

第三高調波電圧誘導法による YBCO-coated 線材の測定のコイル位置依存性

01232039 小田部研究室 柴田雅大

はじめに 超伝導体は低温になると超伝導状態になり、電気抵抗無しで電流を流すことができる。しかし、無抵抗のまま流すことのできる電流の密度には限界があり、それを臨界電流密度 J_c と言う。第三高調波電圧誘導法は J_c の測定法の一つで非破壊、非接触で局所的な測定が可能という特徴があり、超伝導体の製造過程における簡易測定法として有効である。超伝導薄膜の直上にコイルを配置し、そのコイルに交流電流 $I_0 \cos \omega t$ を流すと、超伝導薄膜に入力電流と同じ周波数の遮蔽電流が流れる。 I_0 が小さいときには遮蔽電流は I_0 に比例する振幅を持つが、 I_0 が大きくなると遮蔽電流は J_c を超えることができなため振幅が制限されて波形が変わり、入力周波数の奇数倍の周波数成分を持つようになる。遮蔽電流の波形が変化し始めるときの I_0 を I_{c0} とすると、 I_0 が I_{c0} より大きい場合にはコイルに第三高調波電圧 V_3 が誘導される。 J_c は I_{c0} に比例するため、 V_3 - I_0 特性を測定して求めた I_{c0} から J_c を求めることができる。 I_{c0} から J_c を求めるためにはコイルの形状と位置により決まるコイル定数 K が必要であり、 I_{c0} と J_c の関係はコイルの位置によって変化する。従って第三高調波電圧誘導法においてコイルの位置は重要な要素であるが、その変化により V_3 - I_0 特性、 I_{c0} 及び J_c にどのような影響があるかはよく分かっていない。そこで第三高調波電圧誘導法におけるコイル位置の影響について調べた。

実験 試料には株式会社フジクラが製作した YBCO-coated 線材を使用した。試料の大きさは縦横ともに 1cm、超伝導層の厚さは $1\mu\text{m}$ 、臨界温度は 91K で、 J_c は 77.3K、自己磁界中で $1.0 \times 10^{10} \text{ A/m}^2$ である。使用したコイルは線径 $200\mu\text{m}$ のエナメル線で 60 回巻き、大きさは内径 0.94mm、外径 3.62mm、高さ 2.40mm である。測定は温度 77.3K、外部磁界無し、入力周波数 130Hz という条件で行った。測定装置としてマルチファンクションシンセサイザ、AC アンプ、ロックインアンプ、シャント電流計を使用した。コイルが試料の中心の表面から 0.35mm の距離にある状態を基準位置とし、ここからコイルを遠ざけたとき及びコイルを横方向に動かしたときに V_3 - I_0 特性がどのように変化するかを調べた。

結果 図1は試料とコイルの距離を変えながら測定したときの各距離での V_3 - I_0 特性である。距離が離れると、 I_{c0} が大きくなっていることが分かる。

図2は図1から得られた I_{c0} と理論計算で求めた K 及びそれらから求めた J_c の変化を表している。この図は距離が 0.35mm のときのそれぞれの値で規格化したときの各距離での相対的な変化を示しており、距離が離れると I_{c0} は増加、 K は減少し、それらの積に比例する J_c はほぼ一定となることが分かる。距離によって V_3 - I_0 特性は大きく変化するが、その結果得られる J_c にはほとんど差が無い。

図3はコイルを試料の表面に平行に移動させたときの V_3 - I_0 特性の変化を表している。コイルの位置が試料の中心から 2.5mm 以上になると I_{c0} が大きく

変化している。コイルが試料の端に近づくと端の影響により V_3 - I_0 特性が変化するが、現在 K の理論計算に使用しているモデルは端の影響を考慮していないため K は変化せず、 I_{c0} が変化すると計算で求められる J_c も変化してしまう。

結論 この実験の結果から線材とコイルの距離が変化してもその変化量が分かれば J_c の測定が可能ということが分かった。横方向の移動に関しては位置のずれが大きい場合の I_{c0} のずれは問題であるが、中心付近では端の影響が無いことを確かめることができた。今後はより細かい動きでの測定や、コイル、試料などの条件を変えての測定を行い有効な測定が可能な範囲を正確に求めることが必要である。

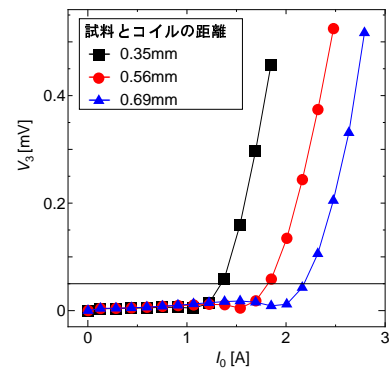


図1： V_3 - I_0 特性の距離依存性

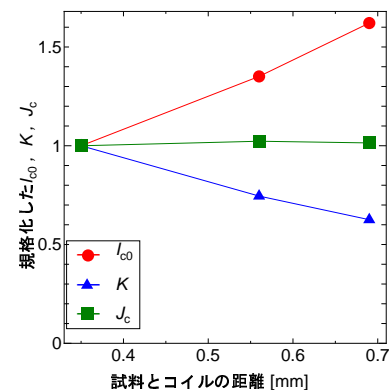


図2：距離による I_{c0} 、 K 、 J_c の相対的な変化

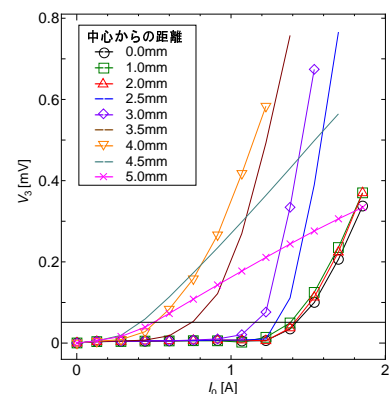


図3： V_3 - I_0 特性の横位置依存性