

## 超伝導テープの第三高調波誘導電圧のテープ幅依存性

小田部研究室 B4 00232037 河野一平

## はじめに

十分に広い超伝導薄膜の表面上で小さなコイルに電流  $I_0 \cos \omega t$  を流し、表面に垂直な磁界を加えるとき、電流がある閾値電流  $I_{c0}$  以上でコイルに  $V_3 \cos(3\omega t + \theta_3)$  の第三高調波誘導電圧が誘導される。臨界状態モデルによる解析では、この  $I_{c0}$  は超伝導薄膜の臨界電流密度  $J_c$  に比例することが知られている [1]。

この測定を正しく行うには、薄膜の幅  $w$  はコイルの外径の2倍以上でなければならないことが求められているが、その理論的根拠は明確ではない。この方法を現在注目されている Y-123 コート線材に用いることが期待されるが、正しい測定ができるテープの幅の限界は、詳細には明らかにされていない。したがってこの方法を有効に用いるためには、適用可能な薄膜幅を明らかにする必要があるが、実際にこれらの関係を解析的に計算をして求めるのは非常に困難である。

本研究では、有限要素法を用いて  $V_3$ - $I_0$  特性を計算して  $I_{c0}$  を評価し、 $I_{c0}$  に与える超伝導薄膜の幅依存性を調べ、臨界電流密度の評価が可能な範囲を明らかにする。さらにコイルと薄膜の位置の関係をみるために、コイルと薄膜の距離  $h$  を変えたときの  $I_{c0}$  を評価し、 $h$  の変化が  $I_{c0}$  におよぼす影響について調べる。

## 数値計算

有限要素法を用いてコイル及び超伝導体の磁束密度分布を求めた。今回は厚さが  $0.6 \mu\text{m}$  の超伝導薄膜の上部に、内径  $2.0 \text{ mm}$ 、外径  $5.0 \text{ mm}$  の、厚さ  $1.0 \text{ mm}$  のコイル (巻き数 400 回) を設置した。また薄膜の下に空気の層を仮定した。このモデルの断面図を図 1 に示す。第三高調波電圧に対する薄膜幅  $w$  及びコイルに流す電流  $I_0$  の依存性を調べるために、様々な  $w$  及び  $I_0$  における第三高調波電圧を求めた。またコイルと薄膜の位置の関係をみるために、 $h$  を  $0.2 \text{ mm} \sim 2 \text{ mm}$  の範囲で様々な変えて同様な数値計算をおこなった。

## 計算結果

図 2 に有限要素法における数値計算により得られた  $V_3$ - $I_0$  特性を示す。ここで第三高調波電圧が  $1.0 \times 10^{-7} \text{ V}$  を超えたところを基準にして  $I_{c0}$  を決定している。すべての薄膜幅において  $I_0$  が、ある閾値電流  $I_{c0}$  を超えると第三高調波電圧が誘導されることが確認できた。

図 3 は各薄膜幅における  $I_{c0}$  の結果を示しており、薄膜幅が  $6.0 \text{ mm}$ 、つまりコイルの外径の 1.2 倍より小さくなったとき、 $I_{c0}$  は減少したが、コイルの外径の 1.2 倍以上であれば、 $I_{c0}$  が正しく評価できることが確認できた。

図 4 は  $I_{c0}$  の  $h$  依存性を示している。 $h$  が増加するにつれ、 $I_{c0}$  も増加しており、このことから  $h$  が大きくなるほど、観測にはより大きな電流が必要となり、場合によってはコイルが大電流で焼損する可能性がある。したがってコイルと薄膜表面との距離が広がると、幅の狭い薄膜への応用が困難になることがわかった。

図 5 は  $h$  が  $0.1 \text{ mm}$  ずれたときの  $J_c$  の誤差  $\Delta J_c$  の変化の様子である。この図より、 $h$  が小さいと大きな誤差になることが分かる。つまり測定誤差の割合  $\Delta J_c / J_c$  の距離依存性は小さくなる。しかし前述のとおり、 $h$  を大きくすると、正しい  $J_c$  測定が可能な範囲は狭くなり、 $I_{c0}$  が大きくなって測定が困難になる。したがって  $J_c$  の測定の際の最適条件については実際の測定に合わせた検討が必要となる。

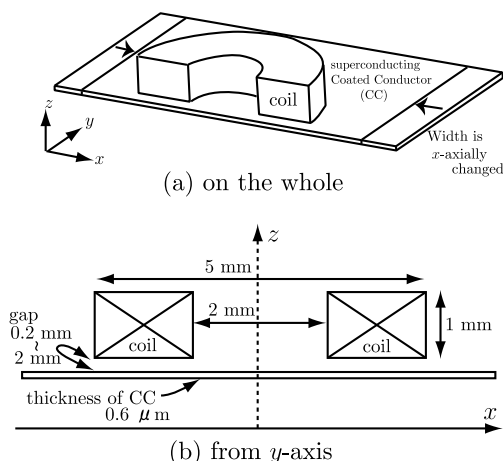


図 1. 有限要素法によって数値計算するモデルの断面図

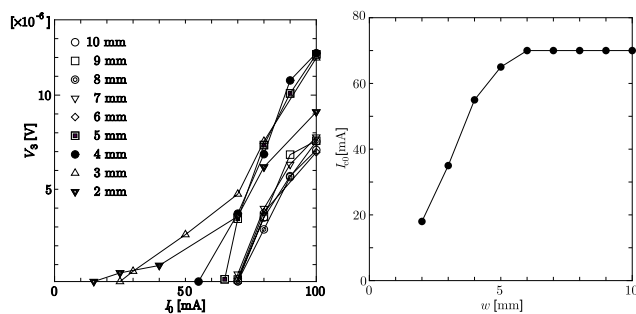


図 2.  $h$  が  $0.2 \text{ mm}$  の時の  $V_3 - I_0$  特性

図 3.  $h$  が  $0.2 \text{ mm}$  の時の  $w$  と  $I_{c0}$  の関係

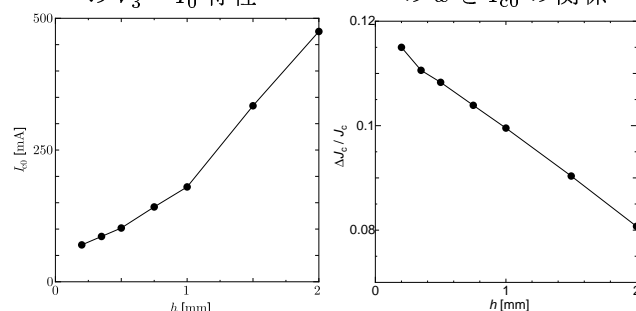


図 4.  $w$  が  $10 \text{ mm}$  の時の  $h$  と  $I_{c0}$  の関係

図 5.  $\Delta J_c / J_c$  の距離依存性

## 【参考文献】

[1] Y. Mawatari, H. Yamasaki, Y. Nakagawa : *Appl. Phys. Lett.* 81, 2424 (2002).

## 学会発表

河野、洋見、小田部、木内、松下：平成15年度応用物理学会九州支部学術講演会 於 ハウステンボス講演予稿集 vol. 29 1Ep-5 p. 117