

Johannes M. Sieß

Herstellung und Charakterisierung von Photodioden auf der Basis von BeMgZnSe

Diplomarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



PHYSIKALISCHES INSTITUT
DER
BAYERISCHEN JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT
WÜRZBURG

EXPERIMENTELLE PHYSIK III / MBE

Diplomarbeit

Herstellung und Charakterisierung
von Photodioden auf der Basis von BeMgZnSe

Johannes Sieß

Würzburg, April 1999

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Verzeichnis der Tabellen.....	V
Einleitung	1
1. Theorie der p-i-n Diode	4
1.1. Halbleiterdiode, Photodiode, oder Photodetektor	5
1.1.1. Quantenwirkungsgrad - Responsivität	5
1.1.2. Die p-i-n Photodiode	10
1.1.3. Anforderungen für Detektor-Bauelemente.....	14
1.2. Materialsysteme	16
1.2.1. Substrate	16
1.2.2. BeTe-Puffer, BeTe-Barriere	17
1.2.3. Aktive Schichten: BeMgZnSe und BeZnSe.....	19
1.2.4. Der Metall-Halbleiter-Übergang	20
2. Experimente.....	21
2.1. MBE - p-i-n - Wachstum	21
2.2. Technologie - Photolithographie.....	23
2.3. Charakterisierung.....	24
2.3.1. Defektätzen.....	25
2.3.2. HR-XRD – Hochauflösende Röntgendiffraktometrie.....	25
2.3.3. Photolumineszenz.....	27
2.3.4. Strom-Spannungs-Kennlinien	29
2.3.5. Ermittlung der Quanteneffizienz.....	31
3. Ergebnisse.....	35
3.1. Detektoren im Sichtbaren	37
3.1.1. CB1001: 64 % Quanteneffizienz.....	37
3.1.2. CB1081.....	40
3.1.3. CB987: ITO statt n-BeMgZnSe	42
3.1.4. Supergitter - Dioden	46
3.1.5. Defekte	51
3.2. Solar Blind Detektoren	52
3.2.1. CB1176: UV-Detektor	52

3.2.2.	CB1105.....	54
3.2.3.	CB1065 und CB1114	56
3.2.4.	Defekte	58
3.3.	Dioden auf Silizium	59
3.3.1.	Strukturelle Qualität	59
3.3.2.	Strom-Spannungs-Kennlinien	60
3.4.	Vergleichende Betrachtungen.....	61
3.4.1.	Quanteneffizienz und Stromdichte.....	61
3.4.2.	Quanteneffizienz und Gitteranpassung	62
3.4.3.	Kommerzielle Si- und GaN-Detektoren.....	63
3.5.	Anwendungen: UV-Bestrahlung.....	65
3.6.	Ausblick	67
	Zusammenfassung	69
	Literaturverzeichnis.....	70

Abbildungsverzeichnis

1.1 Allgemeiner Photodetektionsprozeß einer Photodiode.	8
1.2 Ersatzschaltbild einer Photodiode.	9
1.3 Arbeitsweise einer p-i-n - Photodiode.	11
1.4 Die Quanteneffizienz für verschiedene Halbleiter-Detektormaterialien	15
1.5 Bandstrukturen der Photodetektoren auf GaAs und Si.....	16
1.6 Schematische Darstellung der direkten und indirekten Bandlücken für GaAs und BeTe. 18	
1.7 Bandlücke über Gitterkonstante verschiedener Halbleitermaterialien.	19
2.1 Querschnitt der p-i-n Photodetektoren auf GaAs und auf Si.	22
2.2 Die Struktur der Photodioden	23
2.3 Die Konfiguration des Röntgendiffraktometers	26
2.4 In Photolumineszenz beobachtbare strahlende Übergänge	27
2.5 Vergleich der PL eines Photodetektors mit dessen Quanteneffizienz.....	29
2.6 Lineare und halblogarithmische Darstellung der I-V-Kennlinien der Proben.	30
2.7 Aufbau des Spektrometer-Meßstandes.....	31
2.8 Responsivität der Si-Diode und Strahlungsspektren der Halogen- und Xenonlampe.....	32
2.9 Mit verschiedenen Lampen und Diodenflächen ermittelte Quanteneffizienzen.	34
3.1 CB1001: Photolumineszenz und Quanteneffizienzspektren	38
3.2 Strom-Spannungs-Kennlinien der CB1001.	39
3.3 Gitteranpassung von BeMgZnSe bei der CB1001	39
3.4 CB1081: Photolumineszenz und Quanteneffizienzspektrum.....	40
3.5 Strom-Spannungs-Kennlinie der CB1081	41
3.6 CB1081: Gitteranpassung von BeMgZnSe	42
3.7 Schichtfolge der CB987: ITO statt n-dotiertes BeMgZnSe.....	43
3.8 CB987: Photolumineszenz und Quanteneffizienzspektren.	43
3.9 I-V-Kennlinien der CB987	44
3.10 CB987: Gitteranpassung von BeMgZnSe.....	45
3.11 Supergitter-Diode CB1201: Photolumineszenz und Quanteneffizienzspektrum	47
3.12 Supergitter-Diode CB1193: Photolumineszenz und Quanteneffizienzspektrum	47
3.13 Strom-Spannungs-Kennlinien der Supergitter-Diode CB1201	48
3.14 Strom-Spannungs-Kennlinien der Supergitter-Diode CB1193	49
3.15 CB1193: Gitteranpassung von BeMgZnSe.....	50

3.16	CB1201: Gitteranpassung des BeMgZnSe	50
3.17	CB987 und CB1081: Ätzgrübchendichte (EPD)	51
3.18	CB1001 und CB1201: EPD	51
3.19	Quanteneffizienz und Photolumineszenz der CB1176	52
3.20	Strom-Spannungs-Kurve der CB1176	53
3.21	Gitteranpassung des BeMgZnSe bei dem UV-Detektor CB1176	54
3.22	Quanteneffizienz und Photolumineszenz der CB1105	54
3.23	I-V-Kennlinie der CB1105	55
3.24	Gitteranpassung des BeMgZnSe bei der CB1105	55
3.25	Quanteneffizienzspektren der Proben CB1114 und CB1065	56
3.26	Strom-Spannungs-Kennlinien der CB1114 und CB1065	57
3.27	(004)-Reflexe der CB1114 und CB1065	57
3.28	EPD der CB1114 und CB1176	58
3.29	(004)-Rocking-Kurven der Si-Proben Si59 und Si60	60
3.30	I-V-Kennlinien der Proben Si59 und Si60	60
3.31	Zunahme der Quanteneffizienz in Abhängigkeit von der Dunkelstromdichte	61
3.32	Quanteneffizienz: Abhängigkeit von der Beleuchtungsstromdichte	62
3.33	Quantenwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Gitterfehlpassung	63
3.34	Vergleich der CB1001 mit einer kommerziellen Siliziumdiode	64
3.35	Messungen natürlicher Lichtquellen mit den BeMgZnSe-Detektoren	65
3.36	Verhältnis des Photostroms der CB1001 zum Strom der CB1176: UV-A	66
3.37	Wellenlängenselektiver Detektor und Zweifarbandetektor	68

Verzeichnis der Tabellen

1	Einteilung des UV-Spektrums.....	1
2	Bereiche des UV-Spektrums: UV-A, -B, -C.....	1
1.1	Vergleich der oberen Detektionsgrenze verschiedener Halbleitermaterialien	7
1.2	Absorptionskoeffizienten einiger Stoffe und deren Absorptionslängen.....	14
3.1	Daten aller BeMgZnSe Dioden.....	36
3.2	Si-Dioden: Daten der Rocking-Kurven.....	59
3.3	Vergleich der BeMgZnSe-Detektoren mit einem GaN-Detektor.....	64

Einleitung

Im Mittelalter galt Blässe als Zeichen höheren Standes, in unserer Zeit wird der Teint einer Haut nur dann als gesund empfunden, wenn er dunkel ist. Für die Bräunung der menschlichen Haut ist der UV-Anteil des Spektrums verantwortlich - es wird oft von UV-A- und UV-B-Strahlung gesprochen, welche Auswirkungen außer Sonnenbrand sie aber auf den Menschen hat, und in welchem Spektralbereich sie sich befindet, wird nur selten erwähnt.

Es gibt unterschiedliche Einteilungen des UV-Spektrums, für die physikalische Notation sollte folgende verwendet werden:

nahes UV	NUV	400 - 300 nm
mittleres UV	MUV	300 - 200 nm
fernes UV	FUV	200 - 100 nm
extremes UV	EUV	100 - 10 nm

Tabelle 1 Einteilung des UV-Spektrums, die bei wissenschaftlichen Arbeiten verwendet werden sollte.

Vielfach werden allerdings auch Einteilungen in andere Spektralbereiche verwendet. Diese leiten sich aus den physikalischen Gegebenheiten ab - Wellenlängen unter 250 nm bis 110 nm werden von molekularem Sauerstoff der Atmosphäre absorbiert [20] und können nur im Vakuum ohne Verluste detektiert werden (Vakuum UV) - oder sie stammen von ihrer biologischen Wirkung auf den Menschen (UV-A, UV-B).

Vakuum UV	VUV	200 - 10 nm
tiefes UV (deep UV)	DUV	350 - 190 nm
UV-A		400 - 315 nm
UV-B		315 - 280 nm
UV-C		280 - 100 nm

Tabelle 2 Bereiche des UV-Spektrums, die zusätzlich zu denen aus Tabelle 1 verwendet werden und im allgemeinen Sprachgebrauch (UV-A, -B, -C) bekannt sind.