

生体磁場計測に向けた低ノイズ TMR 磁気センサの開発

藤原耕輔¹、大兼幹彦²、熊谷静似¹、有本直³、安藤康夫^{1,2}

(¹ スピンセンシングファクトリー(株)、² 東北大、³ コニカミノルタ(株))

Development of low-noise TMR magnetic sensor for bio-magnetic field measurement

K. Fujiwara¹, M. Oogane², S. Kumagai¹, T. Arimoto³, Y. Ando^{1,2}

(¹ Spin Sensing Factory Corp., ² Tohoku univ., ³ KONICA MINOLTA INC.)

はじめに

強磁性トンネル接合 (Magnetic Tunnel Junction: MTJ) を用いたトンネル磁気抵抗 (Tunnel Magneto-Resistance: TMR) センサは、室温動作する小型・低消費電力の磁気センサである。近年の TMR センサの高感度化により、人体の電氣的活動に起因する生体磁場の室温下での計測に期待が高まっている。我々はこれまでに TMR センサを用いた心臓磁場 (心磁図: MCG) や脳磁場 (脳磁図: MEG) の計測を報告してきた¹⁾。一方で、TMR センサのもう一つの特徴である、広い磁場ダイナミックレンジを利用したウェアラブル・磁気シールドルームの生体磁場計測の実現には、TMR センサ自身のノイズ低減・シグナル向上と、環境ノイズのキャンセリング技術の確立が必要である。本講演では、TMR センサのノイズ・シグナル改善のための要素技術検討と、二つの TMR センサを用いた環境ノイズキャンセリングの検討結果について報告する。

実験方法と実験結果

TMR センサの作製に用いた MTJ 多層膜は超高真空スパッタリング装置を用いて成膜を行った。MTJ 膜は絶縁層として MgO 層を用い、低ノイズ化のためフリー層に CoFeSiB/ Ru/ CoFeSiB の三層構造を用いた。また、多数の MTJ を用いてアレイを形成することで、低周波数領域での大幅なノイズの低減を実現している。加えて、MTJ アレイの近傍にフラックスコンセントレータと呼ばれる磁束の収束構造を配置することで、シグナルを大幅に向上させた。以上、作製した TMR センサの磁場分解能は約 10 pT/Hz^{1/2}(@1 Hz)であった。

環境ノイズのキャンセリングを検討するため、二台の上記 TMR センサを作製し、50 mm 離して配置した。

環境ノイズは発生源が遠方にあると考えられるため、それぞれのセンサ信号の差をとることで低減することができる。一方、計測の対象である生体磁場の場合、人体を片方のセンサの近傍に配置しておくことで片方のセンサのみが強く信号を出力するため、二台のセンサ信号の差には生体磁場の情報のみが残ることとなる (グラジオメータ)。Fig.1 に通常の会議室の環境ノイズ低減の検討を行った結果を示す。二台の Ch1・Ch2 の TMR センサ信号には、空調が原因であると考えられる数 Hz、約 1 nT の環境ノイズが観測されたが、それぞれのセンサ信号の差をとることでこのノイズ信号を大幅に低減することができた。この低減後の環境ノイズを含んだ磁場分解能は約 40 pT/Hz^{1/2}(@1 Hz)であり、シールドルームを用いない通常的环境下で、心臓の脈拍に伴う MCG の R 波信号 (数十 pT) を数十秒の計測で観測することが十分に可能であると考えられる。

この研究の一部は、科学技術振興機構 (JST) の S-イノベーションプログラムの支援によって行われた。

参考文献

- 1) K. Fujiwara *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 023001 (2018).

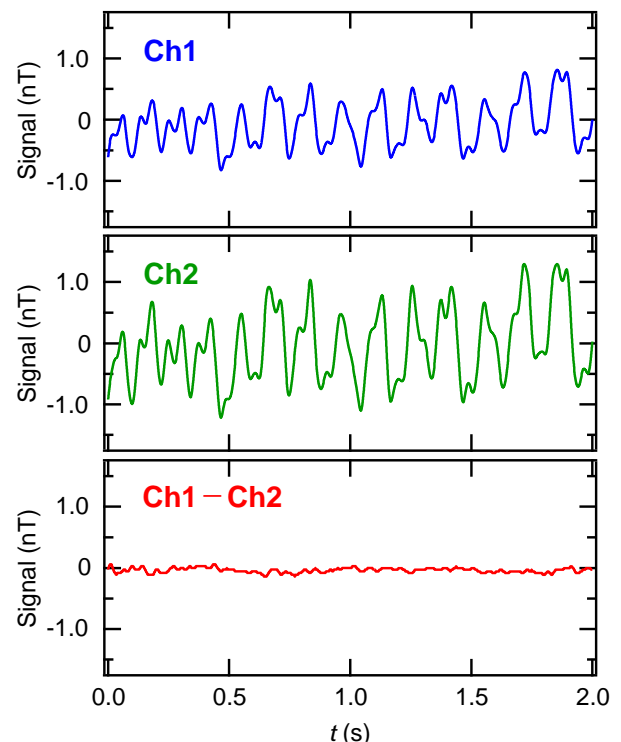


Fig.1 Output waveform of each channel of the TMR sensor.