

## 4P131

### 電子 電子 イオンコインシデンス分光装置の開発・性能評価、 表面分子の内殻電子励起誘起ダイナミクス研究への応用

(総研大・物質構造<sup>\*</sup>、産総研<sup>\*\*</sup>、群馬大教育<sup>\*\*\*</sup>、千葉大工<sup>\*\*\*\*</sup>、物構研、JST/さきがけ<sup>\*\*\*\*\*</sup>)  
垣内拓大<sup>\*</sup>、小林英一<sup>\*\*</sup>、岡田直之<sup>\*\*\*</sup>、小山田健<sup>\*\*\*\*</sup>、奥沢誠<sup>\*\*\*\*\*</sup>、奥平幸司<sup>\*\*\*\*\*</sup>、間瀬一彦<sup>\*,\*\*\*\*\*</sup>

【序】 表面分子の内殻電子を励起すると、オージェ過程を経てイオンが脱離する(オージェ刺激イオン脱離)。オージェ刺激イオン脱離過程の詳細を解明するには、光電子放出とオージェ過程の相関を測定できるオージェ-光電子コインシデンス分光法(Auger photoelectron coincidence spectroscopy: APECS)、電子放出とイオン脱離の相関を測定できる光電子-光イオンコインシデンス(Photoelectron photoion coincidence: PEPICO)分光法、オージェ過程とイオン脱離の相関を観測できるオージェ電子-光イオンコインシデンス(Auger-electron photoion coincidence: AEPICO)分光法が必要である。そこで、我々は、以上3つの分光法を行えるICF203マウント型電子-電子-イオンコインシデンス(Electron electron ion coincidence: EEICO)分光装置(図1(a))を開発し、その性能評価を行った。また、SiO<sub>2</sub>/Si(111)の化学シフトを利用してサイト選択的APECS測定の研究も行ったので報告する。

【EEICO 分光装置の特徴】 EEICO 分光装置の特徴は、1) 同軸対称鏡型電子エネルギー分析器(coASMA)、円筒鏡型電子エネルギー分析器(CMA)、飛行時間型質量分析器(TOF-MS)および市販のICF203マウント型XYZステージから構成される、2) coASMA、CMA、TOF-MSは同軸、同焦点で組み立てられる、3) 試料表面とEEICO分光装置前端の間の距離は2.5 mmである、4) 励起光は表面法線方向より84°で入射する、5) 分光装置全体を磁気シールドで覆い外部磁場の影響を抑制している、の5点である。coASMAは、取り込み角 = 48° ~ 71° (立体角 = 1.6 sr)、直径 = 137.5 mm、焦点とピンホールまでの距離 = 143.5 mmである。CMAは、取り込み角 = 28° ~ 42° (立体角 = 0.69 sr)、外電極の内径 = 40 mm、内電極の内径 = 20 mm、焦点とピンホールまでの距離 = 64 mmである。TOF-MSは、イオン引き込み電極と試料表面の間の距離 = 3.5 mm、全長 = 34 mm、イオンを取り込む径の直径 = 1.5 mmである。

【EEICO アナライザーの性能評価】 本装置の性能評価は、KEK-PFのBL8Aで行った。超高真空チャンバーの到達真空度は $2.5 \times 10^{-8}$  Pa、放射光の試料上での大きさは縦×横 = 0.95 mm × 4.5 mmであった。性能評価は、1400 Kで3秒間通電加熱して得られたSi(111)-7×7清浄表面のSi 2p光電子スペクトル、Si 2p光電子放出に由来したSi LVV オージェ電子のAPECSスペクトル、体室素で冷却されたSi(111) 7×7-表面に凝縮したH<sub>2</sub>O (50 L:  $1.33 \times 10^{-4}$  Pa·sec)の吸収スペクトル、共鳴オージェ電子および脱離イオンのAEPICOスペクトルより行った。図2は、光のエネルギー

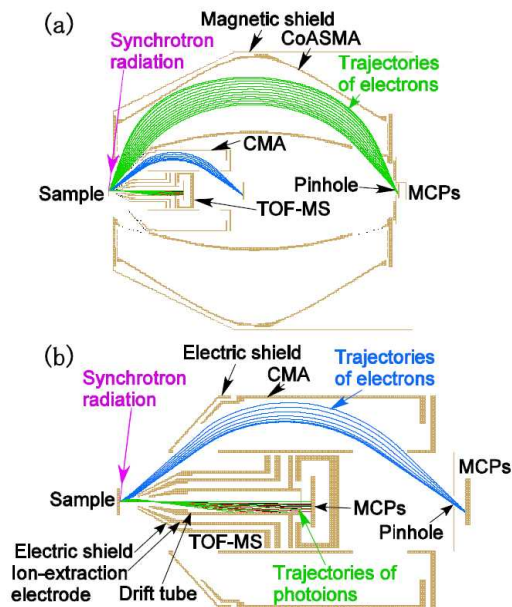


図1 . (a)電子 電子 イオンコインシデンス分光装置全体図。(b)CoASMA に組み込まれたCMA、TOF-MS部分の拡大図。

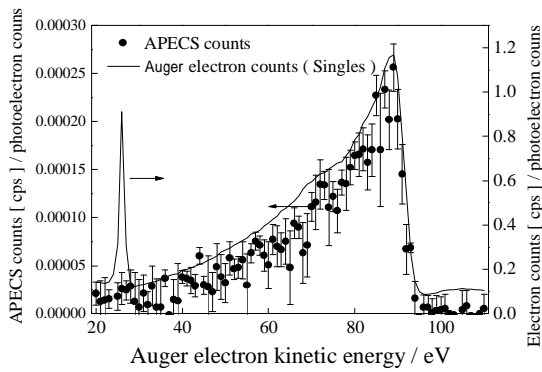


図 2 . Si 2p 光電子放出に由来した Si LVV APECS スペクトル。

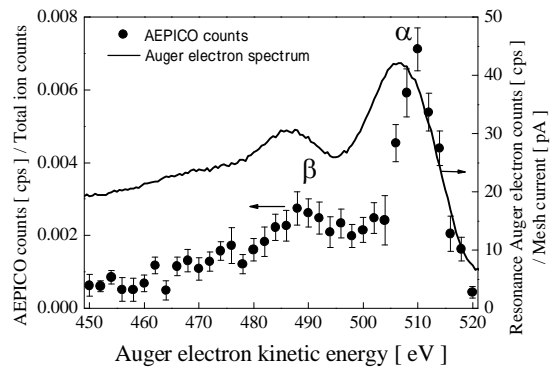


図 3 . 共鳴 O KLL オージェ電子放出に由来した H<sup>+</sup> AEPICO スペクトル。

( $h\nu$ ) = 130 eV で測定した Si 2p 光電子放出由来の Si LVV APECS スペクトル(黒丸)と同時に計測したシングルスオージェ電子スペクトル(実線)である。Si LVV APECS スペクトルには、Si 2p 光電子ピーク(運動エネルギー(KE)= 25 ~ 35 eV)、価電子帯の光電子ピーク(KE = 95 eV)、2 次電子ピーク(KE < 25 eV)が現れない。つまり、Si 2p 光電子放出由来のオージェ電子のみを観測することに成功している。図 3 は、Si(111)上に凝縮した H<sub>2</sub>O の 4a<sub>1</sub> O 1s 共鳴励起 ( $h\nu$  = 532.9 eV) における共鳴オージェ電子放出に由来して脱離した H<sup>+</sup>の H<sup>+</sup>AEPICO スペクトル(●)と同時計測したオージェ電子スペクトル(-)である。図 3 のように帰属したピークに見られるように H<sup>+</sup>AEPICO スペクトルは、オージェ電子スペクトルよりも高運動エネルギー側で最大のピークを持つ。この結果は以前の報告[1]と一致している。以上より、本装置で APECS、AEPICO 分光、PEPICO 分光を測定できることを確認した。

【実験】 SiO<sub>2</sub>/Si(111)は、Si(111) を 1A で通電加熱しながら O<sub>2</sub> を 250 L 曝露することで作製した。Si と O の結合状態の違いによる化学シフト(図 4 挿入図)を利用し、Si<sup>0</sup>(バルク)と Si<sup>4+</sup>(最表面)サイト由来の Si LVV オージェ電子スペクトルを選択的に観測した。

【結果】 Si<sup>0</sup> サイトの光電子放出に由来した Si<sup>0</sup> LVV APECS スペクトル(青線)、Si<sup>4+</sup> サイトの光電子放出由来に由来した Si<sup>4+</sup> LVV APECS スペクトル(赤線)、およびサイト選別されていない Si LVV オージェ電子スペクトル(黒線)を図 4 に示す。Si<sup>0</sup> LVV APECS スペクトルと Si<sup>4+</sup> LVV APECS スペクトルのピーク構造は明らかに異なっている。Si<sup>4+</sup> LVV APECS スペクトルは、G. Stefani ら[2]によって観測された SiO<sub>2</sub>/Si(100)の Si<sup>4+</sup> LVV APECS スペクトルと同様の傾向を示している。しかし、我々の測定の方が高分解能であるために、興味深い微細構造を観測できている。また同スペクトルは、最表面からの電子放出のみを観測し、界面やバルクから放出される電子も除去している。今後、Si<sup>1+</sup>、Si<sup>2+</sup>、Si<sup>3+</sup>サイト由来の Si LVV APECS スペクトルを測定する予定である。

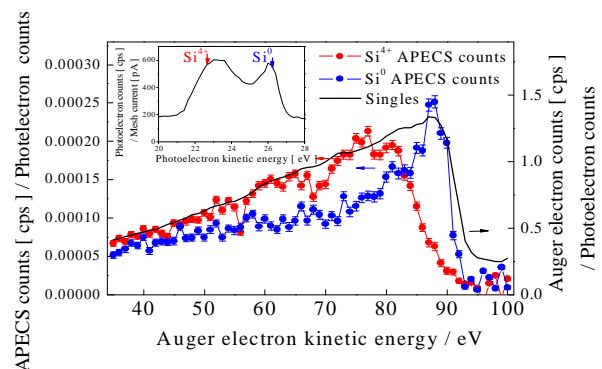


図 4 . Si<sup>0</sup> および Si<sup>4+</sup>光電子放出に由来した APECS スペクトル。挿入図は、SiO<sub>2</sub>/Si(111) の Si 2p 光電子スペクトル。

References : [1] K.Mase *et al.*, Fizika Nizkikh Temperatur, 29 (2003) 321-341.  
[2] G.Stefani *et al.*, J.Electron Spectrosc.Relat.Phenom., 141 (2004) 149-159.