



Title	Angle resolved photoemission studies of the metal adsorbed Si (111) surfaces and transition metal dichalcogenides
Author(s)	奥田, 太一
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3129134
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	奥 田 太 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 13235 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 9 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	Angle resolved photoemission studies of the metal adsorbed Si(111) surfaces and transition metal dichalcogenides (金属の吸着した Si(111) 表面と遷移金属ダイカルコゲナイトの角度分解光電子分光)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 菅 滋 正
	(副査) 教 授 冷 水 佐 壽 教 授 川 合 知 二 助教授 大 門 寛

論 文 内 容 の 要 旨

物質表面や層状物質のような低次元物質はその低次元性により、様々な興味深い現象が現れる。例えば様々な物質表面において表面再構成と呼ばれる表面原子の再配列がおきることが知られている。この表面再構成に伴い、表面の電子状態はバルクのそれとは異なる 2 次元的性質を持った表面電子状態を持つ。

中でも本研究で取り上げた金属の吸着した半導体表面はその工業的な重要性と学術的な興味から、その再構成表面構造及び表面電子状態の研究が熱心に進められてきている。一方、層状化合物である遷移金属ダイカルコゲナイトも低次元性を持つ物質として有名であるが、この物質には、その電子状態の低次元性に伴う電荷密度波 (CDW) と呼ばれる興味深い現象が生じる。

今回用いた光電子分光法はこれらの低次元物質の電子状態の研究を行うのに最も適した方法のひとつである。特に角度分解光電子分光法は物質のバンド構造を実験的に知る唯一の方法である。また、我々の開発した 2 次元表示型の電子分光器を用いて測定すれば、簡単に全ての方位角と極角方向の光電子放出分布を測定することが出来、全方位角にわたる連続的な 2 次元バンド構造を電子の始状態の対称性まで含め、測定することが出来る。

本論文においては金属の吸着した半導体再構成表面の表面電子状態及び表面構造を解明することを目的に、以下に示すいくつかの表面について角度分解光電子分光、内殻光電子分光を行った。測定した表面は具体的には、アルカリ金属や、Ag が Si(111) に吸着した際に出来る、Si(111)3×1 表面、Au が吸着した際に出来る、Si(111) 5×2, α- $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$, β- $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$, 6×6 表面である。私はこれらの表面のバンド構造、及び表面内殻準位シフトの測定を詳しく行い、その結果 3×1 表面についてはその構造が 5-6-7 model が最も確からしいということ、一方 Au の誘起する再構成表面についてはその形成にドメインウォールが大きく関与していることなどを見いだした。

次に 2 次元表示型の分光器を用いて、遷移金属ダイカルコゲナイト (1T-TaS₂, 2H-TaSe₂, 2H-NbSe₂) の 2 次元角度分解光電子分光を行い、これらの物質の完全な電子状態を測定し、1T-, 2H- それぞれの電子状態の特徴について議論した。さらに、これらの物質を用いて光電子の 2 次元放出角度分布の励起エネルギー依存性を初めて測定し、Ta 5p-5d 共鳴領域の光エネルギーにおいては、非共鳴領域では双極子遷移の選択則により禁制であったところにも光電子強度が現れることを見いだし、光電子放出角度分布が、共鳴過程の影響を強く受けることを発見した。

論文審査の結果の要旨

本研究は、大きく二つの部分からなる。その前半は、光電子分光法が物質の表面に非常に敏感な手法であるということを利用して放射光を用いて角度分解光電子分光、内殻光電子分光の測定を行ない、様々な金属を吸着させたSi(111)再構成表面の表面電子状態ならびに構造を研究したものである。アルカリ金属を吸着させてできるSi(111)3×1表面については、その測定結果から、新しい表面構造を提案した最近のバンド計算との比較からその最も確からしい構造を決定している。またAgを吸着させた際に生じるSi(111)3×1表面との比較も行い、これらの表面の相違点及び類似点について議論している。さらにAuを吸着させた際に生じる、 5×2 , $\alpha\sqrt{3} \times \sqrt{3}$, $\beta\sqrt{3} \times \sqrt{3}$, 6×6 の各表面を系統的に測定することにより、その表面構造や電子状態の特徴、またその形成過程等について議論している。またアルカリ金属(Na, Rb), Ag, Auの吸着したSi(111)表面の以上の測定結果から、表面内殻準位シフトの系統的な理解を試みている。これらの結果は国際会議でも発表され、またreferee審査のある専門誌にも複数の論文として発表されるなど、Si(111)再構成表面の研究の進展に大きく貢献した。

論文の後半部分は、2次元表示型の電子エネルギー分析器を用いた、遷移金属ダイカルコゲナイトの2次元角度分解光電子分光についての研究である。2次元角度分解光電子分光とは、あらゆる方位角、極角に放出される光電子を全て測定し、完全なバンド構造、及び始状態の電子の波動関数の対称性を測定する方法であり、2次元表示型の電子エネルギー分析器を用いることにより、効率よく測定を行うことが出来る。本論文のデータは、東大物性研SORRINGのビームラインBL-4に持ち込んだ2次元分析器を用いて測定されたものである。遷移金属ダイカルコゲナイト($1T\text{-TaS}_2$, $2H\text{-TaSe}_2$, $2H\text{-NbSe}_2$)の光電子放出角度分布のきれいな測定に成功している。 $1T\text{-TaS}_2$ については、その電子状態について理論計算との比較を行い、その光電子放出角度分布がバンド構造、偏光励起の選択則、光電子構造因子の掛け合わせで説明できることを示した。Ta $5p-5d$ 共鳴領域の前後での光励起エネルギーを用いてその光電子放出角度分布の測定を系統的に行い、その角度分布パターンが、共鳴条件下では双極子遷移の選択則で禁制であったところにも強度を持つことを見いだした。この結果は、共鳴光電子放出過程、内殻正孔の寿命の研究など、新しい研究の発展に大いに刺激になるものと考えられる。以上のように、本研究は表面科学及び光電子分光学等の分野において非常に多くの重要な研究結果を含んでおり、それらの集大成である本論文は博士（理学）の学位にふさわしいと認められる。