

# Anhang A

## Abkürzungen und Formelzeichen

Abkürzung	Bedeutung
AES	Auger Elektronen Spektroskopie
CBD	Chemical Bath Deposition
CdS	Cadmium Sulfid
CGS	CuGaSe <sub>2</sub>
CIS	CuInS <sub>2</sub>
Cu+	kupferreiche Präparation
CuGaSe <sub>2</sub>	Kupfer Gallium Diselenid
Cu(In,Ga)S <sub>2</sub>	Kupfer Indium Gallium Disulfid
Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub>	Kupfer Indium Gallium Disulfoselenid
CuInS <sub>2</sub>	Kupfer Indium Disulfid
CuInSe <sub>2</sub>	Kupfer Indium Diselenid
CVD	Chemical Vapour Deposition
CVT	Chemical Vapour Transport
CZH	CuGaSe <sub>2</sub> -ZnSe-Heterostruktur
EDX	Energy Dispersive X-Ray Analysis
Ga+	galliumreiche Präparation
GaAs	Gallium Arsenid
HRXRD	High Resolution X-Ray Diffraction
ICP	Ionisation Chemical
KCN	Kaliumcyanidlösung
MBE	Molecular Beam Epitaxy
MOCVD	Metal Organic Chemical Vapour Deposition
MoSe <sub>2</sub>	Molybdän Diselenid
MOVPE	Metal Organic Vapour Phase Epitaxy
PVD	Physical Vapour Deposition
REM	Raster Elektronen Mikroskop (s.a. SEM)
SCAPS-1D	Solar Cell Capacitance Simulator in one Dimension
SEM	Scanning Electron Microscopy (s.a. REM)
SIMS	Sekundär Ionen Massen Spektrometrie
SNMS	Sekundär Neutralteilchen Massen Spektrometrie

---

Abkürzung	Bedeutung
XRD	X-Ray Diffraction
ZnO	Zink Oxid
ZnSe	Zink Selenid

## Formelzeichen

Es ist die jeweils *gebräuchliche* Einheit angegeben.

Größe	Einheit	Bedeutung
<b>a</b>	1	Kristallachse
<b>A</b>	m <sup>2</sup>	Fläche
<b>B</b>	kg/(As <sup>2</sup> )=T	Magnetischer Flußdichtevektor
<b>B</b>	1/Ω	Blindleitwert (Suszeptanz)
<b>C</b>	F/(m <sup>2</sup> )	Kapazität (meist pro Einheitsfläche)
<b>c</b>	1	Kristallachse, z-Richtung
<b>C<sub>t</sub></b>	F	Kapazitätsbeitrag eines Defekts (meist pro Einheitsfläche)
<b>C<sub>d</sub></b>	F	Kapazität der Verarmungszone eines p-n-Überganges (meist pro Einheitsfläche)
<b>D</b>	cm <sup>2</sup> /s	Diffusionskonstante
<b>d</b>	m	Abstand, Dicke
<b>e</b>	1.6022 · 10 <sup>-19</sup> As	Elementarladung
<b>ε</b>	1	Relative Dielektrizitätszahl
<b>E</b>	V/m	elektrische Feldstärke
<b>ε<sub>0</sub></b>	8.85 · 10 <sup>-12</sup> As/(Vm)	Dielektrizitätskonstante
<b>E<sub>A</sub></b>	eV	Energie des Akzeptors bzgl. Valenzbandes
<b>E<sub>C</sub></b>	eV	Energie an der Leitungsbandkante
<b>E<sub>D</sub></b>	eV	Energie des Donators bzgl. Leitungsbandes
<b>E<sub>F</sub></b>	eV	Energie des Ferminiveaus
<b>E<sub>G</sub></b>	eV	$E_C - E_V$
<b>E<sub>t</sub></b>	eV	Energie eines Defekts bzgl. des nächstgelegenen Bandes
<b>E<sub>V</sub></b>	eV	Energie an der Valenzbandkante
<b>F</b>	N	Kraftvektor
<b>f</b>	Hz	Frequenz
<b>G</b>	1/Ω	Leitwert (Konduktanz)
<b>I</b>	A	Stromstärke
<b>i</b>	$\sqrt{-1}$	Imaginäre Einheit
<b><math>\hat{i}</math></b>	A	Scheitelwert der Stromstärke
<b><math>\bar{i}</math></b>	A	Gleichstromanteil
<b>j</b>	A	Momentanwert der Stromstärke
<b>j</b>	A/m <sup>2</sup>	Stromdichtevektor
<b>j</b>	A/cm <sup>2</sup>	Stromdichte
<b>k</b>	1.38 · 10 <sup>-23</sup> J/K	Boltzmannkonstante
<b>μ</b>	cm <sup>2</sup> /(Vs)	Beweglichkeit
<b>m</b>	kg	Masse
<b>m<sub>0</sub></b>	9.11 · 10 <sup>-31</sup> kg	Elektronenmasse
<b>m<sub>e</sub></b>	kg	effektive Elektronenmasse
<b>m<sub>e</sub><sup>*</sup></b>	m <sub>0</sub>	relative effektive Elektronenmasse

---

Größe	Einheit	Bedeutung
$m_h$	kg	effektive Lochmasse
$m_h^*$	$m_0$	relative effektive Lochmasse
$\mu\text{m}$	$10^{-6}$ m	Mikro Meter
$n$	$\text{cm}^{-3}$	Elektronendichte
$N_A$	$\text{cm}^{-3}$	Akzeptorkonzentration
$N_A^-$	$\text{cm}^{-3}$	Konzentration ionisierter Akzeptoren
$N_C$	$\text{cm}^{-3}$	Effektive Zustandsdichte an der Leitungsbandkante
$N_D$	$\text{cm}^{-3}$	Donatorkonzentration
$N_D^+$	$\text{cm}^{-3}$	Konzentration ionisierter Donatoren
$n_i$	$\text{cm}^{-3}$	intrinsische Elektronendichte
$N_t$	$\text{cm}^{-3}$	Konzentration eines Defekts
$N_V$	$\text{cm}^{-3}$	Effektive Zustandsdichte an der Valenzbandkante
$p$	$\text{cm}^{-3}$	Löcherdichte
$Q$	As	Ladungsmenge
$R$	$\Omega$	Ohmscher Widerstand (Resistanz)
$X$	$\Omega$	Blindwiderstand (Reaktanz)
$Z$	$\Omega$	komplexer Widerstand (Impedanz)
$R_H$	$\text{cm}^3/(\text{As})$	Hall-Koeffizient
$\sigma$	$\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$	spezifische Leitfähigkeit
$t$	h	Stunde
$\theta$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatur
$t$	s	Zeit
$T$	K	absolute Temperatur
$U$	V	Spannung, Potentialdifferenz
$u$	V	Momentanwert der Spannung
$U_D$	V	Driftspannung (an einem p-n-Übergang)
$\hat{u}$	V	Scheitelwert der Spannung
$\mathbf{v}$	m/s	Geschwindigkeitsvektor
$w$	m	Weite der Verarmungszone
$\omega$	$\text{s}^{-1}$	Kreisfrequenz
$Y$	$1/\Omega$	komplexer Leitwert (Admittanz)

---

# Anhang B

## Proben

Bez.	Herst.	Schichtfolge	Analyse	Absorber	Puffer
1	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /ZnSe/ZnO	AES,Adm.	400 nm, Ga+	2min ZnSe
2	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /ZnSe/ZnO	AES,Adm.	400 nm, Cu+	2min ZnSe
3	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /ZnSe/ZnO	Adm.,C(V)	1200 nm, Ga+	2min ZnSe
4	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /ZnSe/ZnO	AES,Adm.,C(V)	1200 nm, Ga+	1min ZnSe
5	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /ZnSe/ZnO	AES	1200 nm, Ga+	4min ZnSe
Ga+	PVD	Mo/CuGaSe <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.,C(V)	Galliumreich	Standard
Cu=Ga	PVD	Mo/CuGaSe <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.,C(V)	quasistöch.	Standard
Cu+	PVD	Mo/CuGaSe <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.,C(V)	Kupferreich	Standard
Puffer	PVD	Mo/CuGaSe <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.,C(V)	quasistöch.	Verunr.
Z40	PVD(SSl)	Mo/Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub> /ZnS/ZnO	Adm.		ZnS, 40°C
Z50	PVD(SSl)	Mo/Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub> /ZnS/ZnO	Adm.		ZnS, 50°C
Z60	PVD(SSl)	Mo/Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub> /ZnS/ZnO	Adm.		ZnS, 60°C
DMSO+S	PVD	Mo/CuInS <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.	Oberflächenbeh.	Standard
DMSO	PVD	Mo/CuInS <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.	Oberflächenbeh.	Standard
SbCl <sub>3</sub>	PVD	Mo/CuInS <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.	Oberflächenbeh.	Standard
Baseline	PVD	Mo/CuInS <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.	Standardzelle	Standard
Dioxan+S	PVD	Mo/CuInS <sub>2</sub> /CdS/ZnO	Adm.	Oberflächenbeh.	Standard
R1	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Cu+ Grad.	—
R2	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Ga+	—
R3	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Au-Kontakt	AES, Hall	Cu+	—
R4	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Au-Kontakt	AES	Cu+	—
PL1	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Cu+ Grad.	—
PL2	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Cu+ Grad.	—
PL3	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Cu+ Grad.	—
PL4	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Cu+ Grad.	—
S1	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Cu=Ga Grad.	—
S2	MOVPE	GaAs/CuGaSe <sub>2</sub> /Mo-Kontakt	Hall	Cu=Ga Grad.	—

Es bedeutet: Adm.: Admittanzmessung, AES: Auger-Spektroskopie, Cu+: kupferreiche Präparation, C(V): Kapazität-Spannungs-Messung, Ga+: galliumreiche Präparation, Grad.: [Cu]/[Ga]-Gradient, Hall: Hall-Messung, Standard: Standard CdS aus CBD