

局所領域の電気化学インピーダンス評価に向けた
HTS-SQUID による微小領域磁場計測装置の開発

Development of HTS-SQUID Based Measurement System of Localized Magnetic Field for Evaluating Localized Electrochemical Impedance

岡山大学 堀 健司, 青木 良太, 王 璿, 紀和 利彦, 塚田 啓二

Okayama Univ. [○]Kenji Sakai, Ryota Aoki, Jin Wang, Toshihiko Kiwa, Keiji Tsukada

E-mail: sakai-k@okayama-u.ac.jp

1. はじめに

電気化学インピーダンス法は、デバイスの各界面における電気化学反応を詳細に評価可能であり、各種電池の解析等に幅広く用いられている。しかし、一般的な電気化学インピーダンス測定法は電極間の電圧・電流を測定するため、試料内部の限られた領域を評価することは困難である。これまでに著者らは、交流電流が作る微小磁場を超高感度磁気センサのSQUIDで計測し、非破壊、非接触で電気化学インピーダンスを推定することを提案した [1]。しかし、これまでの装置は空間分解能向上に限界があるとともに、測定周波数範囲も限られていた。

そこで今回は、磁場検出部に針状のプロブを用いて微小領域の磁場を検出し、100 Hz～1 MHzの広い周波数範囲で計測が可能な磁場計測システムを開発したので報告する。

2. 装置構成および実験方法

Fig. 1 に開発した装置構成を示す。磁場の検出部には高透磁率材料の軟磁性体と樹脂の複合体を使用し、一方の先端を針状に加工した。この複合体は抵抗率が高く、高周波領域における渦電流の影響が少ないため、高周波領域でもプローブ内に磁束が侵入し磁場の計測が可能である。このプローブに検出コイルを巻付け、検出コイルと HTS-SQUID チップ内の入力コイルを直列に接続することで、プローブ先端の交流磁場を SQUID により検出した。

装置の特性評価のため、発振器を用いて CR 回路に 1 V_{pp} の交流電圧を印加し、回路を流れる交流電流が作る磁場をロックインアンプにより測定した。また、インピーダンスとの相関性を評価するため、測定した磁場 B の逆数 $1/B$ ($=R + jX$) を求めた。

3. 実験結果

100 Hz~1 MHz で測定した CR 回路の $1/B$ を Fig. 2 に示す。測定周波数範囲で 2 つの半円が確認できた。これは、CR 回路の各素子から計算した交流インピーダンスの周波数に対応しており、測定周波数範囲で交流インピーダンスと相関性のある磁場応答を取得できることが分かった。また、ライン測定の結果より、磁場検出部に針状プローブを用いたことで空間分解能が向上することも分かった。従って、開発したシステムが局所領域の電気化学インピーダンスの評価に適用可能と考えられる。

本研究は JSPS 科研費 18K04168 の助成を受けて実施したものである。

参考文献

[1] K. Sakai, *et al.*, *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 28, 1600905 (2018)

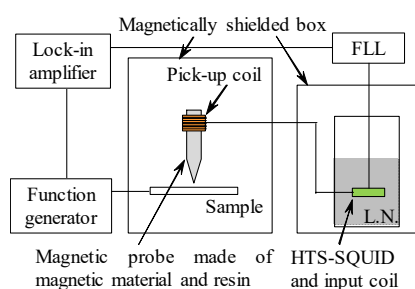


Fig. 1 Configuration of the developed system.

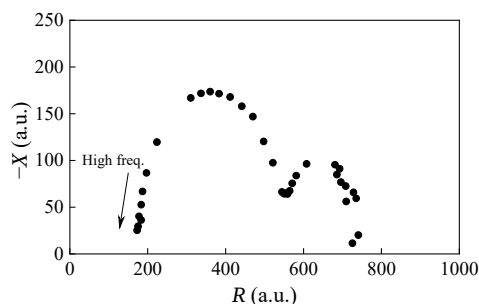


Fig. 2 Cole-cole plots of $1 / \mathbf{B}$ for CR circuit.