

高 Q 値超伝導バルクコイルの基礎検討

The Basic Study on High Q Factor Coil Using Superconducting Bulk

○藤田 貴紀, 關谷 尚人(山梨大工)

○Takanori Fujita, Naoto Sekiya (Yamanashi Univ.)

E-mail: nsekiya@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

昨今, ワイヤレス電力伝送(WPT)が注目されている。WPTの伝送効率はQ値($=\omega L/R$)と結合係数 k の積で決まる。WPTの効率改善の一つの方法として送受信コイルの高Q値化がある。しかし, 銅コイルの抵抗をさらに下げる事は困難であるため, コイルの高Q値化は望めない。これに対して, 我々は高Q値コイルの実現を目的に, 超伝導線材を用いる方法を提案し, 従来の超伝導線材を2枚重ね合わせることで飛躍的にQ値が改善されることを明らかにした[1]。しかし, 2枚の超伝導線材を重ね合わせる必要があり, 実装面の課題がある。

そこで, 高Q値コイルをより容易に実現する新しい方法として, 超伝導バルクを用いたコイルに着目し, 高Q値を実現するために必要な構造を検討したので報告する。

2. 超伝導バルクコイルの構造の検討

図1に示す超伝導バルクコイルの線幅 w [mm]とギャップ g [mm]がコイルのQ値に与える影響について電磁界シミュレータで解析した。ここから得られた結果を図2に示す。ただし, コイルの物理的強度を考慮し, w の最小値を1.5 mmとした。図2より, g を広げ w を減少させることでQ値が改善することを確認した。特に $g=1.5$ mm, $w=1.5$ mmのときに約32000で, これは同様に最適化した銅のQ値の30倍である。

3. 超伝導バルクコイルの支持材の検討

超伝導バルクコイルの厚さは約1 mm程度であり, 自立してコイル形状を保てないため, 支持材を必要とすることから, 支持材を含めた超伝導バルクコイルのQ値について検討した。まず, 図3のようにコイルの両側を誘電体で挟み込んだ構造で, 誘電体の誘電体損失がコイルに与える影響を解析した。図3より誘電体損失が 1×10^{-6} 以下のとき, コイルのQ値にほぼ影響しないことを明らかにした。次に, 誘電体の比誘電率がコイルの共振周波数に与える影響について検討を行った。図4より, 比誘電率が大きい程, コイル直径(104 mm)を大きくすることなく, 共振周波数を低くできることを示した。

4. 超伝導バルクコイルの測定

予備実験として, 日本製鉄で製造された w と g を最適化していない超伝導バルクコイルのQ値を液体窒素(77 K)温度で測定し, 導電率をシミュレーションから推定した。超伝導バルクコイルのQ値, 導電率, 測定方法の詳細は当日述べる。

5. まとめ

本稿では高周波で高Q値超伝導バルクコイルを実現するための構造について報告した。コイルの線幅 w とギャップ g を適切に選択することで超伝導バルクコイルのQ値は銅と比較して30倍になることをシミュレーションより明らかにした。

謝辞

本研究は総務省SCOPE(181603014)の委託を受けて実施された。

参考文献

- [1] N. Sekiya, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 27, no. 4 (2017)

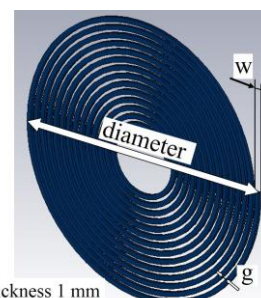


Fig. 1. The structure of superconducting bulk coil

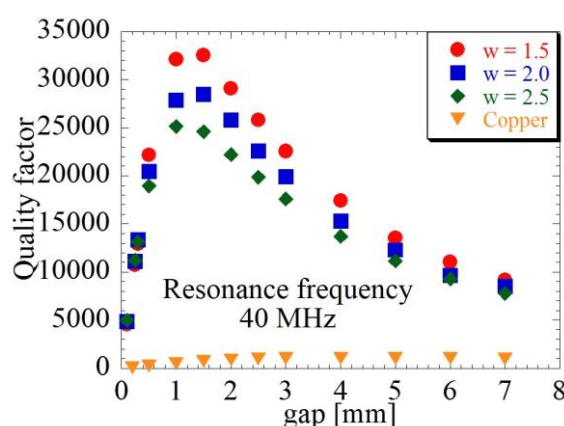


Fig. 2. Q factor dependences on the gap of the bulk coil

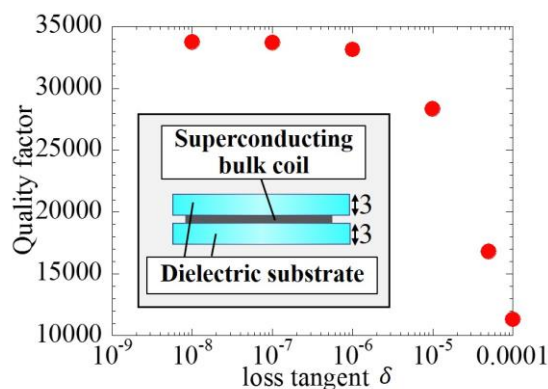


Fig. 3. Q factor dependence on the loss tangent

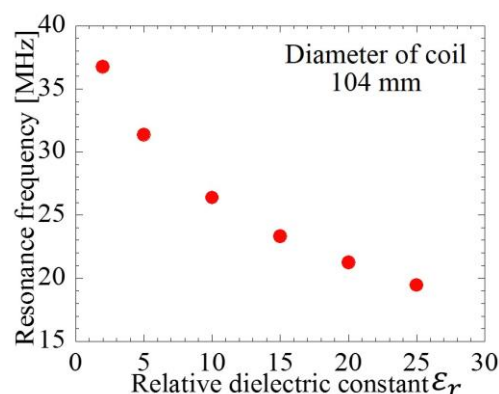


Fig. 4. Resonance frequency dependence on the ϵ_r