

上野 和紀

東北大学原子分子材料科学高等研究機構 助教

滞在先：京都大学大学院理学研究科

(受入研究者：前野 悦輝)

CO1 → AO1

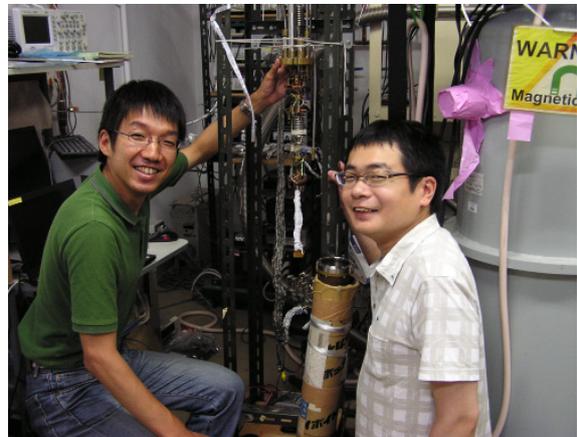
我々は最近、電界効果により絶縁体に超伝導を誘起することに成功した。本系は空間反転対称性の破れにより界面に生成した二次元電子ガスが超伝導を示すものであり、トポロジカル量子現象という観点からも興味深い。またゲート電圧という外場によりキャリア濃度が制御できるという点でも、本系はユニークなものである。そこで本研究では臨界磁場の方位依存性評価を通して超伝導の二次元性を評価し、超伝導層の厚さ評価を行った。京都大学で稼働中のベクトル・マグネット回転装置と希釈冷凍機を用いて測定を行うことで、わずか3週間という短い研究期間でキャリア濃度を系統的に変化させながらの二次元性評価、特性評価を実現した。

東北大学でSrTiO₃ (100) 単結晶上に電気二重層トランジスタデバイスを作成 [1]、アルゴンガス中で試料をパッキングした上で京都大学へ搬送した。京都大学で試料を試料ホルダーへ配線、希釈冷凍機へ取り付けした。測定は前野研のロックインアンプ (SR830) を用いて行った。なお、キャリア濃度変化の際は希釈冷凍機全体を 300 K まで上昇させ、ゲート電圧変化後に再冷却を行った。まず、前半 1 週間半をかけてシートキャリア濃度 10¹⁴ cm⁻² での超伝導評価を行った。温度下降とともに 0.4 K で急激な抵抗ドロップを示し、0.3 K 以下でゼロ抵抗を示した。臨界磁場は垂直方位で約 0.1 T、水平方位で約 1.4 T と二次元系特有の大きな方位依存性を示した。また、臨界磁場の温度依存性はゲート電圧にかかわらず T_c から $T_c/2$ の温度範囲で垂直方向では $H_c \sim (1-T/T_c)$ 、水平方向では $H_c \sim (1-T/T_c)^{0.5}$ と GL 理論に従い、精度良く $H_c(0)$ の決定ができた。さらに磁場印加方向を試料面に水平方向から垂直方向へ変化させたとき、 H_c は極めて急激な落ちを示した。この H_c の方位依存性を 0.1 度刻みで測定したところ、GL 方程式の二次元での解として導かれる Tinkham の関係式に完全に一致しており、本系が理想的な二次元系として振舞うことが確認された。

続いてキャリア濃度を 5×10^{13} cm⁻², 3×10^{13} cm⁻² と順次下げながら超伝導特性の評価を行った。 H_c の温度依存性、方位依存性はやはり GL 理論に非常によく一致しており、キャリア濃度にかかわらず理想的な二次元系としての振る舞いが確認された。一方、GL のコヒーレンス長 ξ_{GL} は 50 nm 程度、超伝導層厚さ d は 10 nm 程度であり、ほとんどキャリア濃度に依存しなかった。一般に半導体中の二次元電子ガスではキャリア濃度の減少とともに電子の閉じ込めポテンシャルが減少、電子侵入深さが増加することが知られている。したがってこの結果はノーマル状態と超伝導状態で電子の侵入深さが変化していることを示唆しており、今後の理論的な研究が期待される。

なお、本研究は東北大学グループの野島准教授、京大グループの前野教授、米澤助教との共同研究である。8 月半ばというお盆休みを挟んだ大変暑い期間にもかかわらず、ほとんど休み無しに指導を賜り、また非常に精力的かつ楽しく共同研究をさせていただいたことに感謝したい。

[1] K. Ueno *et al.*, Nature Materials 7, 855 (2008).



前野研米澤助教 (左) と筆者 (右)。後ろは希釈冷凍機本体とベクトルマグネット