

I ナノ系を通過する非平衡電流と非弾性伝導

Nonequilibrium Electric Current and Inelastic Conductance through Nano-Systems

三井隆志・島 信幸・馬越健次
Mii, T., Shima, N., Makoshi, K.

近年、走査トンネル顕微鏡法 (STM)・分光法 (STS) 等のトンネル現象を用いて原子レベルでの表面の構造や電子状態を探ることが可能になった。これらの実験を理解する上で、STMにおけるトンネル現象に関連した基礎理論の構築は避けて通れない。我々は有限のバイアス電圧がかかった非平衡定常電流の基礎理論の構築に取り組んでいる。又、これらの理論を、電流における電子間クーロン相互作用の効果や、表面・吸着分子の振動状態を励起して起こる非弾性トンネル過程の問題にも応用している。

II 極端条件下における電子状態

Electronic Structures under Extreme Conditions

島 信幸・馬越健次
Shima, N., Makoshi, K.

表面界面、高圧下等における電子状態を、バンド計算および量子化学的電子状態計算法に基づいて研究している。1電子近似（電子相関とのからみ）や有効質量近似、集団運動的取扱いの定量的限界をキーワードとして、電子密度汎関数法GVBに基づいて電子状態計算の改良を行っている。2次元超格子の電子状態、Si, Al, ダイヤモンドの表面構造や結晶成長、高圧下の結晶構造に関する問題に取り組んでいる。

III $\text{Sr}_2\text{RuO}_4/\text{Ru}/\text{Pb}$ 接合系における界面超伝導と近接効果Proximity Effect on Interface Superconductivity in $\text{Sr}_2\text{RuO}_4/\text{Ru}/\text{Pb}$ Junction兼安洋乃・馬越健次
Kaneyasu, H., Makoshi, K.

母物質 Sr_2RuO_4 に多数の μm サイズのRu結晶が析出した共晶体 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4\text{-Ru}$ は、母物質 Sr_2RuO_4 側にRu結晶片界面の閉じた形状に沿ってWinding状態を持つp波界面超伝導(3K相)となることが理論的に示されている。この $\text{Sr}_2\text{RuO}_4\text{-Ru}$ のRu結晶片にs波超伝導体Pbを接合すると、PbからRuに侵入したs波超伝導はp波界面超伝導と近接効果を持つ。この近接効果がp波界面超伝導を安定にするメカニズムをGinzburg-Landau方程式から求めた超伝導相図と秩序変数の解析から明らかにした。結果として近接効果は界面超伝導相を安定にするため、バルク相に近い低温側に時間反転対称性を破った界面超伝導状態が現れる事が分かった。又、界面超伝導相からカイラルp波バルク相への転移に伴いp波界面超伝導とs波超伝導の波動関数位相差はRu結晶界面で異方性を生じるためジョセフソン電流が減少する事をSine-Gordon方程式から明らかにした。この結果は近年の実験で報告されている $\text{Sr}_2\text{RuO}_4/\text{Ru}/\text{Pb}$ 接合系での低温での急激な電流抑制が界面超伝導-バルク超伝導転移に伴う現象である事を説明する。

IV 表面におけるスピン-軌道相互作用

Spin-Orbit interaction at Surfaces

三井隆志・島 信幸・馬越健次

Mii, T., Shima, N., Makoshi, K.

固体表面においては、空間反転対称性が破れているため、スピン-軌道相互作用により、電子の運動方向とスピンの向きが関連する Rashba 効果と呼ばれる効果が現れる。実際に、この効果が巨大に現れる物質が見つかった。この効果をうまく利用すれば、電流を流さなくてもスピン偏極が生じる可能性があり、応用上の理由から注目されている。まずスピン-軌道相互作用が表面電子系にどのような効果を及ぼすかから始めて、基礎理論を展開している。

発表論文 List of Publications

- III-1 Sarah B. Etter (ETH理論物理), Hirono Kaneyasu, Matthias Ossadnik (ETH理論物理), and Manfred Sigrist (ETH理論物理): Limiting mechanism for critical current in topologically frustrated Josephson junctions, PHYSICAL REVIEW B **90**, 024515 (2014)
- III-2 Sarah B. Etter (ETH理論物理), Hirono Kaneyasu, Matthias Ossadnik (ETH理論物理), and Manfred Sigrist (ETH理論物理): Limiting mechanism for critical current in topologically frustrated Josephson junctions, Gordon Research Seminar (GRS) and Gordon Research Conference (GRC) on Superconductivity, (Les Diablerets Conference Center, Les Diablerets, Switzerland, May 11-17, 2013)
- IV-1 Takashi Mii, Nobuyuki Shima, Koichi Kano (阪大院理), and Kenji Makoshi: Spin-Orbit Interaction in the Tight-Binding Model -Toward the Comprehension of the Rashba Effect at Surfaces-, J. Phys. Soc. Japan, **83**, 064706 (2014)
- IV-2 Kenji Makoshi, Takashi Mii, and Nobuyuki Shima: Effects of Coulomb interaction on one-dimensional Rashba chain, 19th international Congress of Vacuum Sciences (Congress Center, Paris, France Sep. 8-13, 2013)
- IV-3 馬越健次: ナノメートル領域を流れる電流の基礎～将来のエレクトロニクス・スピントロニクスに向けて～、兵庫県立大学シンポジウム (神戸市産業振興センター, 2013年9月24日)
- IV-4 三井隆志・島信幸・馬越健次: 一次元Rashba chainにおけるCoulomb相互作用の効果、日本物理学会 2013年秋季大会 (徳島大学, 2013年9月25日～28日)
- IV-5 狩野恒一 (阪大院理)・藤原聖基・島信幸・馬越健次: 金属表面におけるラッシュバ効果に対する合金の効果、関西薄膜・表面セミナー (グリーンビレッジ交野, 2013年11月29, 30日)

大学院物質理学研究科

博士前期課程

石川昌和: 電極からみた原子架橋部分の次近接原子までの移動積分を考慮した金属架橋の電気伝導度

谷川卓也: スピン軌道相互作用を考慮した原子架橋系の電気伝導

藤原聖基: 合金表面におけるラッシュバ効果の考察