

印刷回路を用いた フレキシブル磁気センサー

九州大学 大学院システム情報科学研究所
助教 黒川 雄一郎

2024年8月29日

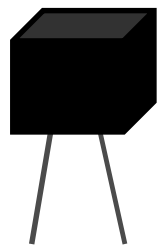
発明概要

特願2024-036058

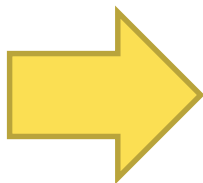
磁気センサの製造方法及び磁気センサ

- ・ 磁気センサと回路を別々に作製
- ・ スピンバルブ型の磁気抵抗素子の磁化ピン止め層の向きを機械的に回転させることにより自由に変更可能
- ・ 印刷法により自由に配線した回路に磁気抵抗素子を貼り付けて高機能化、信号強度を増大

従来技術(磁気センサー)



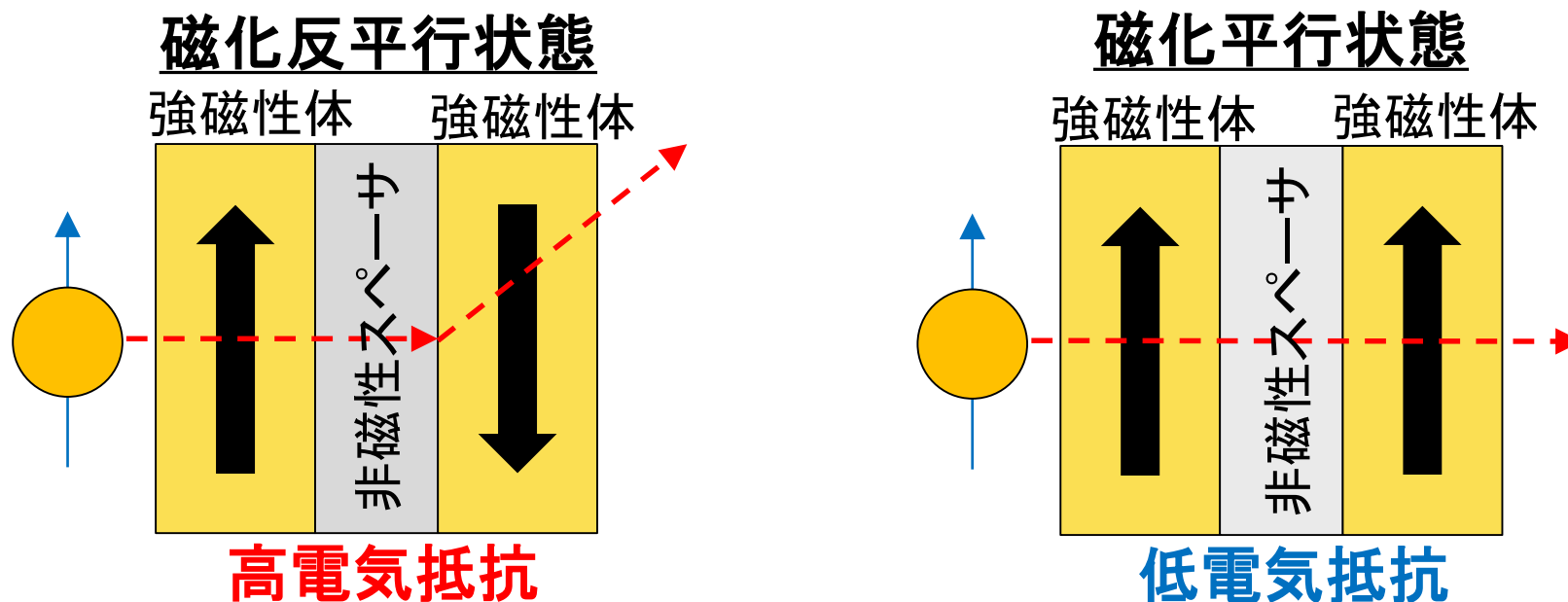
磁気センサー



- ・ 心磁, 脳磁計測
- ・ 方位計
- ・ 磁性体検出

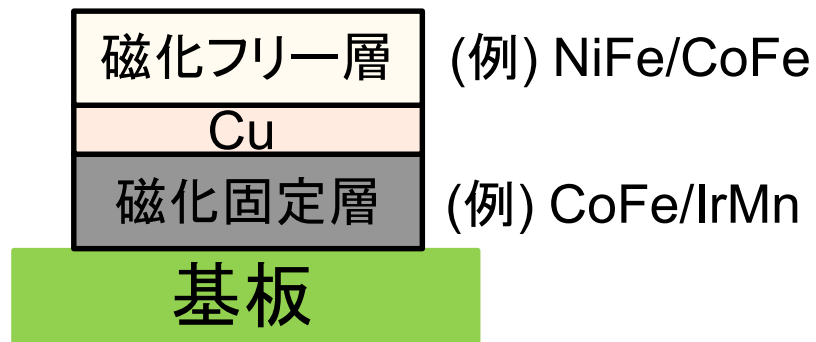
磁気センサーは様々な用途で使用される重要なセンサー

巨大磁気抵抗効果(GMR)を用いた磁気センサー

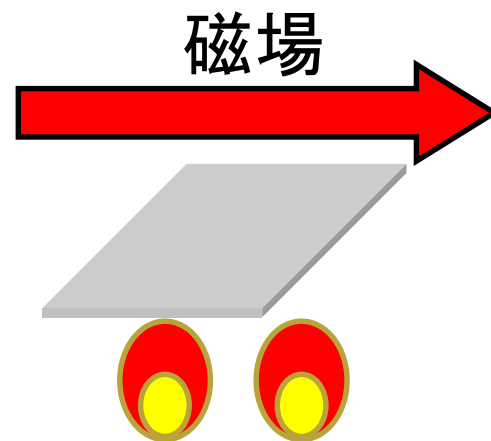


磁気抵抗の変化で磁気を検出

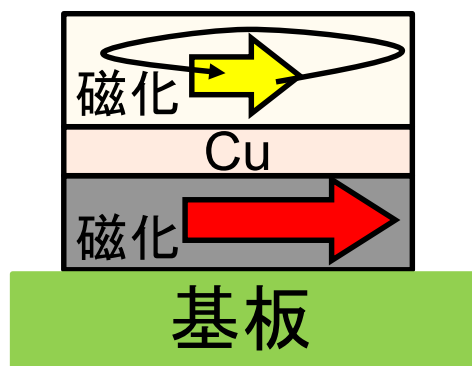
従来技術 (GMR素子の作製)



スパッタ法で多層膜を作製

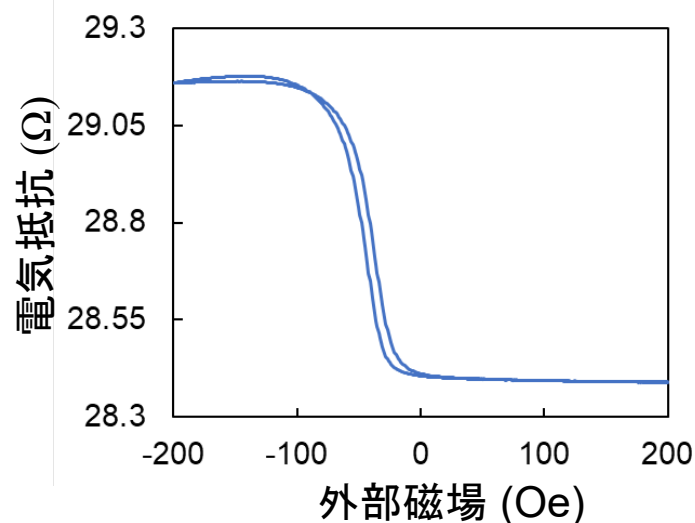
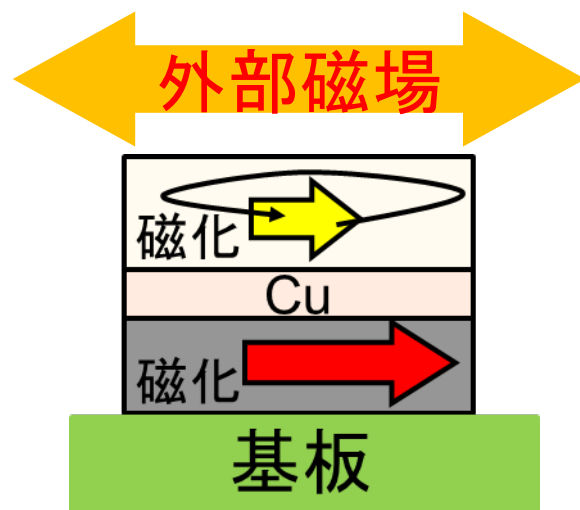


磁場中熱処理



下部層の磁化が磁場中加熱の磁場方向に固定されるため、固定されていないフリー層の磁化が外部磁場に敏感に追従し、磁場の変化が電気抵抗の変化として読める。

従来技術 (GMR素子の磁気抵抗変化)

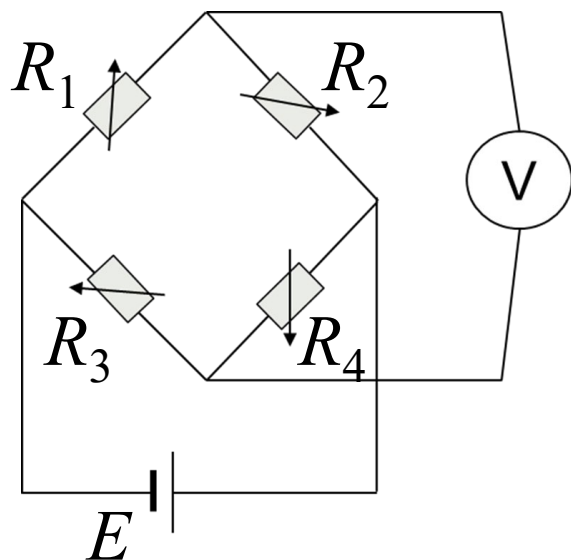


- 実際に磁場を印加して電気抵抗を測定すると、ピン止め層の磁化が固定されているのに対し、フリー層の磁化が磁場方向を向く為、外部磁場により電気抵抗が大きく変化する。

➡ ピン止め方向と逆方向の磁場には電気抵抗変化を有するが、ピン止め方向と同方向の磁場には磁気抵抗変化がない

従来技術(ブリッジ回路)

- 磁気抵抗素子で正負両方の磁場を読み取るためにはブリッジ回路が有効

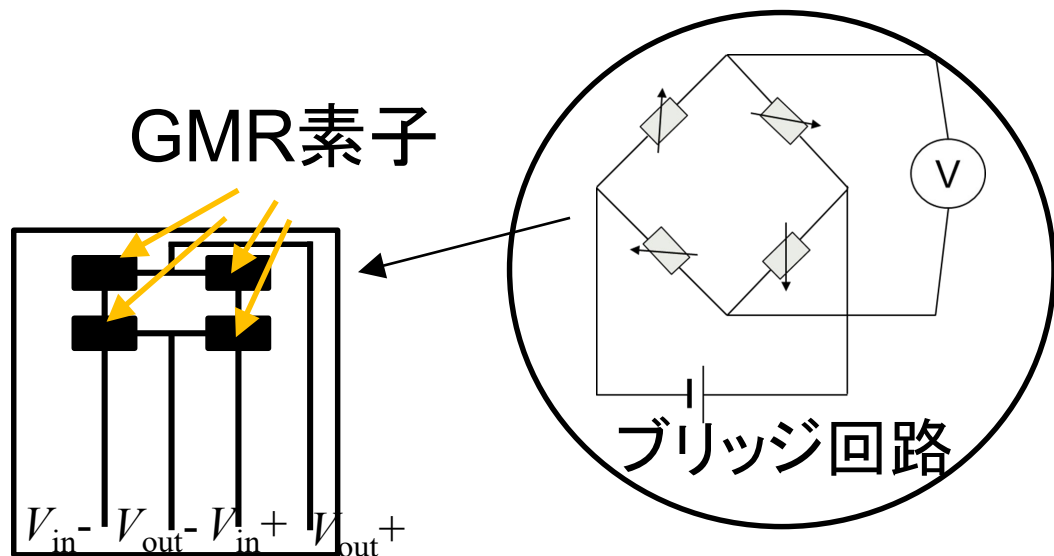


ブリッジ回路

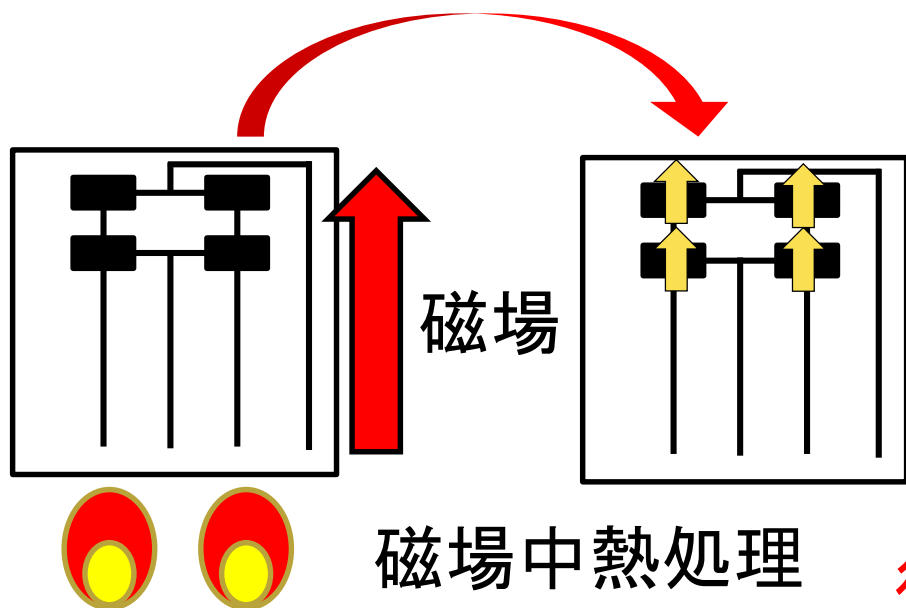
$$V = E \left(\frac{R_2}{R_3 + R_4} - \frac{R_4}{R_1 + R_2} \right)$$

- 図の可変抵抗部に磁気抵抗素子を配置することで正負の磁場の読み取りが可能

従来技術でのGMRブリッジ回路



- 従来技術では素子はフォトリソグラフィなどを用いて一括でチップ上にパターンニングを行う。



- 熱処理でピン止め層の磁化を固定する場合、すべてのGMR素子でピン止め層の磁化の方向が同じになってしまう。

磁場に対する抵抗変化が4つの素子で同じになるため出力 V_{out} がゼロになる。

従来技術ではブリッジ回路を構成できない

従来技術とその問題点

これまでのGMR素子では磁気抵抗変化が一方方向的であり、片方の極性の磁場しか検出できない。

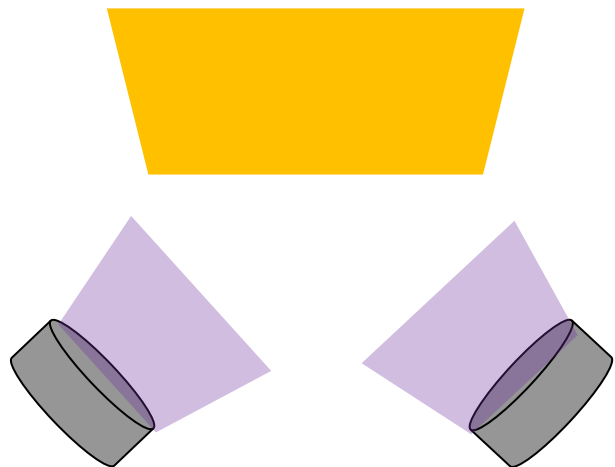
回路により改善の可能性はあるが、従来の手法では一括でデバイスを作製する為、ピン止め層の磁化方向に自由度がない。

ブリッジ回路を作製しても出力が得られない

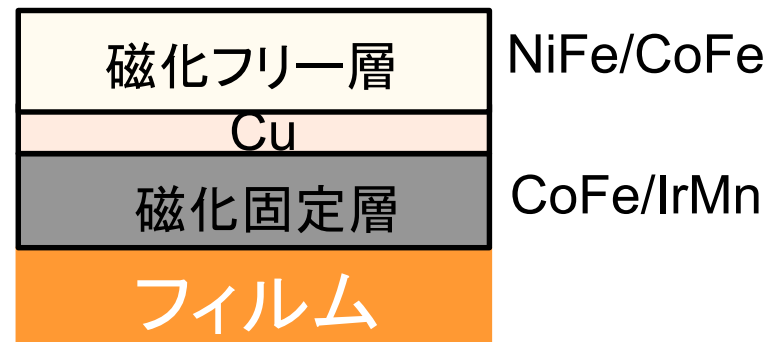
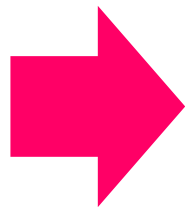
新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術では一括パターンニングを行っていたが、GMR素子と回路を別々に作製することで素子の自由度を向上させた。
- 印刷技術を回路作製に用いることで大量生産可能な技術をデバイス作製に利用。
- 本技術の適用により、両極性の磁場を読むことが可能な高機能GMRセンサーが作製可能である。

プラスチックフィルムGMR素子

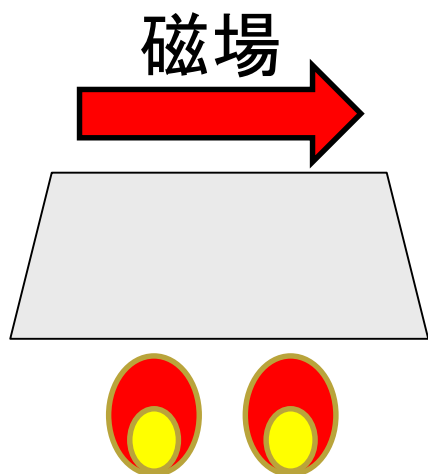


スパッタの模式図



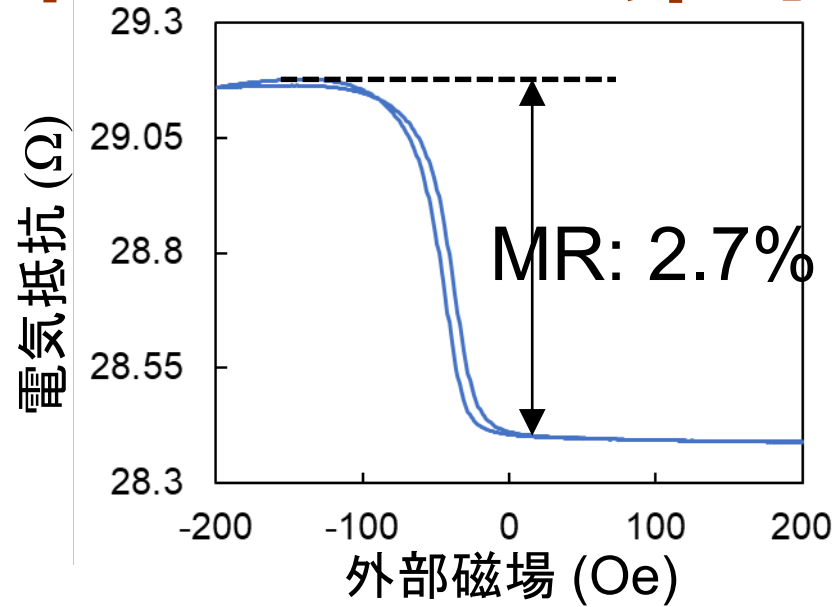
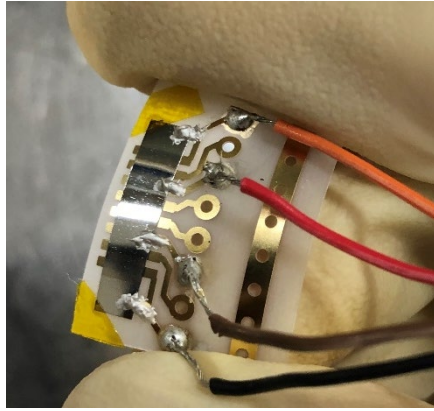
プラスチックフィルムGMR素子
膜構成

プラスチックフィルム上にGMR膜をスパッタ成膜



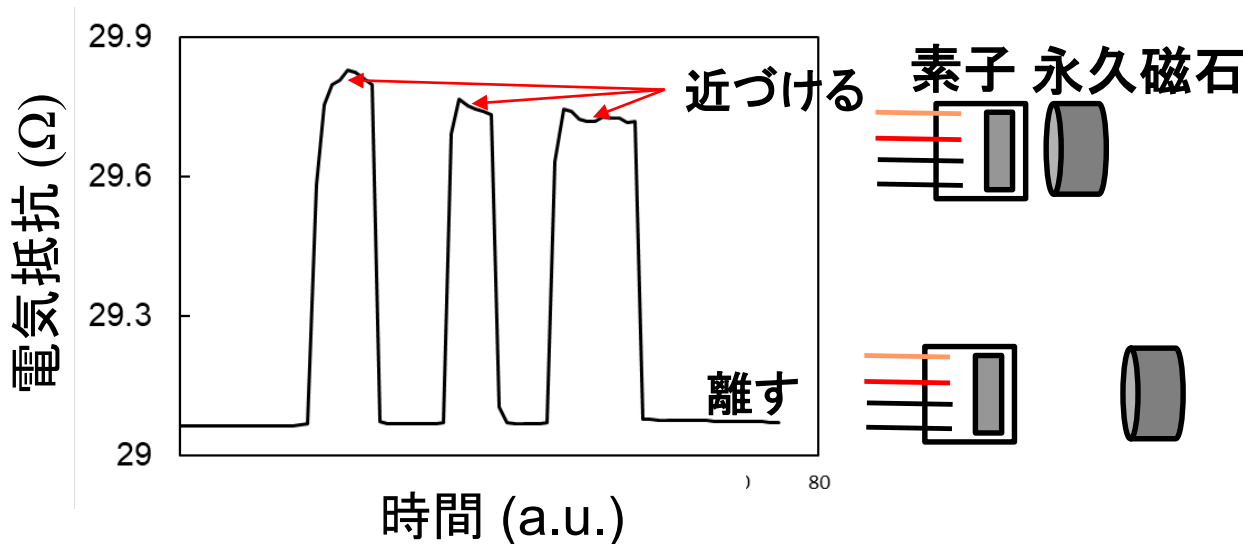
作製したプラスチックフィルムGMR膜を
一括磁場中熱処理

プラスチックフィルムGMR素子



切り出して基板に張り付けたプラスチックフィルム上GMR素子

プラスチックフィルム上GMR素子の電気抵抗の外部磁場変化

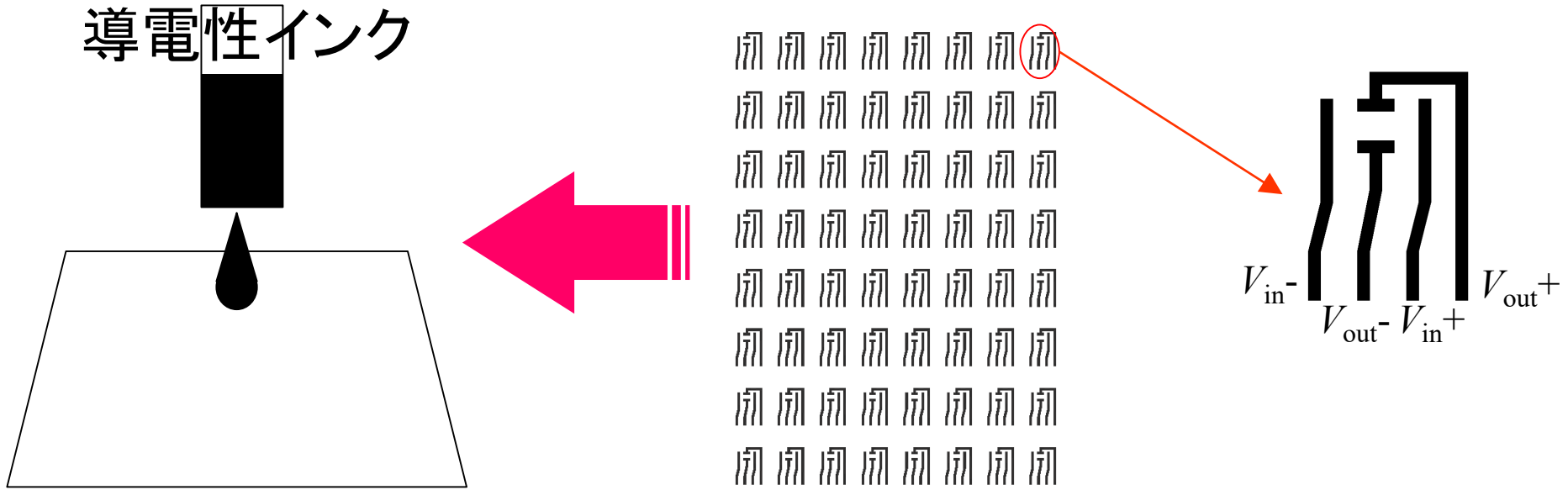


プラスチックフィルム上のGMR膜でもGMRが発現！

磁石の位置を検出可能！

プラスチックフィルム上GMR素子による磁石検出

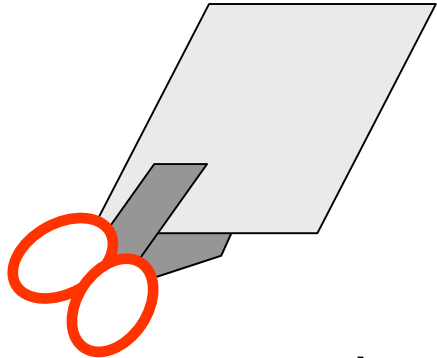
インクジェット印刷回路



インクジェット印刷により多数の回路を一括印刷可能！

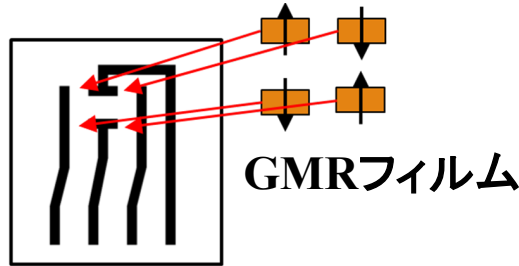
プラスチックフィルム上GMR素子との組み合わせ

印刷回路とGMRフィルム

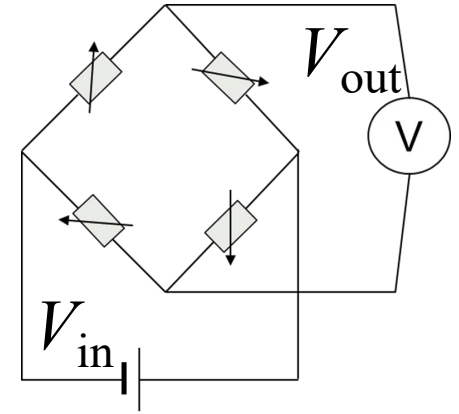


GMRフィルムおよび印刷回路を切り出し

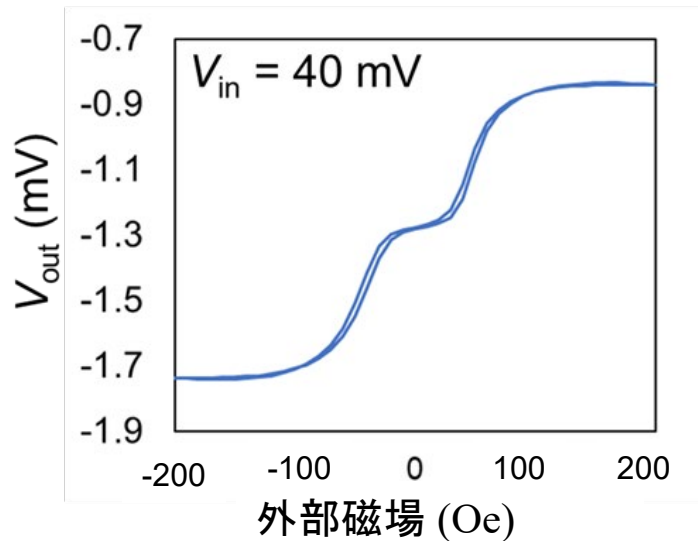
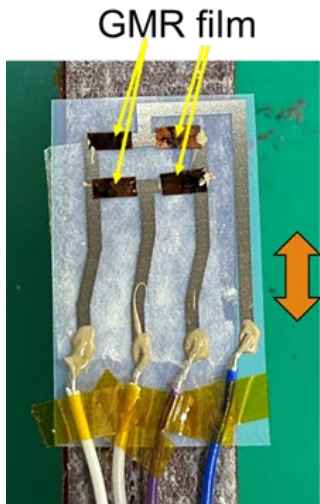
↑:ピン止め層の磁化方向



GMRフィルムを印刷回路上に貼り付け



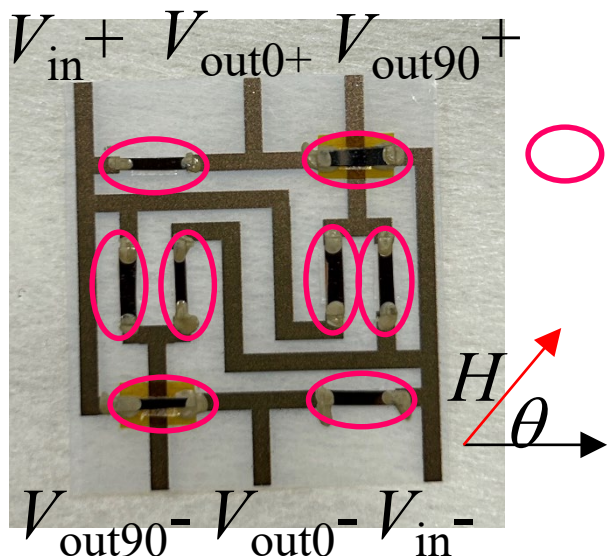
ピン止め層の磁化方向の異なるブリッジ回路を実現!



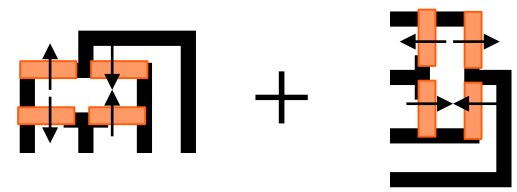
磁場の方向に依存した出力電圧を検出!

GMRブリッジ回路

印刷回路とGMRフィルムの角度センサー

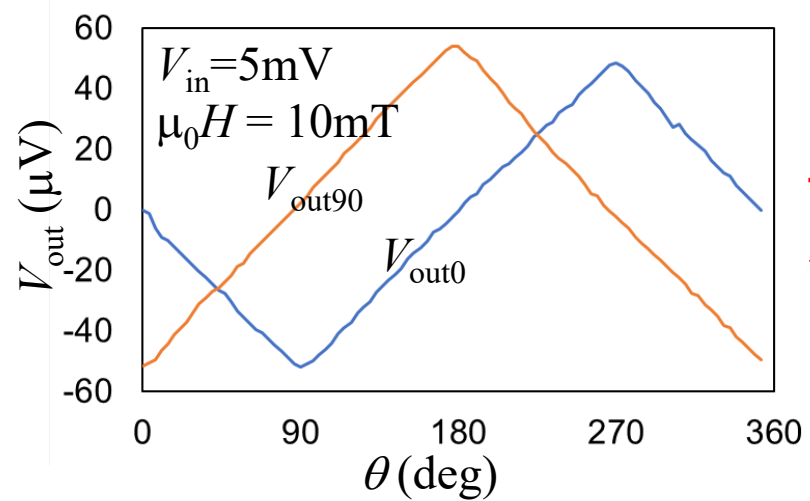
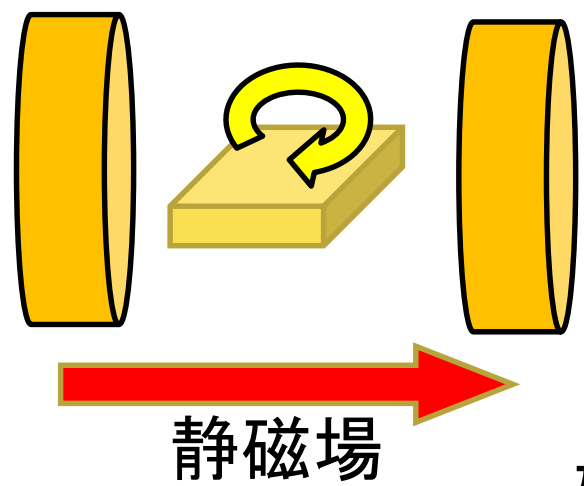


○ : GMRフィルム



GMRフィルムおよび印刷素子を2つ互いに90度回転させ、混載した形に相当

製作したGMR角度センサー



静磁場中で磁気抵抗から角度の読み取りが可能!

磁場中回転に対する素子の出力電圧

想定される用途

- IoTセンサー向けの大量生産可能な磁気センサーとしての使用が考えられる。
- 角度検出や位置検出の為のセンサーとしての使用を想定。

実用化に向けた課題

- より高感度な磁気センサーを実現するためにはGMR膜の最適化が必要。
- 現状では素子が大きすぎるので、印刷技術の高精度化、試料切り出しの高精度化が必要。
- 切り出した試料同士を接着する技術の高精度化が必要。

企業への期待

- 大量生産可能な磁気センサーとして有効。
- 導電性接着剤を用いた試料の接着に知見をお持ちの企業様との共同研究を希望。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は大量生産可能な磁気センサーを提供できる為、磁気センサーに知見をお持ちの企業様に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 磁気センサの製造方法及び磁気センサ
- 出願番号 : 特願2024-036058
- 出願人 : 九州大学
- 発明者 : 黒川 雄一郎、湯浅 裕美

お問い合わせ先

九大OIP株式会社
サイエンスドリブンチーム

T E L 092-400-0494

e-mail transfer@airimaq.kyushu-u.ac.jp