
Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Die Physik der Solarzelle	1
1.2	Die Mehrfachsolarzelle	2
1.3	Aufbau der Arbeit	5
2	EPITAXIE	9
2.1	Metallorganische Gasphasenepitaxie	9
2.1.1	Der Planeten-Reaktor	9
2.1.2	Der Wachstumsprozess	11
2.1.3	Heteroepitaxie	15
2.2	Materialcharakterisierung	16
2.2.1	In-Situ Charakterisierung mittels EpiCurveTT®	16
2.2.2	Untersuchung der Kristallqualität	18
2.2.3	Dotierungsmessung mittels ECV und SIMS	20
2.3	Homogenität der Epitaxie	20
2.3.1	Homogenität der Halbleiterschichten	20
2.3.2	Defekte bei Wachstum auf Germanium	22
2.4	Zusammenfassung der Experimente zur Epitaxie	27
3	SOLARZELLEN MIT EINEM P-N-ÜBERGANG	29
3.1	Aufbau einer Solarzelle	29
3.2	Elektrische Charakterisierung von Solarzellen	30
3.3	Solarzellen aus Galliumarsenid	33
3.3.1	Modellkalibrierung und Optimierungspotential	34
3.3.2	Wahl des Fenstermaterials	37
3.3.3	Dicke und Dotierung des Emitters	43
3.3.4	Dicke und Dotierung der Basis	47
3.3.5	Passivierung der Rückseite	51
3.3.6	Ergebnisse und Anpassung für hohe Konzentrationen	53
3.4	Solarzellen aus Galliumindiumphosphid	55
3.4.1	CuPt _B Ordnungseffekte in GaInP	55
3.4.2	Dicke und Dotierung der Basis und des Emitters	60
3.4.3	Passivierung der Rückseite	61
3.4.4	Wahl des Fenstermaterials	63

3.5	Bewertung von Einfachsolarzellen	65
3.6	GaAs Solarzellen mit Multi-Quantentöpfen	67
3.6.1	Physik des Quantentopfs	67
3.6.2	Herstellung von Multi-Quantentöpfen	69
3.6.3	Solarzellen aus Galliumarsenid mit Multi-Quantentöpfen	73
3.6.4	GaAs Zellen mit Multi-Quantentöpfen unter Konzentration	78
3.7	Zusammenfassung und Ausblick zur Einfachsolarzelle	80
4	TUNNELDIODEN	81
4.1	Physik der Tunneldiode	81
4.1.1	Prinzip des quantenmechanischen Tunnelns	81
4.1.2	Die Interband-Tunnelodiode	83
4.1.3	Theoretische Modelle	84
4.1.4	Die Transfermatrixmethode	89
4.2	Charakterisierung von Tunnelioden	90
4.2.1	Untersuchte Strukturen	90
4.2.2	Charakterisierung von isolierten Tunnelioden	91
4.2.3	Charakterisierung von Solarzellen mit Tunnelioden	94
4.2.4	Charakterisierung unter inhomogener Beleuchtung	99
4.3	Stufen in der Kennlinie	104
4.4	Tunnelioden für hohe Stromdichten	105
4.4.1	Dominanter Tunnelmechanismus	105
4.4.2	Einbau von Defekten	112
4.4.3	Hohe Dotierungen	115
4.4.4	Aluminium-Gallium-Arsenid-Antimonid	121
4.5	Zusammenfassung zur Tunnelodiode	125
5	DIE TRIPELSOLARZELLE	127
5.1	Tripelsolarzellen aus $\text{Ga}_{0.50}\text{In}_{0.50}\text{P}/\text{Ga}_{0.99}\text{In}_{0.01}\text{As}/\text{Ge}$	127
5.1.1	Stromanpassung der Teilzellen	128
5.1.2	Tunnelioden in Tripelsolarzellen	131
5.1.3	Optimierte gitterangepasste Tripelzelle	133
5.2	Metamorphe Tripelsolarzellen	136
5.3	Pufferstrukturen für metamorphes Wachstum	139
5.3.1	Voruntersuchungen zum Pufferkonzept	139
5.3.2	Gestufte $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$ Puffer	140
5.3.3	Abblocken der Versetzungen	145
5.3.4	Erhöhen der Puffertransparenz	148
5.4	Phasenmodulation in $\text{Ga}_{0.83}\text{In}_{0.17}\text{As}$ Teilzellen	149

5.5	Tunneldioden in metamorphen Strukturen	150
5.5.1	Intrinsisch C-dotierte AlGaInAs:C Tunneldiodenschichten	150
5.5.2	Verspannte AlGaAs:C Schichten in Tunneldioden	152
5.5.3	Spannungskompensierte GaInAs/AlGaAs:C Tunneldioden	156
5.5.4	Tunneldioden mit AlGaAsSb	163
5.6	Ergebnisse zur Rekordsolarzelle	164
5.7	Zusammenfassung zur Tripelsolarzelle	167
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	169
7	LITERATURVERZEICHNIS	I
8	ANHANG	XI
8.1	Abkürzungen	xi
8.2	Nomenklatur	xiv
8.3	Naturkonstanten	xvii
8.4	Veröffentlichungen	xix
8.5	Danksagung	xxiii