

電子散乱のつよい、いわゆる *dirty* な超伝導体では転移温度 T_c の近くで熱的ゆらぎの効果がよく現れる。電気抵抗のゆらぎ効果の研究は1970年頃活発に行われた。しかし当時は無視していた現象、考えていなかった機構等があり、それを最近の弱局在領域での Anderson 局在及び相互作用の効果の研究の進歩を背景にして考え直してみようと思う。

ここでの問題は、特に薄膜 (= 次元的な系) における、いわゆる Maki 項の長波長発散を抑える対破壊 (pair-breaking) パラメータの起源と、その dirtiness への依存性を考えることである。^{*} 以下に、前川禎通・福山秀敏との共同研究¹⁾の結果を報告する。

Maki 項は常伝導電子が、ゆらいでいるクーパー対に散乱され加速される過程を表しているが、ダイヤグラムで表現するとき、その散乱の vertex correction がクーパー対の propagator の運動量 q 、エネルギー ω の小さい極限で発散するために形式的に発散し困難をもつ。これは Thompson によって導入された pair-breaking のパラメータ δ によって除かれて、次元的な系の conductivity として

$$\sigma_{MT} = \frac{e^2}{8d} \frac{1}{t-\delta} \log \frac{t}{\delta}, \quad t = \frac{T-T_c}{T_c} \quad (1)$$

が得られ (ただし d は膜厚)、いわゆる Aslamazov と Larkin による

$$\sigma_{AL} = \frac{e^2}{16dt} \quad (2)$$

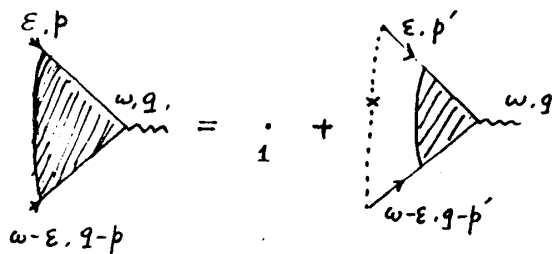
と併せて各種の系での実験をよく説明していた。膜に平行な磁場や磁性不純物は δ の起源と考えられるが、*intrinsic* な起源が問題である。

実験によると大概の物質で δ は温度には強くよらず、膜抵抗 R_0 に一次の関係

$$\delta = a + b R_0 \quad (3)$$

を満足している。 a の物質依存性はフォノンとの非弾性散乱によってだいたい理解できる。 b の項について、Patton や Keller と Korenman によるゆらぎの高次効果の説明では t に強くよってしまい実験とあわない。

さて我々は vertex correction を与える Dyson 方程式 (右図のダイヤグラム) に不純物散乱と電子間相互作用の絡まった項を導入して δ を導いた。不純物散乱ポテンシャルが短距離である極限では vertex correction の形は



^{*} 実はしかし必ずしも超伝導がおこらなくてもよく、弱局在領域で電気伝導度の長波長発散を抑えるパラメータで同じ問題がある。

pair-correlation の表式中に含まれることを考慮し、又 $q=0$ の時 pair-correlation は不純物を含むハミルトニアンの一体の固有状態に基づく表現をとって簡単にかけることを用いて、相互作用の一次で irreducible part を表した。しゃへいされたクーロン相互作用の形を用いて運動量表示に戻して評価する。ここで、当然のことだが、相互作用がしゃへい効果の結果 dynamical である (遅延効果を含む) ことが有限の結果を与えるために本質的である。

このようにして、 g を含めた vertex correction は (ϵ を電子グリーン関数の変数として)

$$\Gamma = 1/\tau (2i\epsilon + Dq^2 + \gamma(\epsilon))$$

と書くことができ、 γ は $\epsilon \rightarrow 0$ の極限では簡単に、leading order で

$$\gamma = \frac{e^2}{2\pi} R_0 T \log \frac{Dk^2}{\gamma}$$

によって決まる。 D は拡散定数、 k はスクリーン波数である。

Maki 項の評価をしてやると、第(1)式の δ の代わりに $\pi\gamma/8T$ が入ることが判る。数値的には Al の実験とコンシステントであるが、もっと δ の実験値の大きい物質 (In , Sn , Bi など) については問題が残る。

-
- 1) H. Ebisawa, S. Maekawa and H. Fukuyama, Solid State Commun. 45, 75 (1983).
-