

電子 - 電子 - イオンコインシデンス分光装置の開発とオージェ - 光電子コインシデンス分光によるSiO₂/Si薄膜の表面/界面の局所電子状態の研究

(総研大物質構造¹、横国大院工²、産総研³、群馬大教育⁴、千葉大工⁵、物構研⁶、JST/さきがけ⁷)
 垣内拓大¹、藤田斉彦²、小林英一³、岡田直之⁴、小山田健⁴、奥沢 誠⁴、奥平幸司⁵、間瀬一彦^{1, 6, 7}

1. 電子-電子-イオンコインシデンス分光装置の開発

表面分子の内殻電子を励起すると、光電子放出、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)。オージェ過程とイオン脱離機構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(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(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(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1台で行えるICF203マウント型電子 - 電子 - イオンコインシデンス(EEICO)分光装置を開発した。

EEICO分光器は、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)、飛行時間型イオン質量分析器(TOF-MS)を同軸、同焦点で組み立てて製作した(図1)。

性能評価は、放射光施設PFのBL8Aに設置した超高真空槽(到達圧力は 2.3×10^{-8} Pa)にて行った。軟X線放射光(入射角 84° 、p偏光)を用いて、Si(111)のSi-LVV-Si⁰-2p APECSスペクトル、凝縮H₂Oの4a₁

O_{1s}共鳴励起H⁺AEPICOスペクトル等を測定し、本装置で世界最高水準のAPECS、AEPICO、PEPICO分光を行えることを確認した[1]。

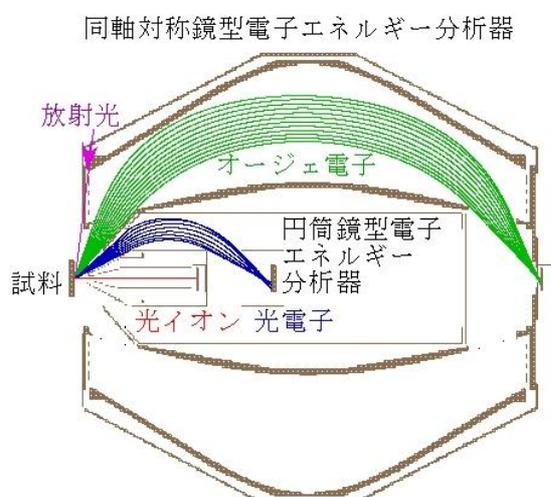


図1. 電子 - 電子 - イオンコインシデンス分光器。

2. SiO₂/Si(100)の表面/界面の局所電子状態

Si半導体素子の高集積化が進むにつれ、高品質のSiO₂超薄膜作製と、その表面・界面の局所電子状態の測定が重要課題になっている。そこで私は、Si 2p内殻光電子の運動エネルギーがSiの価数に依存すること、Si LVVオージェ電子スペクトルがSi近傍の価電子状態を反映することを利用して、Si-LVV-Si-2pオージェ光電子コインシデンス分光(APECS)によって、SiO₂薄膜の表面(Si⁴⁺)および界面(Si³⁺、Si²⁺、Si¹⁺)の局所的な電子状態を分析する研究を行った。

図2にSiO₂/Si(100)薄膜のSi⁰基板に由来するSi-LVV-Si⁰-2p APECS()、SiO₂薄膜最表面に由来するSi-LVV-Si⁴⁺-2p APECS()および通常のオージェ電子スペクトル(Singles AES、)を示す。各APECSの構造は、大きく異なっており、各サイトの局所価電子状態を反映していると考えられる。当日は、SiO₂/Si(100)薄膜の界面に存在するSi³⁺、Si²⁺、Si¹⁺サイトの局所電子状態を反映したAPECS、SiO₂薄膜最表面の価電子状態の膜厚依存性を示すAPECSについても報告する予定である。

APECSは機能性有機薄膜/金属界面の局所的電子状態の研究にも応用できると期待している。

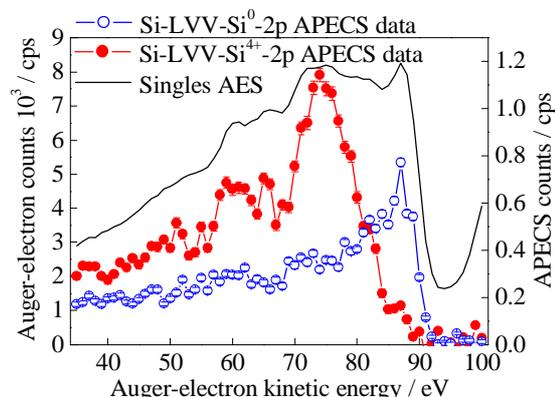


図2. SiO₂/Si(100)のAPECSスペクトル。

引用文献: [1] T. Kakiuchi, E. Kobayashi, N. Okada, K. Oyamada, M. Okusawa, K. K. Okudaira, and K. Mase, J. Electron Spectros. Relat. Phenom., in press.