

光学式磁界センサとフラックストランスフォーマーを用いた遠隔磁界計測

1210102 田中 明斗 (光計測工学研究室)

(指導教員 田上 周路 准教授)

1. 遠隔計測の目的

近年、光学式磁界センサ(OPAM)は冷却装置を必要としないことから次世代磁界センサとして期待されている。しかし試料およびセンサを設置する静磁場の調整が必要であり、方向や強度が変化すると共鳴周波数の相違により計測感度が低下する。この問題に対してフラックストランスフォーマー(FT)を用いた遠隔計測法が提案されている。本研究ではFTを用いるために必要なコイル設計について検討し、OPAMを用いた遠隔磁界計測の実証を目的とする。

2. 計算による検討

FTを構成する入出力コイルについて、円筒に導線を密に巻き付けることによってソレノイドコイルを形成することを想定した。測定対象となる磁界の周波数は、100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHzで変化させた。共振用コンデンサは実際に等価直列抵抗を測定し、測定には日置電機株式会社のLCRメータIM3523で実測した。入出力コイルの銅線抵抗は、表皮効果と近接効果を見積もった交流抵抗によって計算した。[1][2]ノイズはOPAM実験系の実測値とした。図1に計算結果を示す。

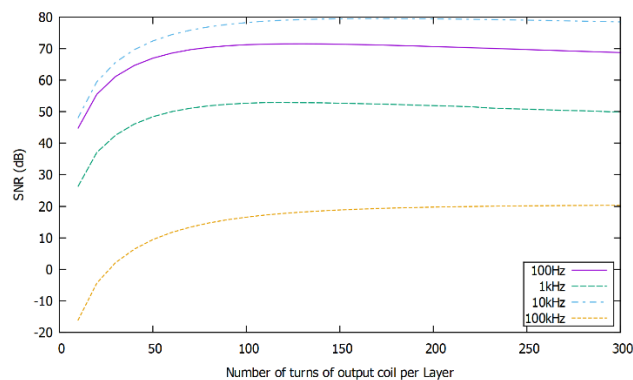


図1 信号対雑音比

信号強度、SNRを計算し、FT回路の最適な設計について考察すると、各共振周波数で出力コイルの巻き数に対して、SNRがピークを持つことが確認できた。

3. 測定実験

図2に実験系の概略図を示す。測定対象となる磁界は20回巻コイル(内径28mm)にファンクションジェネレータを接続することで発生させた。発生させた磁界はFTの入力用コイル(内径6mm、200回巻)に入力し、出力コイルをOPAMのセンサ部に被せて測定を行った。図3に周波数10kHzでの計算結果と測定実験結果の比較を行った。

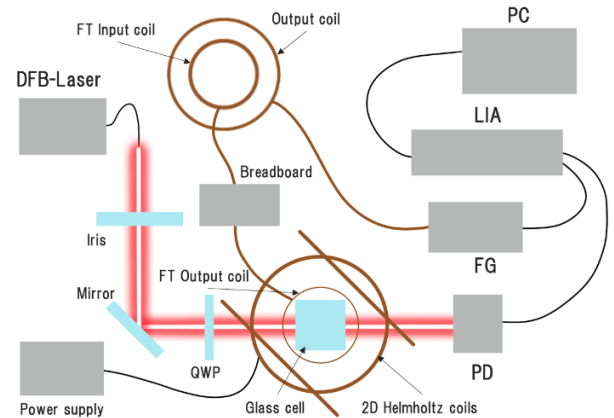


図2 FTを組み込んだOPAM実験系の概略図

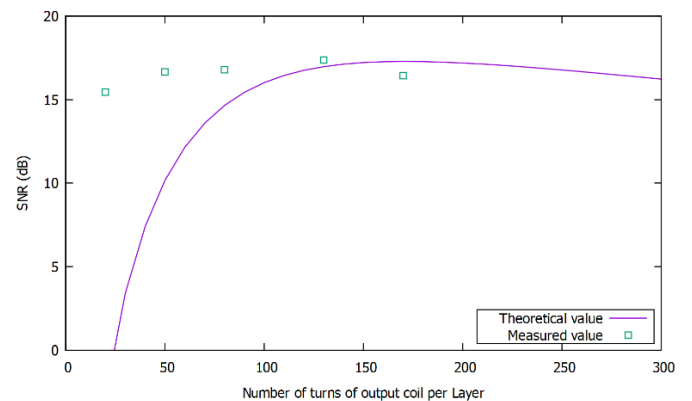


図3 理論値と実測値におけるSNRの比較

測定実験では130回巻でSNRが最大となる特性を示した。出力コイルの巻き数が増加していくと静磁場に対するFT出力コイルの磁界強度が増加して効率的に磁気共鳴を利用できなくなる可能性がある。そのためSNRは計算結果より少ない巻き数でピークを持つと考えられる。

4. まとめ

OPAMを用いてFTの実証を行った。10kHzで遠隔磁界計測を実現できた。周波数が100Hz、100kHzの場合は、共振用コンデンサの容量が数極端に小さな容量や大きな容量が必要となり物理的に共振回路に組み込むことが難しかった。また、1kHzの場合、OPAMの出力信号強度が最大となる静磁場が調整できなかった。今後、より低周波の信号を測定できる系の構築を目指したい。

参考文献

[1] 森口司, 笈田武範, 小林哲生, 「原子磁気センサとフラックストランスフォーマーを用いた遠隔超低磁場 NMR 信号計測の感度向上」, IEICE Tech.rep., MBE2018-30
 [2] J.A. Ferreira, "Improved Analytical Modeling of Conductive Losses in Magnetic Components", IEEE Trans. Power Electron., 9(1), 1994