



Title	固体表面スピン分極および電子分極のナノスケールトンネル分光
Author(s)	秋山, 良太
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42487">https://hdl.handle.net/11094/42487</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	あき 秋 山 良 太
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 9 6 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 13 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科化学専攻
学 位 論 文 名	固体表面スピン分極および電子分極のナノスケールトンネル分光 (NANO-SCALE TUNNELING SPECTROSCOPY OF SPIN- POLARIZATION AND ELECTRONIC-POLARIZATION ON SOLID SURFACES)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 川 合 知 二  (副査) 教 授 渡 會 仁 教 授 笠 井 俊 夫

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は走査トンネル顕微鏡 (STM) およびトンネル分光 (STS) を用いて、固体表面の磁気的あるいは静電的な情報を高感度かつ高分解能で観測する手法を開拓するのが目的である。以下にその具体的な内容に関して記述する。

### 1. ハーフメタル探針による高感度スピン偏極 STM/STS の実現

現在、STM による表面磁気観測手法としてはスピン偏極 STM (SP-STM) が最も有力視されている。しかしその検出感度は非常に低く、磁気観測手法として確立したとは言い難い。SP-STM の検出感度を大きく左右するのはスピン検出源として機能する STM 探針物質の選定である。原理的にスピン分極  $P_T$  が高い物質ほど SP-STM の探針に適していると考えられるが、過去に用いられた GaAs などの光励起半導体 ( $P_T=50\%$ ) や Fe、Co、Ni などの強磁性体 ( $P_T=30\sim 40\%$ ) ではまだ不十分である。そこで、筆者はハーフメタル強磁性体 (理論的に  $P_T=100\%$  但し、 $T_c$  として知られる  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ) を SP-STM の探針として適用することを考えた。

本研究ではレーザーアブレーション (PLD) 法を用いて、PtIr 探針上に  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  を薄く被覆した  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  被覆探針を作成した。また、測定試料は PLD 法により  $\text{SrTiO}_3$  (100) 上に製膜した  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜を用いた。この  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  被覆探針と  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜試料を用いて SP-STM 測定を行ったところ、室温で過去最高のスピン偏極トンネル ( $P_T \cdot P_S > 50\%$ ) を観測することに成功した。室温にもかかわらずこのような高感度化を実現できたのは、(1)ハーフメタル強磁性体である  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  を用いた点と、(2) $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜表面においてバルクとは異なる表面特有の強磁性相が発現している点が最大の要因であると考えられる。

### 2. トンネル障壁測定による表面電子分極の見積もり

有機分子が固体表面へ吸着すると、分子-基板間相互作用により電子的な偏り (表面電子分極) が誘起される。分子科学や分子デバイス創製という観点から、分子吸着による表面電子分極は非常に重要な情報である。このような表面電子分極を光電子分光 (PES) によって評価することが可能であるが、得られる情報は表面全体で平均化された巨視的な分極値である。そこで著者は孤立分子吸着における微視的な電子分極を評価するために、STM の適用を考えた。しかしながら、表面電子分極を STM で定量的に評価したという例はなく、定式化した測定法を提案する必要がある。そこで本研究では、PES による表面電子分極の測定原理を STM へと適用することを考えた。分子吸着によって誘起される表面電子分極をモデル化し、トンネル分光により数値的な評価を行った。

PES では分子吸着前後の表面仕事関数変化を表面電子分極の寄与として考える。同様の原理から、本研究では

STM におけるトンネル障壁の測定により表面電子分極を測定することを試みた。その結果、Si (100) -  $2 \times 1$  表面上に吸着したシクロペンテン分子の場合、分子吸着に伴い、分子-基板間では  $\mu_{s-m} + \mu_m = -1.24 \times 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$  (0.37Debye) の電子分極が誘起され、さらに STM 探針による電界で  $\alpha_{s-m} + \alpha_m = 0.66 \times 10^{-39} \text{C} \cdot \text{m}^2 / \text{V}$  ( $5.89 \text{\AA}^3$ ) の電子分極が誘起されることが分かった。これは基板から分子へ約 0.01e の電荷移動が起こっていることに相当し、半経験的分子軌道法による計算結果とも良い一致を示している。

これらの研究により、固体表面の磁気情報および静電情報に関して、他の測定では得ることができなかった“表面特有”あるいは“微小領域特有”の物理・化学現象について新しい知見を得ることが可能となった。

## 論文審査の結果の要旨

秋山君の論文は、走査トンネル顕微鏡 (STM) を用いた固体表面スピン分極および電子分極のトンネル分光測定に関するものである。ハーフメタル強磁性体として知られるマンガン系ペロブスカイト型酸化物 ( $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ) を走査トンネル顕微鏡の探針に利用することを考案し、スピン偏極トンネル分光法の感度を劇的に向上させた。また、光電子分光法における表面電子分極の測定概念を走査トンネル分光法へ拡張し、単一分子吸着における表面電子分極が測定可能であることを実験的に初めて証明した。これらの成果は表面科学研究の発展に寄与するところが極めて大きい。

よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。