

トンネル磁気抵抗センサによるサブピコテスラ磁界検出

Sub-pT magnetic field detection by tunnel magneto-resistive sensors

東北大工¹, スピンセンシングファクトリー(株)², 東北大医³, コニカミノルタ(株)⁴,
東北大AIMR⁵, 東北大CSIS⁶, ○大兼 幹彦^{1,6}, 藤原 耕輔², 菅野 彰剛¹, 中野 貴文¹, 我妻 宏²,
有本 直⁴, 水上 成美^{5,6}, 熊谷 静似², 松崎 斉^{1,2}, 中里 信和³, 安藤 康夫^{1,6}

¹Graduate School of Engineering, Tohoku Univ., ²Spin Sensing Factory Corp.,

³Tohoku Univ. School of Medicine, ⁴Konica Minolta Inc., ⁵AIMR, Tohoku Univ., ⁶CSIS, Tohoku Univ.

○M. Oogane^{1,6}, K. Fujiwara², A. Kanno¹, T. Nakano¹, H. Wagatsuma², T. Arimoto⁴, S. Mizukami^{5,6},
S. Kumagai², H. Matsuzaki^{1,2}, N. Nakasato³, and Y. Ando^{1,6}, E-mail: mikihiro.oogane.e4@tohoku.ac.jp

強磁性トンネル接合 (Magnetic Tunnel Junctions: MTJs) を用いたトンネル磁気抵抗センサ (TMR センサ) は、室温で動作可能な小型・低消費電力の磁気センサである。近年の TMR センサの飛躍的な高感度化により、人体の電氣的活動に起因する生体磁場を、室温下で計測する装置の実現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) の計測に関する報告をしてきたが[1]、受賞対象論文では、さらに高感度な TMR センサを実現したことを報告した[2]。

我々は、磁束収束構造 (MFC) を用いた TMR センサにおいて、1 Hz において $0.9 \text{ pT/Hz}^{0.5}$ の世界最高の磁場分解能を実現した (図 1)。低周波数領域において、高い磁場分解能の TMR センサを用いることで、脳磁信号 (体性感覚誘発反応) を少ない積算回数で計測することに成功した[3]。また、この TMR センサは、図 1 に示す通り、kHz 帯域では、 $0.1 \text{ pT/Hz}^{0.5}$ 以下の極めて高い磁場分解能を有している。体中のプロトンは、地磁気程度の微弱磁場下において、1~3 kHz の周波数で核磁気共鳴 (NMR) を生じるが、この NMR 信号を TMR センサによって世界で初めて測定することに成功した (図 2)。これらにより、TMR センサを用いて、脳磁信号と NMR を利用した核磁気共鳴像 (MRI) を同一装置で測定可能であることが示された。講演では、これらの受賞対象の成果に加えて、最近の研究の進展についても紹介する。本研究は、NEDO 先導研究プログラム、サポイン、東北大学 CSIS、CSRN および CIES の支援を受けて行われた。

[1] K. Fujiwara *et al.*, Appl. Phys. Express 11, 023001 (2018). [2] M. Oogane *et al.*, Appl. Phys. Express 14, 123002 (2021). [3] A. Kanno *et al.*, Scientific Reports, 12, 6106 (2022).

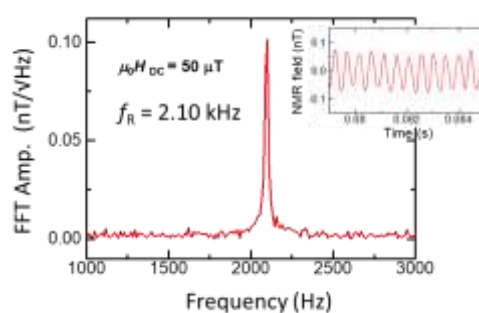
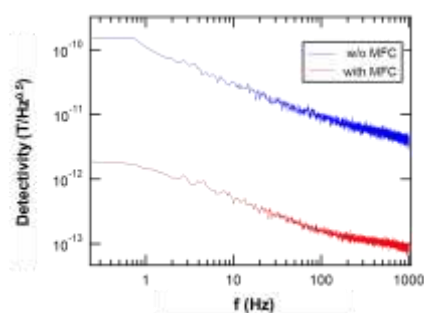


図 1 MFC 構造を用いた TMR センサの磁場分解能 図 2 TMR センサで測定したプロトン NMR 信号