

高温超伝導 SQUID の高スルーレート化のための減圧制御液体窒素 容器の検討

Decompression liquid nitrogen Dewar for improvement of slew-rate of
HTS-SQUIDs

超電導センシング技術研究組合 〇波頭経裕, 塚本晃, 田辺圭一

SUSTERA 〇T. Hato, A. Tsukamoto, K. Tanabe

E-mail: hato@sustera.or.jp

我々は現在、社会インフラ保全のための橋梁検査システムの開発を行っている[1]。社会インフラや産業インフラの検査システムは、資源探査とは異なり、ノイズの大きな環境での使用を余儀なくされる。磁場が大きく変化の中で安定した計測を行うためには、スルーレートの向上が求められる。低温超伝導 SQUID のスルーレートが 100mT/s に迫るのに対し、高温超伝導 SQUID のそれは 77K では 10mT/s 程度以下にとどまる。冷凍機を用いてより低温で動作させれば、スルーレートの向上を見込めるが、電源や冷凍機の発するノイズも課題となる。そこで、通常は液体窒素を用いて 77K で動作させながら、必要に応じてスルーレートを簡便に向上させる手段として、減圧制御で SQUID を運用することが可能かどうか検証した。

図 1 に試作したシステムの概略を示す。Pt-Co 温度センサで計測された温度から、DC12V 入力の小型ポンプを用いて減圧し、ガラスデュワから構成された密閉容器内温度を PID 制御する。容器の大きさは、直径 140mm、高さ 370mm で、液体窒素容量は約 1.5L である。この容器の液体窒素保持時間は 60 時間である。減圧して 73K に 30 時間維持し液体窒素減少量を比較したが、両者の減少量は変わらなかった。これは減圧による蒸発量が、デュワへの熱流入による蒸発と比較して十分に小さいためと考えられる。図 2 に各温度に対する SQUID の変調電圧幅 ΔV とスルーレートの計測結果を示す。スルーレートは 77K で 3.2mT/s に対し、73K では 6mT/s とおよそ 2 倍に改善した。また、75K に約 10 時間保持した場合の温度変化は±

0.07K で、この間、SQUID のロックが外れることもなく、SQUID の動作も安定であることが確認できた。

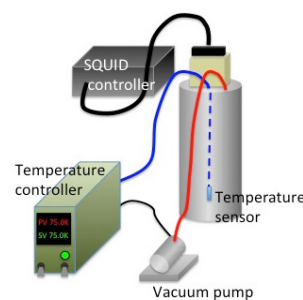


Fig.1. Schematic diagram of a PID-controlled decompression Dewar.

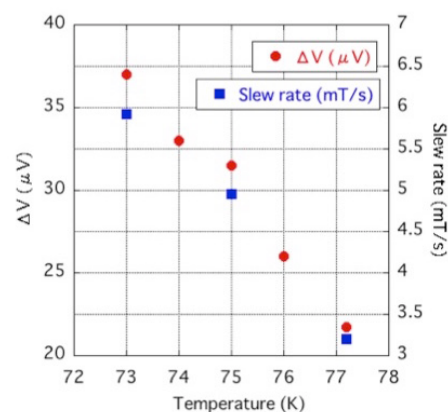


Fig.2. Temperature dependence of ΔV and slew rate.

これらの結果は、今後のインフラ保全用の高温超伝導 SQUID システム開発に有用であると考えている。ノイズに関する詳細は当日報告する。

謝辞 本研究は、JST の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」で行われた。

[1]塚本, 波頭 他, 第 78 回 応用物理学会 秋季学術講演会 6p-S43-1 (2017).