

オージェ電子-光電子コインシデンス分光法による

Si(110)-16×2 清浄表面の局所価電子状態の観測

(愛媛大理¹, KEK-PF², 総研大³)

垣内拓大¹, 佐藤勇輝¹, 花岡咲¹, 長岡伸一¹, 間瀬一彦^{2, 3}

Study of Local Valence Electronic States of Si(110)-16×2 Clean Surface by Using
Auger-Photoelectron Coincidence Spectroscopy

(Ehime Univ.¹, KEK-PF², The Graduate Univ. of Advanced Studies³)

T. Kakiuchi¹, Y. Sato¹, S. Hanaoka¹, S. Nagaoka¹, K. Mase^{2, 3}

【序】 Si(110)-16×2 清浄表面は、エレクトロマイグレーションを用いることによって単一ドメイン構造をとるが、(110)面が他の Si 単結晶面に比べ高い電荷移動度効率を示すことから新規デバイスの基板として注目されている [1]。近年、Si(110)-16×2 清浄表面の最安定構造モデルとして“adatom-buckling (AB) モデル [2]”が提唱されたものの、他のモデルも提案されていて決着がついていない。また、その表面サイトを選別した局所価電子状態の研究例は少ない。そこで本研究では、表面第一層に敏感なオージェ電子-光電子コインシデンス分光法 (Auger-Photoelectron Coincidence Spectroscopy: APECS) を用いて Si(110)-16×2 清浄表面の表面サイトを選別した局所価電子状態を研究したので報告する。

【実験】 Si(110)-16×2 の単一ドメインは、(1) Si(110)ウエハーを $[1\bar{1}2]$ 方向に (横×縦 = 2×30 mm) に切り出し、アセトン、硝酸、純水の順に洗浄、(2) 超高真空下で Si(110)表面を 1400 K 以上に加熱、(3) 1523 K でフラッシングした後、1200 K で 2 秒間アニーリング、60 秒かけて 927 K まで温度を下げ 30 秒間のアニーリング、さらに 827 K で 10 分間のアニール、という手順で作製した。16 × 2 構造は、低速電子線回折 (LEED) で確認した。Si(110)-16×2 の単一ドメインの Si 2*p* 光電子スペクトル (PES)、Si *L*₂₃ *VV* オージェ電子スペクトル (AES) および、特定サイトの Si 2*p* 光電子と同時に放出された Si *L*₂₃ *VV* オージェ電子スペクトル (Si-*L*₂₃ *VV*-Si-2*p* APECS) の測定は、Photon Factory のビームライン 11D に超高真空槽 (到達圧力: 1.9×10⁻⁸ Pa) を設置し、自作の APECS 分光装置 [3] を設置して行った。軟 X 線放射光 (SR) は、表面法線から 84° より入射し、エネルギー (*hν*) は 130 eV に設定した。

【結果と考察】 EEICO 分光装置のダブルパス円筒鏡型電子エネルギー分析器 (DP-CMA) で測定した Si(110)-16×2 シン

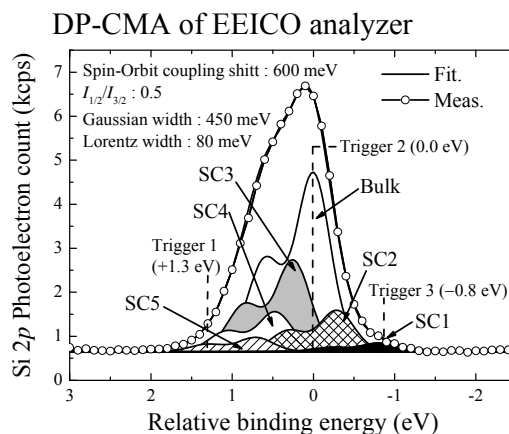


Fig. 1 Si 2*p* photoelectron spectrum obtained from Si(110)-16×2 single domain.

グルドメインの Si 2*p* 光電子スペクトルを Fig.1 に示す。文献[2]を参照し、Voigt 関数を用いて 5 つの表面サイト (SC1-5) とバルクサイトに成分分離した。Fig. 1 中の破線は、Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS 測定に利用したトリガーシグナル位置 (Trigger 1-3) を示す。Fig. 2 (a)-(c) は、順に Trigger 1 (Relative binding energy (*BE*) = +1.3 eV), 2 (Relative *BE* = 0 eV), 7 (Relative *BE* = -0.8 eV) をトリガーシグナルとして測定した Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS (●) と通常の Si *L*₂₃*VVAES* (実線) である。Fig. 2 中には、それぞれのトリガー位置における各サイトの光電子強度の割合を多い順に示した。この割合より、Fig. 2(a) は SC4 サイト、(b) は Bulk サイト、(c) は SC1 サイトを選別した Si *L*₂₃*VV* AES と帰属する。各サイトを選別して測定した Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS は、異なる運動エネルギー位置にピークを示した。特に、Fig. 2 (c) の SC1 サイトの Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS は、ピーク位置が通常の Si *L*₂₃*VVAES* やそのほかの Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS のピーク位置よりも約 1.5 eV 高運動エネルギー (*KE*) 側にシフトし、低 *KE* 側の強度が弱くなっている。この結果は、SC1 サイト近傍に、フェルミ準位に近い位置に状態密度を持つ価電子が局在化していることを示しており、文献 [2] で提案された AB モデルを支持している。次に、Fig. 2(a) SC4 サイト と (b) Bulk サイトのスペクトル構造を詳しく比較するために、各 Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS をアナライザーのエネルギー分解能の半値幅に固定した同じ数のガウス関数でフィットした。その結果、SC4 サイトの Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS は、最も高 *KE* 側に現れるピーク (P1) の強度がほかの Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS よりも強いことが分かった。この結果は、SC4 サイト近傍にフェルミ準位直下に状態密度を持つ価電子ことを示しており、文献 [2] で提案された AB) モデルを支持している。

以上により、Si(110)-16×2 シングルドメインの特定表面サイトに局在化する内殻準位と局所価電子の関係を直接明らかにするとともに、文献[2]で提唱された AB モデルを支持する結果を得た。

以上により、Si(110)-16×2 シングルドメインの特定表面サイトに局在化する内殻準位と局所価電子の関係を直接明らかにするとともに、文献[2]で提唱された AB モデルを支持する結果を得た。

【参考文献】 [1] Y. Yamada *et al.*, 表面科学 **29**, 401 (2008), [2] K. Sakamoto *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 045304 (2007). [3] T. Kakiuchi *et al.* J. Vac. Soc. Jpn. **51**, 749 (2008).

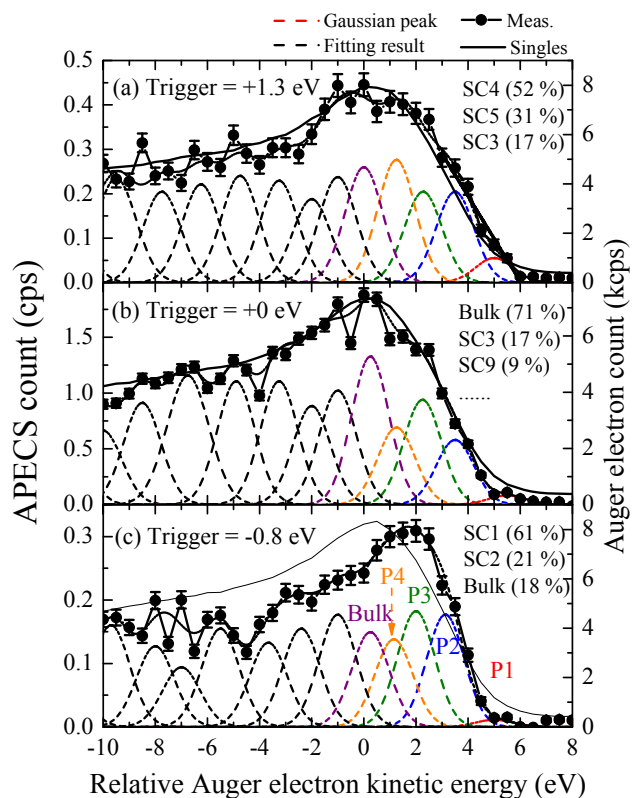


Fig. 2 Si-*L*₂₃*VV*-Si-2*p* APECS obtained from Si(110)-16×2 single domain.