17a-S2-1

$SrTiO_3$ デルタドープ構造における超伝導物性とスピン軌道相互作用

Superconductivity and spin-orbit coupling in $SrTiO_3$ delta-doped structures

スタンフォード大 [1], SLAC 国立加速器研 [2], ソウル国立大 [3], 東大院工 [4], ブリストル大 [5]
○ 井上 悠 [1,2], 金 民祐 [2,3], 小塚 裕介 [4], ベル クリストファー [2,5], 疋田 育之 [2],
ラグー スリニバス [1,2], ファン ハロルド [1,2]
Stanford Univ.[1], SLAC National Accelerator Lab.[2], Seoul National Univ.[3], Univ. Tokyo[4],
Univ. Bristol[5] ○Hisashi Inoue[1,2], Minu Kim[2,3], Yusuke Kozuka[4], Christopher Bell[2,5],
Yasuyuki Hikita[2], Srinivas Raghu[1,2], Harold Y. Hwang[1,2]
E-mail: hinoue6@stanford.edu

スピントロニクスは新たな情報処理デバイスへの応用と、基礎物性理解の両面から研究されている。これまで重点的に研究が行われてきた金属、元素・化合物半導体の系に加え、最近は今まで材料の制御が困難とされてきた遷移金属酸化物にも注目が寄せられている [1,2]。金属酸化物は、超伝導、磁性、強誘電等の多彩な電子物性を示すことが大きな特徴である。そして、原子レベルで制御された酸化物ヘテロ構造を作製する技術の進歩により近年では、電子状態の次元性 [3] や界面バンドオフセットの制御が酸化物ヘテロ構造 [4] でも可能となり、新たな機能性の開拓が期待できる。

中でも $SrTiO_3$(STO) は、低温での移動度が通常の金属より高く、極低温では超伝導状態へ転移する酸化物半導体である。STO を用いたヘテロ構造に形成される擬二次元電子系は、構造の制御や外部電場の印加によってキャリア密度、移動度等の系のパラメーターを広範囲に変調できることからスピン輸送層として期待できる。しかし、STO 擬二次元電子系をスピン輸送層として利用するためには、スピン緩和に寄与するスピン軌道相互作用や、量子閉じ込め効果による状態密度の変調の理解が不可欠である。超伝導相内でのスピン緩和の場合、加えて超伝導準粒子状態が大きく影響することも報告されている [5,6]。本研究では、これらの効果の理解に向け、構造を制御した STO 擬二次元電子系に関する研究を超伝導状態の測定を中心に行った。

我々は単一の薄い伝導性 STO を絶縁性 STO で挟んだ空間的に対称な単一量子井戸（デルタドープ）構造を作製し、その電気輸送特性から超伝導状態と系に内在するスピン軌道相互作用に関する評価を行った。超伝導状態では、パウリ極限をはるかに上回る面内上部臨界磁場が観測され、常伝導状態で観測された弱反局在現象の詳細な解析と併せると、デルタドープ構造には大きな内因性スピン軌道相互作用が存在することが明らかとなった [7]。

さらに、絶縁層で隔てられた二つの並行した伝導層を有する二重デルタドープ構造を作製し、伝導層の層間隔に応じた超伝導特性の変化を調べた。その結果、伝導層内のサブバンド構造が層間隔によって変化し、複数の異なる超伝導状態が一つの系に実現していることを示唆する結果が得られた [8]。以上より、STO 擬二次元電子系では、スピン軌道相互作用と量子閉じ込めによるサブバンド量子化が超伝導状態に大きく寄与していることを明らかにした。

本講演では、酸化物半導体 STO へのスピン注入に関する取り組みについても報告する。

[1] N. Reyren *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 186802 (2012). [2] W. Han *et al.*, *Nat. Commun.* **4**, 2134 (2013). [3] M. Kim *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **107**, 106801 (2011). [4] Y. Hikita *et al.*, *Phys. Rev. B* **79**, 073101 (2009). [5] F. Hübler *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 207001 (2012). [6] C. H. L. Quay *et al.*, *Nat. Phys.* **9**, 84 (2013). [7] M. Kim *et al.*, *Phys. Rev. B* **86**, 085121 (2012). [8] H. Inoue *et al.*, *Phys. Rev. B*, **88**, 241104(R) (2013).

© 2014 年　応用物理学会