

# 磁束密度分布の時間発展を計測する二次元センサの開発

電子制御工学科 5 年 福原俊哉

指導教員 井田徹哉

## 1. 研究背景

高温超伝導バルク材料は、外部からマイスナー効果を破るほど強力な磁場を与えることによって、常伝導永久磁石をはるかに凌ぐ強力な磁石となる。近年、実用的な大型バルクの量産が可能になったことから、高温超伝導バルク磁石の産業機器応用に向けた研究が行われている。実用化に向けた着磁方法として、パルス着磁が注目されている。しかし、パルス着磁は静磁場着磁と比べて捕捉磁場の抑制、劣化を引き起こす事が分かっている。[1]

## 2. 研究目的

我々は、捕捉磁気特性の向上を目指して新しいパルス着磁の研究を進めている。外部印加パルス磁場によって高温超伝導バルク材料を着磁するとき、バルク内部への侵入磁束の運動が、微小領域の発熱を引き起こし、捕捉磁気特性の劣化につながると考えられる。従って、パルス着磁の研究を進めるには着磁時の磁束分布の変化を計測する事が重要である。従来から、バルクに捕捉された磁束密度分布は、リニアステージに取り付けたホールセンサをバルク表面で二次元走査することによって計測されてきた。しかし、二次元走査に長い時間がかかる上、多点同時計測ができない事から、バルクをパルス着磁している極めて短い時間の間に、バルク内部へ侵入する磁束の振る舞いを計測することができない。

パルス磁場の印加によって得られる捕捉磁気特性は、バルクの結晶性に依存する。そこで我々の研究では、結晶成長方位領域と結晶成長

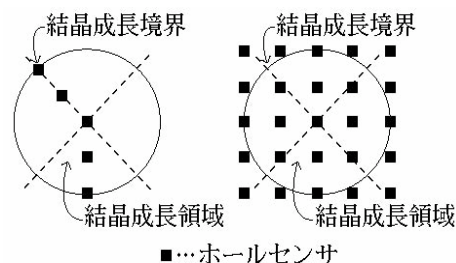


図1 バルク表面に設けたホールセンサ。(左)現在のセンサ配置。(右)新たに開発するセンサの配置。

長境界について、バルク表面に設けたホールセンサによって磁束密度の時間変化を計測してきた。(図 1 左)しかし、大型のバルクにおける結晶性は一様でないため、バルクの一部だけの計測によって、全体を評価する事は難しい。そこで、本研究ではパルス着磁における捕捉磁束密度分布の時間発展の様子を明らかにすることを目的として、ホールセンサを図1右のように二次元に並べて、連続的に捕捉磁束密度を計測する仕組みの開発を行った。

## 3. ホールセンサの接続

本研究で開発するセンサは、センサの数を従来の 5 個から大きく増加させる。そのため、個々のホールセンサの電流・電圧端子からの配線は極低温域から室温域に引き出され、定電流回路と A/D 変換回路に接続される。回路の規模を小さく抑えて、回路の取り回しを改善するため、定電流回路及び A/D 変換回路とホールセンサによるマトリクス回路をダイナミック駆動する方法を検討した。しかし、実験とシミュレーションを行った結果、この方法では、ホー

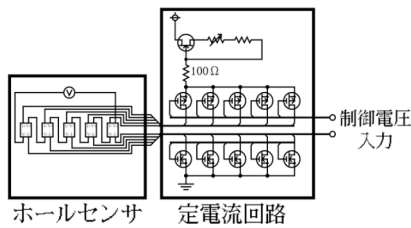


図2 A/D 変換回路共通化回路。

ルセンサからの出力電圧が他のセンサの出力電圧に重畳し、数十%に達する計測誤差を発生することが明らかとなった。そこで、センサ間の接続を一次元的に変更し、独立駆動させる事でこの回路に対処する事にした。1セグメントにホールセンサを5個設けた場合の構成を図2に示す。実際の二次元計測はこのセグメントを縦に複数並べて行う。

#### 4. 定電流回路のスイッチング応答特性

回路構成を簡素化した結果、セグメント内の定電流回路と各ホールセンサへの電流供給は一定周期で連続して切り替えられる。切り替わりの瞬間に各ホールセンサとの接続が切断された場合、定電流制御への負担が大きくなる。NチャネルJFETを用いた試作定電流回路とホールセンサの接続を遮断した際の電流応答特性を調べた結果を図3に示す。電流出力の応答は制御信号によく追従しており、センサへの電流駆動に支障が無いと考えられる。

#### 5. 実験

事前に校正したホールセンサ5個を用いて、図2に示した本センサの1セグメントを試作し、実際に磁場の計測が可能か否かを実験によって確認した。図4にはこの時計測された磁束密度を示す。各ホールセンサへの駆動電流の切り替えはMOSFETによって1~100kHzの範囲で行った。5個のセンサが一定周期で切り替え

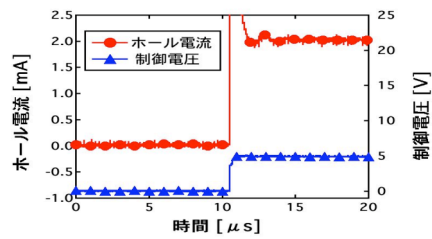


図3 切り替え時の電流応答特性。

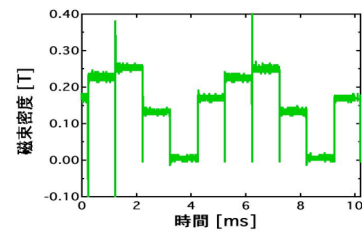


図4 試作実験回路の動作例。

られているため、外部からNd永久磁石によって、5個のパルス毎に同じ大きさの磁束密度が現れている。各センサの切り替え時に2μs程度のハイインピーダンス期間を設けているため、インパルス性の電流変化が表れているが、その前後での大きな波形の乱れは見られない。よって、この方法で磁場を安定して計測できる事が示された。但し、周波数を増加させた場合には、計測磁場の乱れを生じた。この原因と対処については今後の課題とする。

#### 6. まとめ

磁束密度分布の時間発展を計測する二次元センサの開発を行った。センサ回路を設計し、JFET定電流回路のパルス電流駆動に対する応答特性の評価と、ホールセンサの校正を行った。設計したセンサ回路を試験動作させた結果から、磁束密度の多チャンネル計測が実際に可能なことを示した。

[1] T.Ida, et al., *Physica C*, **412-414** (2004) 638.