縦磁界下における超電導 Pb 系平板の表面電界構造

下川 亜紀, 森田 なつみ, 小田部 荘司, 松下照男
(九工大・情報工)

はじめに　超電導体に平行な磁界 (縦磁界) の下で超電導体に電流を流すと縦磁界効果と呼ばれる様々な現象が観測される。それらには横磁界下に比べて臨界電流密度が向上することや、抵抗状態で負の電界が観測されることなどがある。縦磁界下では磁束線はほぼ force-free 状態にあることが知られており、この状態では磁束線に Lorentz 力が働かないことから、エネルギーの散逸は磁束線の運動によるものではないという解釈がなされている。一方で force-free 状態において磁束線は電流密度に比例したモーメントが働くことが予想されており、これによる磁束線の運動の結果として抵抗状態での表面電界構造が説明されている [1)]。このことは上述の予想に反してエネルギー散逸が磁束線の運動によることを示唆している。本研究では超電導 Pb 系平板の電流 - 電圧特性を測定し、抵抗状態における表面電界構造について調べた。

測定　本研究では Pb 系の試料を圧延して平板状に加工したものを用いて実験を行った。試料には電流リード、及び試料の長さ方向に対して 2 列の電圧リード (図 1) をつけ、 4.2K で試料の長さ方向に磁界をかけ、臨界電流密度の測定およびそれ以上の電流密度を流したときの各端子の電位の測定を行った。

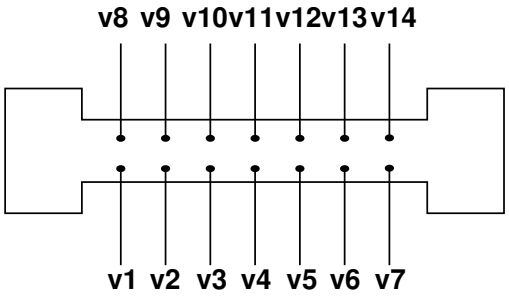

図 1: 電圧端子の取り付け。

結果及び検討　図 2 に試料の長さ方向における各端子間の抵抗率の場所依存性を示す。 L は電圧端子 V_2-V_9 間からの距離であり、電圧端子 V_{12}-V_{13} 間で電流の方向と逆になるような負性の電界が現れた。一般に縦磁界下では電界は Josephson の式からはずれ、 $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{B} \times \boldsymbol{v} - \mathrm{grad}\Psi$ の形になることが知られている。ここで $\boldsymbol{B}$ は磁束密度、 $\boldsymbol{v}$ は磁束線の速度であり、 Ψ はスカラー関数である。負性の電界は円柱試料と同様、この式の $\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{v}$ の項により生じたものと考えられる。

また、電界の角度を縦方向と横方向の電界から求め、図 3 に磁界に対する電界の角度を示す。 $\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{v}$ の項は $\boldsymbol{B}$ から $\pm 90°$ 傾いているが、これからの電界の角度の変化は上式の $-\mathrm{grad}\Psi$ の項により生じたものである。磁束の運動の詳細は当日報告する。

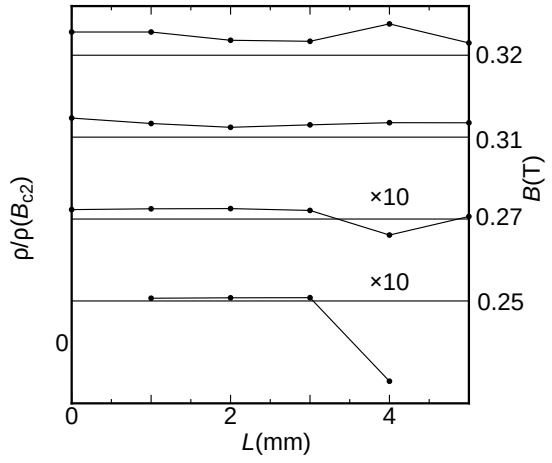

図 2: 抵抗率の場所依存性。

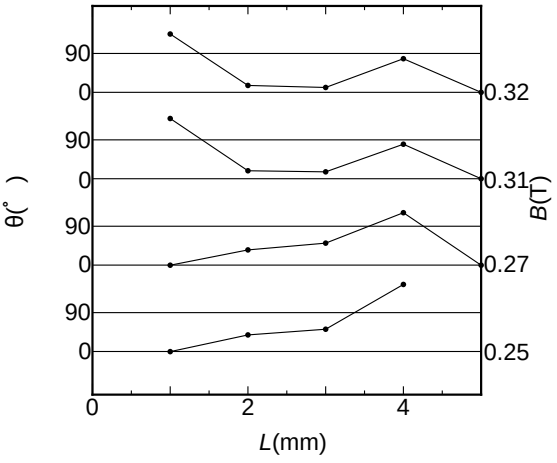

図 3: 各磁界における磁界に対する電界の角度。

参考文献

1) T. Matsushita and F. Irie： J. Phys. Soc. Jpn. 54 (1985) 1066.