

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Wissenschaftliche Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	3
2	Optische Grundlagen der Photosensorik	5
2.1	Radiometrische und photometrische Größen	5
2.2	Die Abbildung über einstufige optische Systeme	10
2.3	Das Auflösungsvermögen optischer Sensorsysteme	13
2.3.1	Kontrast und Modulation	13
2.3.2	Die Modulationsübertragungsfunktion (MTF)	14
2.3.3	Die MTF einer Linse	14
2.3.4	Die geometrische MTF und die Abtastung von Bildsignalen	15
3	Bauelemente der CMOS-Photosensorik	18
3.1	MOS Feldeffekt-Transistoren	18
3.1.1	Der MOS-Transistor in starker Inversion	19
3.1.2	Der MOS-Transistor in schwacher Inversion	20
3.1.3	Das Kleinsignalverhalten des MOS-Transistors	21
3.1.4	Matching-Eigenschaften von MOS-Transistoren	22
3.2	Lichtempfindliche Bauelemente im CMOS-Prozeß	26
3.2.1	Übersicht	26

3.2.2	Strahlungsabsorption im Halbleiter	29
3.2.3	Charakterisierung und Wirkungsweise von pn-Photodioden	33
3.3	Rauschen in CMOS-Photosensoren	36
3.3.1	Beschreibung von Rauschen im Zeit- bzw. Frequenzbereich	36
3.3.2	Schrotrauschen	39
3.3.3	Photonenrauschen	41
3.3.4	Thermisches Rauschen	44
3.3.5	1/f-Rauschen	45
3.3.6	Rauschmodell für die Photodiode	47
3.3.7	Rauschmodell für den MOS-Feldeffekttransistor	48
3.3.8	Rauschmodell für den Operationsverstärker	51
4	Zweidimensionale CMOS-Bildsensorik	52
4.1	Architektur eines 2D-CMOS-Bildsensors	52
4.2	Übersicht möglicher Ausleseverfahren für CMOS-Photodioden	54
4.3	Integrierender Photosensor mit Spannungsauslese	56
4.3.1	Rauschverhalten	57
4.3.2	Dynamisches Verhalten	62
4.4	Integrierender Photosensor mit Ladungsauslese	63
4.4.1	Rauschverhalten	64
4.4.2	Dynamisches Verhalten	71
4.5	Photosensor mit logarithmischer Auslese	71
4.5.1	Statisches Übertragungsverhalten	72
4.5.2	Dynamisches Verhalten	74
4.5.3	Rauschverhalten	76
4.6	Diskussion der Ergebnisse	79

5	Realisierungsbeispiele für 2D-CMOS-Bildsensoren	83
5.1	CMOS-Kamera mit hohem Dynamikbereich und hexagonaler Bildabtastung	86
5.1.1	Motivation	86
5.1.2	Aufbau einer Sensorzelle	86
5.1.3	Statisches Übertragungsverhalten	88
5.1.4	Frequenzverhalten	90
5.1.5	Rauschverhalten	93
5.1.6	Matching-Verhalten	97
5.1.7	Aufbau des Gesamtsystems	98
5.2	CMOS-Kamera mit lokaler Helligkeitsadaptation	99
5.2.1	Motivation	99
5.2.2	Mathematische Formulierung einer lokaladaptiven Signalverarbeitung	101
5.2.3	Schaltungstechnische Realisierung einer lokalen Helligkeitsadaptation – grundlegendes Konzept	104
5.2.4	Analyse eindimensionaler resistiver Netzwerke	106
5.2.5	Analyse eindimensionaler translinearer Netzwerke	108
5.2.6	Analyse zweidimensionaler translinearer Netzwerke	111
5.2.7	Schaltungstechnische Realisierung einer lokalen Helligkeitsadaptation	116
5.2.8	Simulationsergebnisse	119
5.2.9	Aufbau des Gesamtsystems	121
6	Zusammenfassung	122
A	Der MOS-Transistor in schwacher Inversion	125
B	Quantenwirkungsgrad der vertikalen pn-Photodiode	132