

# Optimierung von Mehrschleifen-SQUID-Magnetometern für den Betrieb in unabgeschirmter Umgebung

S. Krey\*, B. David, V. Doormann, R. Eckart, J.P. Krumme, G. Rabe und O. Dössel

Philips GmbH Forschungslaboratorien, Abt. Technische Systeme Hamburg,  
Röntgenstraße 24, 22335 Hamburg,

\*Universität Hamburg, Institut für Angewandte Physik und Zentrum für Mikrostrukturforschung,  
Jungiusstraße 11, 20355 Hamburg

Für biomagnetische Anwendungen werden dc SQUID-Magnetometer vom Mehrschleifen-Typ, basierend auf  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  Stufenkontakten, entwickelt. Der Einsatz dieser Sensoren in der Magnetokardiographie erfordert eine Feldauflösung  $\sqrt{S_B} \leq 50 \text{ fT} / \sqrt{\text{Hz}}$ , welche für eine gute Ortsauflösung in Mehrkanalsystemen mit möglichst kleiner Sensorfläche erzielt werden muß. Dies bedingt eine effektive Flußeinkopplung in das SQUID.

Wir haben auf  $10 \times 10 \text{ mm}^2$   $\text{SrTiO}_3$ -Substraten Mehrschleifen-SQUID-Magnetometer realisiert, die durch Optimierung des Layouts nunmehr effektive Flußaufnehmerflächen von  $A_{\text{eff}} = 2.3 \text{ mm}^2$  bei gleichbleibender Induktivität von 145 pH aufweisen. Die Feldauflösung der besten Magnetometer erreicht in abgeschirmter Umgebung Werte von  $\sqrt{S_B} (5 \text{ kHz}) = 17 \text{ fT} / \sqrt{\text{Hz}}$ .

Zukünftige Magnetokardiographie-Systeme sollen in nichtabgeschirmter Umgebung betrieben werden. Neben der Vielzahl von niederfrequenten magnetischen Störungen beeinträchtigt dann insbesondere das frequenzabhängige (1/f) Rauschen, hervorgerufen durch Flußlinienbewegung in den supraleitenden Filmen, die Messungen. Die niederfrequenten Rauscheigenschaften der Mehrschleifen-Magnetometer wurden nach Abkühlung in definierten statischen Magnetfeldern untersucht. Der intrinsische Rauschwert der Magnetometer konnte jederzeit wieder erreicht werden, wenn der eingefrorene Fluß durch resistives Heizen aus dem Bauteil entfernt wurde.

Bei ausreichender Hochfrequenz-Abschirmung konnten Mehrschleifen-SQUID-Magnetometer beliebig lange magnetisch ungeschirmt im flux locked loop (FLL) Verfahren betrieben werden.