

**SPELEEM を用いたナノ構造材料の観察と
新しい収差補正法を用いた高分解能光電子顕微鏡の予備実験
Observation of Nano-structures with SPELEEM and Preliminary
Experiments on High-resolution Photoemission Electron Microscope
using a New Aberration Correction Method**

越川孝範^a、郭方准^b、清水宏^a、中口明彦^a、高橋宏彰^a、安江常夫^a、
木下豊彦^c、奥田太一^c、孫海林^c、Ernst Bauer^d、小林啓介^b
T.Koshikawa^a, F.-Z.Guo^b, H.Shimizu^a, A.Nakaguchi^a, H.Takahashi^a, T.Yasue^a,
T.Kinoshita^c, T.Okuda^c, H.-L.Sun^c, E.Bauer^d, K.Kobayashi^b

^a大阪電気通信大学、^bJASRI、^c東京大学物性研究所、^dアリゾナ州立大学

^aOsaka Electro-Commun. Univ., ^bJASRI, ^cInst. Solid State Phys, Univ. Tokyo, ^dArizona State Univ.

光電子顕微鏡／低エネルギー電子顕微鏡 (SPELEEM) を BL27SU に設置し、Si(111)上の In について、二次元層および三次元島からの局所 XPS スペクトルの取得に成功し、それぞれの結合状態の違いを反映した化学シフトが観察できた。

Spectroscopic Photoemission and Low Energy Electron Microscope (SPELEEM) was installed to BL27SU, and local XPS measurement were carried out. The samples observed was In/Si(111). Selected-area XPS spectra from 2-dimensional layer and 3-dimensional crystal were obtained, and the chemical shift due to the different chemical bonding was recognized.

背景と研究目的

光電子顕微鏡／低エネルギー電子顕微鏡 (PEEM/LEEM) は、固体表面での動的過程を実時間・高分解能でその場観察が可能な表面顕微鏡である。また放射光励起による XPS 顕微鏡、XANES 顕微鏡としても機能するため、化学状態を反映した顕微鏡観察も可能である。この顕微鏡はすでに世界各地のいくつかの放射光施設に設置されて

おり、その重要性が認識されつつある。今回 BL27SU に設置された PEEM/LEEM 複合装置である SPELEEM を用いてナノ材料研究への応用に関して検討を行った[1,5]。また SPELEEM の高分解能化に向けて新しい収差補正法に関する検討を行った[4]。ここでは、Si(111)表面上の In について、表面構造の異なるいくつかの二次元層およびその上に形成された三次元島からの局所 XPS

スペクトルを取得した結果について述べる [2,3,6]。

実験

BL27SU に設置した SPELEEM を用いて In を蒸着した Si(111)の光電子顕微鏡観察、局所 XPS スペクトルの測定、局所 LEED パターンの観察を行った。基板は電子衝撃加熱により清浄化を行い、In の蒸着は Mo 製ルツボを用いて行った。

結果および考察

図 1 に清浄な Si(111)上に In を蒸着し、500eV の放射光を照射して得られた In 3d 局所 XPS スペクトルである。(a)は $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 構造、(b)は $\sqrt{31}\times\sqrt{31}$ 構造、(c)は 4×1 構造からの XPS スペクトルであり、これらは 1 原子層以下の被覆率である。(d)は 2 原子層の In、(e)はその上に形成された三次元 In 島からの XPS スペクトルである。図から明らかにように、被覆率の増加とともに結合状態の

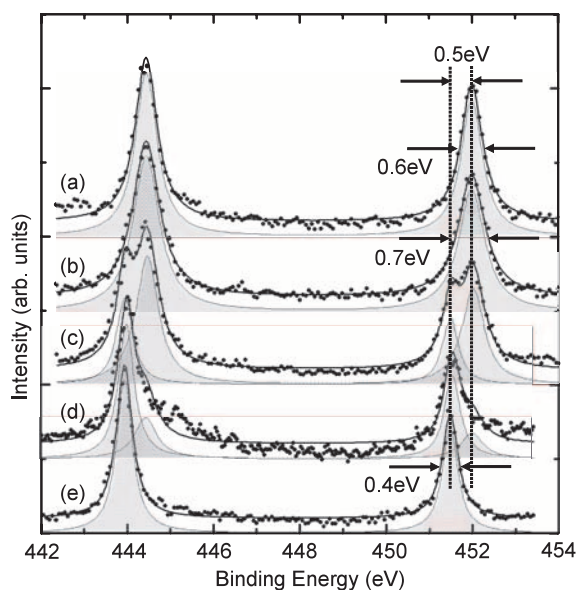


Fig. 1. Selected-area In 3d XPS spectra from (a) Si(111)-In $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$, (b) Si(111)-In $\sqrt{31}\times\sqrt{31}$, (c) Si(111)-In 4×1 , (d) 2D layer of In/Si(111) and (e) 3D crystal on Si(111).

異なる 2 つの成分の強度比が変化していることがわかる。図中の実線はスペクトルをフィテティングした結果である。これより $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 構造、 $\sqrt{31}\times\sqrt{31}$ 構造および 3 次元島からの XPS スペクトルは単一成分からなるのに対し、 4×1 構造および 2 原子層厚さの In 膜からの XPS スペクトルは 2 成分からなることがわかる。2 つの成分の間の化学シフトは約 0.5eV である。この結果から、In の結合状態が吸着構造などにより変化していく様子が明らかとなった。

今後の課題

今回の実験では、局所領域からの XPS スペクトルを取得することに成功し、吸着構造の違いによる化学シフトを観察することができた。しかし光電子スペクトルの絶対強度や運動エネルギーの測定精度にはまだ問題が残っている。今後これらの原因を明らかにし、絶対精度の高い実験を進めていく必要がある。

論文発表状況

- [1] 郭方准ほか、第 24 回表面科学講演大会（口頭発表）
- [2] 清水 宏ほか、第 24 回表面科学講演大会（口頭発表）
- [3] T.Yasue et al., 3rd Int. Workshop on Nanoscale Spectroscopy and Nanotechnology（口頭発表）
- [4] 安江常夫、平成 16 年度ナノテクノロジー支援総合プロジェクトワークショップ「放射光光電子顕微鏡を利用したナノテクノロジー研究の展開」（口頭発表）
- [5] 郭方准ほか、日本物理学会第 60 回年次

大会（発表予定）

[6] 清水宏ほか、第 52 回応用物理学関係連
合講演会（発表予定）

キーワード

・光電子顕微鏡

物質表面に放射光などの光を照射したときに放出される光電子を結像する顕微鏡。XPS 顕微鏡、XANES 顕微鏡として、化学結合状態を反映した顕微鏡像を得ることができる。