
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen und Herstellungsmethoden	9
2.1	Metallorganische Gasphasenepitaxie MOVPE	9
2.1.1	CRIUS Close Coupled Showerhead Reaktor	11
2.1.2	AIX 2800G4 Planetenreaktor	13
2.1.3	<i>In-situ</i> Reflektometrie	13
2.2	III-V auf Si Nukleation	20
2.3	Versetzungen in fcc Kristallen	23
2.3.1	Partielle Versetzungen	27
2.4	Gitterfehlangepasste Epitaxie	30
2.4.1	Versetzungsdichte in metamorphen Pufferstrukturen	32
2.5	Schichtcharakterisierung	34
2.6	XRD - Röntgendiffraktometrie	36
3	Defektcharakterisierung	41
3.1	Deep Level Transient Spectroscopy - DLTS	41
3.2	Electron Channeling Contrast Imaging - ECCI	46
3.2.1	Antiphasen	53
3.2.2	Querschnittsaufnahmen	57
3.2.3	Durchstoßversetzungen CL vs. ECCI	60
4	Degradation der Lebensdauer im Silicium Material	65
4.1	Lebensdauer der Minoritätsladungsträger	65
4.1.1	Deep Level Transient Spectroscopy – DLTS	66
4.1.2	Photolumineszenz – PL	72
5	GaP Nukleation auf Silicium	77
5.1	Nukleationsprozess	77
5.2	Defektanalyse	80
5.2.1	Stapelfehlertrapezoide und einfache Stapelfehler . .	82
5.2.2	Nachweis von Stapelfehlerpyramiden	87

5.2.3	Unvollständige Stapelfehlerpyramiden und <i>stair-rod</i> Versetzungen	91
5.2.4	Interaktion von Stapelfehlerpyramiden mit Versetzungen	94
5.2.5	Korrelation der Morphologie mit Kristalldefekten	98
5.2.6	Reduktion der Stapelfehlerpyramidendichte	100
5.3	Gitterangepasste GaNP Schicht	109
5.4	Nukleation auf kostengünstig präparierten Si Oberflächen	115
6	GaAsP Pufferstruktur	125
6.1	Bestimmung des As/P Einbaus in $\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$	125
6.2	Einfluss verschiedener Wachstumsparameter	129
6.2.1	Wachstumstemperatur	129
6.2.2	V/III Verhältnis	136
6.3	Entwicklung der Versetzungsdichte in metamorphen Puffern	138
6.4	Pufferdesign	141
6.4.1	Gradingrate	142
6.4.2	Schrittweite der Fehlanpassung	144
6.5	Vergleich der Durchstoßversetzungsdichte mit Literaturwerten	145
6.6	Einfluss des Substrats (GaP vs. GaP/Si)	147
6.7	Kristallordnung in $\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$	150
6.7.1	$\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$ auf GaP Substrat	151
6.7.2	$\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$ auf GaP/Si Quasisubstrat	157
6.8	Niedertemperatur $\text{GaAs}_y\text{P}_{1-y}$ Pufferstrukturen	160
6.8.1	Relaxation	164
6.8.2	Dotierung	165
6.9	Analyse der Relaxationsmechanismen mittels ECCI	167
6.10	Transparente $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ Pufferstrukturen	174
6.10.1	Optische Transparenz	174
6.10.2	Morphologie	177
6.10.3	Durchstoßversetzungsdichte	177
7	Mehrfachsolarzellen	181
7.1	Design und Herstellung der Si Unterzelle	181
7.2	Herstellungsprozess der GaInP/GaAs/Si Dreifachsolarzelle	186
7.3	Charakterisierung der Solarzellen	187
7.4	Übersicht der hergestellten GaInP/GaAs/Si Dreifachsolarzellen	189
7.5	Erste Generation: Hohe Defektdichten ($\eta = 19,3\%$)	192

7.6	Zweite Generation: Stapelfehlerpyramiden ($\eta = 22,3\%$) . . .	198
7.6.1	Rissbildung – Thermische Ausdehnung	206
7.7	Dritte Generation: AlGaAsP Pufferstrukturen ($\eta = 24,3\%$)	207
7.7.1	<i>S-shape</i> Majoritätenbarriere	213
7.8	Vierte Generation: Majoritätenbarriere ($\eta = 25,9\%$)	223
7.9	Weitere Zelldesigns	226
7.9.1	Texturierung der Si Unterzelle (<i>Random Pyramids</i>) .	226
7.9.2	AlGaAs Mittelzelle	229
8	Zusammenfassung und Ausblick	233
	Literatur	241
	Abbildungsverzeichnis	273
	Tabellenverzeichnis	279
	Abkürzungsverzeichnis	281
	Veröffentlichungen	285
	Danksagung	287