縦磁界下の超伝導 Pb-In 合金の表面電界構造

麻野 真昭 (93232001) / 松下研究室

1. はじめに　超伝導線等に電流を流し、これに平行に磁界を印加する時、これを縦磁界と言う。この縦磁界下では縦磁界効果と呼ばれる様々な現象が観測される。中でも、抵抗状態では電流の印加方向とは逆向きの負の電界が部分的に観測される。縦磁界下では局所的に磁束線と電流はほぼ平行な状態 (force-free 状態) にあることが知られている。この状態では磁束線に Lorentz 力は働かないが、それとは別に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、円柱形状の超伝導体についてはこの force-free モーメントによる磁束線の運動の結果として抵抗状態における表面電界構造が説明されている。本研究では超伝導 Pb-In 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。

2. 実験　本研究では Pb-60at%In 合金を圧延し、これを図 1 のような平板状に加工したものを試料として用いて実験を行った。試料には両端に電流端子、試料の長さ方向に 2 列の電圧端子を取り付けた。電流端子部は接触抵抗を小さくするためなるべく接触面積を大きくして半田付けし、電圧端子は放電溶接を用いて図 1 のように長さ方向に 1mm、幅方向に 0.9mm の間隔で取り付けた。この試料を 4.2 K の液体ヘリウム中に配置し、試料の長さ方向に磁界を印加した後、電流を流して臨界電流密度の測定及び抵抗状態における各端子間の電位差の測定を行った。

3. 結果及び検討　図 2 は表面電界が縦磁界の増加とともに変化する様子を示したもので、縦磁界がある値を超えると一部で負の電界が現れる。またあらゆる領域で $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{B} \times \boldsymbol{v}$($\boldsymbol{v}$ は磁束線の速度) の Josephson の関係式は満たされていないことがこれから明らかで、$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{B} \times \boldsymbol{v} - \mathrm{grad}\Psi$ となることが示される。図 2 によると、円柱試料では観測されている螺旋状の電界構造にはなっていないが、これは試料の形状が平板であるために磁束線が試料から出入りしているため、観測される電界も複雑なものになっていると考えられる。一般に負の電界が観測される領域の表面では Poynting ベクトルが超伝導体の外向きに向いており、従って磁束線は超伝導体の外へ排出されていると考えられる。そのため $\boldsymbol{B} \times \boldsymbol{v}$ は縦方向に負性であり、この項のため $-\mathrm{grad}\Psi$ の項を含めても正味で負の電界が観測されると考えられる。

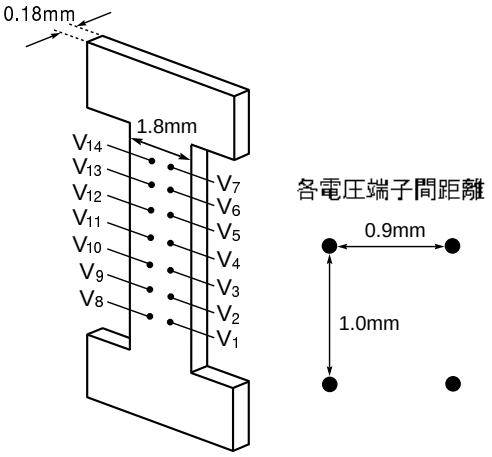

図 1 : 試料の形状と電圧端子の配置

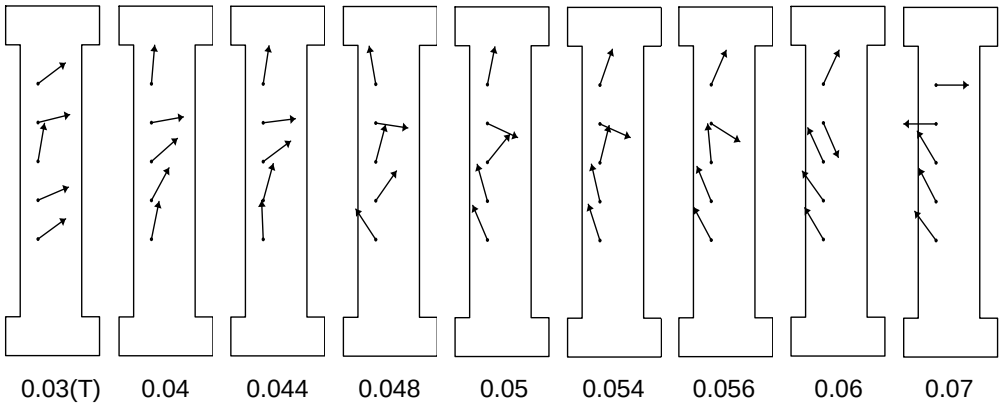

図 2: 磁界を増加させた時の表面電界の変化の様子