

Integrierte Ansteuerschaltungen für mikromechanische
Flächenlichtmodulatoren

Vom Fachbereich Elektrotechnik
der Gerhard-Mercator-Universität-Gesamthochschule Duisburg
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

von

Kay-Uwe Kirstein
aus
Bielefeld

Referent: Prof. Dr. H.-L. Fiedler
Koreferent: Prof. B. J. Hosticka, PhD.
Tag der mündlichen Prüfung: 13.12.2001

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Dresden.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Horst-Lothar Fiedler für die Betreuung dieser Arbeit.

Danken möchte ich auch allen Kolleginnen und Kollegen des Instituts, insbesondere Herrn Reinhard Kauert für die zahlreichen fachlichen Diskussionen.

Dieses Forschungsthema deckt viele Bereiche von der Schaltungstechnik über die CMOS- und Mikromechanik-Technologie bis hin zur Optik ab. Entsprechend vielen Kollegen bin ich zu besonderem Dank verpflichtet. Stellvertretend seien hier Herr Dr. Peter Dürr, Herr Dr. Andreas Gehner, Herr Wolfgang Doleschal und Herr Alexander Wolter für die Unterstützung bei der Integration der Spiegeltechnologien und Herr Dr. Arnd Hürnich sowie Frau Nadja Griesbach für die erfolgreiche Zusammenarbeit bei der Weiterentwicklung der Hochvolt-Technologie genannt.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitarbeitern des Institutsreinraumes, die durch ihre sorgfältige Arbeit wesentlich zur Realisierung der entwickelten Mikrosysteme beigetragen haben.

Nicht zuletzt danke ich meiner Frau für ihre Liebe und Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Systemaufbau eines Flächenlichtmodulators	3
2.1	Anwendungen für Flächenlichtmodulatoren	3
2.1.1	Displaytechnologie	3
2.1.2	Belichtungssysteme	3
2.1.3	Adaptive Optiken	4
2.2	Anforderungen an die Ansteuerung	5
2.3	Ansteuerung mikromechanischer Aktoren	7
2.4	Vergleich von Matrixansteuerkonzepten	9
2.4.1	Passive Matrixansteuerung	10
2.4.2	Aktive Matrixansteuerung	14
3	Analogbetrieb dynamischer Speicherzellen	19
3.1	Taktdurchgriff	19
3.2	Kompensation des Taktdurchgriffes	24
3.3	Streuung der Ansteuerspannung	27
3.3.1	Signallaufzeiten	27
3.3.2	Fehlkompensation	29
4	Lichtempfindlichkeit des Lichtmodulators	35
4.1	Der Photoeffekt im Halbleiter	35
4.2	pn-Übergänge in der CMOS-Technologie	41
4.3	Abschätzung lichtinduzierter Leckströme	44
4.4	Maßnahmen zur Verringerung der Lichtempfindlichkeit	52
5	Die Technologie des Lichtmodulators	55
5.1	Anforderungen an die Technologie	55
5.2	Prinzipieller Aufbau der Technologie	56
5.3	Der Hochvolt-CMOS Prozess	57
5.4	Maßnahmen zur Verbesserung der Planarität	59
5.5	Die Mikrospiegel Technologien	70
5.5.1	Viscoelastic-Control-Layer (VCL)	70
5.5.2	Cantilever-Beam-Mirrors (CBM)	73
5.5.3	Moving-Liquid-Mirror (MLM)	76

6 Die Schaltungstechnik des Lichtmodulators	81
6.1 Realisierung der aktiven Adressierung	81
6.1.1 Die Spaltentreiber und das Dateninterface	82
6.1.2 Die Zeilenadressierung	84
6.1.3 Die Steuereinheit	85
6.2 Bestimmung der maximalen Adressiergeschwindigkeit	86
6.3 Abschätzung der Adressiergenauigkeit	93
6.4 Messergebnisse	102
7 Zusammenfassung und Ausblick	111
A Herstellungsprozesse der Lichtmodulatoren	115
A.1 Die Hochvolt-CMOS Technologie	115
A.2 Die Spiegeltechnologien	117
A.2.1 Fertigungsablauf der VCL-Technologie	117
A.2.2 Fertigungsablauf der CBM-Technologie	118
A.2.3 Fertigungsablauf der MLM-Technologie	119
A.3 Entwickelte Algorithmen	119
A.3.1 Der Algorithmus zur Erzeugung von Füllstrukturen	119
A.3.2 Der Algorithmus zur Bestimmung des lokalen Füllgrades	125
B Die realisierten Flächenlichtmodulatoren	127
B.1 Technische Daten der realisierten Lichtmodulatoren	127
B.2 Layouts der Pixelzellen	130
C Definitionen optischer Kennwerte	133
D Abkürzungsverzeichnis	134
E Symbolverzeichnis	135
F Abbildungsverzeichnis	138
G Tabellenverzeichnis	140
Literatur	141