

700MHz 用 NMR 検出コイルの高感度化への検討

Examination to the high sensitivity NMR coil for 700 MHz

山形大院¹, 理研², 山田 貴大¹, 田中 佑斗¹, 及川 慧志¹, 越田 和磨¹,高橋 雅人², 前田 秀明², 齊藤 敦¹, 大嶋 重利¹Yamagata Univ.¹, RIKEN², T. Yamada¹, Y. Tanaka¹, S. Oikawa¹, K. Koshita¹,H. Maeda², M. Takahashi², A. Saito¹, S. Oshima¹E-mail: tcf45225@st.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

NMR (Nuclear Magnetic Resonance)は、タンパク質構造の解析や新薬の開発などに貢献している分光法であり、他の測定法では得られない情報を得ることができる。NMR の S/N は(1)式で計算されている。

$$\frac{S}{N} \propto \sqrt{\frac{\eta Q}{T_c + T_a}} \quad (1)$$

ここで、 η 、 Q 、 T_c 、 T_a はそれぞれ NMR 検出コイルのフィリングファクター、NMR 検出コイルの Q 、NMR 検出コイル雑音温度、プリアンプの雑音温度である。この式より NMR 検出コイルの Q 値を高くすることが NMR の高感度化に有効なことがわかる。これまでに NMR 検出コイルの高感度化について幾つか報告されており、HTS コイルは有効なコイルである[1-3]。我々も Fig.1.に示すような HTS 薄膜を用いた 1 ターンコイルを検討している。

本研究では Q 値の観点から超伝導コイルの有効性を示すことを目的としている。また HTS 材料として DyBCO を常伝導材料として Cu を使い、 Q 値を比較し有効性の検討を行った。

2. 実験方法

本研究では、2 次元電磁解析シミュレータ (Sonnet-EM)を用いて 1 ターンコイル(RF コイル)の設計を行った。薄膜は $25 \times 25 \text{ mm}^2$ の r-plane Sapphire 上の DyBCO を用いた。給電コイルと RF コイルのマッチングは両コイル間距離 x を変化させて調整し、自己共振周波数を 700-850 MHz になるよう設計した。

設計した RF コイルの Q 値はベクトルネットワークアナライザを用いて測定した。測定環境は大気中(R.T.)及び液体窒素中(77K)で行い、最適なマッチング条件で Q 値を算出した[4]。

3. 実験結果

Table.1.にシミュレーション及び測定結果を示す。シミュレーションでの条件は片側グランドとし、用いた R_s を Table.1.に示す。シミュレーションと測定結果の Q 値はほぼ一致していることがわかった。また、77 K に冷却した Cu コイルと比較し、超伝導コイルの Q 値は約 7 倍と大きくなることがわかった。すなわち、コ

イルの高周波抵抗が Q 値に大きく影響することがわかった。

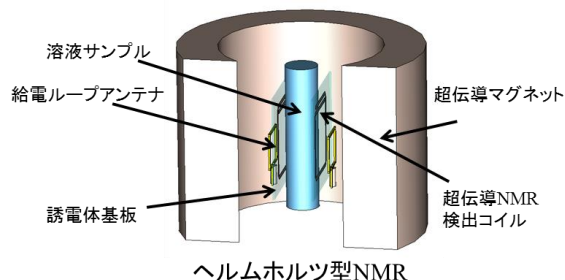


Fig.1.

Table.1.

		Cu (R.T.)	Cu (77K)	DyBCO
シミュレーション	Q	166	480	3250
	$R_s [\text{m}\Omega]$	($R_s=6.5$)	($R_s=2.8$)	($R_s=2.7 \times 10^{-3}$)
測定	Q	103	423	2922

4. まとめ

NMR 用検出コイルの高感度化に向けて Cu と HTS 薄膜での比較を行った。結果、Cu よりも HTS 薄膜は Q 値の観点から有効性を確認した。実際 NMR に応用する際、外部磁場 16.5 T が印加される。その環境での Q 値を比較する必要がある、今後検討していく予定である。

5. 参考文献

- [1] H. Yamamoto et al., Fabrication and Characterization of Superconducting Probe Coil for High-Sensitivity NMR Spectroscopy, IEEE Trans. Applied Superconductivity, Vol. 19, pp.386-388, JUNE 2009.
- [2] Howard D. W. Hill, Improved of NMR spectroscopy probes by use of high-temperature superconductive detection coils, IEEE Trans. Applied Superconductivity, Vol. 7, No. 2, pp.3750-3755, JUNE 1997.
- [3] Vijaykumar Ramaswamy et al., Development of a ^{13}C -optimized 1.5-mm high temperature superconducting NMR probe, Journal of Magnetic Resonance 235 (2013) 58 - 65
- [4] Yoshio Kobayashi, Measurement Techniques of Microwave Resonators, MWE2000 Microwave Workshop Digest [T3-2] (改訂版 2006/6)