OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	Two-dimensional measurements of electronic and ionic processes on silicon surface
Author(s)	中辻, 寛
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3144049
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	中辻寛（なかつじかん）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 13935 号
学位授与年月日	平成10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	Two-dimensional measurements of electronic and ionic processes on silicon surface （シリコン表面における光電子及びイオン放出過程の二次元測定）
論文審査委員	（主査） 教授 菅 滋正 （副査） 教授 張 紀久夫　教授 冷水 佐壽　講師 今田 真

論文内容の要旨

本論文では，シリコン表面における光電子及びイオン放出過程に関する三つの主題について二次元測定を行ない，以下のような知見を得た。

Si（001）表面の価電子帯放出光電子の角度分布における円二色性の研究では，測定した全ての終状態のエネルギー及び結合エネルギーにおいて明らかな円二色性を観測した。終状態のエネルギーが40eVの場合には，光電子の角度分布は一次元状態密度を反映し，強度分布は特に低結合エネルギーにおいて，始状態を構成する原子軌道から自由電子的な終状態への遷移確率の角度分布を良く反映することから，円二色性は終状態の波動関数の干渉によることを明らかにした。測定結果を遷移確率の角度分布と比較することで始状態の対称性を議論できることを示した。終状態のエネルギーが250eVの場合には前方散乱の効果が顕著となり，前方散乱ピークの回転による円二色性がみられることを明らかにした。

Si（111）－（$\sqrt{3}\times\sqrt{3}$）R30°－Ag表面準位の直線偏光放射光を用いた二次元角度分解光電子分光による研究において，光電子の放出角度分布にみられた鏡映対称性は，honeycomb-chained-trimerモデルの対称性を反映していると考えられる。結合エネルギーに伴う角度分布の変化から数本のバンドを見出し，それらの対称性を光電子の強度分布と原子軌道からの遷移確率の角度分布とを比較することで議論し，金属的なS_1バンドは表面面内のAg5p軌道から成ることを明らかにした。

Si（001）及び（111）表面でのClの吸着，脱離過程の研究では，電子線あるいはレーザー照射によるCl^+イオンの脱離はCl内殻準位の励起に伴う原子内オージェ過程を経て起こることを明らかにし，レーザー誘起脱離においては価電子帯励起による過程の存在も示唆した。Si（001）表面での脱離イオンの放出角度分布から，Clの吸着サイトはダングリングボンド及びブリッジサイトであると予想した。また，脱離イオンの運動エネルギー分布は離散的に並んだ表面電気双極子によるポテンシャルを反映することを明らかにした。

論文審査の結果の要旨

本論文は二次元表示型球面鏡分析器を用いてシリコン表面における光電子ならびにイオン放出の二次元測定を行っ

た研究をまとめたものである。論文は1．序，2．研究手法と装置，3．Si（001）面からの光電子放出の円（偏光）二色性，4．Si（111）面（$\sqrt{3}\times\sqrt{3}$）R30°－Ag吸着表面の2次元光電子分光，5．電子刺激脱離およびレーザー脱離によって研究したCl吸着Si表面の吸着と脱離，6．結論の6章より構成されている。

まず3章ではSi（001）表面価電子帯から放出される光電子の角度分布の円二色性の研究が紹介されている。終状態のエネルギー（40，80，250eV）の光電子放出パターンのすべてに円二色性が観測された。終状態のエネルギーが40eVの場合，観測された光電子の角度分布は一次元状態密度，始状態を構成する原子軌道関数から自由電子的な終状態への遷移確率，及び光電子放出構造因子をよく反映している。低い結合エネルギーでの円二色性の起源は，終状態の波動関数の干渉効果として理解できる。原子軌道からの遷移確率の角度分布と比較することにより，p_x，p_y軌道からの寄与を分離することができた。終状態のエネルギーが250eVの場合は，一次元状態密度の寄与を残しながらも，前方散乱の効果が顕著である。このとき円二色性の起源は，内殻準位放出電子の場合と同じく，前方散乱ピークの回転によると考えられる。

4章はSi（111）－（$\sqrt{3}\times\sqrt{3}$）R30°－Ag表面準位の直線偏光放射光を用いた二次元角度分解光電子分光による研究である。光電子の放出角度分布は，表面ブリルアンゾーンのΓ－K方向についての鏡映対称性を示した。これは，honeycomb-chained-trimer（HCT）モデルの原子配列の対称性と一致する結果である。フェルミ準位から1.7eVまでの間に見出された数本のバンドは，エネルギー位置，バンド幅ともに，過去の一次元角度分解光電子分光の報告とかなり良い一致を示した。光電子の強度分布を原子軌道からの遷移確率の角度分布と比較することでそれぞれのバンドの対称性を議論し，S1バンドは面内のAg5p軌道であることを示した。

第5章ではSi（001）及びSi（111）清浄表面へのClの吸着過程，及び電子刺激，レーザー誘起イオン脱離による脱離過程の研究が報告されている。Clの吸着は表面に誘起された電気双極子同士の相互作用に依存するという結果を得た。Si（001）表面では，脱離イオンの放出角度分布及びLEEDパターンの変化から予想されるClの吸着サイトはダングリングボンド及びブリッジサイトであり，過去の報告と矛盾しない。観測されたCl^+イオンの脱離は，Cl3s及びCl2p内殻準位の励起に始まる原子内オージェ過程を経て起こる。またレーザー誘起脱離の場合には，価電子帯励起による脱離過程の存在も示唆した。さらに，脱離イオン運動エネルギー分布は離散的に並んだ表面電気双極子によるポテンシャルを反映することを明らかにした。

これらの研究は本人によって国際会議で発表されており博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。