

# 第三高調波電圧誘導法によるノイズ測定のコイル依存性

電子情報工学科 松下研究室 04232086 吉田 信之

## 1. はじめに

超伝導薄膜の直上にコイルを置き、交流電流  $I_0$  を通電してコイル両端に誘導される第三高調波電圧  $V_3$  を測定すると、 $I_0$  が閾値電流  $I_{th}$  を超えてコイルから発生する交流磁界が超伝導薄膜の反対側に突き抜ける時に  $V_3$  が急激に大きくなる。 $I_{th}$  は膜厚  $d$  と臨界電流密度  $J_c$  に比例するので、この値から  $J_c$  を測定することが出来る。この方法を第三高調波電圧誘導法と呼ぶ<sup>1)</sup>。また周波数を変えることで  $E$ - $J$  特性を評価することが出来る。

本研究では交流電流を通電する drive コイルと直接  $V_3$  を検出する pick-up コイルを兼ねた1コイル系を用いた場合の測定結果に対して、さらに  $V_3$  検出用に pick-up コイルを巻いた2コイル系の場合の測定結果と比較する。1コイル系では電流装置からのノイズが直接影響すると考えられるので、2コイル系ではどれ程ノイズを軽減出来るのか検証する。また、2コイル系の測定においてコイルの形状を変えながら  $V_3$ - $I_0$  特性を測定し、その結果からノイズの増減を比較し、第三高調波電圧誘導法で有効な測定が可能なコイルの形状を検討する。本実験では pick-up コイルの巻数を変更して測定を行った。その際、pick-up コイルが drive コイルの外側に巻いてある場合にコイルの径が大きくなると、コイルから発生した交流磁界(リターンパス)の影響で信号が減少してしまう可能性がある。リターンパスを検出しないように pick-up コイルを drive コイルの内側に巻いて測定を行い、pick-up コイルを drive コイルの外側に巻いた2コイル系と比べて、どれ程リターンパスの影響が抑えられているかを検証する。

## 2. 実験

図1(a)に測定部の1コイル系の断面図を、(b)に pick-up を外側に巻いた2コイル系(2コイル系A)の断面図を、(c)に pick-up を内側に巻いた2コイル系(2コイル系B)の断面図を示す。本実験で用いた1コイル系と2コイル系の諸元は表1に示す。このときの pick-up コイルに用いた導線の線径は0.05 mm、drive コイルに用いた導線の線径は0.08 mm であり、pick-up, drive コイルともに巻数は200回である。これとは別に pick-up コイルの巻数を変更して測定した2コイル系の場合の巻数は50, 100, 150, 200, 300, 1000 回であり、巻数の増加に伴いコイルの径も増加している。1, 2コイルともに超伝導テープ線材表面から0.20 mm 直上に設置し、測定した周波数は130, 256, 512, 1024, 1536 Hz である。用いた試料は YBCO ( $YBa_2Cu_3O_7$ 、膜厚0.25  $\mu\text{m}$ 、77.3 K での臨界電流密度  $J_c$  は  $1.92 \times 10^{10}$  A/ $\text{m}^2$ ) である。測定は液体窒素中(77.3 K)、外部磁界無し(0 T)で行った。

表1. 試料の諸元

コイル	1コイル系	2コイル系A (pick-up 外側)	2コイル系B (pick-up 内側)
高さ [mm]	2.75	2.75	2.58
drive 内径 [mm]	0.60	0.60	1.77
drive 外径 [mm]	2.54	2.54	3.81
pick-up 内径 [mm]	-	2.54	0.60
pick-up 外径 [mm]	-	3.29	1.77
コイル定数 [ $\text{m}^{-1}$ ]	$1.28 \times 10^4$	$1.28 \times 10^4$	$1.68 \times 10^4$

## 3. 結果及び検討

図2に第三高調波電圧誘導法により周波数130 Hz で測定した1コイル系と2種類の2コイル系の  $V_3$ - $I_0$  特性を示す。2コイル系は1コイル系の測定結果に

比べノイズが少なく、 $V_3$  の立ち上がりが判断しやすいことが分かる。また、2コイル系Aと2コイル系Bを比較すると、2コイル系Bの drive コイルの径の方が大きいため、薄膜に印加される磁界が大きくなり、 $V_3$  が少ない電流値で立ち上がっている。 $V_3$  の値そのものは2コイル系Bよりも2コイル系Aの方が大きくなったが、これはリターンパスの影響があるものの、2コイル系Aの pick-up コイルの径の方が大きくなったことで磁束の量そのものが大きくなり、 $V_3$  の値も大きくなったためと考えられる。電流源によるノイズの低減のためには2コイル系の形状が有利であり、リターンパスによる影響を抑えるためには2コイル系Bが有利だが、pick-up コイルの径が2コイル系Aに比べ小さいため磁束の量そのものが小さくなる。このようにコイルの形状を変えることで特性を改善できることが明らかになったのでコイルの形状最適化について検討していく必要がある。

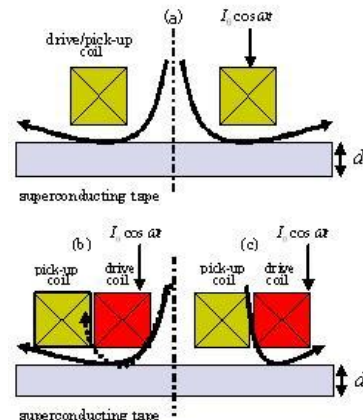


図1. 第三高調波電圧誘導法での超伝導薄膜とコイルの断面図：(a) 1コイル系 (b) 2コイル系A (c) 2コイル系B

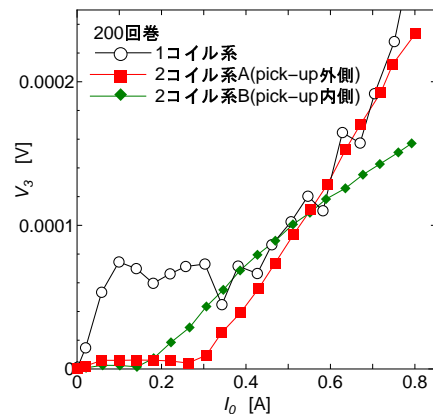


図2. 第三高調波電圧誘導法により周波数130 Hz で測定した1コイル系と2種類の2コイル系の  $V_3$ - $I_0$  特性

### 【参考文献】

1) H. Yamasaki, Y. Mawatari, Y. Nakagawa: Appl. Phys. Lett. 82 (2003) 3275.