

限流素子用 Y-123 超伝導体の交流通電損失測定と超伝導トランスの試作

遠藤 貴志 (93232013)/ 松下研究室

1. はじめに 酸化物超伝導体の交流機器への応用が進み始めているため、交流電流を直接通電した際の損失の測定などの基礎特性の評価が求められている。限流素子として期待がもたれる Y-123 単結晶超伝導体を使用したミアンダ型限流素子と、これに通電損失試験を行うための Bi-2223 酸化物超伝導テープ線を用いた超伝導トランスの改良と試作を行い、限流素子用 Y-123 超伝導体の交流通電損失の測定を行った。

2. 設計製作 トランスの一次側には 0.2 mmφ の銅線を 250 回巻を 2 セット巻いた。二次側には Bi-2223 多芯テープ線材を用い 2 回巻きとした。77.3 K, 0 T におけるこのテープ線材の直流の臨界電流は 50 A であったので二次側の最大出力電流を 500 A 級とするために、この線材 10 本を並列に接続した。コイル間の結合を良くするために鉄心を利用した。二次巻き線は動かないよう固定され、測定試料の電流端子となる銅端子板へ半田付けをした。全体の大きさは 50 mm × 140 mm × 100 mm 程度であった。

3. トランス性能評価 液体窒素中 (77.3 K) において二次側を銅板と超伝導テープ線を使って短絡し、2 セット巻いてある一次コイルを直列に繋ぎ、通電することで一次コイルに 2.22 A 通電した時に二次側に 495 A の通電を行うことができた。いずれもピーク値である。この時の一次側電流と二次側電流の関係を図 1 に示す。ただし、この二次電流の値は、トランスに使用した超伝導テープ線材の限界ではなく用いたパワーアンプの限界によるものである。よって、より出力の高い電源を使用することで、二次側に流せる電流は増加させることができると思われる。また、同様の測定を液体アルゴン中 (87.3 K) においても行った。こちらでは一次コイルに 1.38 A 通電した時に二次側に 285 A の通電を行うことができた。

4. 交流損失 超伝導トランスを用いて、ミアンダ型 Y-123 超伝導体 (図 2) の交流損失を測定した。試料のサイズ全体の大きさが 30 mm × 25 mm × 0.5 mm、で素線の断面積が 1.5 mm × 0.5 mm である。臨界電流は実際の通電測定より液体窒素中 (77.3 K) において 292 A である。交流エネルギー損失密度と交流電流の関係を図 3 に示す。実線は Bean-London モデルをもとにした Norris の超伝導楕円柱の自己磁界損失の理論値である。参考に Norris の超伝導ストリップの理論値を破線で示す。図 3 より超伝導楕円柱に一致していると言える。これは導体の断面の縦横比が 1:3 であり、超伝導ストリップより超伝導楕円柱に近い形状であるからである。

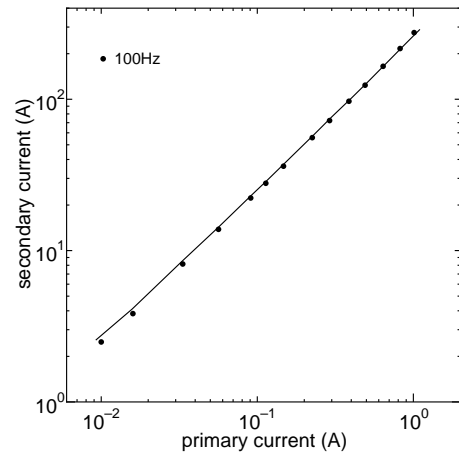


図 1 100 Hz での一次コイルを直列接続した時の一次電流と二次電流の関係。

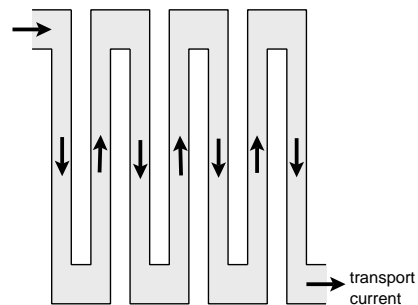


図 2 ミアンダ型超伝導体。

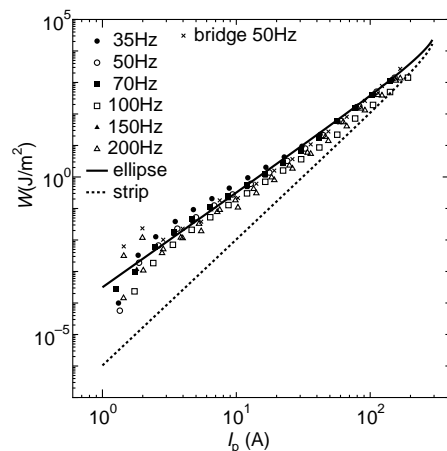


図 3 77.3 K における交流エネルギー損失密度と流電流の関係。