeugen und Charakterisieren von Verspannungen . . . . .	89
4.2.2 Minimieren der Biegefestigkeit . . . . .	92
4.3 Herstellung GaN-basierter LEDs durch Laserbearbeitung mit ultrakurzen Laserpulsen . . . . .	98
4.3.1 Effizienz von Leuchtdioden . . . . .	99
4.3.2 Prozessschritte zur laserbasierten Herstellung von GaN-LEDs . .	101
4.3.3 Hochauflösende Schattenmasken zum strukturierten Aufbringen von ohmschen Kontakten . . . . .	104
4.3.4 Durchtrennen der LED-Heterostruktur zur mechanischen Isolation	109
4.3.5 Herstellen von elektrischen Isolationsgräben durch definierten Tiefenabtrag . . . . .	111
4.3.6 Elektrische Eigenschaften laserhergestellter Isolationsgräben . . .	125
4.3.7 Leckströme über die Seitenkante des Isolationsgrabens . . . . .	135
4.3.8 Charakterisierung von LEDs unterschiedlicher Größe . . . . .	139
4.3.9 Vergleich zu konventionellen Mesa LEDs . . . . .	145
4.3.10 LEDs beliebiger Form und Größe . . . . .	148
<b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>151</b>
<b>A Sättigung der Abtragsrate</b>	<b>155</b>
<b>B Linsenkombinationen für 532 nm und 1064 nm</b>	<b>157</b>
<b>C Abkürzungen und Symbole</b>	<b>159</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>165</b>
<b>Publikationen</b>	<b>179</b>
<b>Danksagung</b>	<b>183</b>