

# Anhang A

## Abkürzungen und Symbole

### A.1 Symbole

Tabelle A.1: Verwendete Symbole und Einheiten

$A, A_1, A_2, A_i$		Diodenfaktor
$A'$		korrigierter Diodenfaktor
$A_R$		Richardson-Konstante
$a$	[m]	Gitterkonstante
$\alpha_U$		Anteil der Gesamtspannung, die über dem p-Bereich abfällt
$\alpha_{CdS}$	[m <sup>-1</sup> ]	Absorptionskoeffizient des CdS
$\alpha_p$	[m <sup>-1</sup> ]	Absorptionskoeffizient
$\beta$		Konstante
$b_m$		Entwicklungskoeffizient der Taylorreihe
$C$		Kapazität, Konstante
$C_x$		Konstante
$c$		Raumrichtung
$\chi$	[J]	Elektronenaffinität
$\Delta\chi$	[J]	$E_{nn} + E_{np}$
$D_n$	[m <sup>2</sup> /s]	Diffusionskonstante der Elektronen
$D_p$	[m <sup>2</sup> /s]	Diffusionskonstante der Löcher
$d$	[m]	Abstand, Dicke
$d_{CdS}$	[m]	Dicke der CdS-Pufferschicht
$E_{00}$	[J]	charakteristische Energie für den Übergang von Tunnelprozessen zu thermischer Aktivierung
$E_A$	[J]	Aktivierungsenergie
$E_{A,i}$	[J]	energetische Lage von akzeptorischen Grenzflächenzuständen
$E_b$	[J]	Barrierrhöhe
$E_0$		inverse Steigung der Kennlinie bei Tunnelprozessen
$E_D$	[J]	energetische Lage des Donatorniveaus
$E_{D,i}$	[J]	energetische Lage von donatorischen Grenzflächenzuständen

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von der vorhergehenden Seite

$E_F$	[J]	Fermienergie
$\Delta E_F$	[J]	Abstand der Fermienergie zur Bandkante
$E_g$	[J]	Energielücke
$\Delta E_g$	[J]	Änderung der Bandlücke
$E_{g,CdS}$	[J]	Bandlücke des CdS
$E_{g,CIS}$	[J]	Bandlücke des CuInS <sub>2</sub>
$E_{g,ZnO}$	[J]	Bandlücke des ZnO
$E_i$	[J]	intrinsisches Energieniveau eines Halbleiters
$E_L$	[J]	energetische Lage des Leitungsbandes
$E_{nn}$	[J]	Bandversatz im Leitungsband zwischen ZnO und CdS
$E_{np}$	[J]	Bandversatz im Leitungsband zwischen CdS und CuInS <sub>2</sub>
$E_{offset}$	[J]	Energiedifferenz im Leitungsband zweier angrenzender Schichten
$E_t$	[J]	energetische Lage einer Störstelle
$E_V$	[J]	energetische Lage des Valenzbandes
$\mathcal{E}$	[V/m]	elektrisches Feld
$\mathcal{E}_{max}$	[V/m]	maximales elektrisches Feld
$\epsilon$	[Vs/Am]	$\epsilon_0 \epsilon_r$
$\epsilon_0$	[Vs/Am]	$8.9 \cdot 10^{-14}$ (Dielektrizitätskonstante)
$\epsilon_r$		Dielektrizitätszahl
$\epsilon_{r,CdS}$		Dielektrizitätszahl des CdS
$\epsilon_{r,CIS}$		Dielektrizitätszahl des CuInS <sub>2</sub>
$\eta$		Wirkungsgrad
$F$	[m <sup>2</sup> ]	Fläche
$F_n$	[J]	Quasiferminiveau der Elektronen
$F_p$	[J]	Quasiferminiveau der Löcher
$f$	[Hz]	Frequenz
$ff$		Füllfaktor
$f_m$		Entwicklungskoeffizient der Taylorreihe, Frequenz, bei der Änderung der Kapazität maximal wird
$G$	[V/A]	Leitwert
$\delta G$	[V/A]	Änderung des Leitwerts
$\Gamma$		Sammlungsfunktion
$\Gamma_{CdS}$		Sammlung im CdS
$\gamma_n, \gamma_p$		Korrekturfaktoren zur Beschreibung von Tunnelprozessen im SRH-Rekombinationsmodell
$h$	[Js]	$6.6 \cdot 10^{-34}$ (Planck Konstante)
$I$	[W/m <sup>2</sup> ]	Intensität
$J, J_1, J_2$	[A/m <sup>2</sup> ]	Stromdichte
$\delta J$	[A/m <sup>2</sup> ]	Änderung der Stromdichte
$J_0, J_{0,i}$	[A/m <sup>2</sup> ]	Sperrsättigungsstromdichte
$J_{00}$	[A/m <sup>2</sup> ]	Konstante
$J_D, J_{D,1}, J_{D,2}$	[A/m <sup>2</sup> ]	Diodenstromdichte
$J_{korr}$	[A/m <sup>2</sup> ]	korrigierte Stromdichte

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von der vorhergehenden Seite

$J_m$	[A/m <sup>2</sup> ]	Stromdichte bei maximaler Leistung
$J_n$	[A/m <sup>2</sup> ]	Elektronenstromdichte
$J_p$	[A/m <sup>2</sup> ]	Löcherstromdichte
$J_{ph}, \hat{J}_{ph,1}, \hat{J}_{ph,2}$	[A/m <sup>2</sup> ]	Photostromdichte
$J_{sc}$	[A/m <sup>2</sup> ]	Kurzschlußstromdichte
$K$		Konstante zur Beschreibung des Absolutwertes der QA
$k$	[J/K]	$1.38 \cdot 10^{-23}$ (Boltzmannkonstante)
$L$	[m]	Diffusionslänge
$L_{eff}$	[m]	effektive Diffusionslänge
$L_n$	[m]	Diffusionslänge der Elektronen
$L_p$	[m]	Diffusionslänge der Löcher
$\lambda$	[m]	Wellenlänge
$\lambda_g^{CdS}$	[m]	Wellenlänge die der Bandlückenenergie von CdS entspricht
$\lambda_g^{CIS}$	[m]	Wellenlänge die der Bandlückenenergie von CuInS <sub>2</sub> entspricht
$\lambda_g^{ZnO}$	[m]	Wellenlänge, die der Bandlückenenergie von ZnO entspricht
$m^*$	[kg]	effektive Masse
$m_0$	[kg]	$9.1 \cdot 10^{-31}$ (Ruhemasse des Elektrons)
$\mu_n$	[m <sup>2</sup> /Vs]	Beweglichkeit der Elektronen
$\mu_p$	[m <sup>2</sup> /Vs]	Beweglichkeit der Löcher
$N_A$	[m <sup>-3</sup> ]	Dichte flacher Akzeptoren
$N_{A,i}$	[m <sup>-2</sup> ]	Dichte der akzeptorischen Grenzflächenzustände
$N_{CdS}$	[m <sup>-3</sup> ]	Dichte flacher Donatoren in der CdS-Schicht
$N_D$	[m <sup>-3</sup> ]	Dichte flacher Donatoren
$N_{D,i}$	[m <sup>-2</sup> ]	Dichte der donatorischen Grenzflächenzustände
$N_i$	[m <sup>-2</sup> ]	Dichte der Grenzflächenzustände
$N_L$	[m <sup>-3</sup> ]	Zustandsdichte im Leitungsband
$N_t$	[m <sup>-3</sup> ]	Störstellendichte
$N_V$	[m <sup>-3</sup> ]	Zustandsdichte im Valenzband
<b>n</b>		Leitungstyp
$n$	[m <sup>-3</sup> ]	Dichte freier Elektronen
$n_1$	[m <sup>-3</sup> ]	Dichte freier Elektronen, wenn Fermi-niveau mit Störstellenniveau identisch ist
$n_i$	[m <sup>-3</sup> ]	intrinsische Ladungsträgerdichte
$n_p$	[m <sup>-3</sup> ]	Elektronendichte im p-Gebiet
$n_{p0}$	[m <sup>-3</sup> ]	Elektronendichte im p-Gebiet im thermischen Gleichgewicht
$P$	[W]	eingestrahlte Lichtleistung
<b>p</b>		Leitungstyp
$p$	[m <sup>-3</sup> ]	Dichte freier Löcher
$p_1$	[m <sup>-3</sup> ]	Dichte freier Löcher, wenn Fermi-niveau mit Störstellenniveau identisch ist

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fortsetzung von der vorhergehenden Seite

$\Phi_b^p$	[V]	Potentialdifferenz zwischen $F_n$ und $E_V$ des Absorbers an der Grenzfläche
$\Phi_p$	[V]	Potentialdifferenz, die über dem Absorber abfällt
$Q_n$	[As/m <sup>2</sup> ]	Flächenladung
$q$	[As]	$1.6 \cdot 10^{-19}$ (Elementarladung)
$r$		Zahl
$\sigma$		Einfangsquerschnitt, Leitfähigkeit
$R$	[m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]	Rekombinationsrate
$R_{CdS}$	[m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]	Rekombinationsrate der im CdS gesammelten Ladungsträger
$R_{max}$	[m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]	maximale Rekombinationsrate
$R_s$	[ $\Omega$ m <sup>2</sup> ]	Serienwiderstand
$R_{sh}$	[ $\Omega$ m <sup>2</sup> ]	Parallelwiderstand
$S$	[m/s]	Rekombinationsgeschwindigkeit an der Grenzfläche
$s$		Steigung der Kennlinie
$T$	[K]	Temperatur
$T_t$		Tunnelwahrscheinlichkeit
$T^*$	[K]	charakteristische Temperatur für die Verteilung von Störstellen in der Bandlücke
$T_s$	[K]	Sulfurisierungstemperatur
$\tau$	[s]	Lebensdauer der Ladungsträger
$\tau_{CdS}$	[s]	Verweildauer eines Ladungsträgers in einer Störstelle in der CdS-Schicht
$\tau_{Diel}$	[s]	charakteristische Lebensdauer für die dielektrische Relaxation
$\tau_n$	[s]	Lebensdauer der Elektronen
$\tau_p$	[s]	Lebensdauer der Löcher
$U$	[V]	Spannung
$\delta U$	[V]	Spannungsabfall
$\delta U_{CdS}$	[V]	Spannungsabfall über dem CdS
$\delta U_n$	[V]	Spannungsabfall im n-Gebiet
$\delta U_p$	[V]	Spannungsabfall im p-Gebiet
$U_d$	[V]	Diffusionsspannung
$U_m$	[V]	Spannung am Punkt maximaler Leistung
$U_{oc}$	[V]	Leerlaufspannung
$\Delta U_{oc}$	[V]	Änderung der Leerlaufspannung
$U_{oc,korr}$	[V]	korrigierte Leerlaufspannung
$v_{dr}$	[m/s]	Driftgeschwindigkeit
$v_{rek}$	[m/s]	Rekombinationsgeschwindigkeit
$v_{th}$	[m/s]	thermische Geschwindigkeit der Ladungsträger
$w$	[m]	Raumladungsweite
$w_n$	[m]	Weite der Raumladungszone im n-Gebiet
$w_p$	[m]	Raumladungsweite im Absorber
$X$		Zahl der Tunnelschritte

Fortsetzung auf der nächsten Seite

---

*Fortsetzung von der vorhergehenden Seite*

---

$x$		Ort, Variable zur Beschreibung des Existenzbereichs einer Phase
$\Delta x$	[m]	Ortsintervall
$y$		Variable zur Beschreibung des Existenzbereichs einer Phase
$\zeta$	[J]	Energiedifferenz von $F_p$ und $E_V$ im Bahngebiet des Absorbers

---

## A.2 Abkürzungen

Tabelle A.2: Verwendete Abkürzungen

---

AM	<u>a</u> ir <u>m</u> ass
CIGS	Cu(In,Ga)S <sub>2</sub>
CIGSSe	Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub>
CIS	CuInS <sub>2</sub>
Dioxan	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
DMSO	Dimethylsulfoxid (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> OS)
EBIC	<u>E</u> lectron <u>B</u> eam <u>I</u> nduced <u>C</u> urrent
i	Zwischengitterplatz
JCPDS	<u>J</u> oint <u>C</u> ommittee on <u>P</u> owder <u>D</u> iffraction <u>S</u> tandards
QA	<u>Q</u> uanten <u>A</u> usbeute
REM	<u>R</u> aster <u>E</u> lektronen <u>M</u> ikroskop
RT	<u>R</u> aum- <u>T</u> emperatur
SIMS	<u>S</u> ekundär <u>I</u> onen <u>M</u> assen <u>S</u> pektroskopie
SNMS	<u>S</u> ecundary <u>N</u> eutral <u>M</u> ass <u>S</u> pectrometry
UPS	<u>U</u> ltraviolett <u>P</u> hotoelectron <u>S</u> pectroscopy
V	Fehlstelle
XPS	<u>X</u> -ray <u>P</u> hotoelectron <u>S</u> pectroscopy
XRD	<u>X</u> - <u>R</u> ay <u>D</u> iffraction

---

