

二重ギャップ超伝導におけるトンネルスペクトルに関する理論的研究

(¹金沢大院自然・²金城大) ○長尾 秀実¹・川辺 弘之²

二重ギャップ超伝導の理論的予測は古く、1959年に Suhl 等が s-d バンドに対する理論モデルを提案している[1]。そして2001年の MgB₂ 超伝導発見に伴い[2]、二重ギャップ超伝導の理論的および実験的研究が盛んに行われた。多くの実験や理論的研究から MgB₂ 超伝導発見機構は電子-格子相互作用に起因すると結論された。また電子-格子相互作用による発見機構以外の電子相関機構を含む様々な発見機構による二重ギャップ超伝導の可能性が議論されてきた。本研究では二重ギャップ超伝導における電子-格子相互作用および電子間相互作用を考慮したエリアシュベルグ方程式を導出する。また、拡張されたエリアシュベルグ方程式を用いてトンネルスペクトルの理論的研究を行った結果を報告する。

二重バンドハミルトニアンを考える。相互作用には各バンドに対するバンド内有効電子間相互作用およびバンド間電子対有効相互作用を考える(図1)。また電子-格子相互作用も同時に考慮する。このとき電子-格子相互作用は各バンドに対するフォノン放出と吸収、フォノン放出と吸収過程に伴うバンド間散乱過程の合計8種類が導かれる(図2)。電子に対する正常および異常グリーン関数、フォノングリーン関数を定義する。異常グリーン関数とフォノングリーン関数から self-consistent な連立方程式が導かれる。尚、電子間相互作用項に対しては交換項のみを考える近似を用いる。この導出された方程式から各バンドに対するギャップ関数、正常電子の有効質量の振動数依存性が見いだされる。また状態密度を組み合わせることによりトンネルスペクトルが見積もることができる。

結果は以下の通りである。バンド間散乱過程を含む電子-格子相互作用の結合が弱い場合の超伝導ギャップ関数の周波数依存性を図3(a)および(b)に示す。ここで用いたパラメ

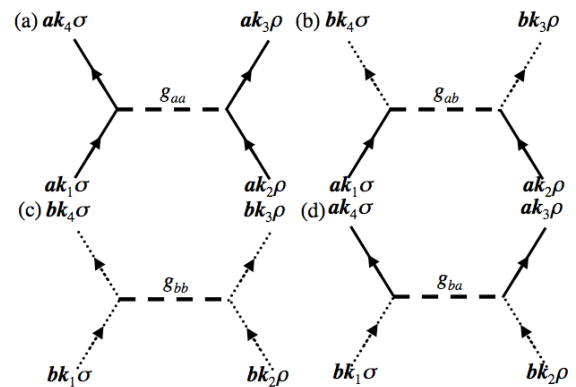


図1 有効電子間相互作用

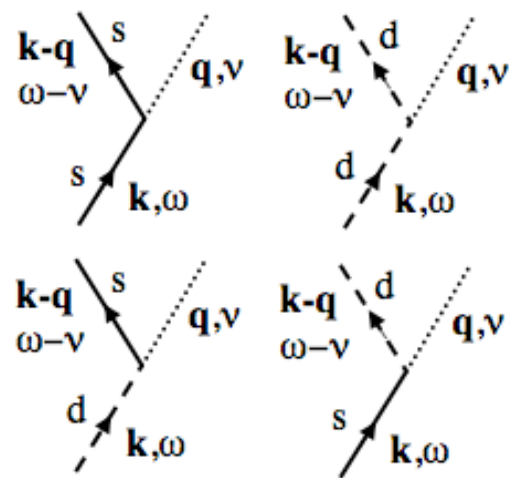


図2 電子-格子相互作用 (放出項)

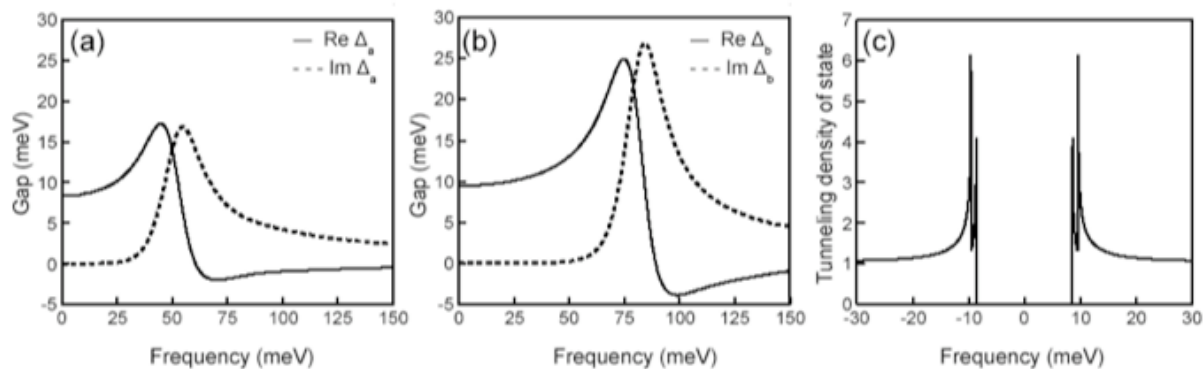


図3 超伝導ギャップの周波数依存性とトンネルスペクトル. (a)および(b)超伝導ギャップ. (c)トンネルスペクトル.

ータは MgB_2 超伝導に対応する量である。このときのトンネルスペクトルを図3(c)に示す。このスペクトルから 8.4meV と 9.5meV の二つのギャップがあることがわかる。一方、バンド間散乱過程を含む電子-格子相互作用結合が強い場合の超伝導ギャップの周波数依存性を図4に示す。各バンドに対する超伝導ギャップの符号が異なることを見いだせる。従って強結合の場合は超伝導位相が変化することによって超伝導ギャップが安定化することが見いだせた。

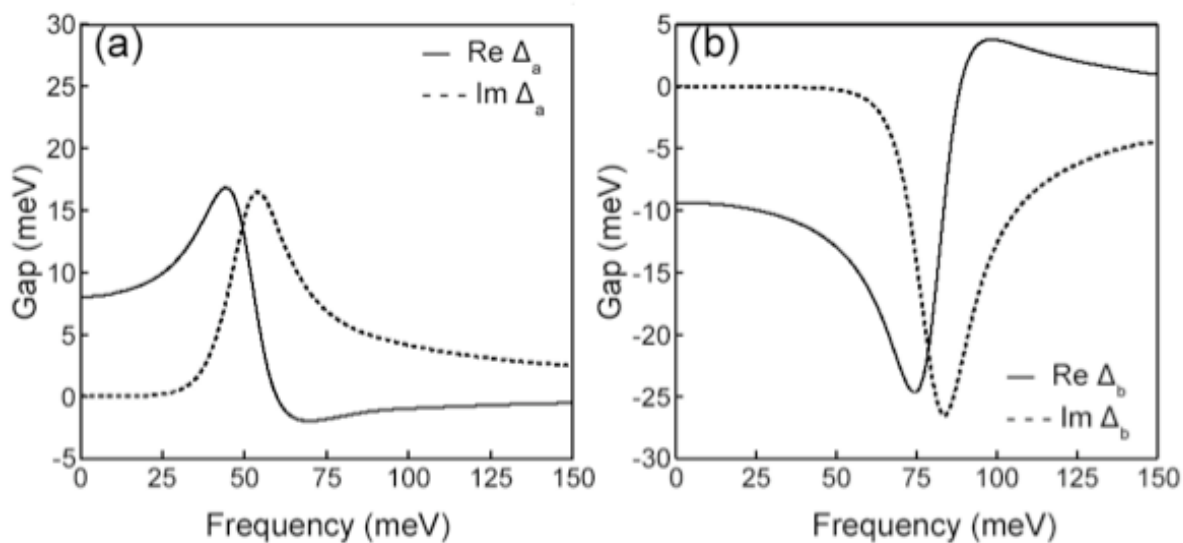


図4 超伝導ギャップ関数の周波数依存性.

References

- [1] H. Suhl, B. T. Matthias, R. Walker, Pjys. Rev. Lett., 3, 552 (1959).
- [2] J. Nagamatsu, et. al., Nature 410, 63 (2001).
- [3] H. Nagao, et. al., J. Chem. Phys., 113, (2000) 11237.