(3) 超伝導mixed stateのホール効果

海老沢 丕道

渦糸運動に伴う第二種超伝導体のホール伝導度とその温度依存性とを，上部臨界磁場よりやや下で不純物を多く含む場合について微視的理論によって調べた。T_c にあまり近くない範囲でホール角は次のようになる。

$$\theta = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_{xx}} = -\omega_c (H_{c2}) \tau \frac{1-h+r(T)\, h\left\{2L^{st}(T) + \frac{1}{\omega_c \tau}\frac{2T}{\pi \varepsilon_F} \alpha' L^{f\ell}(T)\right\}}{1 + r(T)\, h\, L_D(T)}$$

但し

$$r(T) = \frac{4\kappa_1(0)^2}{1.16(\kappa_2(T)^2 - 1)}, \quad h = \frac{H_{c2} - H}{H_{c2}}, \quad \alpha' = \frac{1}{gN}$$

$$L^{st}(T) = 1 + \frac{\rho}{8}\frac{\psi^{(2)}(\frac{1}{2}+\rho)}{\psi^{(1)}(\frac{1}{2}+\rho)} = \begin{cases} 1 & T \sim T_c \\ \frac{7}{8} & T \to 0 \end{cases}$$

$$L^{f\ell}(T) = \frac{\pi^2}{2\alpha'}\frac{1}{\psi^{(1)}(\frac{1}{2}+\rho)}\left\{\alpha' - \left[\psi(\tfrac{1}{2}+3\rho) - \psi(\tfrac{1}{2}+\rho)\right] + \frac{3}{2}\rho\psi^{(1)}(\tfrac{1}{2}+3\rho) - \frac{1}{2}\rho\psi^{(1)}(\tfrac{1}{2}+\rho)\right\}$$

$$= \begin{cases} 1 & T \sim T_c \\ \frac{\pi^2}{2}\rho(1 - \ell n\, 3/\alpha') & T \to 0 \end{cases}$$

$$\rho = DeH / 2\pi T$$

この式で分子の第1項はノーマル金属のホール効果が緩和時間の超伝導による変化を通じて変わる部分 (static) であり，第2項は電場によってオーダパラメタが時間依存性をもち，かつひずむ（渦糸運動）ことによって渦糸のしゃへい電流が全電流に寄与をもつ部分 (fluctuation) である。後者は従来の (Caroli and Maki その他) 取扱いでは得られないが電子の状態密度の微

分を残すように注意することにより導かれる。後者はとくに温度が T_c に近づくに従って T/DeH_{c2} の形で発散し，観測されているふるまいを定性的に説明できる。また，ゆらぎの領域で議論されたことと同じで fluctuation 項（AL 項に対応）はノーマル状態の θ および static 項（Maki 項に対応）とバンド構造依存性が異るので，単純なバンド構造で，超伝導状態に入ると θ が増すだけでなく場合によっては，合金系で逆に減少するものもあり得る。
（Prog, Theor, Phys. 投稿準備中）

（4）動的超伝導ゆらぎによる反磁性

真木和美，高山　一

$T > T_c$ での超伝導ゆらぎによる反磁性への寄与は，巨視的（3次元的）試料の場合には $\eta^{-\frac{1}{2}}$ で発散することが知られている[1]（$\eta = (T - T_c)/T_c$）。最近 SQUID を用いて，非常に広い温度，及び磁場領域にわたる磁化が測定されているが[2]，これによると磁化は η 以外に強い磁場及び温度依存性のあることが示された。これまでの磁化へのゆらぎ効果の計算には，ゆらぎの静的成分（時間によらない部分）しか考慮されていなかったが，我々はこの理論と上述の実験との不一致は動的成分からの寄与によるものと考えた。

一般に超伝導ゆらぎに起因する自由エネルギーは，磁場の存在する場合

$$F' = -T\cdot\frac{eB}{\pi}\sum_{k,n,m}\ell n\left(\frac{\pi T}{Dk^2+2eDB(2n+1)+|\omega_m|+\varepsilon_0}\right), \qquad (1)$$

で与えられる。但し，D は電子の拡散定数，$\varepsilon_0=\pi(T-T_c)/8$, $\omega m=4\pi Tm$，$n \geq 0$ 及び m は整数，eB/π は一つのランダウ準位に伴なう位相空間での体積，Dk^2 は磁場と平行方向の運動による寄与である。（1）式は Ginzburg–Landau 汎関数を汎関数積分することによって得られるが，BCS 理論より出発して，Feynman の関係式を用いれば直接導出することもできる（但し T_c の近傍に限って）。