生体磁場計測のための高感度・低ノイズ TMR 磁気センサの開発

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

スピンセンシングファクトリー(株)[1]，東北大学[2], コニカミノルタ(株)[3]
○藤原 耕輔[1]，大兼 幹彦[2]，チャキル サブリ[1]，熊谷 静似[1]，有本 直[3]，安藤 康夫[1,2]
Spin Sensing Factory Corp.[1], Tohoku Univ.[2], KONICA MINOLTA, INC.[3]
○K. Fujiwara[1], M. Oogane[2], S. Cakir[1], S. Kumagai[1], T. Arimoto[3], and Y. Ando[1,2]
E-mail: kosuke.fujiwara@spintronics.co.jp

強磁性トンネル接合（MTJ）素子を利用したトンネル磁気抵抗（TMR）センサは，室温で動作する高感度な磁気センサである。近年，TMR センサの高感度化を背景として，人体の活動を磁場で検知する，生体磁場測定への応用に大きな期待が集まっている。従来研究において，TMR センサにより，室温下において心臓の電気的活動に起因する心磁図（MCG），および，脳磁図（MEG）の測定に成功している[1]。一方，TMR センサの特徴である，磁気シールドルーム外で，ウェアラブルな生体磁場センサを実現するためには，TMR センサ自身のノイズ低減と，環境磁場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，開発した TMR センサモジュールを用いた生体信号測定の結果と，低ノイズ化のための要素技術開発の結果を報告する。

TMR センサモジュールに用いた MTJ 多層膜は，超高真空スパッタリング装置によって作製した。この MTJ 多層膜は，MgO バリア層を有し，フリー層に CoFeSiB/Ru/CoFeB の 3 層構造を用いている。また, 多数の MTJ 素子を集積することで 1/*f* ノイズを大幅に低減している。作製した TMR センサ素子を低ノイズの増幅，フィルタ回路と組み合わせて，Fig. 1 のような TMR 磁気センサモジュールを制作した。

作製した TMR センサモジュールの磁気分解能は約 7 pT/√Hz @ 1 Hz であった。これを用いた MCG 測定では，心拍によって生じる R ピーク (数 10 pT 程度) が観測され，平均化処理により明確な QRS 波を測定することに成功した。さらに TMR センサのノイズ低減のために，フリー層を非磁性層によって分断した，強磁性/非磁性/強磁性の多層膜フリー層構造の検討を行った。2 つの強磁性体の磁化が静磁気的に結合することで，磁区の発生を抑制し，磁壁の熱揺らぎ起因の磁気ノイズを低減可能である。現在のところ，最適条件下において磁気ノイズを約半分に低減することに成功した。また，環境ノイズのキャンセリングのために，2 つの TMR センサを用いた，グラジオメータの開発も行った。信号源に近いセンサと遠いセンサの出力の差分を計測することで，環境ノイズの劇的な低減に成功した。以上のことから，シールドルームを必要としない高感度磁気センサの実現への可能性を示すことができた。この研究の一部は，科学技術振興機構（JST）の S-イノベプログラムの支援によって行われた。

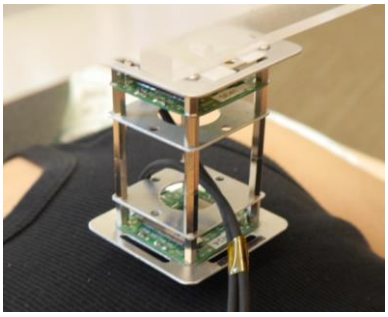

Fig. 1 開発した TMR 磁気センサ

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

© 2020年 応用物理学会