

The 10th International Symposium on Surface Science(ISSS-10)におけるStudent PrizeおよびNIMS-award symposiumにおけるBest Poster Awardを受賞して

ナノスケール物性研究部門 長谷川研究室 修士課程2年 岡崎 淳哉

この度、2024年10月に北九州市にて開催された The 10th International Symposium on Surface Science(ISSS-10)の Student Prize、及び同年11月につくば市にて開催された NIMS-award symposium の Best Poster Award を受賞させていただきました。それぞれの国際会議、シンポジウムにて優れたポスター発表を行った学生／若手研究者に授与される賞です。

受賞対象となった研究は「Structures and surface conductivity on dense Pb monolayer formed on Si(111) studied by low temperature scanning tunneling microscopy/potentiometry(低温走査トンネル分光／ポテンショメトリによるSi(111)上の高密度Pb単原子層での構造と電気伝導評価)」です。

近年、単原子層からなる2次元超伝導体が盛んに研究されていますが、二次元超伝導体では、乱れがその物性に大きな影響を与えることが知られており、単原子層の場合には基板表面の原子ステップが乱れとして働きます[1]。しかし、個々のステップによる乱れを電気伝導の観点から評価した研究は、測定の難しさ故にほとんど行われていませんでした。そこで我々は、低温走査トンネルポテンショメトリ(LT-STP)を用いて表面電気伝導を測定することで単原子ステップの抵抗を測定し、超伝導特性との関連を評価することに成功しました。

走査トンネルポテンショメトリとは STM をもとにした測定手法[2]で、試料表面に電流を流した状態で、表面構造とそれに対応する電位分布像をナノスケールの空間分解能と μV レベルの電位分解能で得られる手法です。これにより試料表面の局所的な電気抵抗を電位変化として評価することができます。

我々は Si(111) 基板上のいくつかの Pb 再構成表面で LT-STP 測定を行いました。Pb/Si(111) は Pb の被覆量に依存して多様な再構成表面を示し、それらの中には 2 次元超伝導を示すものも報告されています。STM によるステップ近傍での渦糸の振る舞いから、単原子ステップが乱れとして超伝導に与える影響は表面構造に依存することが報告されています[3]。本研究では、 $\sqrt{3} \times \sqrt{7}$ 表面（被覆量：1.2 monolayer (ML)）と striped incommensurate (SIC) 表面（被覆量：4/3 ML）について LT-STP 測定を行いました。

これらの系は2次元超伝導を示し、渦糸の振る舞いから、ステップによる表面電子状態の分断強度が $\sqrt{3} \times \sqrt{7}$ 表面では強く、SIC表面では弱いと考えられています。これはステップが、 $\sqrt{3} \times \sqrt{7}$ 表面では大きな抵抗として、SIC表面では小さな抵抗として働くことを示唆するものです。

LT-STP 測定の結果、 $\sqrt{3} \times \sqrt{7}$ 表面ではステップでの電位の段差が観測され、その解析から 1 本のステップの抵抗は 160 ± 70 nm のテラスの抵抗に相当することが判明しました。一方では、SIC 表面ではステップの抵抗は計測誤差以下で極めて小さいことを初めて明らかにしました。これは、先行研究での渦糸研究から示唆される傾向と一致しています。さらに本研究は、ステップによる電子状態の分断強度を電気抵抗という形で定量的に評価することに成功しました。現在は同じく Pb 再構成表面である $\sqrt{3} \times \sqrt{43}$ 表面について LT-STP 測定を進めており、今後は磁場印加下での測定や磁性探針を組み合わせることで STP 法を発展させていく計画です。

本研究は日頃よりご指導いただいている長谷川幸雄教授、土師将裕助教、浜田雅之技術専門職員をはじめとする、本研究にご協力頂いた皆様のおかげで実現できました。この場をお借りして、心より感謝申し上げます。



参考文献

- [1] Y. Sato *et al.*, Phys. Rev. Lett. **130**, 106002 (2023).
 - [2] M. Hamada and Y. Hasegawa, Phys. Rev. B **99**, 125402 (2019).
 - [3] S. Yoshizawa *et al.*, Phys. Rev. Lett. **113**, 247004 (2014).