



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	Versetzungsdichte . . . . .	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>