

高バランスグラジオメータ用交差型 HTS-SQUID インダクタの検討

Investigation of a gradiometric HTS-SQUID for highly balanced gradiometer

超電導センシング組合[○]塚本 晃、安達 成司、波頭 経裕、押久保 靖夫、田辺 圭一

SUSTERA,[‡] Akira Tsukamoto, Seiji Adachi, Tsunehiro Hato, Yasuo Oshikubo, and Keiichi Tanabe

E-mail: tsukamot@sustera.or.jp

我々は資源探査などへの応用が可能な地磁気中移動環境下で長時間安定動作できる HTS-SQUID 磁気センサの開発を進めている。地磁気中での姿勢変動により生じる大きな磁場変化の影響を低減するためには、磁場偏差に対してのみ感度を持つ高バランスなグラジオメータが必要と考えている。通常の HTS-SQUID 直結型薄膜グラジオメータでは、SQUID インダクタ(図 1)が均一な磁場に対して感度を有するため 1/10000 以下の高いバランスを得るのが困難であった。本研究では、SQUID インダクタの均一磁場感度を低減させるため交差型構造の SQUID インダクタを検討した。

図 2 に試作した素子構造 (A1~A3) を示す。ランプエッジ接合 (JJ) とクロスオーバー構造が含まれており、超電導層 2 層の多層プロセスで作製した。2 つの JJ を接続する上部配線で下部配線进行り越えて 8 の字型の SQUID インダクタが形成されている。上部ループと下部ループに鎖交した磁束が打ち消すため、均一磁場感度を低減できる。A2 構造に対して、A1 構造は上のループが 5 μm 短く、A3 構造は下のループが 5 μm 短くなっている。液体窒素冷却した素子を電流注入フィードバックで FLL 回路に接続し、均一磁場に対する感度を表す有効面積 (A_{eff}) と SQUID インダクタンス (L_{SQ}) を測定した。

図 3 に測定結果を示す。 L_{SQ} は従来構造 (約 60pH) よりも若干増加し、70pH 程度であった。 A_{eff} は A1 構造から A3 構造へほぼ直線的に増加しており、A1, A2 構造では A_{eff} が従来よりも一桁以上小さな 50 μm^2 以下の値が得られた。また、A1 構造と A2 構造の間で A_{eff} の符号が反転しており、二つの間に A_{eff} がゼロになる理想的な構造があることになる。検出コイルを付けたグラジオメータの磁場偏差に対する有効面積が 0.1mm² 程度とすると、1/10000 以下のバランスを得るには SQUID インダクタの A_{eff} が 10 μm^2 以下である必要がある。今回の実験では、ループ長さ 1 μm 当たりの A_{eff} の変化量は約 15 μm^2 であり、ループ長を 1 μm 刻みで調整できれば 10 μm^2 以下の A_{eff} が十分実現可能と考えられる。

謝辞 本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度の支援を受けたものである。

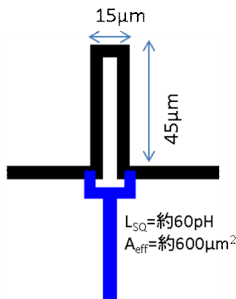


図1 従来のSQUIDインダクタ構造

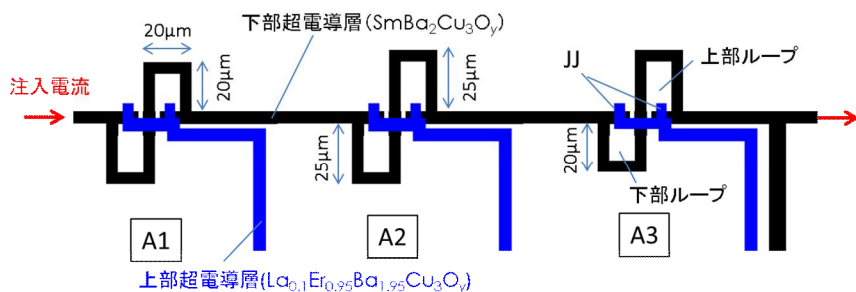


図2 試作した交差型構造のSQUIDインダクタの構造

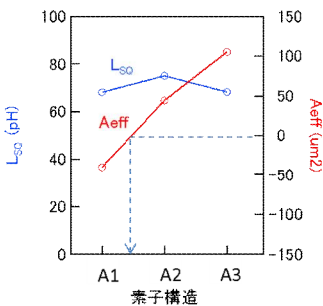


図3 交差型SQUIDのL_{SQ}とA_{eff}