

安全保障技術研究推進制度 令和3年度終了課題 終了評価結果

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：スピントロニクス素子を用いた小型プロトン磁力計の創成
- (2) 研究代表者：スピンセンシングファクトリー株式会社 熊谷 静似
- (3) 研究期間：令和2年度～令和3年度

2. 終了評価の実施概要

日時：令和4年11月4日

場所：ビジョンセンター浜松町

評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授

平澤 洽 (委員長)

産業技術総合研究所 執行役員、エネルギー・環境領域 領域長

小原 春彦

東京工業大学 工学院 電気電子系 教授

梶川 浩太郎

東京農工大学 名誉教授

佐藤 勝昭

東京工業大学 名誉教授

谷岡 明彦

千歳科学技術大学 理工学部 特任教授

下村 政嗣

科学技術振興機構 研究開発センター 企画運営室長、フェロー

中山 智弘

理化学研究所 光量子工学研究センター センター長

緑川 克美

(委員長以外は五十音順・敬称略)

3. 研究と成果の概要

研究の概要

本研究では、 1cm^2 以下の素子サイズで、高感度かつ高精度に微弱磁場を検出する磁力計の実証を目的とし、検出部にトンネル磁気抵抗 (TMR) センサを応用した小型プロトン磁力計に関する基礎研究を行った。具体的には、TMR センサの信号出力が素子サイズに依存しないことの確認、外部磁場の検出感度および測定精度の明確化を行うため、素子面積が $0.1\sim 1\text{cm}^2$ の TMR センサを用いてプロトン核磁気共鳴 (NMR) 信

号を測定した。さらに、磁力計モジュールの性能として、1~10 kHz の周波数帯域で、100 pT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 以下の磁場分解能の達成を目指した。

成果の概要

本研究により、集磁構造・材料を最適化したプロトン核磁気共鳴 (NMR) 用低ノイズ 磁気センサを開発し、市販されているプロトン磁力計モジュールに比べて、体積 1/10 以下を実現できることを示した。また、素子面積 0.60 cm² の TMR センサを用いて NMR 信号の磁場強度に対するリニアリティや 1 ppm 以下の繰り返し精度を実測し、非常に小さい面積領域でも信号出力の面積依存性が小さいことを示した。測定精度は、磁力計モジュールとして十分な精度である 1 ppm を満足した。さらに、1~10 kHz の周波数帯域で目標性能としていた 100 pT/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 以下の磁場分解能を達成し、TMR 素子が小型プロトン磁力計に適用可能であることを示した。励磁機構を最適化することで、更なる小型化が実現できると考えられる。原理的には水や油ではなく、固体で核磁気共鳴を発現する材料を基板とし、その上に TMR 素子や励磁用薄膜コイルをフォトリソグラフィによって形成する事で、IC チップの様な TMR 型プロトン磁力計モジュールの開発が期待される。

4. 終了評価の評点

S 当初は想定されていなかったような、非常に素晴らしい成果をあげた。

5. 総合コメント

面積が小さく、高感度な素子が得られ、当初の目標は十分に達成した。また、チャレンジングな課題について原理的な確認に成功し、タイプ A としては申し分ない成果が得られた。小型で安価な素子であるため、多方面で活用されることを期待する。十分に良い成果が得られているため、論文発表等も含めて外部への発信を期待する。

6. 主な個別コメント

- 目標より小面積で高感度の性能の TMR 素子が得られるなど大きな成果が得られている。
- 脳磁計への応用も視野に入れており、副次的な成果も十分に得られていると考えられる。
- 小型で安価であることからウェアラブル測定等、多方面での利用が期待される。
- TMR センサの製造チームと計測チームがうまく連携してよい成果がでている。
- TMR 素子の本質的な優位性についてはアピールする必要がある。
- 小面積化しただけでも論文になるのではないか。
- 知財を確保した後に、論文発表等の形で成果を還元できることを望む。
- SQUID などの他の技術との差別化も必要である。