

## コインシデンス分光による内殻励起、オージェ緩和、イオン脱離の研究

実験組織 代表者：間瀬一彦（物構研・JST さきがけ・総研大）、間宮・森本（物構研）、垣内（総研大）、小林・瀬戸山（SAGA/LS）、奥平・張・大岩・笠井・小笹・片岡・解良・小野・永松・塩野入・深川・末吉・藤井・浦・角田・中川・細海・満尾（千葉大工）、田中・大野・藤田・橋本（横国大院工）、奥沢・小山田・岡田・飯島（群馬大教育）、長岡（愛媛大理）

研究期間 2006年4月～2009年3月の3年間

実験ステーション PF-BL1C、BL8A、BL12A、BL13C

研究目的 表面に放射光を照射すると、光電子放出、オージェ電子放出に続き、イオンが脱離する（Auger stimulated ion desorption (ASID)機構）。ASID機構の詳細を解明するためには、光電子-光イオンコインシデンス（PEPICO）分光法、オージェ電子-光イオンコインシデンス（AEPICO）分光法、オージェ光電子コインシデンス分光法（APECS）が不可欠である。そこで、高感度高分解能のコインシデンス分光装置を開発し、表面の内殻励起、オージェ過程、イオン脱離ダイナミクス素過程を解明する。

### 2007年度の研究進捗状況

- 1) 電子-電子-イオンコインシデンス分光器2号機の開発（垣内、藤田、橋本、間瀬、田中）：同軸対称鏡電子エネルギー分析器、ダブルパス円筒鏡電子エネルギー分析器、飛行時間型イオン質量分析器から構成される電子-電子-イオンコインシデンス（EEICO）分光器を開発した。
- 2) オージェ-光電子コインシデンス分光法（APECS）による酸化シリコン薄膜（ $\text{SiO}_2$ ）の表面・界面の局所的価電子状態の研究（垣内、藤田、間瀬）：超高真空槽中にて $\text{Si}(100)\text{-}2\times 1$ 、 $\text{Si}(111)\text{-}7\times 7$ を熱酸化して $\text{SiO}_2$ 超薄膜（ $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ 、 $\text{SiO}_2/\text{Si}(111)$ ）を作製し、EEICO分光装置を用いて $\text{Si-L}_{23}\text{VV-Si}^{n+}\text{-}2\text{p}$  APECS（ $n = 0, 1, 2, 3, 4$ ）を測定した。その結果、 $\text{Si}^{n+}$ の価数が増大すると $\text{Si-L}_{23}\text{VV-Si}^{n+}\text{-}2\text{p}$  APECSのピーク位置が低運動エネルギー側にシフトすることを見出した。この結果は、 $\text{Si}^{n+}$ の価数が増大するにつれて価電子帯の結合エネルギーが増大することを示している。
- 3) APECSによる酸化シリコン薄膜（ $\text{SiO}_2$ ）の価電子帯上端位置の膜厚依存性の研究（垣内、藤田、間瀬）：膜厚1.2 nm、0.8 nm、0.5 nm、0.4 nmの $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ 超薄膜、1.2 nm、1.1 nm、0.5 nmの $\text{SiO}_2/\text{Si}(111)$ 超薄膜の $\text{Si-L}_{23}\text{VV-Si}^{4+}\text{-}2\text{p}$  APECSの測定し、 $\text{SiO}_2$ の超薄膜の膜厚が1～2層まで薄くなると価電子帯上端位置（VBM）がフェルミ準位側にシフトすること、 $\text{SiO}_2/\text{Si}$ 超薄膜におけるVBMのシフト量は $\text{SiO}_2/\text{Si}$ の界面構造に依存することを見出した。
- 4) APECSによる四塩化シラン（ $\text{SiCl}_4$ ）および塩素原子（Cl）吸着 $\text{Si}(111)$ のサイト選択的オージェ過程の研究（藤田、橋本、垣内、間瀬、田中）： $\text{Si}(111)$ 上に低温凝縮した $\text{SiCl}_4$ （凝縮 $\text{SiCl}_4/\text{Si}(111)$ ）、凝縮 $\text{SiCl}_4/\text{Si}(111)$ を室温に戻すことで得られる塩素吸着 $\text{Si}(111)$ （ $\text{Cl}/\text{Si}(111)$ ）の $\text{Si-L}_{23}\text{VV-Si}^{n+}\text{-}2\text{p}$  APECS（ $n = 0, 1, 2, 3, 4$ ）を測定した。その結果、価電子帯の結合エネルギーは $\text{Si}^{n+}$ の価数の増加に伴い増大すること、 $\text{Cl}/\text{Si}(111)$ 上には主に $\text{Si}^{3+}$ 、 $\text{Si}^+$ が存在し、 $\text{Si}^{2+}$ は少ないことなどを見出した。
- 5)  $\text{Si}(111)$ 上に蒸着したサマリウム薄膜の $\text{Sm } 4\text{d}$ 光電子- $\text{Sm } N_{4,5}\text{VV}$  APECSの測定（飯島、垣内、間瀬、奥沢）： $\text{Si}(111)$ 上に蒸着したサマリウム薄膜の $\text{Sm-N}_{4,5}\text{VV-Sm-}4\text{d}$  APECSを測定した。