

偶関数 GMR と逆位相ブリッジを用いた超高感度磁界センサ

白鳥聡志, 喜々津哲, 東祥弘, 黒崎義成, 岩崎仁志
(株) 東芝

High sensitive symmetric response MR sensor using antiphase AC modulation bridge

S. Shirotori, A. Kikitsu, Y. Higashi, Y. Kurosaki, H. Iwasaki
(Toshiba Corp.)

はじめに

超高感度磁界センサは、Li イオン電池の欠陥検査や生体磁気検出などの応用を目指して盛んに検討されている。IoT などの幅広い用途を想定すると、高密度実装や集積化が容易な磁気抵抗 (MR) 素子が有利であり、TMR センサで数 10 pT レベルの感度が報告されている¹⁾。しかし、MR 素子は $1/f$ ノイズの影響が大きいので、低周波域で高い感度を実現するのが課題である。 $1/f$ ノイズを低減する手法としては検出信号の交流変調が一般的であるが、微弱な検出信号に大きな変調信号が重畳するため、アンプの限られたダイナミックレンジではそれほど小さい信号は検出できない。そこで本研究では、偶関数特製を持つ GMR 素子を外部交流磁界で変調し、かつ逆位相の変調を組み合わせたフルブリッジを用いることで、変調信号の影響を除いて微弱な信号を検出できる新しい超高感度磁界センサを開発した。このコンセプトと動作検証実験の結果を報告する。

コンセプト及び実験方法

Fig. 1 に磁界センサのコンセプトを示す。矩形に加工した GMR 素子で偶関数を実現し、上部に設置した AC 線から周波数 f の交流変調磁界を印加する (a)。出力において、検出磁界 (H_m) 成分は周波数 f 、変調磁界成分 (H_{ac}) は $2f$ となるので (b)、周波数分離が可能になる²⁾。さらに、交流磁界の位相が逆の素子 (GMR-A/GMR-B) でフルブリッジを構成することで (c)、差動出力から変調磁界成分 $2f$ を除くことができる。

GMR 素子は、NiFeCr (7.0)/IrMn (7.0)/CoFe (2)/Ru (0.9)/CoFe (2)/Cu (3.4)/CoFe (3.0)/Cu (3.4)/CoFe (2.0)/Ru (0.9)/CoFe (2.0)/IrMn (7.0) (in nm) の Dual spin-valve 構成で作製した。GMR 素子形状は $5 \mu\text{m} \times 1 \text{mm}$ で、 SiO_2 絶縁層を介して Au を積層して AC 線とした。MR 比は 5%、感度は $0.06\%/Oe$ であった。30 kHz の交流磁界で変調し、ブリッジ電圧 V_{dc} は 5 V、交流電圧 V_{ac} は 0.1 V、2 V とした。

結果および検討

Fig. 2 に、地磁気を含む環境磁界が印加されている状態でのブリッジ出力の周波数スペクトルを示す。コンセプトどおりに $2f$ 成分 (60 kHz) が大きく減衰しているのがわかる。挿入図に f 、 $2f$ 成分の外部磁界依存性を示す。 f 成分は非常に良い直線性を示す。 $V_{dc} = 12 \text{V}$ 、 $V_{ac} = 2 \text{V}$ の条件で $0.08 \text{V}/Oe$ の検出感度が得られており、30 kHz 近傍のノイズレベルから sub-nT の感度が期待される。なお、 $V_{ac} = 2 \text{V}$ の場合、数 100 Hz あたりからノイズが増加し $1/f$ ノイズからのずれが見られる。磁区形成の影響が想定されるが、詳細は今後解明していく予定である。

参考文献

- 1) K. Fujiwara et. al., *Appl. Phys. Express* **11**, 023001 (2018)
- 2) K. Tsukada et. al., *AIP Advances* **7**, 056670 (2017)

This work was supported by the Cabinet Office (CAO), Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP), "Intelligent Processing Infrastructure of Cyber and Physical Systems" (funding agency: NEDO).

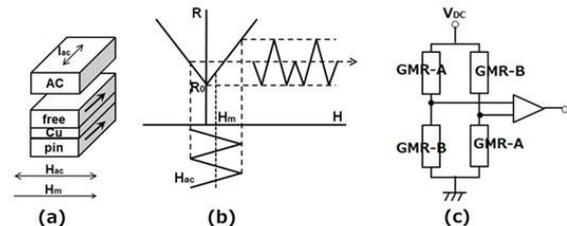


Fig. 1 Concept of high-sensitive magnetic sensor

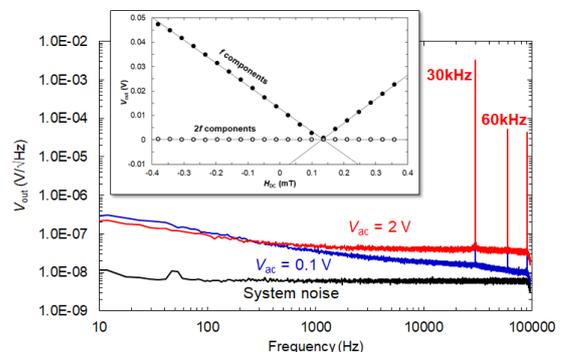


Fig. 2 Output signal spectrum and external field response of f - and $2f$ -component