



Title	SQUIDシステムのマルチチャンネル化に関する研究
Author(s)	古川, 久生
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39236">https://hdl.handle.net/11094/39236</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	古 川 久 生
博士の専攻分野の名称	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	第 1 1 4 6 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 5 月 2 0 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	SQUID システムのマルチチャンネル化に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 井 口 征 士 (副査) 教 授 小 林 猛      教 授 田 村 坦 之      助 教 授 沼 田 卓 久

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、数百チャンネルを越える入力数をもつ大規模な SQUID システムの構築を想定し、このシステムの実現に向けて不可欠となる種々の要素技術の開発を目的として、システムの基本となる SQUID 素子の作製、システム構成の簡単化を図るマルチチャンネル化方式の開発、小規模システムの試作とこれを用いた応用磁気計測などについて行ってきた研究成果をまとめたものである。

第1章では、SQUID の基本的な概念とマルチチャンネル SQUID システムの必要性およびその開発の現状に関して記述するとともに、本論文の研究目的について述べた。

第2章では、マルチチャンネル SQUID システムに適した SQUID 素子作製方法の開発について述べた。ここではまず、臨界電流および出力電圧の指標を得るために、SQUID 素子の基本的な動作解析を行なった。そして、得られた指標を考慮して3種類の方法によって SQUID 素子の作製を試みた。その結果、二方向斜め蒸着法による VTB 型の弱結合をもつ SQUID 素子は構造が簡単で、作製が容易であり、多数の SQUID 素子を必要とするシステムに適することがわかった。また、マルチチャンネル SQUID システムの S/N 比を向上させるために、多数の rf - SQUID 素子を単一共振回路で並列駆動することによって SQUID 部の出力電圧を増大させる方式の開発についても述べた。

第3章では、SQUID システムのマルチチャンネル化方式の開発について述べた。ここではまず、基本的な SQUID システムの構成と動作原理について述べ、ついで、マルチチャンネル SQUID システムの課題を挙げた。そして、その課題に対して、従来方式とは異なる動作原理に基づく3種類の方式を提案し、各方式に関する基礎的実験を行なった。その結果、dc - SQUID 素子を用いた2段増幅器の形を成す方式が、大規模マルチチャンネル SQUID システムに適していることを見いだした。すなわち、初段では多数の dc - SQUID 素子を並列接続して共通のバイアス電圧によって動作させ、これらの各出力信号を、次段の単一の dc - SQUID 素子によって加算し、1本の同軸ケーブルにまとめることにより、構成を簡単化した方式である。

第4章では、グラディオメータの不平衡を電子的に補正してシステムの S/N 比を向上させる方法および倍周波復調法を用いて閉ループのスルーレートを向上させる方法の開発について述べた。また、小規模マルチチャンネル SQUID

システムを構成し、心臓磁界の多点ベクトル計測を試み、検出信号を3次元ベクトル表示すると共に、信号源の推定を行なった。さらに、SQUID システムの多方面への応用として、身近にある食品や木の葉に含まれる磁性物質から生じる磁界を計測した、その結果、短時間にかつ非破壊および非接触計測によって、食品の磁性体含有量や、環境汚染の程度を検知できる可能性を示した。

第5章では、本論文の各章で得られた結論および今後に残された課題について述べた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、微弱な磁気信号を検出できる SQUID（超伝導量子干渉素子）のマルチチャンネル化を目指した研究である。磁界のパターン計測を行うためには、多数のチャンネルが設置でき、かつ熱的ロス（液体ヘリウムの気化量）が少ないことが必須である。この目的を実現するために、システムの基本となる SQUID 素子の作製、マルチチャンネル化方式の開発、マルチチャンネルシステムの試作、およびこれを用いた応用磁気計測の実例を、研究成果として纏めたものである。

得られた主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) マルチチャンネル SQUID システムには、二方向斜め蒸着法による VTB 型 SQUID 素子が適している。
- (2) 多数の rf-SQUID 素子を一つの共振回路により並列駆動する方式が、 $S/N$  を向上させ、マルチチャンネル化を可能にすることを実験的に確認した。
- (3) マルチプレкса方式、rf-SQUID の並列駆動方式、dc-SQUID の並列駆動方式の特徴を比較検討した結果、総合的性能の観点から、dc-SQUID の並列駆動方式がマルチチャンネル SQUID システムに最も敵しているという結論を得た。
- (4) SQUID システムの特性改善法として、2次微分型グラディオメータの不均衡出力の補正法、2f復調型閉ループ回路による高スルーレート化法、rf-SQUID の差動増幅回路による高同相電圧除去法などが、 $S/N$  比の改善に有効であることを実験的に確かめた。
- (5) 試作したマルチチャンネル SQUID システムを用いて心臓磁界の多点ベクトル計測を行い、磁界分布の3次元表示と共に信号源の推定を試み、マルチチャンネル SQUID システムの有効性を確かめた。

以上のように、本論文は SQUID システムのマルチチャンネル化に関して、多くの新しい知見を与えており、高感度磁界計測技術の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。