



フリップチップ型2直列SQUIDマグネットメータの性能改善と評価

メタデータ	言語: jpn 出版者: 応用物理学会北海道支部 公開日: 2016-05-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤原, 達平, 大滝, 慧介, 松田, 瑞史 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008894

フリップチップ型 2 直列 SQUID マグネトメータの性能改善と評価

室蘭工業大学 ○藤原 達平 大滝 慧介 松田 瑞史

1. はじめに

酸化物高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO) を用いた SQUID 磁束センサは、液体窒素中で動作可能なため従来の金属低温超伝導 SQUID に比べて冷却コストを低減できる。しかし動作温度が 77K と高いため、熱雑音がやや大きく、また SQUID 本体のみでは磁場検出面積が小さい。このため当研究室では、SQUID の直列化により変調電圧 ΔV を増大させることで S/N 比の向上と、大面積磁場検出コイルと貼合せ磁気結合させてフリップチップ型直列 SQUID マグネトメータ構造とすることで有効磁場検出面積の増大を試みてきた。本研究では、更なるマグネトメータの高感度化のために、貼合せ時の磁気結合度 k の向上を目指して Y_2O_3 絶縁膜厚を 200nm から 80nm に薄くすることを試みた。

2. 動作原理

dc-SQUID では 2 つのジョセフソン接合が超伝導ループで並列に接続されており、印加磁束 Φ の変化をセンサ出力である変調電圧 ΔV として取り出す。図 1 のように特性の揃った n 個の dc-SQUID を直列に接続した場合、直列 SQUID 全体の出力電圧は個々の SQUID の ΔV の和で表され、単一 SQUID の n 倍となる。一方、SQUID の抵抗成分におけるランダム熱雑音の大きさは帯域当たりの電圧換算では \sqrt{n} 倍のみ増加するため、S/N 比は単一 SQUID に比べて \sqrt{n} 倍向上することが期待できる。また、フリップチップ型では磁場検出コイルを直列 SQUID に貼合せることによって有効面積の増大を図るが、貼合せ前の有効面積は SQUID のループ面積

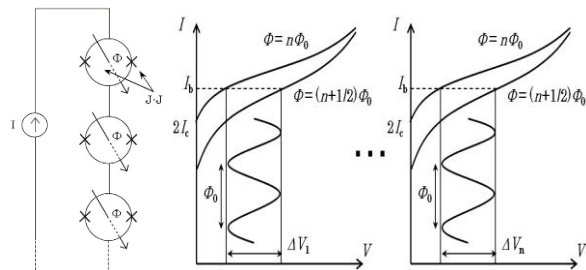


図 1 直列 SQUID の概略図とその出力変調電圧

を A_s とすると $4.3A_s$ であるのに対して、貼合せ後は磁束伝達効率を η 、磁場検出コイルのループ面積を A_p とすると ηA_p となる。ここで η 値は磁気結合度 k と現在用いている SQUID と磁場検出コイルパターンのインダクタンスより $4.07k \times 10^{-6}$ と計算されるので、貼合せ前と比べると $(\eta A_p / 4.3A_s) = 37.6k$ 倍に有効磁場面積を増大させることが出来る。

3. 実験結果

表 1 は得られた 2 直列マグネトメータの測定結果である。比較のため接合角度 24° のバイクリスタル基板を用いたデバイスのデータも示してあるが、 $2I_c$ 値が大きく、ノーマル抵抗 $2(R_n/2)$ が小さかったため、今回は接合角度 30° の基板を使用した。接合角度の変更により SQUID 変調電圧 ΔV の値は向上している。図 2 の様に SQUID に磁束量子 Φ_0 [Wb] を伝達するのに必要な外部磁場印加コイル電流を I_{coil} と定義すると、貼合せによりこの値すなわち磁場感度が 10.6 倍向上したことがわかる。また、検出コイルに直接電流を流し込んで得られた磁気結合度 k 値は 0.278 となった。これは Y_2O_3 絶縁膜が 200nm と厚い時の値 (0.272) とほぼ変わらないため、SQUID-検出両コイル間隔は Y_2O_3 絶縁膜厚だけではなく貼合わせに用いた電子ビームレジストの粘性によって支配されている可能性が考えられる。

表 1 2 直列 SQUID マグネータの測定結果

接合角度	ΔV [μV]	$2I_c$ [μA]	$2(R_n/2)$ [Ω]
24°	8.0	94	3.9
30°	15	55	5.0

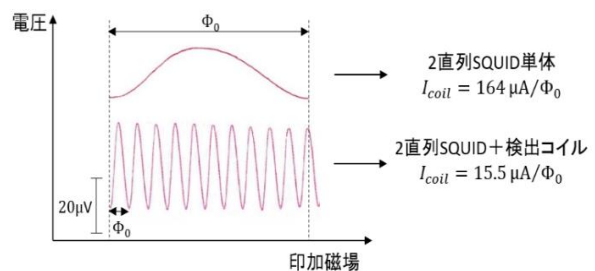


図 2 貼合せ前と貼合せ後の V - Φ 特性