Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Grundlagen der Gruppe-III-Nitride **5**
2.1 Kristallstruktur 5
2.2 Bandstruktur 7
2.3 Kristalldefekte 8
2.3.1 Punktdefekte 9
2.3.2 Versetzungen 9
2.3.3 Flächendefekte 10
2.3.4 Volumendefekte 11
2.4 Verspannung 11
2.4.1 Elastizitätstheorie 11
2.4.2 Ursachen für Verspannung 15
2.4.3 Folgen von Verspannung 19
2.4.4 Messung von Verspannung 23
2.5 Waferkrümmung 25
2.5.1 Experimentelle Bestimmung 27
2.5.2 Zusammenhang von Verspannung und Krümmung 33

3 Verfahren zur Herstellung von GaN **39**
3.1 Lösungszüchtungsverfahren 39
3.1.1 Hochdruck-Lösungszüchtung 40
3.1.2 Ammonothermal-Verfahren 41
3.1.3 Natrium-Flux-Verfahren 43
3.2 Metallorganische-Gasphasen-Epitaxie (MOVPE) 43
3.3 Hydrid-Gasphasen-Epitaxie (HVPE) 44
3.3.1 Reaktoraufbau 44
3.3.2 Wachstumsreaktionen 46
3.3.3 Limitierende Faktoren 47
3.3.4 Wachstumsparameter 50
3.4 Substrate für die GaN-Epitaxie 53
3.4.1 Saphir (Al_2O_3) 56

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

3.4.2 Silizium (Si) 56
3.4.3 Siliziumcarbid (SiC) 58
3.4.4 Galliumarsenid (GaAs) 58
3.5 Heteroepitaxie auf Fremdsubstraten 59

4 Freistehendes GaN mittels HVPE 63
4.1 Wachstum auf Silizium-Substraten 64
4.1.1 Problemfelder bei GaN auf Si 64
4.1.2 Maskierung der freien Si-Oberfläche 66
4.1.3 Verspannungsreduktion 69
4.1.4 Zusammenfassung 74
4.2 Wachstum auf ZnO-Opferschichten 76
4.2.1 Konzept einer Opferschicht 76
4.2.2 ZnO-Wachstum auf Saphir mittels PLD 77
4.2.3 GaN-Wachstum auf ZnO mittels MOVPE 79
4.2.4 Niedertemperatur-GaN-Schicht mittels HVPE 82
4.2.5 In situ Ätzen der ZnO-Pufferschicht mit HVPE 83
4.2.6 Hochtemperatur-GaN in der HVPE 84
4.2.7 Zusammenfassung 86
4.3 Wachstum auf Saphir-Substraten zur Selbstseparation 88
4.3.1 Niedertemperatur-Zwischenschicht 88
4.3.2 InGaN-Zwischenschichten 90
4.3.3 SiN-Nano-Maskierung 92
4.3.4 Makroskopisch strukturierte dielektrische Masken 94
4.3.5 3D-Strukturen zur Selbstseparation 107

5 Rest-Verkrümmung von GaN-Wafern 111
5.1 Krümmung separierter GaN-Schichten 111
5.1.1 Abhängigkeit von der Temperatur 112
5.1.2 Abhängigkeit von der Schichtdicke 113
5.1.3 Abhängigkeit von der Separationsmethode 115
5.2 Verhalten von GaN auf Saphir 116
5.2.1 Verspannung während des Wachstums 119
5.2.2 Eingeprägter Krümmungszustand 121
5.2.3 Verspannung freistehender Schichten 122
5.2.4 Zusammenfassung 125
5.3 Minimierung der Wachstumsverspannung 126
5.3.1 Kontrolle der Template-Verspannung 129

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

6 Dotierung von GaN beim HVPE-Wachstum **133**
6.1 Leitfähige Substrate 133
6.1.1 Verhalten der Quelle 134
6.2 Semi-isolierende Substrate 137
6.2.1 Effizienz der Bildung von $FeCl_2$ 138
6.2.2 Verspannungssituation 139
6.2.3 Kristallqualität 141
6.2.4 Elektrische Eigenschaften 142

7 Zusammenfassung **145**

Abbildungsverzeichnis **149**

Tabellenverzeichnis **153**

Literaturverzeichnis **155**

Publikationsliste **175**

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.