

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	v
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Forschung	3
1.2 Ziele der Arbeit	6
1.3 Aufbau der Arbeit	8
2 Theoretische Grundlagen der Wellenausbreitung auf Leitungen	9
2.1 Signalausbreitung auf nichtleitenden Substraten	10
2.2 Elektromagnetisches Verhalten verlustbehafteter Substrate	13
2.2.1 Fundamentale Ausbreitungsmoden	14
2.2.2 Mathematische Beschreibung des Feldproblems	17
2.3 Netzwerktheoretische Betrachtungsweise	19
2.3.1 Widerstände	22
2.3.2 Leitwerte	22
2.3.3 Induktivitäten	23
2.3.4 Partielle Induktivitäten	23
2.3.5 Kapazitäten	24
2.3.6 Dreileitersystem	25
3 Entwurf eines Leitungstestchips	31
3.1 Teststrukturen	31
3.2 Fertigungstoleranzen	38

3.3	Füllstrukturen	41
3.4	Vergleich von Halbleitersubstraten	43
4	Meßtechnik	45
4.1	Streuparameter-Definition	46
4.2	Meßaufbau	48
4.2.1	Wafer-Prober	49
4.2.2	Mikrowellenprüfspitzen	50
4.2.3	Oberflächenbehandlung	52
4.2.4	Elektrische Qualität und Gütekriterien der Kontaktierung	54
4.2.5	Netzwerkanalyse	55
4.3	Kalibrierverfahren	61
4.3.1	SOLT-Kalibrierverfahren	63
4.3.2	TRL-Kalibrierverfahren	63
4.3.3	Multiline-TRL-Kalibrierverfahren	64
4.4	Meßverfahren für Leitersysteme auf halbleitenden Substraten	65
4.4.1	Erweiterte Kalibrierungsvergleichsmethode	65
4.4.2	Zwilling-Referenzleitung-Verfahren	66
5	Einfluß der Positionierung von Rückleitern im Frequenzbereich	69
5.1	Signalausbreitung auf leitenden Substraten	69
5.1.1	Skin-Effekt	69
5.1.2	Proximity-Effekt	70
5.1.3	Querverluste im Substrat	71
5.2	Extraktion der Leitungsparameter	72
5.3	Ergebnisse für Einzelleitungen	75
5.3.1	Experimentelle Verifikation der Ergebnisse für Einzelleitungen	84
5.3.2	Einfluß der Substratleitfähigkeit	95
5.3.3	Vergleich zwischen geerdeten und isolierten Substraten	105
5.4	Ergebnisse für gekoppelte Leitersysteme	112

5.4.1	Numerische Verifikation der Ergebnisse für gekoppelte Zweileitersysteme	117
5.4.2	Experimentelle Verifikation der Ergebnisse für gekoppelte Zweileitersysteme	121
5.5	Elektrodynamische Potentiale in Spezialfällen	126
6	Auswirkung der Positionierung von Rückleitern im Zeitbereich	131
6.1	Zusammenhang zwischen Zeit- und Frequenzbereich	134
6.2	Übertragungseigenschaften von Bussystemen im Zeitbereich	136
6.2.1	Auswirkung der Substratleitfähigkeit	142
6.2.2	Auswirkung isolierter Substrate	146
7	Zusammenfassung	151
	Literaturverzeichnis	155
	Anhang	163
A	Numerische Feldberechnung	163
A.1	Momenten-Methode	163
A.2	Methode des gewichteten Residuums	165
A.3	Integraler Ansatz	165
A.3.1	Zweiter Greenscher Satz	168
A.3.2	Boundary-Elemente-Methode	168
A.3.3	PEEC-Methode	171
A.4	Differentieller Ansatz	172
A.4.1	Erster Greenscher Satz	172
A.4.2	Finite-Elemente-Methode	173
	Wissenschaftlicher Werdegang	175