

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
1.1	MEHRFACHSOLARZELLEN UND METAMORPHE ZELLKONZEPTE	1
1.2	INHALT UND AUFBAU DER ARBEIT	9
2	VERSETZUNGSBILDUNG IN METAMORPHEN SCHICHTSYSTEMEN	11
2.1	VERSETZUNGEN IN III-V-HALBLEITERN	12
2.2	THEORIE DER KRITISCHEN SCHICHTDICKE.....	15
2.3	FADENVERSETZUNGSDICHTE UND OBERFLÄCHENRAUHGKEIT	17
2.4	EINFLUSS VON SUBSTRATFEHLORIENTIERUNG	19
3	HERSTELLUNGS- UND CHARAKTERISIERUNGSMETHODEN	25
3.1	HERSTELLUNG MITTELS METALLORGANISCHER GASPHASENEPITAXIE.....	25
3.1.1	MOVPE-PROZESS	25
3.1.2	WACHSTUMSPROZESS AUF ATOMAREM LEVEL.....	28
3.2	IN-SITU REFLEXIONS- UND KRÜMMUNGSMESSUNG	33
3.3	RASTERKRAFTMIKROSKOPIE.....	36
3.4	DEFEKTDANALYSE.....	38
3.4.1	TRANSMISSIONSELEKTRONENMIKROSKOPIE	38
3.4.2	PHOTOLUMINESZENZ UND KATHODOLUMINESZENZ AN DOPPELHETEROSTRUKTUREN	39
3.4.3	FADENVERSETZUNGEN UND DIE OFFENE KLEMMSPANNUNG EINER SOLARZELLE....	42
3.5	HOCHAUFLÖSENDE RÖNTGENBEUGUNG	46
3.6	HÄRTE- UND ELASTIZITÄTSMODULMESSUNG MITTELS NANOINDENTATION .	52
4	BESTIMMUNG VON HÄRTE UND ELASTIZITÄTSMODUL AN III-V- VERBINDUNGSHALBLEITERN.....	57
4.1	AUSWERTUNG DER MESSDATEN.....	61
4.2	HÄRTE UND ELASTIZITÄTSMODUL VERSCHIEDENER MATERIALSYSTEME	65

4.2.1	SYSTEM $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$	65
4.2.2	SYSTEM $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$	66
4.2.3	SYSTEM $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{As}$	67
4.2.4	SYSTEM $\text{Al}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x)_{0.5}\text{As}$	69
4.3	VERGLEICH DER VERSCHIEDENEN MATERIALSYSTEME.....	70
5	ENTWICKLUNG METAMORPHER PUFFERSTRUKTUREN	75
5.1	AUFBAU DER PUFFERSTRUKTUREN.....	75
5.2	$\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ -PUFFERSTRUKTUREN	79
5.2.1	EINZELSCHICHTSYSTEME MIT KLEINER FEHLANPASSUNG.....	79
5.2.2	ABBRUCH-PUFFERSTRUKTUREN	85
5.2.3	OPTIMIERUNG DER RELAXATION DURCH DIE ÜBERSCHUSSSCHICHT	91
5.2.4	VOLLSTÄNDIGE PUFFERSTRUKTUREN	94
5.3	$\text{Al}_y(\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x)_{1-y}\text{As}$ -PUFFERSTRUKTUREN.....	105
5.3.1	EINZELSCHICHTSYSTEME MIT KLEINER FEHLANPASSUNG.....	105
5.3.2	ABBRUCH-PUFFERSTRUKTUREN	111
5.3.3	OPTIMIERUNG DER RELAXATION DURCH DIE ÜBERSCHUSSSCHICHT	120
5.3.4	WACHSTUMSPARAMETERVARIATIONEN AN VOLLSTÄNDIGEN PUFFERSTRUKTUREN.....	123
5.4	VERGLEICH UND KOMBINATION DER MATERIALSYSTEME $\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x\text{P}$ UND $\text{Al}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{In}_x)_{0.5}\text{As}$	130
5.4.1	VARIATION DER FEHLANPASSUNG PRO PUFFERSCHICHT	130
5.4.2	KOMBINATION DER MATERIALSYSTEME	141
6	SOLARZELLENERGEBNISSE	145
6.1	PROZESSIERUNG.....	145
6.1.1	ZELLEN MIT DECKGLAS FÜR WELTRAUMANWENDUNG.....	146
6.1.2	ZELLEN MIT METALLBOND FÜR TERRESTRISCHE ANWENDUNG	148
6.2	INVERTIERTES WACHSTUM	150
6.3	$\text{Ga}_{0.71}\text{In}_{0.29}\text{As}$ -EINFACHSOLARZELLEN AUF METAMORPHEN PUFFERN.....	155
6.3.1	IV-KENNLINIEN	156
6.3.2	OFFENE KLEMMSPANNUNG V_{oc} ALS MAß FÜR DIE VERSETZUNGSDICHTE	158
6.3.3	QUANTENEFFIZIENZ.....	161
6.4	INVERTIERTE METAMORPHE TRIPELZELLEN.....	165

7	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	169
8	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	173
9	VARIABLENVERZEICHNIS	177
10	LITERATURVERZEICHNIS	183
11	VORTRÄGE UND VERÖFFENTLICHUNGEN	194
12	DANKSAGUNG	199