

論文審査の結果の要旨

氏名 劉 燦華

本論文は6章からなり、第1章は序論で、物質表面で展開される物理現象が物質科学の本質を理解するために重要な役割を果たすことと本論文の主題である Si(111)-7x7 上の Ag 終端 $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面上に形成される金属超薄膜の様々な性質について述べられ、アルカリ金属 (K, Cs) と貴金属 (Ag, Au) がこの表面上で示す構造と電子状態、伝導現象を明らかにしようとする本論文の目的が述べられている。第2章では本研究で用いた、低速電子線回折 (LEED)、走査トンネル顕微鏡 (STM)、光電子分光、マイクロ4端子法 (μ 4PP) による電気伝導測定の実験方法について、実験結果の解析方法まで含めて詳細に述べられている。

第3章では、Ag $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面上に形成される金属超薄膜の構造について、金属単原子膜が形成されるまでの過程に注目して行った実験結果が述べられている。とくに Au 原子を吸着した系では、反射高速電子線回折 (RHEED) と STM を用いて解析した結果、 $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ Ag 表面上で Au が下地の Ag 三角格子の中心に位置し、3つの Au 原子を単位とするナノクラスターを作り、吸着濃度の増加と共にとしてナノクラスターが自己組織化を示して $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ 超構造が作られていくことを明らかにした。ここで示された3つの Au 原子からなるナノクラスターを単位とするモデルは、 $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ Au 超構造に対する新しく提案された構造モデルであり、これがはじめて実験によって説明された。また、K と Cs の吸着した系でも Au と同様に $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ 超構造が現れること、K、Cs では単位胞による自己組織化ではなく吸着濃度の増加とともに2次元液体・固体相転移と見られる現象を示すことを見い出した。また、この2次元液体・固体相転移が STM 像で得られる原子位置を結ぶ幾何学的モデルを解析して理解できることを示した。

第4章では、第3章で取り扱った Ag $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面上に形成される Ag、Au および K、Cs 超薄膜の吸着濃度に依存する価電子帯構造について、角度分解光電子分光実験を行って解析し、吸着原子に起因する表面電子状態とその特徴

について述べている。いずれの吸着原子でも表面平行な自由電子的なバンドが形成され、吸着濃度の増加とともにこのバンドの占有電子数が増えていくこと、いくつかの表面電子状態が作られることを明らかにした。とくに、Au 原子を吸着した Ag $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面について詳しく調べ、吸着濃度の増加に伴って角度分解光電子分光スペクトルが自由電子的なバンドとエネルギー分散が小さい準位に分離することから、吸着原子の増加によって局在電子状態が生じる可能性があることを初めて指摘した。また、Si 2p 内殻光電子分光スペクトルの形状解析から、吸着 Au 原子と下地の Ag 原子の結合距離がナノクラスターを形成している Au 原子間距離とほぼ等しいことを見いだした。さらに、Si 2p 内殻光電子の放出角度依存性から、バンドの折れ曲がりには方向依存性があることも述べている。

第 5 章は、Ag $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面に Au 原子を吸着して得られる $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ Au 超構造表面について、 μ 4 PP によって電気伝導率を測定し、Au ナノクラスターの自己組織化によって $\sqrt{21}\times\sqrt{21}$ 超構造が作られていく過程が表面電気伝導の特徴的な振る舞いを説明することを述べている。

第 6 章は、以上の研究結果のまとめについて記述している。

以上のように、本論文は Si(111)- 7×7 上の Ag 終端 $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 表面上に吸着して作られた金属超薄膜について、その構造と表面電子状態の吸着濃度依存性を表面敏感な様々な実験手法を用いて研究したものであり、表面超構造の生成過程と構造、電子状態について新しい知見を与えるものである。

なお、本論文の第 2 および 3 章の一部は長谷川修二らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験し、結果の解析、検証を行ったもので、本論文が示す研究成果に関して論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。