



Jan Ruschel (Autor)

# Ursachen der stromgetriebenen Degradation von UV-LEDs



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8569>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Stand der Forschung</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1      | Reduktion der optischen Leistung . . . . .                                       | 5         |
| 2.2      | Weitere Degradationseffekte . . . . .  | 8         |
| 2.3      | Besonderheiten bei AlGaIn-basierten UV-LEDs . . . . .                            | 10        |
| <b>3</b> | <b>Experimentelle Details</b>  | <b>13</b> |
| 3.1      | Probenbeschreibung . . . . .   | 13        |
| 3.1.1    | Heterostruktur . . . . .   | 13        |
| 3.1.2    | Mesageometrie . . . . .  | 15        |
| 3.2      | Methoden der Charakterisierung . . . . .   | 18        |
| 3.2.1    | Alterungsmessplätze . . . . .  | 18        |
| 3.2.2    | Intensitätsverteilung der Elektrolumineszenz . . . . .                           | 20        |
| 3.2.3    | Intensitätsverteilung der Photolumineszenz . . . . .                             | 21        |
| 3.2.4    | Zeitaufgelöste Photolumineszenz . . . . .  | 23        |
| 3.2.5    | Simulation der Ladungsträgerdichte . . . . .                                     | 24        |
| <b>4</b> | <b>Graduelle Degradation</b>   | <b>27</b> |
| 4.1      | Einfluss der Betriebsparameter Strom und Temperatur . . . . .                    | 27        |
| 4.2      | Stromdichte als Beschleunigungsfaktor . . . . .                                  | 33        |
| 4.2.1    | Herleitung einer mathematischen Beschreibung am Beispiel einer UVB-LED . . . . . | 34        |
| 4.2.2    | Anwendung der Beschreibung auf UVC-LEDs . . . . .                                | 40        |
| 4.3      | Die Rolle der Stromdichteverteilung . . . . .                                    | 45        |
| 4.3.1    | Stromdichteverteilung in Abhängigkeit des angelegten Stroms . . . . .            | 45        |
| 4.3.2    | Homogenität und effektive Stromdichte . . . . .                                  | 51        |
| 4.3.3    | Stromdichteverteilung in Abhängigkeit des Chip-Designs . . . . .                 | 55        |
| 4.4      | Einfluss von Dichte und Verteilung der Ladungsträger . . . . .                   | 62        |
| 4.4.1    | Simulation der Ladungsträgerverteilung in der aktiven Zone . . . . .             | 62        |
| 4.4.2    | Zusammenhang von Ladungsträgerverteilung und Degradation . . . . .               | 64        |
| 4.4.3    | Verknüpfung von Degradations- und Rekombinationsraten . . . . .                  | 69        |
| 4.4.4    | Auger-Rekombinationsrate und stromabhängige Alterung . . . . .                   | 74        |
| 4.5      | Die Rolle der Defektdichte . . . . .   | 79        |
| 4.6      | Korrelation von optischer Leistung und Degradationsrate . . . . .                | 86        |
| 4.6.1    | Ladungsträgerdichte . . . . .  | 86        |

|          |  |             |
|----------|--|-------------|
| 4.6.2    | Versetzungsichte . . . . .   | 88          |
| 4.7      | Degradationsmodell . . . . .   | 90          |
| 4.7.1    | Diskussion der Ergebnisse und Modellbildung . . . . .                                      | 90          |
| 4.7.2    | Theoretische Betrachtung anhand der Ratengleichung . . . . .                               | 92          |
| <b>5</b> | <b>Weitere Mechanismen und Effekte der graduellen Degradation</b>                          | <b>97</b>   |
| 5.1      | Die Rolle von Leckströmen . . . . .  | 97          |
| 5.2      | Zeitliche Änderung der Lumineszenzintensitätsverteilung . . . . .                          | 102         |
| 5.2.1    | Verteilung der Elektrolumineszenzintensität . . . . .                                      | 104         |
| 5.2.2    | Verteilung der Photolumineszenzintensität und strahlende Rekombinationseffizienz . . . . . | 109         |
| 5.3      | Ladungsträgerdynamik der aktiven Zone . . . . .  | 113         |
| 5.3.1    | Zeitaufgelöste Photolumineszenz während des Betriebs . . . . .                             | 113         |
| 5.3.2    | Diskussion zur Verkürzung der PL-Abklingzeit . . . . .                                     | 118         |
| 5.4      | Zeitabhängigkeit der Degradation als Folge der Stromdichteverteilung                       | 122         |
| <b>6</b> | <b>Plötzliche Totalausfälle</b>  | <b>125</b>  |
| 6.1      | Einfluss der Betriebsparameter . . . . .   | 125         |
| 6.2      | Zeitliche Betrachtung und Extrapolation . . . . .  | 126         |
| <b>7</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>  | <b>129</b>  |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b>  | <b>134</b>  |
|          | <b>Appendix</b>  | <b>vii</b>  |
|          | <b>Eigene Veröffentlichungen</b>   | <b>xi</b>   |
|          | <b>Abkürzungsverzeichnis</b>   | <b>xv</b>   |
|          | <b>Danksagung</b>  | <b>xvii</b> |