



Uwe Arz (Autor)

**Breitbandige On-Wafer-Meßverfahren zur  
Bestimmung des elektrodynamischen Verhaltens  
planarer Leitungssysteme in der Mikroelektronik**

Uwe Arz

---

Breitbandige On-Wafer-Meßverfahren zur  
Bestimmung des elektrodynamischen Verhaltens  
planarer Leitungssysteme in der Mikroelektronik

---



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/3713>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> . . . . .	xiii
<b>1 Einleitung</b> . . . . .	1
1.1 Stand der Forschung . . . . .	3
1.2 Ziel der Arbeit . . . . .	6
<b>2 Praktische Aspekte der Meßtechnik</b> . . . . .	9
2.1 Überblick Gerätetechnik . . . . .	10
2.1.1 Frequenzbereichsverfahren . . . . .	10
2.1.2 Zeitbereichsverfahren . . . . .	15
2.1.3 Vergleich Zeit- und Frequenzbereichsmeßverfahren . . . . .	16
2.2 Verwendeter Meßaufbau . . . . .	17
2.3 Teststrukturen . . . . .	24
<b>3 Theoretische Grundlagen</b> . . . . .	31
3.1 Signalausbreitung auf leitenden Substraten . . . . .	31
3.2 Streuparameter-Definition bei komplexen Bezugswellenwiderständen . . . . .	36
3.2.1 Normalisierung der Feldgrößen . . . . .	37
3.2.2 Netzwerkbeschreibung von Wellenleitern . . . . .	40
3.3 Kalibrierverfahren . . . . .	44
3.3.1 Konventionelle On-Wafer-Kalibrierung . . . . .	45
3.3.2 Das Multiline-TRL-Verfahren . . . . .	49

---

3.3.3	Die Kalibrierungsvergleichsmethode . . . . .	50
3.4	Mehrleitersysteme . . . . .	55
<b>4</b>	<b>Meßverfahren für Einzelleitungen . . . . .</b>	<b>61</b>
4.1	Verfahren für nichtleitende Substrate . . . . .	61
4.2	Die konventionelle Methode für leitende Substrate . . . . .	62
4.3	Das Zwillings-Referenzleitungsverfahren . . . . .	64
4.4	Die erweiterte Kalibrierungsvergleichsmethode . . . . .	65
<b>5</b>	<b>Experimentelle Ergebnisse für Einzelleitungen . . . . .</b>	<b>71</b>
5.1	Ergebnisse für nichtleitende Substrate . . . . .	71
5.2	Ergebnisse für halbleitende Substrate . . . . .	73
5.2.1	Numerische Validierung . . . . .	73
5.2.2	Typische Ergebnisse verschiedener Verfahren bei hoher Substratleitfähigkeit . . . . .	75
5.2.3	Einfluß der Substratleitfähigkeit und der Leiterbreite . . . . .	78
5.3	Ergebnisse für aktuelle 0.25- $\mu$ m-CMOS-Technologien . . . . .	85
<b>6</b>	<b>Meßverfahren für gekoppelte Zweileitersysteme auf halbleitenden Substraten . . . . .</b>	<b>91</b>
6.1	4-Tor-Kalibrierung . . . . .	91
6.2	Extraktion der Leitungsbeläge . . . . .	94
6.3	Experimentelle Ergebnisse . . . . .	98
6.4	Ergebnisse für Teststrukturen mit einer Metallisierungslage . . . . .	98
6.5	Ergebnisse für asymmetrische Zweileitersysteme in CMOS- Technologie . . . . .	101
6.5.1	Untersuchungen zur Leistungs-Orthogonalität der beiden Fundamentalmoden . . . . .	104
6.5.2	Einfluß der Metallisierungslage . . . . .	107
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>111</b>

<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	114
<b>Anhang</b>	123
<b>A Leistungswellen und klassische Definition der S-Parameter</b> . . . . .	125
<b>B Der Gauß-Markov-Schätzer</b> . . . . .	127
<b>C Zur Schätzung von <math>\gamma</math> beim Multiline-TRL-Verfahren</b> . . . . .	129
<b>Lebenslauf</b> . . . . .	133