

(3) 半導体表面上の新物質層の作製とその構造と物性の研究

研究代表者 工学部 鳴村修二

研究目的

本研究では、半導体表面上の金属原子層を原子レベルで操作することにより、特異な構造と物性を示す新物質層を作製することをめざしている。そのため、走査型トンネル顕微鏡 (STM) による表面の観察・操作にもとづき、実験と理論の両面から研究を行っている。

実験面では、超高真空下で、Si の (111) 表面または (100) 表面上に金属原子を蒸着し、STM を用いて表面構造を観測する。また、Si 表面上の金属原子層を STM の探針で操作することにより、吸着原子集団の振る舞いを研究している。

理論面では、STM による観測結果にもとづいて、Si 表面上の金属原子集団の物性の予測、新物質層設計のための基礎研究を行っている。

研究成果

目下、 10^{-11} Torr の超高真空下で、基板 Si の表面を清浄化し、(111) 表面と (100) 表面の鮮明な STM 原子像を観測することが可能になっている。Fig.1に、 (7×7) の超周期構造をもつ (111) 表面および (2×1) 構造の (100) 表面の STM 像を示す。

Si 表面上の金属原子層研究の第一歩として、金 (Au) 原子を蒸着し、その表面状態を STM で観測した。Fig.2は、(111) 表面上に蒸着された金原子層の STM 像である。金原子層が帯状に形成され、さらにその上に金原子のクラスターが孤立して分散しているように見える。今後、このような帯状の原子層の形成過程、吸着原子クラスターの成長過程について、詳細な観測を行っていく予定である。

吸着原子層の原子操作の手始めとして、金を蒸着した STM 探針を用いて、Si 表面上の金原子層を操作する実験を行った。探針を金原子層に押しつけたのち引き上げながら、探針と表面原子層との間の電

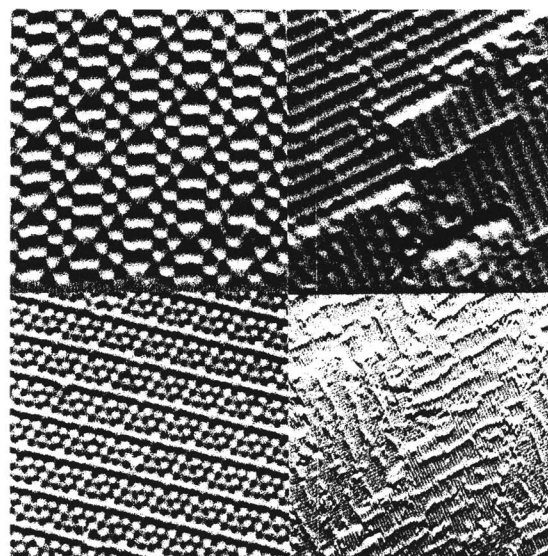


Fig. 1 Si の(111)と(100)表面の STM 像

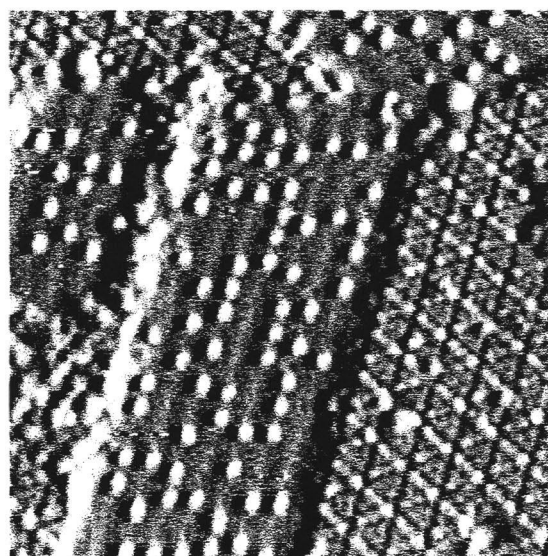


Fig. 2 Si(111)表面上の金原子層の STM 像

気抵抗の変化を追跡する測定を行った。その測定結果を Fig.3に示す。探針を引き上げていく (ピエゾ移動距離が増していく) と、出力として表れる電圧が減少していく。これは、探針を引き上げていくと、

探針と表面原子層との間の電気抵抗が増加していくことを表している。興味深いことは、出力電圧が階段状に減少していくことである。Fig.3の一部を拡大した図が Fig.4である。Fig.4では、コンダクタンス(抵抗の逆数)の変化として示してある。コンダクタンスの階段状の減少は、探針を引き上げていく過程で、探針と表面原子層との間の電気抵抗が不連続に増加していくことを示している。

探針を引き上げていく過程では、探針が表面原子層を引き込みながら上がっていくと想像される。探針と表面原子層が数個の原子集団によってつながった状態にまでなると、原子一個の移動がコンダクタンスの変化として観測されていると推測される。今後、さらに詳細な測定を行う予定である。また、探針を引き上げていく過程での探針先端部の原子集団

の運動を、コンピュータ・シミュレーションによって追跡する研究を始めている。

産業技術への貢献

本研究では、Si 表面上の金原子層の状態、および STM 探針操作による金原子集団の状態変化についての基礎的知見が得られつつある。これらの知見は、半導体表面上の吸着原子層を原子レベルで制御する技術開発に資すると期待される。

研究発表

- 1) S. Tanimori and S. Shimamura : Electronic Structure Study of Cleavage and Slip in Pd and Ag ; J. Phys. Soc. Jpn. 67 [1] 192-197, 1998.

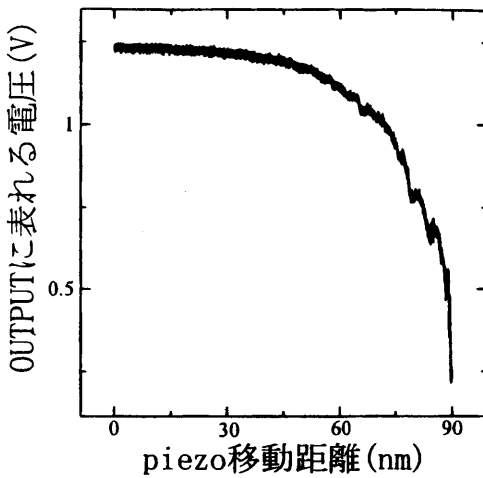


Fig. 3 探針の引き上げによる出力電圧変化

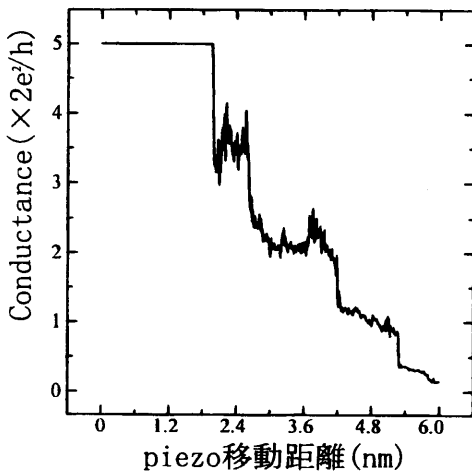


Fig. 4 探針の引き上げによるコンダクタンスの変化 (Fig. 3 の一部の拡大図)

グループメンバー

氏名	所属	職 (学年)
嶋村 修二	工・共通講座	教授
末岡 修	工・共通講座	教授
石田 浩一	徳山高専	講師
尾形 修司	工・共通講座	助教授
谷森奏一郎	V B L	研究員
成岡みどり	理工・機能材料	M2

連絡先

TEL : 0836-35-9974 FAX : 0836-35-9492
E-mail : simamura@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp