

電気二重層トランジスタ構造における新奇 2次元超伝導現象

野島 勉

東北大学金属材料研究所

電気二重層トランジスタ (EDLT) は、イオン液体や電解液といったイオンを含む液体をゲート材料として用いた一種の電界効果トランジスタ (FET) である。ゲート電圧を印加した際に試料表面に形成される電気二重層によって発生する巨大な電界により、従来の固体ゲート絶縁膜を用いた FET に比べ 1-2 桁大きい 10^{14} cm^{-2} 以上のキャリア密度を持つ 2 次元電子系を静電的に誘起できる。このため、単なる電気伝導性の制御だけでなく、対象物質の電子相そのものの変換・制御が可能となる。電界誘起超伝導は、EDLT によってはじめて実現された顕著な現象の一つである。EDLT による電界誘起電子系の特徴は、(i) 高い結晶性を持った乱れの少ない究極の 2 次元系であること、および(ii) 電場や表面伝導層の電子閉じ込めによって空間反転対称性が破れ電子に強いスピン軌道相互作用 (SOI) が働くことである。一方 EDLT では、静電的キャリア制御の範囲を超えた温度・ゲート電圧の条件下で起こる(iii) 試料とゲート材料との間の電気化学反応 (エッチング、酸化還元反応等) も見逃せない。これを利用することによって、電界誘起を越えたより広範な物性制御も可能となる。

近年、我々のグループでは、上記(i) - (iii)の特徴を生かすことにより、 SrTiO_3 [1], ZrNCl [2], MoS_2 [3], FeSe [4]といった様々な物質を用いた EDLT において、

(i) 面直磁場中での渦糸の揺らぎ運動によっておこる 2 次元量子金属状態

(ii) SOI によるパウリ極限の増強効果に起因した巨大な面内上部臨界磁場

(iii) エッチングと電界効果の組み合わせによる FeSe 原子層膜の 40 K を超える高 T_c 化

といったバルクや従来の薄膜では観測例があまりない新奇な 2 次元超伝導物性を見出してきた。これらの現象を中心とした電場誘起超伝導の特徴と最近の話題について紹介したい。

本講演で紹介する研究内容は、大内拓、田中駿、塩貝純一、伊藤恭太、三橋駿貴、塚崎敦 (東北大金研)、斎藤優、Mohammad S. Bahramy、中川裕治、恩河大、岩佐義宏 (東大院工、理研)、小濱芳允、徳永将史 (東大物性研)、上野和紀 (東大院総合)、中村康晴、笠原裕一、柳瀬陽一 (京大院理)、叶劍挺 (Groningen 大) 各氏との共同研究によって得られた成果である。

[1] K. Ueno, T. Nojima, S. Yonezawa, M. Kawasaki, Y. Iwasa, and Y. Maeno, *Phys. Rev. B* **89**, 020508(R) (2014).

[2] Y. Saito, Y. Kasahara, J. Ye, Y. Iwasa, T. Nojima., *Science* **350**, 409 (2015).

[3] Y. Saito, Y. Nakamura, M. S. Bahramy, Y. Kohama, J. Ye, Y. Kasahara, Y. Nakagawa, M. Onga, M. Tokunaga, T. Nojima, Y. Yanase, Y. Iwasa, *Nat. Phys.* **12**, 144 (2016).

[4] J. Shiohagi, Y. Ito, T. Mitsuhashi, T. Nojima, and A. Tsukazaki, *Nat. Phys.* **12**, 42 (2016).