

# **Eindimensionale CMOS Bildsensorik mit integrierter Signalverarbeitung**

Dem Fachbereich Elektrotechnik der  
Gerhard - Mercator - Universität - Gesamthochschule Duisburg  
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Ingenieurwissenschaften

vorgelegte Dissertation  
von

**Dipl.-Ing. Michael Schanz**

aus  
Gelsenkirchen

Datum der Einreichung: 9. Juni 1998

# Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme und an der Gerhard - Mercator - Universität - Gesamthochschule Duisburg entstanden.

Meinen besonderen Dank möchte ich dem Leiter der Abteilung Signalverarbeitung und Systementwurf sowie Leiter des Fachgebietes Mikroelektronische Systeme, Professor Bedrich J. Hosticka, Ph. D. für die Betreuung der Arbeit aussprechen. Professor Hostickas Förderung und Engagement haben außerordentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Herrn Professor Dr. Yiannos Manoli danke ich für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Dem Institutsleiter, Herrn Professor Dr. Günter Zimmer, danke ich für die Möglichkeit, die Arbeit in seinem Institut angefertigt haben zu dürfen.

Den ehemaligen und jetzigen Kollegen, die mich unterstützt und zur Fertigstellung der Arbeit beigetragen haben, möchte ich ebenso danken, insbesondere den Herren Werner Brockherde, Dr. Roland Klinke und Arndt Bußmann.

Weiterhin danke ich der Technologieabteilung unter der Leitung von Professor Dr. Holger Vogt, die die in der Arbeit behandelten Schaltungsentwürfe als Chips gefertigt hat.

Meiner Frau Monika danke ich besonders für Ihr Verständnis und den damit verbundenen Entlastungen im privaten Bereich.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Naturkonstanten</b> .....	<b>VI</b>
<b>Formelzeichen</b> .....	<b>VII</b>
<b>Weitere Indizes</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CMOS-kompatible Photosensoren</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Physikalische Grundlagen</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Parameter von Photosensoren und Photosensorarrays</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3 pn-Photodiode</b> .....	<b>19</b>
2.3.1 Randbedingungen des Modells .....	19
2.3.2 Das Stromquellenmodell.....	20
2.3.3 Spektrale Empfindlichkeit .....	29
2.3.4 Rauschen, Signal-Rausch-Abstand und Dynamikbereich.....	31
2.3.5 Temperaturverhalten .....	34
2.3.6 Zusammenfassung zum Modell der pn-Photodiode .....	35
<b>2.4 Bipolarer Phototransistor</b> .....	<b>36</b>
2.4.1 Unbeleuchteter Fall (Normalbetrieb).....	36
2.4.2 Beleuchteter Fall .....	38
2.4.3 Weitere Eigenschaften .....	41
2.4.4 Zusammenfassung zum Modell des bipolaren Phototransistors .....	42
<b>2.5 Photo-Feldeffekttransistor</b> .....	<b>43</b>
2.5.1 Unbeleuchteter Fall (Normalbetrieb).....	44
2.5.2 Beleuchteter Fall .....	46
2.5.3 Rauschen .....	53
2.5.4 Dynamisches Verhalten .....	54
2.5.5 Fixed-Pattern-Noise .....	56
2.5.6 Temperaturverhalten .....	59
2.5.7 Zusammenfassung zum Photo-MOSFET .....	60

---

<b>3. Ausleseschaltungen für Photosensoren.....</b>	<b>60</b>
<b>3.1 Stromauslese.....</b>	<b>64</b>
3.1.1 Stromverstärker.....	64
3.1.2 Transimpedanzverstärker.....	66
3.1.3 Signal-Rausch-Abstand bei idealer Stromauslese .....	68
<b>3.2 Spannungsauslese .....</b>	<b>69</b>
3.2.1 Spannungsverstärker.....	69
3.2.2 Transkonduktanzverstärker.....	72
3.2.3 Signal-Rausch-Abstand bei idealer Spannungsauslese.....	75
<b>3.3 Spezielle Ausleseschaltungen für den Photo-MOSFET .....</b>	<b>76</b>
3.3.1 Stromverstärker mit Dunkelstromkompensation .....	76
3.3.2 Spannungsauslese mit Lasttransistor .....	77
<b>3.4 Schaltungen zur Signalausgabe.....</b>	<b>82</b>
3.4.1 Beispiel für serielle sukzessive Signalausgabe .....	83
3.4.2 Schnelle Signalausgabe mit getakteter Sourcefolgerlast.....	84
<b>4. Eindimensionale Bildsignalaufnahme und Bildsignaldarstellung .....</b>	<b>86</b>
<b>4.1 Makroskopische Bildsignalaufnahme.....</b>	<b>87</b>
<b>4.2 Mikroskopische Bildsignalaufnahme.....</b>	<b>89</b>
<b>4.3 Verbesserung der Bildsignalaufnahme.....</b>	<b>94</b>
<b>5. Einsatz eindimensionaler Bildsensorik .....</b>	<b>95</b>
<b>5.1 Optoelektronische Systeme zur Vermessung geometrischer Größen .....</b>	<b>96</b>
5.1.1 Triangulation.....	96
5.1.2 Winkelcodierung.....	98
<b>5.2 Weitere Anwendungen .....</b>	<b>100</b>
5.2.1 Inspektion mit eindimensionaler Bildsensorik.....	100
5.2.2 Spektroskopie.....	100
<b>5.3 Beispiel: Programmierbares integriertes Bildsensorysystem .....</b>	<b>102</b>
5.3.1 Chiparchitektur .....	102
5.3.2 Basisoperationen .....	104
5.3.3 Möglichkeiten der Bildvorverarbeitung.....	106
5.3.4 Chipdaten.....	108

---

5.3.5 Systemimplementierung .....	110
<b>5.4 Beispiel: Integriertes Autofokus-Bildsensormsystem .....</b>	<b>111</b>
5.4.1 Benötigtes Auflösungsvermögen .....	111
5.4.2 Meßverfahren, Kamera und Meßsystem .....	113
5.4.3 Bildcodierung.....	116
5.4.4 Meßfehlerwahrscheinlichkeit und Anzahl der Photosensorelemente .....	117
5.4.5 Chipdaten des integrierten Bildsensormsystems.....	119
<b>6. Optische Systeme zur Analyse eindimensionaler zeitlich veränderlicher Bildsignale .....</b>	<b>121</b>
<b>6.1 Optischer Fluß und Verschiebungsvektorfeld .....</b>	<b>122</b>
<b>6.2 Geschwindigkeitsmeßverfahren .....</b>	<b>124</b>
6.2.1 Gradientenverfahren .....	124
6.2.2 Korrelationsverfahren .....	124
6.2.3 Ortsfrequenzfilterverfahren.....	127
<b>6.3 Darstellung von Ortsfrequenzfiltersignalen.....</b>	<b>131</b>
6.3.1 Orts- und Zeitbereich .....	131
6.3.2 Frequenzbereich.....	133
<b>6.4 Beispiel: Integriertes Bildsensormsystem zur Geschwindigkeitsmessung.....</b>	<b>135</b>
6.4.1 Bestimmung der Filtercharakteristik.....	135
6.4.2 Architektur des integrierten Bildsensormsystems.....	141
6.4.3 Meßergebnisse .....	147
<b>7. Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>152</b>
<b>Anhang A Bestimmung der Photostromanteile der pn-Photodiode .....</b>	<b>155</b>
A.1 Die Diffusionsphotoströme der vertikalen pn-Photodiode .....	155
A.2 Die Diffusionsphotoströme der lateralen pn-Photodiode.....	162
A.3 Die Driftphotoströme der vertikalen pn-Photodiode .....	163
A.4 Die Driftphotoströme der lateralen pn-Photodiode.....	168
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>170</b>

# Naturkonstanten

<b>Symbol:</b>	<b>Bezeichnung:</b>	<b>Wert:</b>
$\pi$	Kreiszahl	3,141592653
$\epsilon_0$	elektrische Feldkonstante	$8,854188 \cdot 10^{-12}$ A s/V m
$c$	Vakuumlichtgeschwindigkeit	$2,997924 \cdot 10^8$ m/s
$e = \exp(1)$	Euler'sche Zahl	2,718281828
$h$	Planck'sches Wirkungsquantum	$6,626176 \cdot 10^{-34}$ W s <sup>2</sup>
$k$	Boltzmannkonstante	$1,380662 \cdot 10^{-23}$ W s/K
$K_m$	photometrisches Strahlungsäquivalent	680 lm/W
$q$	Elementarladung	$1,602189 \cdot 10^{-19}$ A s

## Formelzeichen

Symbol:	Bedeutung:	Einheit:
$\alpha$	Absorptionskoeffizient	1/m
$\alpha$	Kippwinkel des eindimensionalen Photosensors bei d. Triangulation	rad
$\beta$	Stromverstärkungsfaktor eines Bipolartransistors	-
$\Delta_{n,2p}$	Fouriertransformierte des Dirac-Impulszug der Länge n mit Abstand 2p	-
$\delta$	Dirac'sche $\delta$ -Distribution (-Impuls)	-
$\delta_{n,2p}$	Dirac-Impulszug der Länge n mit Abstand 2p	-
$\epsilon_r$	relative Permittivität von Silizium	-
$\Phi$	Bezeichnung für Taktphase	-
$\Phi_{gg}$	Leistungsdichtespektrum des Ausgangssignals	1/Hz
$\Phi_{II}$	Rauschleistungsdichtespektrum des Stromes	A <sup>2</sup> /Hz
$\Phi_{ss}$	Leistungsdichtespektrum des Eingangssignals	1/Hz
$\Phi_S$	Oberflächeninversionspotential beim FET	V
$\varphi$	Strahldurchschnittswinkel	rad
$\varphi_{gg}$	Autokorrelationsfunktion des Ausgangssignals	-
$\varphi_{hh}$	deterministische Korrelationsfunktion von h	-
$\varphi_{II}$	Autokorrelationsfunktion des Rauschstromes	-
$\varphi_{ss}$	Autokorrelationsfunktion des Eingangssignals	-
$\gamma$	Triangulationswinkel	rad
$\eta_{ext}$	externer Quantenwirkungsgrad	-
$\eta_{int}$	interner Quantenwirkungsgrad	-
$\eta_{opt}$	optischer Quantenwirkungsgrad	-
$\lambda$	Wellenlänge elektromagnetischer Strahlung	m
$\mu$	Ladungsträgerbeweglichkeit	m <sup>2</sup> /Vs
$\mu_r$	relative Permeabilität	-
$\nu$	Frequenz elektromagnetischer Strahlung	Hz
$\sigma$	Varianz eines Zufallsprozesses	je nach phys. Größe
$\rho$	Abkürzung für $1 + \frac{I_{S,Wanne} + I_{Ph,Wanne}}{I_{S,SB}}$	-
$\Sigma$	Summationsknoten	
$\tau$	zeitliche Verschiebung der Autokorrelation	s

$\tau_L$	Laufzeit des Lichts	s
$\tau_{lat}$	Tiefpaß-Zeitkonstante im lateralen Driftmodell	s
$\tau_n$	Elektronen-Minoritätsladungsträger-Lebensdauer	s
$\tau_p$	Löcher-Minoritätsladungsträger-Lebensdauer	s
$\tau_{Ladung}$	Ladungs-Lebensdauer (allgemein)	s
$\tau_{ver}$	Tiefpaß-Zeitkonstante im vertikalen Driftmodell	s
$\xi$	Ortskoordinate	m
$\omega$	Kreisfrequenz	1/s
A	Fläche allgemein	m <sup>2</sup>
$A_{Diode}$	optisch wirksame Fläche bei der vertikalen pn-Photodiode	m <sup>2</sup>
$A_{lat}$	optisch wirksame Fläche bzgl. der Driftströme bei der lateralen pn-Photodiode	m <sup>2</sup>
$A_i$	Stromverstärkung	-
$A_{nG}$	optisch wirksame Fläche im n-Gebiet der lateralen pn-Photodiode bzgl. der Diffusionsströme	m <sup>2</sup>
$A_{pG}$	optisch wirksame Fläche im p-Gebiet der lateralen pn-Photodiode bzgl. der Diffusionsströme	m <sup>2</sup>
$A_u$	Spannungsverstärkung	-
a	Abstand Objekt zum Meßsystem	m
B	Leuchtdichte	cd/m <sup>2</sup>
B	Abstand Sensor zur optischen Achse	m
b	Basisabstand bei der Triangulation	m
b	Breite des oberen Trapezseite	m
b	wirksame Tiefe der lateralen pn-Photodiode	m
b	Abstand Optische Achse zur Abbildungsmittle	m
$C'_{ox}$	Kapazitätsbelag der Gateoxidschicht beim FET	F/m <sup>2</sup>
$C_{RLZ}$	Sperrschichtkapazität	F
$C_{D,Wanne}$	Sperrschichtkapazität der n-Wanne	F
c	Unschärfekreisdurchmesser	m
D	Diffusionskonstante	m <sup>2</sup> /s
d	Ausdehnung eines Bauelementes (allgemein)	m
$d_{ia}$	Dicke der optisch inaktiven Schicht	m
$d_n$	Ausdehnung des n-Gebietes der pn-Diode	m
$d_{ox}$	Gateoxidschichtdicke des FETs	m
$d_p$	Ausdehnung des p-Gebietes der pn-Diode	m
E	elektrische Feldstärke	V/m
E	Erwartungswertoperator	-
E'	Beleuchtungsstärke	lx
F	Lichtstrom	lm
F	Brennweite	m
F	Faktor im Frequenzbereich für Löcher im Diffusionsmodell	-



$f$	zeitliche Frequenz (allgemein)	1/s
$f$	Faktor im Zeitbereich für Löcher im Diffusionsmodell	1/s
$f_0$	Bandmittenfrequenz im Spektrum	1/s
$f_x$	Ortsfrequenz	1/m
$f_{x0}$	Hauptbandpaßkomponente im Spektrum	1/m
$G_m$	Transkonduktanz	1/ $\Omega$
$g$	Kleinsignal Leitwert	1/ $\Omega$
$g$	Ladungsträgerpaar-Generationsrate	1/m <sup>3</sup> s
$g$	Ausgangssignal eines Photosensorarrays	-
$g$	Ausgangssignal eines Ortsfilters	-
$g'$	Ausgangssignal eines Photosensorarrays nach rect-Multiplikation	-
$g_d$	diskretes Ausgangssignal eines Photosensorarrays	-
$g_{eff}$	wirksame Ladungsträgerpaar-Generationsrate	1/m <sup>3</sup> s
$g_m$	Vorwärtssteilheit eines Transistors	1/ $\Omega$
$H$	Bestrahlungsstärke	W/m <sup>2</sup>
$H$	Fouriertransformierte der Apertur eines Ortsfilters	-
$H_m$	Fouriertransformierte der mikroskopischen Apertur	-
$H_e$	Fouriertransformierte der elementaren Apertur	-
$H_0$	auf die Oberfläche treffende Bestrahlungsstärke	W/m <sup>2</sup>
$H_R$	dem Rauschsignal äquivalente Bestrahlungsstärke	W/m <sup>2</sup>
$h$	Höhe der lateralen pn-Photodiode	m
$h$	Aperturfunktion eines Ortsfilters	-
$h_d$	diskrete Impulsantwort eines Photosensorarrays	-
$h_e$	elementare Apertur	-
$h_m$	mikroskopische Apertur eines Sensorelementes	-
Heav	Heavyside'sche Einheitssprungfunktion	-
$I$	Strom (allgemein)	A
$I'$	Lichtstärke	cd
$I_+$	positiv gewichteter Signalstrom	A
$I_-$	negativ gewichteter Signalstrom	A
$I_C$	Verschiebungsstrom der Sperrschichtkapazität	A
$I_c$	Charakteristischer Strom der schwachen Inversion	A
$I_D$	Drainstrom des FETs	A
$I_{D0}$	Dunkelstromanteil des Photo-MOSFETs	A
$I_{D,Ph}$	Photostromanteil des Photo-MOSFETs	A
$I_{empf}$	Strom zur Empfindlichkeitssteuerung der Ausleseschaltung	A
$I_{dunkel}$	Dunkelstrom des FETs	A
$I_{MOS}$	Strom im Kanal eines MOSFETs	A
$I_{offset}$	Strom zur Offsetsteuerung der Ausleseschaltung	A
$I_{ort}$	örtlich verteilter Momentanwert des Stroms	A
$I_{ph}$	photoinduzierter Strom (allgemein)	A

$I_R$	Rauschstrom (allgemein)	A
$I_S$	Sperrstrom	A
$I_{\text{Signal}}$	Signalstrom eines Photosensorelementes	A
$i$	Laufindex	-
$i$	Kleinsignal Strom	A
$J$	Strahlungsintensität	W/sterad.
$j$	Laufindex	-
$K$	Augenempfindlichkeitsfunktion	lm/W
$K$	Kontrastwert	-
$K_{R,Mod}$	Rauschkonstante für das Modulationsrauschen	A
$k$	Objektivblendenzahl	-
$k_s$	Substrateffektkonstante des FETs	$\sqrt{V}$
$k_{Temp}$	Konstante für linearen Temperaturanstieg der Schwellenspannung	V/K
$L$	Minoritätsladungsträger Diffusionslänge	m
$L$	Gatelänge des FETs	m
$L_{eff}$	effektive Gatelänge des FETs	m
$L_K$	Länge der Drain- und Sourcekontaktfläche des FETs	m
$l_{dn}$	Ortskoordinate der abschnittsweise definierten Elektronen-Driftgeschwindigkeiten	m
$l_{dp}$	Ortskoordinate der abschnittsweise definierten Löcher-Driftgeschwindigkeiten	m
$l_n$	Ausdehnung der RLZ im n-Gebiet der pn-Diode	m
$l_p$	Ausdehnung der RLZ im p-Gebiet der pn-Diode	m
$l_p$	Ausdehnung der RLZ im p-Substrat	m
$M$	optischer Abbildungsmaßstab	-
$m$	Laufindex	-
$n$	Laufindex	-
$n$	optischer Brechungsindex	-
$n$	Slope-Faktor der schwachen Inversion	-
$N$	Anzahl der Photosensorelemente	-
$N$	Anzahl der elementaren Aperturen	-
$N$	Photonenflußdichte	$1/m^2s$
$N_A$	Akzeptor-Ladungsträgerkonzentration (hier im Bereich der Störstellenerschöpfung, $T=300K$ , stets komplett ionisiert)	$1/m^3$
$N_D$	Elektronen-Ladungsträgerkonzentration (hier im Bereich der Störstellenerschöpfung, $T=300K$ , stets komplett ionisiert)	$1/m^3$
$n$	Laufindex	-
$n_i$	Eigenleitungs-Ladungsträgerkonzentration	$1/m^3$
$n_p$	n-Minoritätsladungsträgerkonzentration im p-Gebiet der pn-Diode	$1/m^3$
$n_{p0}$	n-Minoritätsladungsträgerkonzentration im p-Gebiet der pn-Diode, unendlich weit von der RLZ entfernt	$1/m^3$
$P$	Objektpunkt	-

P	Strahlungsleistung	W
p	Mittenabstand der Photosensorelemente (Pitch)	m
$p_{\text{interf}}$	Mittenabstand der Interferenzstreifen	m
ph+	positives Phasensignal	-
ph-	negatives Phasensignal	-
Pr	Wahrscheinlichkeitswert (Propability Function)	-
Q	Ladung (allgemein)	As
$\mathfrak{R}$	Auf den Signalstrom bezogene Empfindlichkeit eines Photodetektors	1/V
R	optischer Reflexionsfaktor	-
R'	Strahlungsdichte	W/sterad. m <sup>2</sup>
$R_{\text{äq}}$	äquivalenter Rauschwiderstand	$\Omega$
r	kleinsignalmäßiger Widerstand	$\Omega$
$s=\sigma+j\omega$	unabhängig veränderliche Variable im Bildbereich der Laplacetransformation	Hz
s	Eingangssignal (allgemein)	-
s'	durch mikroskopische Apertur gefiltertes Eingangssignal	-
$s_0$	normiertes Eingangs-Rechtecksignal	-
$s_{\text{approx}}$	approximiertes Signal aus einzelnen Rechtecksignalen	-
$s_d$	diskretes (abgetastetes) Eingangssignal	-
$s_m$	über y gemitteltes Eingangssignal	-
T	Temperatur (allgemein)	K
T	Transistor (allgemein)	-
t	Zeitvariable (allgemein)	s
$t_{\text{ab}}$	Abklingzeit	s
$t_{\text{an}}$	Anstiegszeit	s
$t_{\text{mess}}$	Messzeit	s
$t_s$	Speicherzeit	s
$t_v$	Verzögerungszeit	s
U	Spannung (allgemein)	V
$U_D$	Diffusionsspannung einer pn-Photodiode	V
$U_{DD}$	Positive Versorgungsspannung	V
$U_{\text{Diode}}$	Sperrschichtspannung	V
$U_{DS}$	Drain-Source-Spannung des FETs	V
$U_{GS}$	Gate-Source-Spannung des FETs	V
$U_{GS0}$	Arbeitspunkt der Gate-Source-Spannung am FET	V
$U_R$	Rauschspannung (allgemein)	V
$U_S$	Sourcespannung am FET	V
$U_{SB}$	Source-Bulk (Wannen)-Spannung beim FET	V
$U_{SS}$	negative Versorgungsspannung	V
$U_{\text{Temp}}$	Temperaturspannung	V

---

$U_T$	Schwellenspannung eines FET	V
$U_{T0}$	Schwellenspannung eines FET ohne Substratvorspannung	V
$U_{Wanne}$	Wannenspannung des FET	V
$u$	Kleinsignal Spannung	V
$v$	Ladungsträger-Driftgeschwindigkeit	m/s
$v$	Geschwindigkeit (allgemein)	m/s
$\dot{v}$	Geschwindigkeitsvektorfeld	m/s
$v_B$	Bewegungsgeschwindigkeit über das Photosensorarray	m/s
$v_x$	effektive Geschwindigkeit in x-Richtung	m/s
$V$	relative Augenempfindlichkeitsfunktion	-
$W$	Gateweite des FET	m
$W$	Anzahl der Abtastwerte	-
$W_F$	Fermienergie	Ws
$W_L$	Leitungsbandenergie	Ws
$W_{gap}$	Bandlückenenergie eines Halbleiters	Ws
$W_{ph}$	Photonenenergie	Ws
$W_V$	Valenzbandenergie	Ws
$w$	Ausdehnung der Raumladungszone	m
$w_n$	Ausdehnung des feldfreien Gebiets im n-Gebiet der RLZ der pn-Diode	m
$w_p$	Ausdehnung des feldfreien Gebiets im p-Gebiet der RLZ der pn-Diode	m
$x$	Ortskoordinate (allgemein)	m
$x_0$	betrachtete Ortskoordinate	m
$x_B$	Verschiebung der Beleuchtungsfunktion	m
$y$	Ortskoordinate (allgemein)	m
$Z_m$	Transimpedanz	$\Omega$
$Z_{Last}$	Lastimpedanz	$\Omega$
$z$	Ortskoordinate (allgemein)	m
$z$	Distanzzone	-

## Weitere Indizes

<b>Index:</b>	<b>Bedeutung:</b>
3dB	3dB-Grenzfrequenz-Eckwert
$\Delta t$	innerhalb von $\Delta t$
AP	arbeitspunktabhängig
aus	ausgangsbezogen
B	Basis
B	Bulk
B'	innerer Basisknoten
b	Basis, Kleinsignal
b	Bulk, Kleinsignal
b'	innerer Basisknoten, Kleinsignal
bip	auf den bipolaren Phototransistor bezogen
D	Drain
Diode	auf eine Diode als Photosensorelement bezogen
d	diskretisiert
d	Drain, Kleinsignal
diff	Diffusionsanteil
drif	Driftanteil
dunkel	Dunkelanteil
E	Emitter
e	Emitter, Kleinsignal
ein	eingangsbezogen
FET	auf den Photo-FET bezogen
FPN	bezüglich Fixed-Pattern-Noise
G	Gate
g	Gate, Kleinsignal
ges	gesamt
gen	Generation
K	Kollektor
k	Kollektor, Kleinsignal
OF	Oberflächeneinwirkung
ort	ortsbezogen
Last	als Lastelement
lat	auf die laterale pn-Photodiode bezogen
m	Mittelwert

---

max	Maximalwert
min	Minimalwert
mittel	Mittelwert
Mod	Modulation
n	auf Elektronen bezogen
nG	im n-Gebiet
opt	optisch
Ph	Photostromanteil
p	auf Löcher bezogen
pG	im p-Gebiet
pn	auf die pn-Photodiode bezogen
R	Rauschwert
RLZ	in der Raumladungszone
$\mathfrak{R}$	bezüglich der Empfindlichkeit
ref	Referenzwert
S	Source
SF	Sourcefolger
s	Source, Kleinsignal
sat	Sättigungswert
soll	Sollwert
therm	thermisch
ver	auf die vertikale pn-Photodiode bezogen
Verst	Verstärker
Wanne	auf die Wanne des Photo-MOSFET bezogen

## Abkürzungen

### Abkürzung:

A/D  
 AP  
 ASIC  
 BiCMOS  
 CCD  
 CISC  
 CMOS  
 CNN  
 D-FF  
 DoG  
 DR  
 ESB  
 FET  
 FhG  
 FPN  
 LCA  
 LED  
 LIGA  
 LSM  
 LZI  
 IC  
 IMS  
  
 I/O  
 MOS  
 MOSFET  
 MTF  
 NEP  
 NMOS  
 NIMOS  
 OP  
 PC  
 pin  
 pn  
 pnp

### Bedeutung:

Analog / Digital  
 Arbeitspunkt  
 Application Specific IC  
 Bipolar / CMOS  
 Charge Coupled Device  
 Complex Instruction Set Computer  
 Complementary MOS  
 Cellular Neural Network  
 Delay-Flip-Flop  
 Difference of Gaussians  
 Dynamic Range  
 Ersatzschaltbild  
 Feldeffekttransistor  
 Fraunhofer-Gesellschaft  
 Fixed Pattern Noise  
 Logic Cell Array  
 Light Emmiting Diode  
 Lithography, Galvanoforming  
 Laser Scan Microscope  
 Linear Zeitinvariant  
 Integrated Circuit  
 Institut für Mikroelektronische Schaltungen  
 und Systeme  
 Input / Output  
 Metal Oxide Semiconductor  
 MOS-Feldeffekttransistor  
 Modulation Transfer Function  
 Noise Equivalent Power  
 n-doped MOS  
 no-implanted MOS  
 Operationsverstärker  
 Personal Computer  
 p-Schicht, Isolatorschicht, n-Schicht  
 p-Schicht, n-Schicht  
 p-Schicht, n-Schicht, p-Schicht

PSF	Point Spread Function
PMOS	p-doped MOS
PROM	Programmable ROM
RC	Resistor-Capacitor
RLZ	Raumladungszone
ROM	Read Only Memory
SNR	Signal to Noise Ratio
SOI	Silicon on Insulator
ÜTF	Übertragungsfunktion
VLSI	Very Large Scale Integration