

## 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 共晶系 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ -Ruにおける界面超伝導

### Interface Superconductivity in Eutectic System $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ -Ru

兼安洋乃・馬越健次  
Kaneyasu, H., Makoshi, K.

共晶系 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ -Ruはスピン三重項超伝導を示す母物質 $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ と多数の $\mu\text{m}$ 単位のRu結晶によって成り、Ru結晶付近では界面超伝導が起こる。この界面超伝導からバルク超伝導への転移の詳細についてGinzburg-Landau方程式を用いて調べた。Ru結晶側のs波超伝導と $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ 側の時間反転対称性の破れたp波超伝導により $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ -Ru界面では近接効果が生じ、これによりRu結晶界面に自発的に渦糸が生じる。この状態から温度が低くなると、磁束は界面からRu結晶の中心に移ることを理論的に示した。又、界面超伝導からバルク超伝導転移に伴う電流の変化について研究を行った。

## 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

- I-1 小谷祐介・島 信幸・馬越健次：Theoretical study of electric conductance of atomic contact with the Friedel sum rule, *Surface Science* 605(2011)770-774
- I-2 小谷祐介・島 信幸・馬越健次：The Relation between the Electric Conductance of Nanostructure Bridge and Friedel Sum Rule, *Journal of Physics"Conference Series"* 344(2012)12018
- I-3 馬越健次：Theoretical study of electric conductance through nanostructures, *International meeting on Novel Catalyst Design and Surface Science* 2011年12月8～10日 イーグレ姫路
- III-1 中村壮智（京大院理）・鷺見拓也（京大院理）・米澤進吾（京大院理）・寺嶋孝仁（京大低温センター）・兼安洋乃・マンフレッド＝シグリスト(ETH Zurich)・前野悦輝（京大院理）、「微小磁場中におけるPb/Ru/Sr<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub>トポロジカル超伝導接合の臨界電流」、日本物理学会2011年秋季大会 2011年9月21～24日 富山大学
- III-2 鷺見拓哉（京大院理）・中村壮智（京大院理）・米澤進吾（京大院理）・寺嶋孝仁（京大低温センター）・兼安洋乃・マンフレッド＝シグリスト(ETH Zurich)・前野悦輝（京大院理）、「Pb/Ru/Sr<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub>超伝導接合のトポロジーと導電特性」、日本物理学会2011年秋季大会 2011年9月21～24日 富山大学
- III-3 兼安洋乃・サラ＝ターラー(ETH Zurich)・馬越健次・マンフレッド＝シグリスト(ETH Zurich)：Unconventional interface superconductivity in the eutectic system Sr<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub>-Ru, 日本物理学会2011年秋季大会 2011年9月21～24日 富山大学
- IV-1 三井隆志・島 信幸・馬越健次：Fundamental aspects of Rashba effect at surfaces, *International meeting on Novel Catalyst Design and Surface Science* 2011年12月8～10日 イーグレ姫路

## 大学院物質理学研究科

客員教員 三井隆志：表面におけるスピン - 軌道相互作用と  $k$  - 空間におけるスピンマップとスピン偏極電流の理論

## 科学研究費補助金等

- 1 日本証券奨学財団研究調査助成（平成23年度）
  - 研究課題 共晶系及び格子欠陥系における境界面超伝導現象
  - 研究代表者 兼安洋乃
- 2 JST-CREST（平成23年度）
  - 研究課題 巨大 Rashba 効果によるスピン偏極電流
  - 研究分担者 馬越健次（分担課題：スピン偏極電流の理論）