

高 Q 値コイルを実現するための高周波用新規超伝導線材構造の開発 Development of novel superconducting wire structure for high quality factor coils at high frequency

關谷 尚人, 文珠川 祐輝 (山梨大工)

Naoto SEKIYA and Yuki MONJUGAWA (Yamanashi Univ.)

E-mail: nsekiya@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

高周波 (数 KHz~数 100 MHz) で用いられる共振器には MRI や NMR のピックアップコイル, 核四極共鳴を用いた爆発物探知装置の検出コイル, 近年注目を集めているワイレス電力伝送 (WPT) に用いられる送受電コイルなどがある. これら装置の性能を改善する方法は高い Q 値 (導体損失の小さい) のコイルを用いることである. しかしながら, これらコイルには銅線が用いられているため, これ以上高い Q 値を実現できない問題があった. これに対して, 我々は希土類系超伝導線材を用いてコイルを作製し高 Q 値の実現を目指した. しかし, 従来の超伝導線材は超伝導層の表面に安定化層 (銅) や保護層 (銀) があるため, 表皮効果によって, 超伝導層に電流が流れず高い Q 値を実現できないことがわかった[1].

そこで, 本稿では高周波で導体損失の小さい新規超伝導線材構造を提案し, それを用いた共振器の Q 値が飛躍的に改善することをシミュレーションによって明らかにした. 加えて, 提案構造の有効性を明らかにするための基礎的な実証実験を行ったので報告する.

2. 提案構造

図 1(a)に提案する超伝導線材の構造を示す. 提案構造はハステロイの両面に超伝導層が形成されている構造である. こうすることで導体の表面を超伝導層で囲むことになるため, 導体損失を低減することができ, 高い Q 値を実現できると考えられる.

3. シミュレーション

提案線材構造を用いた共振器 (コイル) が高い Q 値を実現できることを確かめるために, 3 次元電磁界シミュレータ (MW-STUDIO) を用いてシミュレーションを行った. シミュレーションに使用したコイル形状を図 1(d)に示す. 共振周波数を 10 MHz とした. また, 比較のために従来の超伝導線材の安定化層 (銅) と保護膜 (銀) を取った構造 (図 1(b)) 及び銅テープ (図 1(c)) でも同様にコイルを設計し, Q 値を求めた. このとき, 各部の導電率は超伝導層が 9.0×10^{11} S/m[2]とし, ハステロイ (77 K) は 8.3×10^5 S/m[3], 銅 (77 K) は 5.0×10^8 S/m[4]とした. 図 2 にシミュレーションから得られた各コイルの Q 値をまとめた. その結果, 提案構造を用いたコイルの Q 値が他のコイルと比較して飛躍的に高いことが明らかとなった. 実験結果などの詳細は当日述べる.

4. まとめ

高周波で導体損失が低い新規超伝導線材構造を提案し, その構造を用いたコイルの Q 値が飛躍的に高いことをシミュレーションによって明らかにした.

謝辞

本研究の一部は 2016 年度パワーアカデミー研究助成「萌芽研究」の援助を受けて行われた.

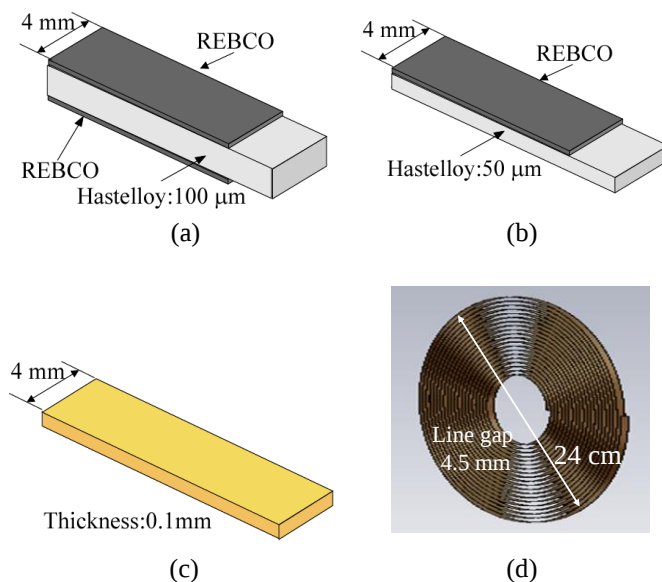


図 1 (a)提案する線材構造, (b)従来の線材構造, (c)銅線, (d)コイル形状

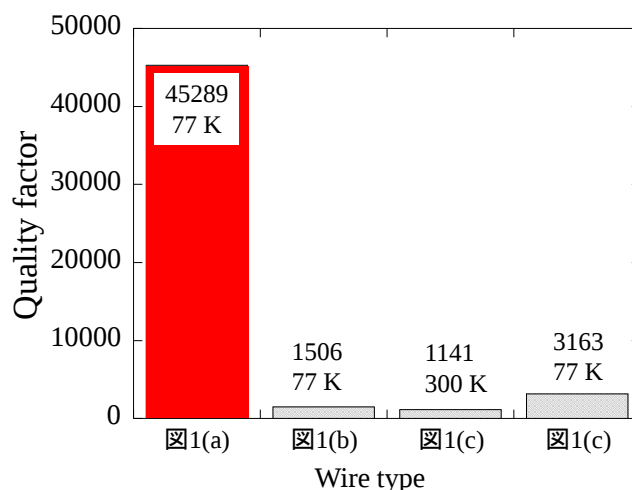


図 2 各線材を用いたコイルの Q 値

参考文献

- [1] 文珠川祐輝 他, 超伝導エレクトロニクス研究会, SCE2016-6(2016-04), pp.31-35, 2016.
- [2] J. Fang, et al, IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 12, no. 2, pp.1823-1827, 2002.
- [3] J. Lu, et al, Journal of Applied Physics, vol. 103, 064908, 2008.
- [4] R. A. Matula, J.phys. Chem. Ref. Data, vol. 8, pp. 1147-1298, 1979.