

Society 5.0 に向けた無冷媒心磁界計測用超高感度磁気センサの開発と応用

Development of an ultra-highly sensitive magnetic sensor for a refrigerant-free magnetocardiogram measurement toward Society 5.0 and its application

○芦澤好人¹, 今池 健¹, 五味悠一郎²*Yoshito Ashizawa¹, Takeshi Imaike², Yuichiro Gomi²

A refrigerant-free small-sized magnetic sensor with ultra-high sensitivity has a potential to realize an innovative magnetocardiogram (MCG) measurement for automatic certified biometrics. We investigated (1) magnetoimpedance (MI) sensor materials for increasing signals, (2) detection circuits for reduction of noises, and (3) certification methods from MCG signals.

我々は、Society 5.0 におけるライフログ用途としての心磁界計測用超高感度磁気センサの実現を念頭に、磁気インピーダンス (MI) 効果を用いた磁気センサの開発、及び、本センサにより取得した心磁図 (Magnetocardiogram: MCG) を用いた身体状況の自動識別を目指している。本研究では、上記実現に向けて、(1) 信号を増強する超高感度薄膜磁気センサ材料、(2) 雑音を低減する超高感度磁気センサ信号検出回路、及び (3) 生体信号の解析手法の開発を行った。

(1) 超高感度薄膜磁気センサ材料の開発

センサの出力信号を上げるための MI 効果の観測及び磁性材料の軟磁気特性の向上について、結晶性 Ni-Fe 基合金及びアモルファス Co-Nb-Zr 合金に着目し、軟磁気化の検討を行った。

得られた最大の磁気インピーダンス効果は Ni₇₈Fe₂₂ 薄膜における 51% であり、その際の薄膜の保磁力は 450 A/m であった。この結晶性 Ni-Fe 薄膜について、第 3 元素添加効果による軟磁気化の検討を行い、3 at.%Mo 添加 Ni-Fe 薄膜において飽和磁界 500 A/m、保磁力 60 A/m の優れた軟磁気特性を得た。非晶質 Co-Nb-Zr 薄膜においては、スパッタリングにおける作製条件の検討による結晶化及び組成ずれの抑制により、200 A/m 以下の保磁力を実現し、最大で数%程度の MI 効果を得た。

(2) 超高感度磁気センサ用低雑音回路開発

MI 効果を利用した微弱な心磁界の計測では、磁気雑音の他に信号を増幅するプリアンプの電気雑音が SN 比を決定する主な要因となる。低周波雑音計測

において、出力電流 10 mA の乾電池では 10 Hz 以上で 50 Ω 抵抗の熱雑音以下の特性が得られること、高周波雑音測定において、増幅器は負帰還バイアスの効果で電源の影響がほとんどなく、移相器は移相感度に比例して雑音が増加することを明らかにした。

心電波形から心磁界を模擬した磁界変化を MI センサに印加する装置、及び、ゼロビート法に基づいた手法で高周波信号源が持つ位相雑音をキャンセルし、低周波の磁界変動のみを抽出する高感度検出系を構築した。本装置は 750 MHz ~ 6 GHz の周波数で使用可能で、低周波の磁界変動については DC ~ 800 kHz の帯域幅で検出可能である。高周波電流として 2.5 GHz の正弦波を MI センサに印加した実験で、心磁界を模擬した外部磁界の変化に応じた出力電圧を得ることに成功した。

(3) 生体信号の解析手法の開発

MCG 解析に先立ち、心電図 (Electrocardiogram: ECG) を用いた生体個人認証に、敵対的生成ネットワーク (Generative Adversarial Network: GAN) の使用が可能か検証を行い、6 人分の認証精度の平均において 87.1% の精度で認証可能であることを示した。

そこで、PhysioNet データベースに登録されている 17 人中からランダム抽出した 6 人分の ECG データを用い、MI センサに磁界を印加して心磁界を模擬したダミーデータを生成し、上記認証手法を用いて解析を行った。ダミーデータに含まれるノイズは、2 MHz のデジタルフィルターを通して除去した。模擬 MCG データからは 78.8% の認証精度が得られた。

以上より、MI 効果を用いた無冷媒磁気センサによる MCG を用いた身体状況の自動識別の可能性を示した。

謝辞 本研究は、平成 31 年度理工学部プロジェクト研究助成金の支援を受けた。

参考文献

[1] H. Kikuchi, S. Yabukami, M. Yamaguchi, K. I. Arai, and T. Suzuki: J. Magu Soc. Jpn., Vol. 26 pp.562-565, 2002.