

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Einleitung</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. Hintergrund  | 1         |
| 1.2. Zielsetzung und Struktur der Arbeit                              | 3         |
| <b>2. Das Materialsystem der Gruppe-III-Antimonide</b>                | <b>5</b>  |
| 2.1. Kristallstruktur   | 5         |
| 2.2. Bandstruktur   | 6         |
| 2.3. Halbleiter-Heterostrukturen                                      | 10        |
| 2.3.1. Verspannung  | 11        |
| 2.3.2. Antimonidische Verbindungshalbleiter für laseraktive Schichten | 14        |
| 2.3.3. Quantentöpfe   | 16        |
| 2.4. Optischer Gewinn   | 17        |
| 2.5. Verlustmechanismen   | 19        |
| 2.5.1. Optische Verlustmechanismen                                    | 19        |
| 2.5.2. Elektronische Verlustmechanismen                               | 20        |
| 2.6. Optische Materialkonstanten                                      | 23        |
| <b>3. Halbleiter-Scheibenlaser – Grundlagen</b>                       | <b>25</b> |
| 3.1. Konzept des Halbleiter-Scheibenlasers                            | 25        |
| 3.2. Stand der Technik  | 27        |
| 3.3. Aufbau der Halbleiterstruktur                                    | 28        |
| 3.3.1. Bragg-Spiegel  | 29        |
| 3.3.2. Quantentöpfe und Barrieren                                     | 31        |
| 3.3.3. Mikroresonator   | 33        |
| 3.4. Externer Resonator und Transversalmoden                          | 34        |
| 3.5. Theoretische Beschreibung von Halbleiter-Scheibenlasern          | 36        |
| 3.6. Temperaturabhängiges Verhalten                                   | 40        |
| 3.6.1. Temperaturabhängigkeit der Schwellenpumpleistung               | 41        |
| 3.6.2. Temperaturabhängigkeit der differentiellen Effizienz           | 43        |
| 3.6.3. Thermisches Überrollen   | 43        |
| <b>4. Herstellung und Charakterisierung der Laserstrukturen</b>       | <b>45</b> |
| 4.1. Epitaktisches Wachstum der Schichtstrukturen                     | 45        |
| 4.2. Charakterisierung mittels SIMS und XRD                           | 47        |
| 4.3. Reflektivität und Photolumineszenz                               | 49        |
| 4.3.1. Messung der Reflektivität                                      | 50        |
| 4.3.2. Photolumineszenz   | 52        |
| 4.4. Optimierung der Wärmeabfuhr                                      | 53        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.5. Messaufbau zur Standardcharakterisierung . . . . .   | 56         |
| <b>5. Barrierengepumpte Laserstrukturen</b>   | <b>59</b>  |
| 5.1. Optimierung der Resonanzeigenschaften . . . . .  | 59         |
| 5.2. Optimierung der Dicke des aktiven Bereichs . . . . .   | 66         |
| <b>6. Einfluss der Resonatorkonfiguration auf die Strahlqualität</b>  | <b>73</b>  |
| <b>7. Leistungsskalierung</b>   | <b>81</b>  |
| 7.1. Leistungsskalierung über die gepumpte Fläche . . . . .   | 81         |
| 7.2. Leistungsskalierung über die Anzahl der Laserchips . . . . .   | 90         |
| 7.2.1. Aufbau des Laserresonators . . . . .   | 90         |
| 7.2.2. Vorcharakterisierung der verwendeten Laserstrukturen . . . . .   | 92         |
| 7.2.3. Experimentelle Ergebnisse mit zwei Laserchips . . . . .  | 94         |
| <b>8. In-well-gepumpte Halbleiter-Scheibenlaser mit <math>\text{AlAs}_{0,08}\text{Sb}_{0,92}</math>-Barrieren</b> | <b>99</b>  |
| 8.1. Motivation . . . . .   | 99         |
| 8.2. Pumpquellen . . . . .  | 100        |
| 8.3. Materialzusammensetzung in den Barrierenschichten . . . . .  | 100        |
| 8.4. Erhöhung der Pumpabsorption . . . . .  | 102        |
| 8.4.1. Zweibandige Bragg-Spiegel . . . . .  | 102        |
| 8.4.2. Externe Multipass-Optiken . . . . .  | 105        |
| 8.4.3. aktive Bereiche mit zweifacher Resonanz . . . . .  | 105        |
| 8.5. Realisierung und Charakterisierung des in-well-gepumpten SD-Lasers . . . . .                                 | 108        |
| 8.5.1. Verwendete Schichtstruktur . . . . .   | 108        |
| 8.5.2. Aufbau des Lasers . . . . .  | 109        |
| 8.5.3. Laserbetrieb . . . . .   | 110        |
| <b>9. Durchstimmbare Halbleiter-Scheibenlaser</b>   | <b>115</b> |
| 9.1. Resonatoraufbau . . . . .  | 115        |
| 9.2. Auswirkungen der Filterdicke auf die Emissionseigenschaften . . . . .  | 117        |
| 9.3. Einfluss der Resonanz auf die Durchstimmbarkeit . . . . .  | 125        |
| 9.4. Einfluss der Pumpleistung und der Reflektivität des Auskoppelspiegels . . . . .                              | 128        |
| <b>10. Langwellig emittierende Halbleiter-Scheibenlaser</b>   | <b>131</b> |
| 10.1. Spezielle Herausforderungen . . . . .   | 131        |
| 10.2. Einfluss der Verspannung der Quantentöpfe . . . . .   | 133        |
| 10.3. Vergleich von Halbleiter-Scheibenlasern im Wellenlängenbereich von 2,0–2,8 $\mu\text{m}$                    | 139        |
| <b>11. Zusammenfassung und Ausblick</b>   | <b>143</b> |
| <b>A. Verzeichnis der Laserstrukturen</b>   | <b>149</b> |
| <b>B. Bandstrukturparameter</b>   | <b>151</b> |
| <b>C. Thermische Modellierung</b>   | <b>153</b> |
| <b>D. Funktionsprinzip von doppelbrechenden Filtern</b>   | <b>155</b> |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| <b>E. Symbole und Abkürzungen</b> | <b>163</b> |
| E.1. Formelzeichen . . . . .      | 163        |
| E.2. Abkürzungen . . . . .        | 167        |
| <b>Literaturverzeichnis</b>       | <b>169</b> |
| <b>Publikationen</b>              | <b>179</b> |
| <b>Danksagung</b>                 | <b>185</b> |