

Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2021

半導体基板上に形成された金属単原子層薄膜の 超伝導絶縁体転移におけるステップの影響

○佐藤 優大^{1*}, 土師 将裕¹, 吉澤 俊介², 内橋 隆², 長谷川 幸雄¹¹東京大学物性研究所, ²物質・材料研究機構

Role of steps on superconductor-insulator transition in mono-atomic-layer metal films grown on semiconducting substrates

○Yudai Sato^{1*}, Masahiro Haze¹, Shunsuke Yoshizawa², Takashi Uchihashi² and Yukio Hasegawa²¹The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo, ²National Institute for Materials and Science

二次元超伝導体では、磁場印加により、超伝導絶縁体転移(superconductor-insulator transition; SIT)を示す。これは、絶対零度でも生じる量子相転移の一つであり、その多くは、量子位相揺らぎの結果として生じるボソンのシナリオで説明されている[1]。ボソンのシナリオでは、超伝導相では、クーパー対は凝縮し渦糸は局在する一方で、絶縁相では、クーパー対が局在し渦糸は凝縮する。また、転移温度や転移磁場が、不純物や欠陥などの乱れによって変化することが知られている。二次元超伝導体は乱れに極めて敏感なため、わずかな乱れの導入であっても、SITの振る舞いに変化が現れることが期待される。

近年、結晶性が高く乱れの少ない二次元超伝導体において、絶対零度近傍において、磁場印加により異常な金属状態の出現が報告されている[2]。異常金属状態は、絶対零度近傍での温度依存しない残留抵抗として検出される。しかしながら、SITのほとんどの先行研究は電気伝導測定をはじめとする巨視的手法が用いられており、クーパー対が局在した相や異常金属相の微視的視点の研究は不十分である。したがって、超伝導の微視的研究の強力な手法である走査トンネル顕微鏡(STM)による研究が不可欠である。一方で、磁場中でのSTMによる電子状態測定からSITを議論する研究[3]も報告されているものの、いずれも乱れの強い系に対するものであり、異常金属状態が起こるとされる乱れの弱い系および、その乱れを制御した系でのSITをSTMにより観測した報告はない。

我々はこれまで、Si(111)表面上のPb単原子層薄膜の超伝導特性を電気伝導測定およびSTM観察によって評価しており[4]、この系が異常金属状態が発現する結晶性の高い系であり、加えて、ステップが乱れとし

て機能することを明らかにしている。さらなる解析の結果、結晶性の高い系の特徴である異常金属状態を含む磁場誘起SITの振る舞いが、ステップ密度に依存することが判明した。興味深いことに、ステップ密度が大きい試料では、ステップ密度が小さい場合とは異なり、軌道対破壊臨界磁場よりも高い磁場で超伝導ギャップが残る。この結果から、ステップ密度の増大によって、クーパー対が局在したボソンのSITが実現していることが推測される。

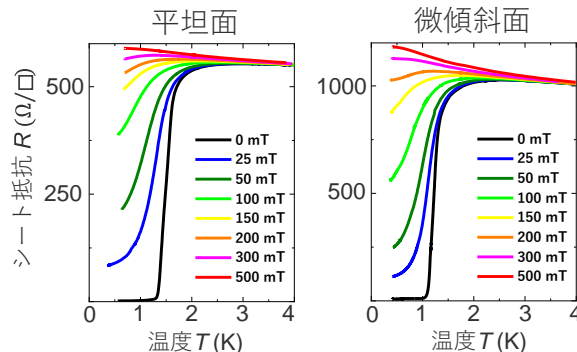


Fig. 1. Si(111)平坦面(左)および微傾斜面(右)上のPb単原子層薄膜の磁場中の電気抵抗の温度依存性

文 献

- 1) Matthew P. A. Fisher, *et al.*, Phys. Rev. B **40**, 546 (1989).
- 2) K. Ienaga, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **125**, 257001 (2020).
- 3) M. Žemlička, *et al.*, Phys. Rev. B **88**, 180508(R) (2020).
- 4) 佐藤優大, *et al.*, 2020年表面真空学会学術講演会, 2Ba05S (2020)

*E-mail: ysatoissp@g.ecc.u-tokyo.ac.jp