



Title	Ion-Desorption and Photoemission Studies of N0, O2 and K Adsorbed Si(III) Surfaces
Author(s)	坂本, 一之
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3075136
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	坂本一之
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第11415号
学位授与年月日	平成6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	Ion-Desorption and Photoemission Studies of NO, O ₂ and K Adsorbed Si(111) Surfaces (イオン脱離と光電子分光によるNO, O ₂ , K吸着Si(111)表面の研究)
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

論文内容の要旨

Si(111)表面上の吸着状態ならびにイオンの脱離過程を電子線と光を用いて研究した。O₂/Si(111)表面に関しては電子刺激脱離(ESD)を用いて、NO/Si(111)表面に関してはESDと光刺激脱離(PSD)の両方の手法を用いて研究を行った。また、角度分解光電子分光(ARUPS)によりSi(111)3×1-K表面の電子状態を調べた。

O₂/Si(111)のESDの実験は室温で行った。低露出量(1L, 2L)においては脱離イオン種としてH⁺, O⁺とO₂⁺が観測された。この表面のESDの実験でO₂⁺が観測されたのは初めてのことである。酸素の露出量を増やすと(4L以上)観測されるのはH⁺とO⁺のみであった。このように吸着量が増すとO₂⁺の信号が消失することより、室温では酸素の吸着量が少ないと分子状吸着種が存在し、吸着量が多いときには解離して吸着すると考えられる。電子刺激脱離イオンの放出角度分布(ESDIAD)のパターンより分子状吸着種はontop-siteに吸着していることが分かった。また1Lで、その寿命と活性化エネルギーはそれぞれ8時間と0.55eVと求められた。

室温におけるNO/Si(111)のESDの実験では脱離イオン種としてH⁺とO⁺が観測された。190KにおけるESDでは、それらに加えて初めてN⁺も観測された。脱離イオンの運動エネルギー分布より、異なる運動エネルギーを持つ2種のN⁺があることが分かった。また、ESDIADパターンよりこの2種がNOの2つの異なる吸着サイトと対応することが分かった。一方PSDの実験は90Kで行われ、脱離イオン種としてESDで観測された3種以外にNO⁺, O₂⁺とN₂O²⁺がPSDの実験として初めて観測された。UPSスペクトルと、PSDにおける脱離イオンの励起エネルギー依存性を比較検討した結果、分子状に吸着しているNOの3σ分子軌道(主にOの2s)を励起することによってN⁺が脱離することが分かった。このことから、NOはSi原子上にSi-O-Nのように吸着していると考え、N⁺の脱離モデルとしてはオージェ過程を介して起こるKFモデルが適当であると考えた。

Si(111)3×1-K表面の表面電子状態を[112]と[101]の2つの方向についてARUPSで研究した。Si(111)3×1-K表面とSi(111)7×7清浄表面のスペクトルを比較することにより、3×1-K表面はもはや7×7表面のように金属的ではなく、半導体的であることが分かった。また、バッドマッピングを行った結果、6つの表面準位が存在することが分かり、そのうちの1つの分散の特徴から3×1-K表面にはπボンドチェーンが存在すると考えた。また、XPSにおけるSi LVVオージェ電子とK 2p内殻光電子のピーク強度の比を、飽和被覆率1MLであると考えられるSi(111)δ7×7-Kの値と比較して、3×1-K表面の飽和被覆率は1/3MLであると考えた。以上の結果から、Si(111)3×1-K表面の新しい構造モデルを提唱した。

論文審査の結果の要旨

本論文は Si 半導体表面について、イオン脱離や光電子分光の手法により種々の分子吸着状態や金属原子吸着状態を解明したものである。

第 1 章では Si(111) 清浄表面の原子配置モデルやイオン脱離モデルの紹介に引き続き、電子線刺激イオン脱離の角度分解測定や光電子の角度分解測定装置および 2 次元表示型半球鏡面分析器について述べてある。

第 2 章以下では実験結果および考察を行ってある。まず第 2 章では O₂ を吸着した Si(111) 表面の電子線刺激脱離 (ESD) の研究をまとめてある。実験は室温で行い酸素被覆率 θ が小さいときのみ分子状吸着種が存在し、 θ が大きくなると解離吸着することが分かった。放出イオンの角度分解測定 (ESDIAD) より分子状吸着種は on-top サイトに吸着していると考えられる。

第 3 章では NO を吸着した Si(111) 表面の ESD を 190K で、光刺激脱離 (PSD) を 90K で測定した。まず 190K における ESD の放出 N⁺ イオンの運動エネルギー分布より非等価な 2 種の N⁺ が存在することが分かった。放出 N⁺ イオンの角度分布も 2 種類の典型的なパターンがありそれらは NO 分子が Si に吸着する際、NO 分子軸が表面に垂直な場合と斜めの場合があることを示している。一方 90K で放射光を用いて飛行時間差法 (TOF) で行われた PSD の測定より NO の 3 σ 分子軌道 (主に O の 2s 状態に対応) を励起する事により N⁺ が脱離する事が分かった。この事は低温では NO/Si(111) 表面上での N⁺ の脱離がオージェ過程を経由して起こる KF モデルで説明できることを示唆する。

第 4 章では K を吸着した Si(111) 表面の電子状態と表面原子配置を放射光を用いて研究した結果を述べてある。測定は 3×1-K 表面について光電子の波数を [112], [101] の 2 方向に掃引する形の角度分解測定を行った。7×7 清浄表面が金属的であるのに対し、3×1-K 表面は半導体的である。角度分解測定からは表面電子帯として少なくとも 6 つの分枝が存在することが分かった。そのうち最も束縛エネルギーの小さいバンドは π ボンドチェーンであると結論される。また Si の LVV オージェ電子と K の 2p 内殻光電子放出強度を 3×1-K 表面と 7×7-K 表面とで比較することより、3×1-K 表面の飽和吸着量はこれまで言っていた 2/3 ML ではなくて 1/3 ML であることがわかりこの結果より Si(111) 3×1-K 表面の新しい構造モデルを提唱している。

以上の研究成果は学術的に極めて評価の高いものであり博士（理学）の学位論文として価値有るものと認める。