

絶縁性 FeSe 薄膜における電界誘起超伝導に関するチャネル層の影響

Influence of channel states on field-induced superconductivity in insulating FeSe films

°半沢 幸太¹、平松 秀典^{1,2}、神谷 利夫^{1,2}、細野 秀雄^{1,2}

(1. 東工大 フロンティア研、2. 東工大 元素研)

°Kota Hanzawa¹, Hidenori Hiramatsu^{1,2}, Toshio Kamiya^{1,2}, and Hideo Hosono^{1,2}

(1. MSL, Tokyo Tech, 2. MCES, Tokyo Tech)

E-mail: K-hanzawa@lucid.msl.titech.ac.jp

【緒言】 我々は、電子相関の強い絶縁体母相を持つ銅酸化物超伝導体が金属母相を持つ鉄系超伝導体よりも遥かに高い超伝導臨界温度 (T_c) を有することから、鉄系物質で高 T_c を達成するため、バルクとは異なり厚さ数 10 nm の薄膜で絶縁体的に振る舞う超伝導体 FeSe に着目した。その薄膜をチャネル層とした電気二重層トランジスタ (EDLT) を作製し、高濃度キャリアドーピングによる高 T_c 発現を目指した。その結果、正のゲート電圧 (V_G) 5.5 V を印加することで、バルク体 ($T_c \sim 8$ K) より約 4 倍高い 35 K で超伝導転移を誘起することに成功した [1]。しかし、この高 T_c 発現の詳細な機構は未解明で、その解明は今後の新規高 T_c 超伝導体探索にとって重要な課題である。そこで本研究では、異なる電子輸送特性を示す絶縁性 FeSe チャネル層の EDLT を比較することで高 T_c の起源を検討した。

【結果】 分子線エピタキシーにより、成長速度 1.1、1.3、1.4 Å/min (以下、試料番号#1、#2、#3 とする) で堆積させることで、互いに異なる電子輸送特性を示す絶縁性 FeSe エピタキシャル薄膜を用いた EDLT (Fig. 1 挿入図) を作製した。正の V_G を印加したところ、全ての EDLT において超伝導転移の観察に成功し、最高 T_c はそれぞれ 20、35、22 K であった。得られた薄膜は、結晶性および化学組成においてどれも大差ないものの、最大 T_c を示した#2 が結晶性、平坦性ともに最も良好であった。#2、#3 では a 軸に対する c 軸の格子歪み比 (Poisson 比) $\nu = -(Ac/c)/(Aa/a)$ が $\sim 80\%$ と 1.0 に近かったのに対し、#1 のみ $\sim 18\%$ と極端に小さく、異常な格子歪構造が認められた。ホール効果測定の結果、EDLT #1 中に誘起されたキャリア濃度は $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ (Fig. 1) と、最大 T_c を示す EDLT #2 の $1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ に比べ 3 倍ほど多く、この異常な歪構造に関連して過剰ドーピング状態であることがわかった。#3 においては、

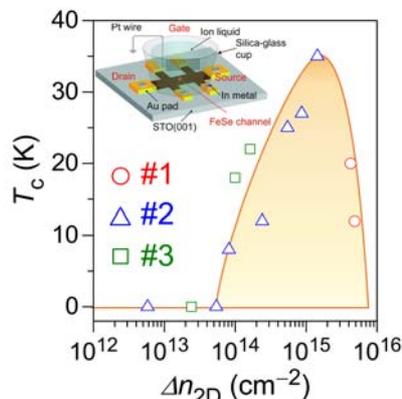


Fig. 1 Relationship between T_c and the induced sheet carrier densities under V_G .

AFM 像から見積もられた平均二乗粗さは#2 と同程度 (~ 1 nm) であったが、直径数 10 nm 程度の多数の pit が形成されていることがわかった。#3 のキャリア濃度は $1.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ と、最大 T_c を示す EDLT #2 に比べて約 1 桁小さいことから、この pit に関連する欠陥に電子が捕獲され [4]、 T_c が最大値まで上昇しなかったと考えられる。FeSe EDLT を用いた電界誘起超伝導において最高 T_c を観測するためには、 10^{15} cm^{-2} に達する多数のキャリアを誘起するだけでなく、高い結晶性かつ平坦なチャネル層を形成することで電子捕獲準位を低減して最適電子濃度を実現する必要があることがわかった。

【参考文献】 [1] K. Hanzawa, *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, **113**, 3986, (2016). [2] Y. F. Nie, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **94**, 242505, (2009). [3] Y. Mizuguchi, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **93**, 152505, (2008). [4] D. C. Look, *et al.*, *phys. stat. sol. (c)*, **2**, 1039, (2005).