

高Q値超伝導共振器を用いた高効率電界共振結合方式無線電力伝送

High Efficiency Electric Resonance Coupling Wireless Power Transfer System

Using High Quality Factor Superconducting Resonators

山梨大工¹ ○(M2) 高橋 俊一¹, 作間 啓太¹, 關谷 尚人¹

Yamanashi Univ.¹, ○Shunichi Takahashi¹, Keita Sakuma¹, Naoto Sekiya¹

E-mail: g23te015@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

電界共振結合方式無線電力伝送(Electric Resonance Coupling Wireless Power Transfer : ERC-WPT)は、電気自動車などへの非接触での給電が注目されているが、伝送距離が短いとされ、伝送効率の改善が課題となっている。ERC-WPTの伝送効率の改善には共振器(コイルと電極板で構成)のQ値向上が必要となる。しかしながら、共振用コイルに銅のコイルを用いた共振器のQ値の向上には限界がある。

これに対して、我々はこれまで困難であった高周波でも低損失を実現できる高周波用超伝導線材を開発し、これを用いたコイルが非常に高Q値(銅コイルの約20倍)となることを明らかにした[1]。そこで、本線材を用いたERC-WPT用高Q値共振器を開発し、これを、ERC-WPTに用いることで伝送効率の大幅な向上を図った。本研究はERC-WPTに超伝導線材を用いた最初の研究である。

2. 超伝導コイルを用いた共振器の設計

共振器の設計には3次元電磁界シミュレータ(CST STUDIO)を用いた。図1に設計した共振器の形状を示す。コイルの開放端に電極板を接続しており、コイルのインダクタンスと全体の寄生容量によってLC共振させ、共振器を形成している。

初めに、共振器のQ値に影響する部分として共振用コイル、電極板と共振器を接続するリード線、電極板の3部分に注目し、各部分の材料を超伝導体と銅にそれぞれ変えることで各部分の材料がQ値に与える影響を確認した。その結果、最もQ値に影響するのはコイル部分であり、電極板部分の導電率は共振器のQ値にほぼ影響しないことを明らかにした。そのため共振器は超伝導線材を共振用コイルとリード線に用いて、電極板部分に銅を用いる構成とした。

3. 超伝導共振器のQ値とERC-WPTの伝送効率の測定結果

設計をもとに作製した高Q値共振器のQ値の測定値は送電側、受電側それぞれで $Q_1=9253$, $Q_2=11051$ (共振周波数7.2 MHz)となり、これらの相乗平均値は銅の送受電共振器の約13倍であり大幅なQ値の改善を達成した。

また、図2に送受電に銅共振器同士と高Q値超

伝導共振器同士を用いたERC-WPTの伝送距離に対する伝送効率の測定結果を示す。伝送距離100 cmの時の伝送効率は高Q値共振器同士によるものが82%、銅の共振器同士によるものが35%となり、大幅な伝送効率の改善を確認した。

4. まとめ

ERC-WPTに用いる高Q値超伝導共振器を開発した。共振器はコイルとリード線部分の損失によるQ値への影響が大きく、この部分に超伝導線材を用いて作製した共振器のQ値は全て銅の共振器の約13倍まで改善した。また、この共振器を用いたERC-WPTの伝送効率は銅共振器を用いた場合に対して大幅に改善し、超伝導線材を用いたERC-WPTの高効率化を実証した。

参考文献

- [1] N. Sekiya et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 33, no. 3 (2023)

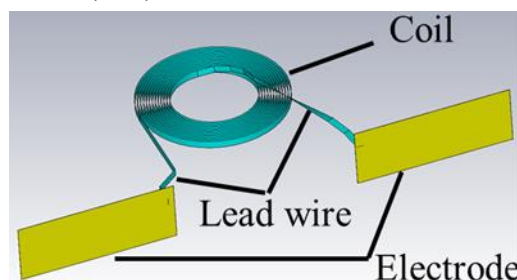


Fig. 1. Resonator structure

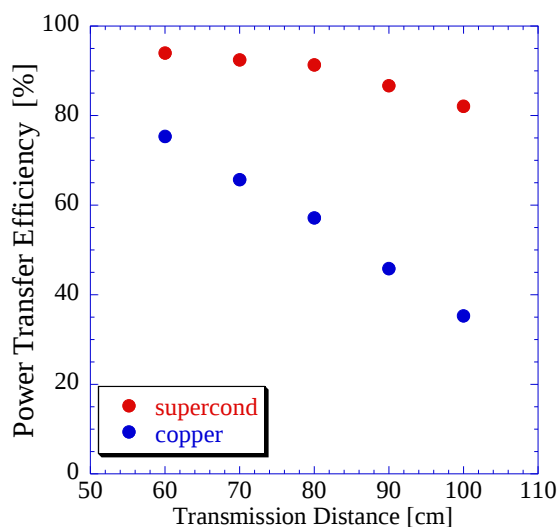


Fig. 2. Measurement result of power transfer efficiency versus transmission distance