

# 論文審査の結果の要旨

氏名 太田 奈緒香

本論文は、金属表面吸着分子の電子・スピン状態への局所環境の影響、分子間の磁気的相互作用について報告している。論文は英文で 5 章からなり、第 1 章は、研究の背景と目的、第 2 章は本論文中で用いた観測手法の解説、第 3 章以降は結果および考察である。第 3 章では、Ag(111)、Ag(110) および Ag(100) 表面に吸着した鉄フタロシアニン (Iron phthalocyanine, FePc) 分子のスピンおよび振動状態に関係する非弾性電子トンネル励起信号が分子近傍の局所環境に依存することを記述している。第 4 章では、Au(111) 表面上で格子を形成した FePc の集団的磁気状態について記述している。第 5 章は結語である。

第 1 章では研究の背景と目的について述べている。本論文の目的は、基板に吸着した分子と基板との相互作用、および隣接する他の分子との相互作用が分子の吸着構造および電子状態に与える影響を実験的に明らかにすることである。STM/STS が局所構造と局所電子状態・スピン状態の測定に有用であること、FePc がスピンを持つこと示し、FePc のスピン状態の変化を通じて分子-基板間、分子-分子間相互作用を探ることを提案している。

第 2 章では研究手法について記述している。走査トンネル顕微鏡法 (Scanning tunneling microscopy, STM)、走査トンネル分光法 (Scanning tunneling spectroscopy, STS)、および高分解能電子エネルギー損失分光法 (High resolution electron energy loss spectroscopy, HREELS) の基本原理と実際に用いた装置、試料の作製手法を記述している。

第 3 章では、Ag(111)、Ag(110)、Ag(100) 表面に吸着した FePc のスピンおよび振動励起信号について述べている。FePc の蒸着量が増すと、基板に直接吸着する分子に加え、2 層目の分子が現れること、2 層目分子の中に、異なる吸着構造を持つものがあることを STM 測定から示し、さらに、これら異なる局所環境下にある分子が異なる STS スペクトル形状を有することを示した。1 層目分子と 2 層目分子のスペクトル形状の差の起源を、基板-分子間相互作用の強度の観点から論じている。具体的には、1 層目分子のスペクトル中にはスピン励起、振動励起信号のどちらも現れないのに対し、2 層目分子のスペクトル中には両者が現れることを示している。スピン励起信号の差を、1 層目分子は基板との相互作用によりスピンを失っているのに対し、2 層目分子はバルク中と同じ  $S=1$  を保っているとして説明している。振動励起信号の差については、分子準位へ過渡的に滞在するトンネル電子が分子振動を誘起するという共鳴トンネル機構を用いて説明している。1 層目分子は 2 層目分子よりも大きい分子-基板間結合をもつため、トンネル電子の分子準位での滞在時間が短く、振動励起の確率が低いとして説明している。実際に Ag(111) 表面に吸着した 1 層目の FePc と基板との間に化学結合が形成されていることを HREELS

測定から明らかにしている。本章の成果は、本論文提出者が筆頭著者の2報の論文として公表されている。

第4章では、Au(111)表面上に格子を形成したFePcの集団的磁気状態について述べている。Au(111)表面に孤立吸着したFePcとAu(111)表面上に格子を形成したFePcは異なるSTSスペクトル形状を示すことが、本論文提出者を執筆者に含む論文において過去に報告されている。本章では、Au(111)表面上で格子を形成したFePcを2次元近藤格子の典型例と位置づけ、その基底状態の解明を試みた結果を記している。STSスペクトルの磁場応答の空間分布を調べ、磁場応答が異方的であること、磁場印加下で分子格子よりも長周期の変調がスペクトルとして観測されることを記述している。スペクトルの磁場応答について論じ、系の基底状態はイジング性の2次元反強磁性磁気秩序状態であると帰結している。さらに、反強磁性イジングモデルを用いてスペクトルの磁場応答を現象論的に説明している。

第5章は結語であり、本博士論文で解明された内容をまとめている。

本論文提出者の寄与は次の通りである。第3章Ag(110)面の実験は、修士課程学生だった福嶋徹君がデータを取得し、その後提出者が解析した。Ag(100)面の実験は卒研究生だった古島弥久君と共同で行なった。その他の部分、第3章Ag(111)面の実験・解析、Ag(100)面の解析、Ag(110)面の解析、第4章の実験・解析は本論文提出者が主たる実施者である。

従って、論文提出者の寄与が十分であると判断し、博士(科学)の学位を授与できると認める。

以上 1973 字