

超伝導薄膜フォーカス板を用いた磁気抵抗素子の応答特性

Magnetic response characteristics of magneto-resistive sensors with superconducting magnetic focusing thin film

岡山大学, °平田 哲朗, 中村 喜浩, 馬島 八世, 天野 薫, 堺 健司, 紀和 利彦, 塚田 啓二
 Okayama University, °Tetsuro Hirata, Yoshihiro Nakamura, Yatsuse Majima, Kaoru Amano,
 Kenji Sakai, Toshihiko Kiwa, Keiji Tsukada
 E-mail: p1ok3h10@s.okayama-u.ac.jp

1. 研究背景・概要

磁気計測分野で広く民生用として用いられている磁気センサとして、磁気抵抗効果(MR)を用いた MR センサがある。しかし、MR センサは使い勝手よいが、感度は超伝導量子干渉素子(SQUID)と比較して非常に低い。本研究では、超伝導薄膜による磁束フォーカス板を MR センサと組み合わせ、SQUID と MR センサの中間領域の感度を得られる磁気センサユニットの実現を目指した。超伝導薄膜のスリットの中に MR センサを配置し、低温下で動作させることで磁束をフォーカスさせ、MR センサの感度の向上を図った。ここで、超伝導薄膜のスリット幅や薄膜と MR センサとの相対位置の最適化をおこなった。

2. 実験内容

本研究では、MR センサとして AMR(異方性磁気抵抗効果)センサと TMR(トンネル磁気抵抗効果)センサを用いた。MR センサに超伝導薄膜のスリットを取り付けて、室温中と液体窒素中でそれぞれ動作させ磁気応答特性を比較した。Fig.1 は AMR センサを用いたときの磁気プローブの外観を示す。測定は環境磁気雑音の影響を取り除くため、パーマロイ 3 層構造の磁気シールドの中で行い、MR センサは液体窒素用のデュウの底面中心になるように配置した。デュウに巻かれた印加コイルに直流磁場を印加し、それぞれの温度下での直流磁場特性を測定し感度を評価した。また、磁場を印加せずに MR センサのノイズスペクトルをスペクトラムアナライザにより測定し磁場分解能を評価した。

また、MR センサに取り付けた超伝導薄膜のスリット幅を 1.5mm, 2.5mm, 3.5mm と変化させて、それぞれの場合において同様に直流磁場特性とノイズスペクトルを測定した。

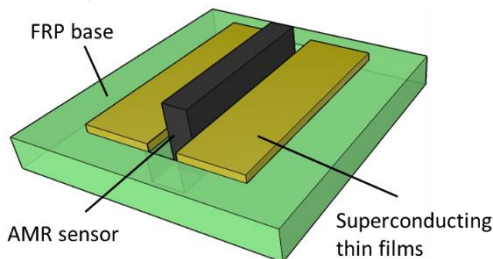


Fig.1 AMR sensor with superconducting thin films

3. 実験結果

磁束フォーカス板を取り付けたときの AMR センサの室温と液体窒素温度でのスリット幅を変化させた時の直流磁場特性の測定結果を Fig.2 に示す。Fig.2 で室温と 3 種類の液体窒素温度での特性を比較すると、室温に比べて液体窒素温度の時の方が感度が大きくなっていた。室温では超伝導薄膜は常伝導状態なので AMR センサ自身の動作特性になるが、液体窒素温度では超伝導薄膜の磁束フォーカス板が超伝導状態になる。超伝導薄膜のスリットの中心は、超伝導薄膜を避けて通ろうとする磁束がフォーカスされ、中心に配置された

AMR センサで検出できる磁束が増加したため、感度が向上したと考えられる。また、液体窒素温度での 3 種類の特性をそれぞれ比較すると、1.5mm, 2.5mm, 3.5mm のそれぞれで傾きが違っており、磁束フォーカス板のスリット幅によって感度が変化していることが分かる。

また、TMR センサについても同様の特性を Fig.3 に示す。Fig.3 より TMR センサにおいても室温に比べて液体窒素温度の特性の方が、感度が大きくなっていることから超伝導薄膜による磁束フォーカス効果が確認できる。さらに、スリット幅による感度の変化も確認できた。

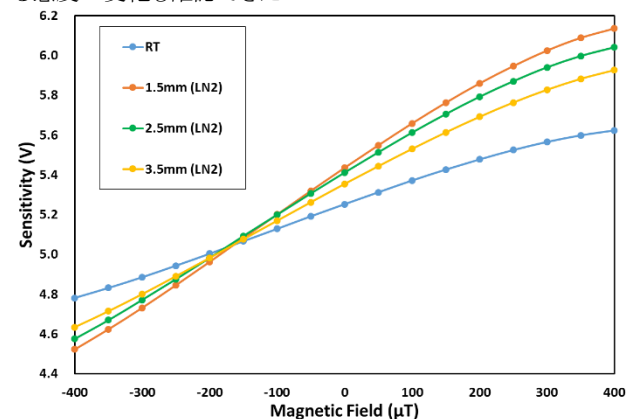


Fig.2 Sensitivity of AMR sensor with Superconducting thin films at room temperature and LN₂ (slit width was changed from 1.5mm to 3.5mm)

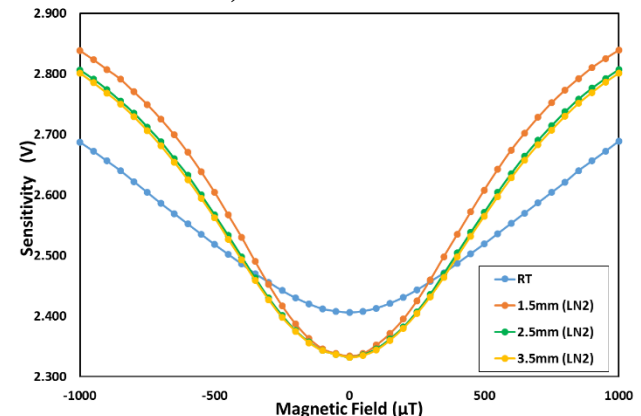


Fig.3 Sensitivity of TMR sensor with Superconducting thin films at room temperature and LN₂ (slit width was changed from 1.5mm to 3.5mm)

4. まとめ

本結果より、MR センサと超伝導薄膜を組み合わせ、低温で動作させることにより、MR センサの感度を向上させることができた。また、スリット幅を変化させることで MR センサの感度を調整することができ、MR センサ感度の調整が可能であることが分かった。