

MOD 法により作製した Bi2212 薄膜の超伝導揺らぎ伝導率特性

—短波長揺らぎを考慮した d 波超伝導に基づく解析—

Analysis for short-wavelength d-wave paraconductivity in MOD-Bi2212 films

小山高専¹, 長岡技科大² ○森 夏樹¹, 石橋 隆幸²Oyama Nat. Coll. Technol.¹, Nagaoka Univ. Technol.², ○Natsuki Mori¹, Takayuki Ishibashi²

E-mail: mori@oyama-ct.ac.jp

Metal-organic decomposition (MOD) 法は、低 cost・省 energy 等の優れた利点を有する良質な薄膜作製法として最近注目を集め、超伝導薄膜に対しても有効な作製方法として研究が行われている[1]。本研究 group では MOD 法により Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ} (Bi2212) 薄膜を作製し、その T_c 以上の揺らぎ伝導率 σ'(ε) 特性 (ここで、ε=ln(T/T₀)は還元温度) に着目して研究を進めている。これまでの研究では σ'(ε) data に対して s 波超伝導の理論式を用いた解析結果について報告した[2]。本研究では、短波長揺らぎ(Short-wavelength fluctuation: SWF)を考慮した d 波超伝導理論に基づいて σ'(ε) 特性を解析した結果について報告する。

MOD 法による Bi2212 薄膜の作製方法と σ'(ε) data の導出については、以前に報告した[2]。今回の解析では、SWF として Total-energy cutoff (EC) 効果を考慮した d 波超伝導機構に基づく次なる Aslamazov-Larkin (AL) 理論式[3]を用いた。

$$\sigma_d'^{AL}(\varepsilon, \alpha_E) = C_d^{AL} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_d(\varepsilon_d + r^2)}} - \frac{2\alpha_E^2 - (\varepsilon_d^2 + \frac{1}{2}r^2)}{\alpha_E^2} \right\}, \quad C_d^{AL} = \frac{e^2}{16\hbar s} \left\{ \psi^{(1)}\left(\frac{1}{2} + \rho_i\right) / \psi^{(1)}\left(\frac{1}{2}\right) \right\} \quad (1)$$

$$\varepsilon_d = \varepsilon + \ln(T_c/T_{c0}) + \psi\left(\frac{1}{2} + \rho_i\right) - \psi\left(\frac{1}{2}\right), \quad \rho_i = \Gamma/(2\pi k_B T) \quad (2)$$

ここで、α_Eは EC 効果の cutoff parameter, r = 2ξ_c⁰/s は異方性 parameter (2ξ_c⁰は c 軸方向の coherence 長(T=0), s は層間距離), ψ(x), ψ⁽¹⁾(x)はそれぞれ digamma と trigamma 関数、Γは不純物散乱による energy 不確定性である。式(1), (2)において Γ → 0 (ρ_i → 0) とすれば、通常の s 波理論を再現する。

Fig. 1 は、MOD 法による作製条件が異なる 2 つ Bi2212 薄膜に対する解析結果を示している。上部挿入図は試料の規格化された抵抗転移曲線を表す (実線は normal 状態の近似式)。中央部分に示したように、室温伝導率 σ₀ で規格化した σ'(ε) 特性から、実験 data は Eq. (1) の理論式によりかなり良く記述されることが分かる。SWF 効果として Momentum cutoff (MC) を考慮した解析では、実験結果を説明するためには AL 項の他に Maki-Thompson 項と Density-of-states 項が必要であったが[2]、今回、EC 手法を用いることで AL 項のみにより σ'(ε) data を説明できることになる。下部の挿入図に解析で得られた揺らぎ parameter 値を T_c (R=0) の関数として描いた。T_c と揺らぎ振幅 (実験値) C_F の関係は、d 波理論と定性的に一致しているものの、以上の結果のみでは d 波 model が優れているとは言い切れない。講演では、別の試料の結果を含めて s 波と d 波理論解析を比較して議論する。

(謝辞) 本研究の一部は「高等専門学校—長岡技術科学大学共同研究助成」の支援を受けて実施された。

(参考文献)

- [1] (例) 鈴木渉太他, 第 59 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集 (2012 春 p.11-051)
- [2] 出口裕他, 応用物理学関係連合講演会予稿集 (2011 年春 p.11-043, 2012 年春 p.11-038)
- [3] N. Mori, Physica C 469 (2009) 970.

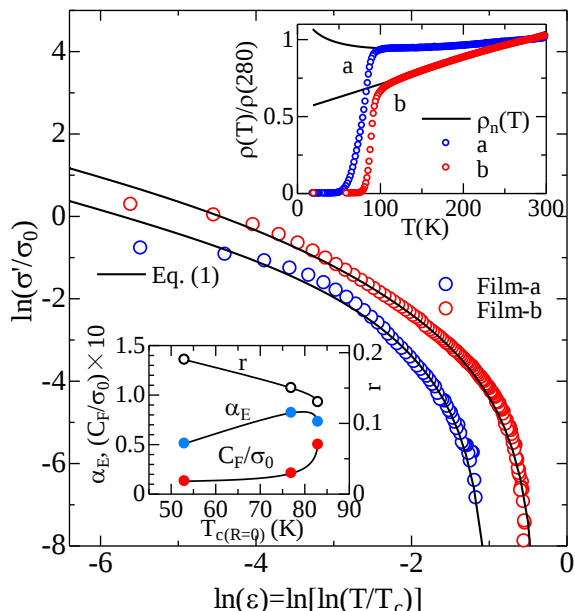


Fig. 1. The main panel shows bi-log. plots of results for σ'(ε) analysis in MOD-Bi2212 films. The upper inset displays resistive transitions of the films, while the lower one displays fluctuation parameters vs. T_c (R=0).