

5 Realisierung einer neuen Gleichstrommesstechnik

Mit der in Kap. 2.3.2 vorgestellten Gleichstrommessung konnten bisher keine befriedigenden Messergebnisse erzielt werden [Wehner 2000]. Dieses Kapitel stellt eine alternative, leistungsfähige Gleichstrommesstechnik vor, die es ermöglicht, deutlich kleinere Ströme zu untersuchen. Diese Messtechnik basiert auf der in Kap. 2.2 vorgestellten Strommessung im Nicht-Kontaktmodus mit konstantem Abstand.

5.1 Grundlagen und Messaufbau

Zur Messung von Gleichströmen wird eine auf der Wechselstrommessung basierende Strommesstechnik angewendet. Hierzu überlagert man die Versorgungsspannung U_V mit einem Wechselnungssignal U_{\sim} von maximal 20% von U_V . Dieser Wert entspricht den Spezifikationen für die Versorgungsspannung der meisten handelsüblichen integrierten Schaltungen. Die Versorgungsspannung der Probe U_P folgt somit zu

$$U_P = U_V + U_{\sim}(\omega). \quad (5.1)$$

Das Prinzip dieser Gleichstrommessung ist in Bild 5.1 dargestellt.

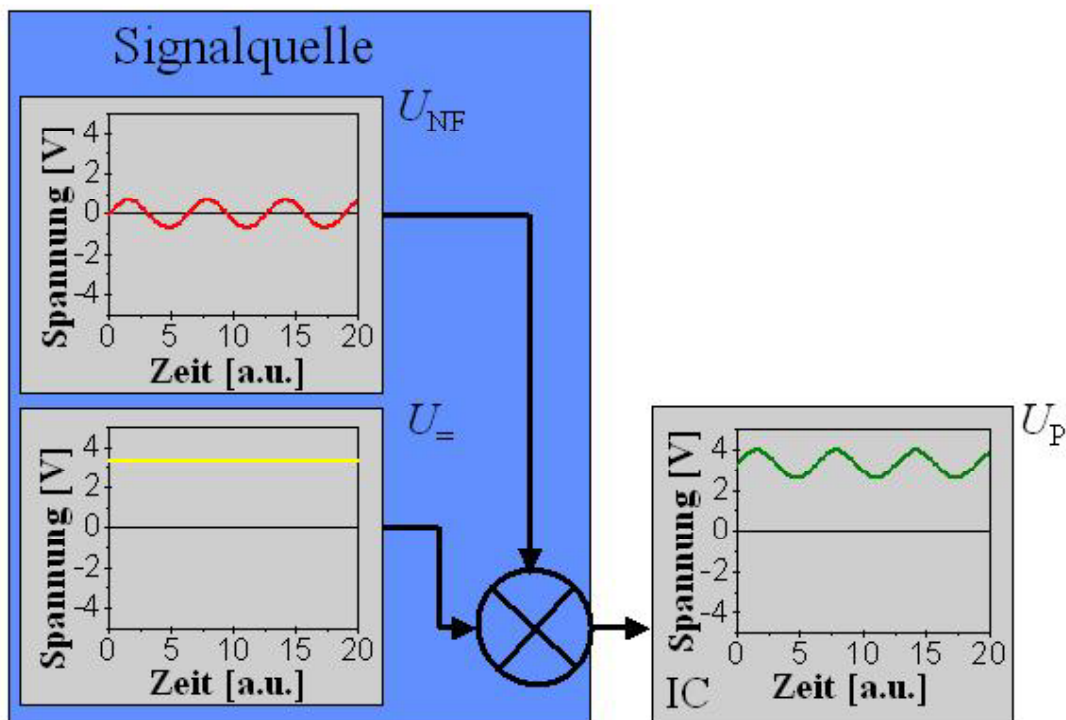


Bild 5.1: Prinzip der Probenansteuerung

Dabei muss davon ausgegangen werden, dass die zu untersuchende Leiterbahn keine Kapazitäten und Induktivitäten besitzt, da sonst keine eindeutige Beziehung zwischen Gleich- und Wechselstromanteil besteht. Somit sind Rückschlüsse aus dem Wechsignal auf das Gleichstromsignal nicht mehr möglich. Geht man allerdings von einer rein Ohmschen Beziehung aus, folgt aus der beschriebenen Beschaltung, dass in der zu untersuchenden Leiterbahn der Strom

$$I_{\text{ges}} = I_{\text{gleich}} + I_{\text{wechsel}} \quad (5.2)$$

fließt.

Geht man von einem Wechselstromanteil I_{wechsel}

$$I_{\text{wechsel}} = I \cdot \cos(\omega t) \quad (5.3)$$

aus, ergibt sich für den in der Leiterbahn fließenden Strom

$$I_{\text{ges}} = I_{\text{gleich}} + I \cdot \cos(\omega t). \quad (5.4)$$

Der mit dieser Messtechnik zu messende Anteil ist allerdings nur der Wechselstromanteil I_{wechsel} . Unter der oben genannten Voraussetzung einer Ohmschen Beziehung kann ein eindeutiger Rückschluss von Wechselstromanteil I_{wechsel} auf den Gleichstromanteil I_{gleich} erfolgen.

Der zur Strommessung verwendete Messaufbau ist schematisch in Bild 5.2 dargestellt.

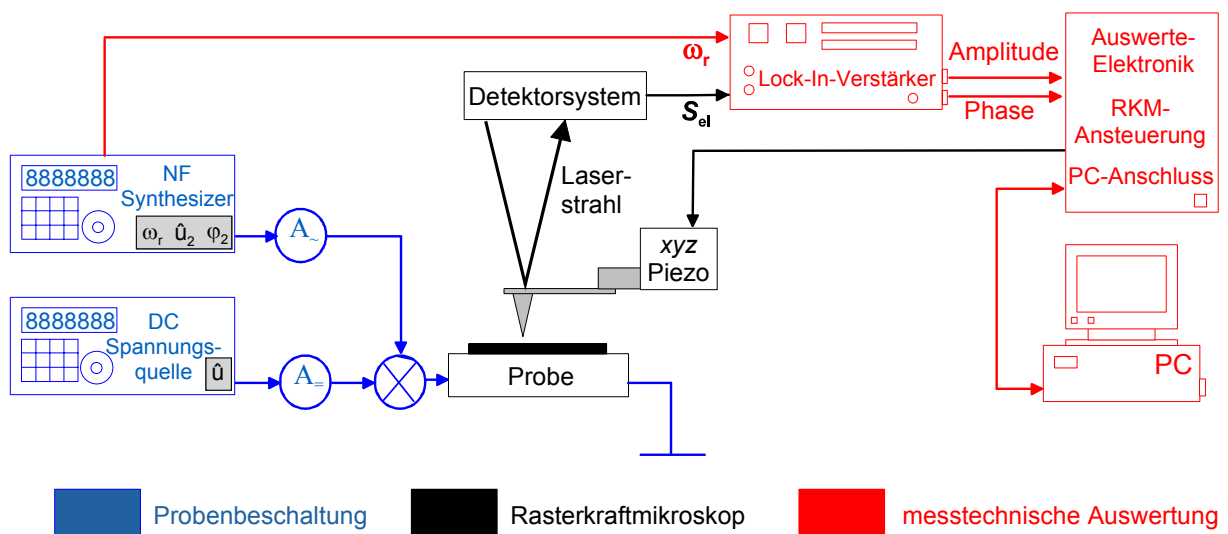
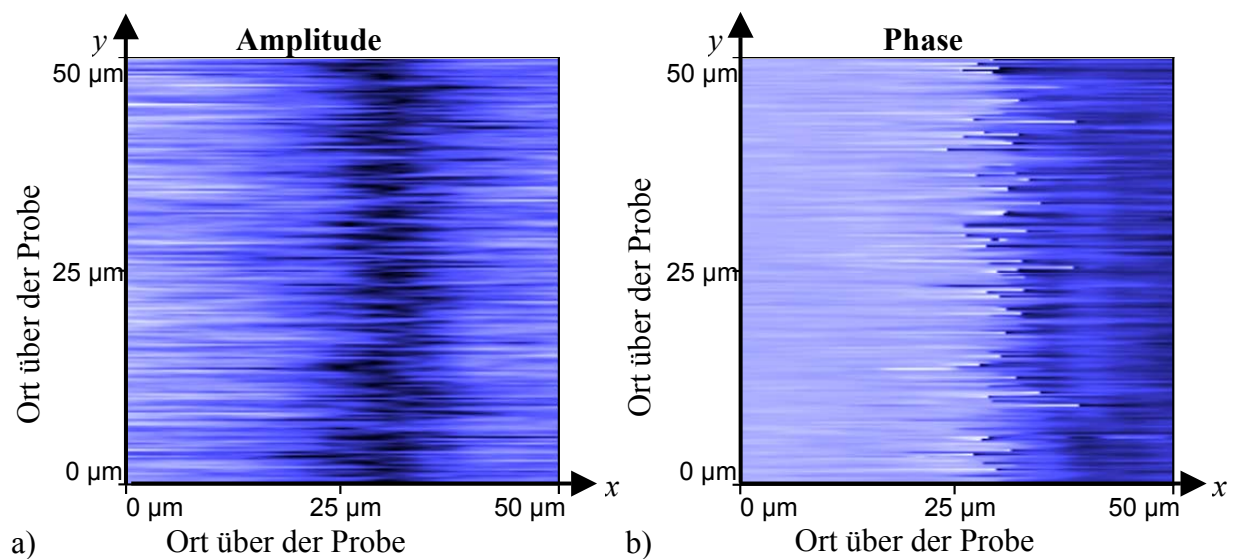


Bild 5.2: Schematischer Messaufbau zur Gleichstrommessung

Die Funktionsweise heutiger ICs ist, wie bereits oben erwähnt, gewährleistet, solange die Versorgungsspannung in einem Bereich von minus 20 % bis plus 20 % der Sollspannung liegt. Somit wird in der Regel der zu testende IC auch bei einer der Versorgungsspannung überlagerten Wechselstromsignal von <20 % noch fehlerfrei funktionieren. Problematisch sind jedoch analoge ICs, wie Verstärker oder Filterbausteine, die im Frequenzbereich der Hebelarme arbeiten.

Die Untersuchungen an der Leiterbahnstruktur G der ITG-Teststruktur zeigen, dass niederfrequente Wechselströme mit einer Auflösungsgrenze von unter $\Delta I = 2 \mu\text{A}$ mit kommerziellen Messsonden noch detektiert werden können. Unter der Voraussetzung, dass diese $\Delta I = 2 \mu\text{A}$ Wechselstrom dem aufmodulierten Spannungssignal entsprechen, und der IC ein Ohmsches Verhalten aufweist, könnten theoretisch ca. $\Delta I = 10 \mu\text{A}$ als minimal zu detektierende Gleichstromstärke angenommen werden.

Erste Strommessungen im Rahmen der Arbeit konnten, wie in Bild 5.3 dargestellt, eine Strompfadverfolgung mit einem Gleichstrom von $I = 30 \mu\text{A}$ und einem Wechselstromanteil von 20 % oder $I_{\sim} = 6 \mu\text{A}$ zeigen.



*Bild 5.3: Messung an der ITG-Teststruktur mit $I = 30 \mu\text{A}$ DC und einem überlagerten Wechselstromanteil von 20 %
a) Amplitudenbild; b) Phasenbild*

5.2 Zusammenfassung

Die hier vorgestellte Gleichstrommessung basiert auf der niederfrequenten dynamischen Stromkontrastmessung. Mit dieser Gleichstrommessung kann kein Gleichstrom, sondern nur der überlagerte Wechselstromanteil gemessen werden. Dies hat für die Praxis einige Einschränkungen zur Folge. So ist es nicht möglich, in analogen Schaltungen zu messen, die im Frequenzbereich der Hebelarmresonanz liegen, ohne die Funktionsweise der Schaltungen durch die Überlagerung stark zu beeinflussen. Auch in digitalen Schaltungen können Gleichströme nur gemessen werden, solange keine oder nur sehr geringe kapazitive oder induktive Elemente existieren. Sonst sind keinerlei Rückschlüsse auf den fließenden Gleichstrom möglich. So kann z. B. hinter einer Kapazität ein gleichgroßer Wechselstromanteil gemessen werden ohne das Vorhandensein eines Gleichstroms.

Trotz allem stellt diese neue Strommesstechnik zur Zeit die einzige Möglichkeit dar, Gleichströme unter $I=1$ mA kontaktlos in einem integrierten Schaltkreis zu verfolgen. Somit hat man erstmalig die Möglichkeit, sehr einfach verlustbehaftete Teilschaltungen in einem IC ausfindig zu machen und zu lokalisieren, ohne den IC zu zerstören. Ebenfalls bietet diese Methode das einfache Auffinden und Lokalisieren von Kurzschlüssen mit extrem hoher Ortsauflösung und Stromauflösungsgrenze, sowie das Auffinden von Leckströmen.