

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 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 Ultrakurzpuls laser . . . . .	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 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 Zweittemperatur-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 Fokusdurchmessers . . . . .	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 Vereinzen von Saphirchips durch Volumenmodifikation	87
4.2.1 Erzeugen und Charakterisieren von Verspannungen . . . . .	89
4.2.2 Minimieren der Biegefesteitkigkeit . . . . .	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 Tiefeinabtrag . . . . .	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>