

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                                    |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung .....</b>                                                                            | <b>1</b>  |
| 1.1      | Motivation.....                                                                                    | 1         |
| 1.2      | Zielsetzung und Vorgehensweise .....                                                               | 3         |
| <b>2</b> | <b>Stand der Technik.....</b>                                                                      | <b>5</b>  |
| 2.1      | Aufbau von Hochleistungslaserdioden .....                                                          | 5         |
| 2.2      | Degradation von Laserdioden .....                                                                  | 7         |
| 2.2.1    | Rapide Degradation .....                                                                           | 7         |
| 2.2.2    | Graduelle Degradation .....                                                                        | 7         |
| 2.2.3    | Katastrophale optische Degradation .....                                                           | 8         |
| 2.2.4    | Degradation unter externer optischer Rückkopplung .....                                            | 11        |
| 2.3      | Modellierung von Laserdioden .....                                                                 | 12        |
| 2.4      | Stand der Technik und Anwendungen von Hochleistungsdiode-laser-Systemen .....                      | 15        |
| 2.5      | Fazit .....                                                                                        | 18        |
| <b>3</b> | <b>Definition der Forschungsfragen .....</b>                                                       | <b>19</b> |
| <b>4</b> | <b>Multiphysikalisches Modell einer Hochleistungslaserdiode .....</b>                              | <b>21</b> |
| 4.1      | Modellierung der optischen Rückkopplung.....                                                       | 22        |
| 4.1.1    | Modellgleichungen .....                                                                            | 22        |
| 4.1.2    | GPU-Beschleunigung des Modells.....                                                                | 26        |
| 4.1.3    | Experimentelle Validierung des Modells .....                                                       | 29        |
| 4.1.4    | Sensitivitätsanalyse eines komplexen 3D-Resonators.....                                            | 32        |
| 4.2      | Modellierung des elektrischen Transports.....                                                      | 36        |
| 4.2.1    | Nichtisothermes Drift-Diffusions-Modell .....                                                      | 36        |
| 4.2.2    | Finite-Volumen-Diskretisierung .....                                                               | 39        |
| 4.3      | Elektro-Opto-Thermisches Modell in der vertikal-longitudinalen Ebene .....                         | 43        |
| 4.3.1    | Elektro-Optische Kopplung .....                                                                    | 43        |
| 4.3.2    | Kopplung an ein externes optisches Modell.....                                                     | 49        |
| 4.3.3    | Thermische Kopplung .....                                                                          | 53        |
| 4.3.4    | Validierung anhand einer Beispielstruktur .....                                                    | 58        |
| 4.4      | Zusammenfassung.....                                                                               | 61        |
| <b>5</b> | <b>Modellierung der katastrophalen optischen Degradation.....</b>                                  | <b>63</b> |
| 5.1      | Definition des thermischen Durchgehens.....                                                        | 64        |
| 5.2      | Modelle für das thermische Durchgehen.....                                                         | 65        |
| 5.2.1    | Modell innerhalb der Quantenfilm-Ebene .....                                                       | 66        |
| 5.2.2    | Modell in der vertikal-longitudinalen Ebene.....                                                   | 69        |
| 5.3      | Katastrophale Degradation durch Facetten-Überhang und experimentelle Validierung des Modells ..... | 76        |
| 5.4      | Katastrophale Degradation durch externe optische Rückkopplung.....                                 | 81        |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.5 Zusammenfassung.....                                                 | 91         |
| <b>6 Strategien zur Verringerung der Rückreflex-Empfindlichkeit.....</b> | <b>93</b>  |
| 6.1 Non-Injecting Mirror.....                                            | 94         |
| 6.2 Non-Absorbing Mirror.....                                            | 96         |
| 6.3 Vergrößerung der Bandlücke des Wellenleiters.....                    | 99         |
| 6.4 Abbildende Rückkopplung ohne Bildumkehr.....                         | 102        |
| 6.5 Vergleich der Konzepte.....                                          | 104        |
| <b>7 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>                               | <b>107</b> |
| 7.1 Zusammenfassung.....                                                 | 107        |
| 7.2 Ausblick.....                                                        | 108        |
| <b>Anhang.....</b>                                                       | <b>111</b> |
| <b>A Material-Modelle.....</b>                                           | <b>111</b> |
| A.1 Effektive Zustandsdichte.....                                        | 111        |
| A.2 Bandlücke und intrinsische Ladungsträgerdichte.....                  | 111        |
| A.3 Ladungsträger-Mobilität.....                                         | 112        |
| A.4 Rekombinationskoeffizienten.....                                     | 112        |
| A.5 Optische Verstärkung und Absorption.....                             | 113        |
| A.6 Wärmeleitfähigkeit.....                                              | 115        |
| <b>B Numerik.....</b>                                                    | <b>116</b> |
| B.1 Fermi-Dirac-Integral.....                                            | 116        |
| B.2 Diskretisierung der Stromdichte.....                                 | 116        |
| B.3 Wide-Angle Beam Propagation Method.....                              | 119        |
| <b>C Theorie der gekoppelten Wellen.....</b>                             | <b>122</b> |
| <b>D Struktur- und Simulationsparameter.....</b>                         | <b>123</b> |
| D.1 Strukturparameter.....                                               | 123        |
| D.2 Simulationsparameter.....                                            | 126        |
| <b>E Literaturverzeichnis.....</b>                                       | <b>129</b> |