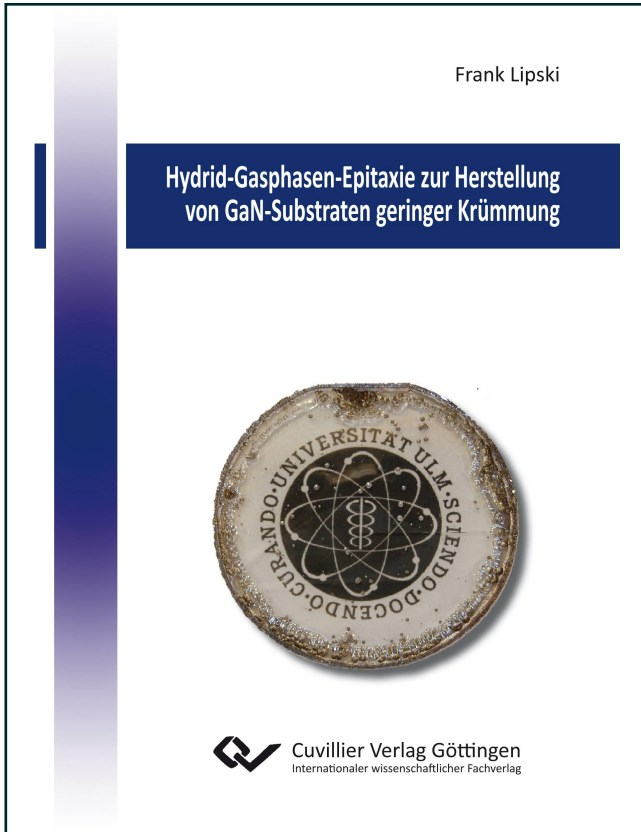




Frank Lipski (Autor)

Hydrid-Gasphasen-Epitaxie zur Herstellung von GaN-Substraten geringer Krümmung



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6106>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



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



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



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