

いつでも どこでも、脳や心臓などの微弱な生体信号を、簡便かつ高感度に測定可能なTMR磁気センサユニットを開発

ポイント

- ・トンネル磁気抵抗型磁気センサ(TMRセンサ)を開発し、0.1ピコテスラ以下の極微弱な生体磁場の計測に成功した。
- ・日常的な生活環境下においても、脳や心臓からの微弱磁場を、大きなノイズの中から抽出して計測できることを実証した。
- ・時間や環境によらず、簡便に利用可能な脳磁計・心磁計が実現され、広範に普及することで医療分野への大きな貢献が期待できる。

◆プロジェクトマネージャー／研究リーダー

安藤 康夫(東北大学)

◆開発リーダー

有本 直(コニカミノルタ株式会社)

課題と目指したこと

超高齢化が進む中、心臓や脳疾患の早期発見・治療が大きな社会的課題の一つとなっています。しかし、現状では心臓、脳の精密検査が可能な施設は大病院に限られており、診察料も高額です。本研究は、日常環境下において、誰もが心臓や脳のチェックを簡便に行うことができる、非侵襲で高感度な生体計測装置の実現を目指すものです。

従来の超伝導量子干渉素子(SQUID)センサによる生体磁場計測は、その有用性は明らかになってきたものの、大掛かりな装置と莫大なランニングコストが普及の妨げとなっていました。また、液体ヘリウム容器が障害となり、センサ部を生体に密着できず、空間分解能を高くできない問題もありました。そこで、室温で動作する多数のトンネル磁気抵抗素子を銜子状に配置し、胸・頭部の皮膚に密着させて心磁場・脳磁場を測定することができる装置を提案しました。この装置の実現により、空間分解能が格段に向上するとともに、安価で実用的な医療機器として飛躍的な普及が期待できます。

高感度と広い動作磁場範囲を両立したTMRセンサの実現が成功の鍵

トンネル磁気抵抗素子を利用したセンサ(TMRセンサ)は、高感度であることに加えて、動作可能磁場範囲(ダイナミックレンジ)が広いことから、地磁気レベルの環境磁場ノイズが存在する状況であっても使用することができます。本プロジェクトによって、地磁気以上のダイナミックレンジを維持しつつ、0.1ピコテスラ以下の極めて微弱な磁場を検出することに成功しました。研究開始当初に比べて、約4桁もセンサ性能を改善したことになります。

開発したTMRセンサを用いて、環境磁場が遮蔽された磁気シールドルームと呼ばれる室内で、室温下で心臓磁場を瞬時に計測できること、さらには、アルファ波由来の脳磁場も検出することに成功しました[1]。さらに、本プロジェクトでは、広ダイナミックレンジを活かした環境ノイズキャンセリング技術も開発し、磁気シールドルームを用いることなく、一般的な会議室内においても、環境に溢れるノイズからヒトの心臓磁場信号を抽出して計測することに成功しました。[1] K. Fujiwara and Y. Ando et al., APEX (2018)

画期的な脳磁計・心磁計の実現と広がる応用の可能性

本プロジェクトの研究成果により、磁気シールドルームの無い、一般的な日常生活環境下においても、微弱な生体磁場の計測ができるようになりました。また、心電図のように電極をとりつける手間も必要ないことから、非常に簡便に測定をすることが可能です。将来的には、職場や一般家庭であっても心臓や脳の状態を日常的にチェックすることができるようになり、心臓や脳疾患の早期発見、治療につながります。また、脳磁測定用センサと同一の素子を用いて、超低磁場下で核磁気共鳴(NMR)信号の観測にも成功しており、将来的に極めてコンパクトな磁気共鳴画像診断法(MRI)の実現が期待されます。

開発した小型・低消費電力・高感度・広ダイナミックレンジの特徴を有するTMRセンサの応用範囲は、生体磁場計測装置にとどまりません。インフラ構造物中の劣化を非破壊で検査可能な装置、微小電流から大電流まで高精度にモニタリング可能な電流センサデバイスなど、様々な分野での応用展開が期待されています。

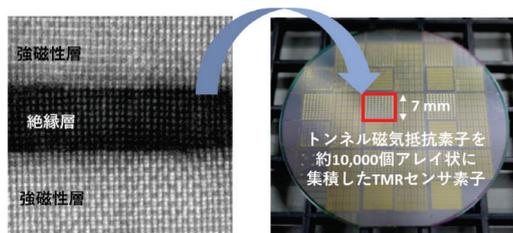
関連情報の一例

プレスリリース <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2020/12/press20201214-01-mtj.html> ↓
 「心臓の微弱な生体磁気情報を日常生活環境下において簡便に検出する技術を開発」

JSTnews 2015年11月号

https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2015/201511/pdf/2015_11_p04.pdf

「小型心磁計の発明が心臓病の診断を変える」



開発したトンネル磁気抵抗多層膜の断面電子顕微鏡像(左)と3inchウェハ上に作製した7mm角のTMRアレイセンサ(右)

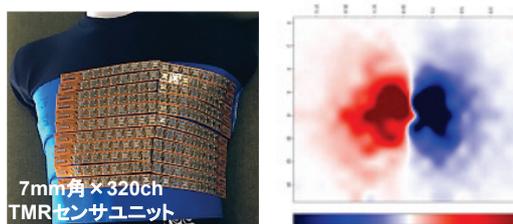


簡便に検査が可能であるが、空間分解能が低い (Current ECG measurement)

空間分解能の高い信号が得られるが、大がかりな設備が必要 → 普及の障害 (Traditional MEG measurement)



TMRセンサを用いた画期的な脳磁場・心臓磁場測定装置が実現する将来像



製作した320ch-TMRセンサユニットと心磁マッピング結果(上)
 今後開発を計画しているTMR脳磁計のイメージ(下)