NbTi 多芯線における第三高調波交流帯磁率

九工大・情報工　　小田部荘司, 松下照男
住友電工・大阪研 *　大松一也 *、佐藤謙一 *

はじめに　これまで Rb_3C_{60} 超電導粉体や Y 系酸化物超電導体における第三高調波交流帯磁率 (χ_3', χ_3'') の測定をおこない、量子化磁束の可逆運動の影響について調べてきた。その結果、温度や磁界の上昇とともに量子化磁束の可逆運動が顕著となって、χ_3', χ_3'' の値は小さくなり、臨界状態モデルの予想から外れが大きくなることが分かった。一方従来の金属系超電導体においても超電導体の有効サイズが小さくなるにつれて量子化磁束の可逆運動が顕著になることが知られており、χ_3', χ_3'' にも影響が出るものと考えられる。ここでは NbTi 多芯線において量子化磁束の可逆運動が χ_3', χ_3'' に与える影響を調べた。また基本波交流帯磁率と比較して高調波交流帯磁率は周波数に比例する粘性力や渦電流の影響を原理的に無視できるためピンニングに関した物理量を正確に測定できる可能性があり、周波数依存性について調べることを目的とした。

実験および結果　試料は Nb-Ti 多芯線であり、Nb-Ti のフィラメントの周囲に Cu を配置しさらに Cu-10 wt%Ni を被覆した三層構造線になっている。フィラメント径は 3.5 μm、ツイストピッチは 5 mm、それぞれの比率は Cu:CuNi:NbTi=1.5:0.7:1 となっている。試料は 83.3 mm の長さに切り出し、直径およそ 7 mm のストローにコイル状に巻き、直流および交流磁界はこれに対して垂直に印加した。温度は 4.2–T_c の範囲でガスヘリウム雰囲気中で調節した。基本波 (χ_1', χ_1'') と第三高調波交流帯磁率は二つの二相ロックインアンプを使い同時に測定した。基本周波数は 35.0–133.0 Hz の範囲であった。

図 1 に 7.0 K における様々な直流磁界における χ_3'' の交流磁界依存性を示す。直流磁界が増加するにつれて正負のピークの高さが小さくなる様子がわかる。これは磁界の増加とともにピン止め力が小さくなり、そのため Campbell の交流磁界の侵入深さ λ_0' が増加し、量子化磁束の可逆運動がより顕著になったためである。図 2 に 8.0 K における様々な基本周波数における χ_1'' と χ_3'' の交流磁界依存性を示す。基本波交流帯磁率は周波数が増加するにしたがって顕著に値が増加し、ピークを示す交流磁界の大きさも増大している。これは周波数が増大するにしたがって、磁束線に働く粘性力や、常伝導部分での渦電流による影響が大きくなるためと考えられる。したがって、χ_1'' から臨界電流密度を評価すると周波数により大きく異なることがわかる。一方、第三高調波交流帯磁率は基本波のそれに比べて周波数の増大に対して、ピーク値の値や交流磁界の大きさは変わらないことがわかる。

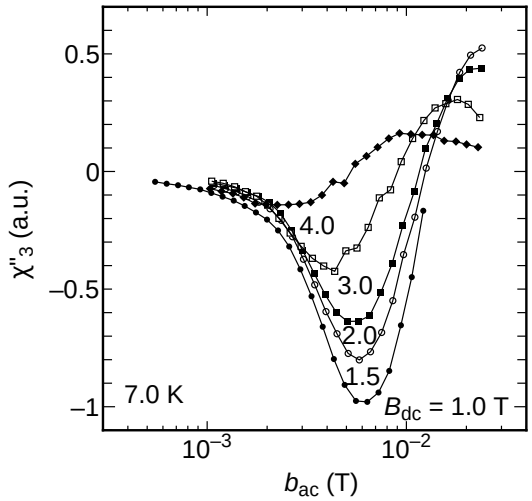

図 1:　7.0 K における Nb-Ti 多芯線における第三高調波交流帯磁率の虚部の交流磁界依存性。

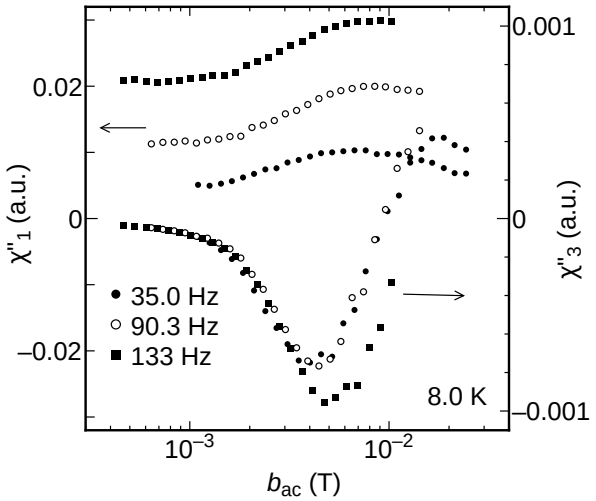

図 2:　8.0 K における様々な周波数における χ_1'', χ_3'' の交流磁界依存性。