

## 微小角入射 X 線回折法による Cu(001) 表面上に形成された Ga 一次元鎖の構造解析

### Structure analysis of one-dimensional Ga chains on Cu(001) by grazing-incidence X-ray diffraction

八田振一郎<sup>a</sup>、本多 潤<sup>a</sup>、加藤千尋<sup>a</sup>、坂田修身<sup>b</sup>、有賀哲也<sup>a</sup>

Shinichiro Hatta<sup>a</sup>, Jun Honda<sup>a</sup>, Chihiro Kato<sup>a</sup>, Osami Sakata<sup>b</sup>, Tetsuya Aruga<sup>a</sup>

<sup>a</sup>京都大学、<sup>b</sup>高輝度光科学研究センター

<sup>a</sup>Kyoto university, <sup>b</sup>JASRI

Ga/Cu(001)-(5 × 1) 表面について、SPring-8 の BL13XU において微小角入射表面 X 線回折実験を行った。この表面の走査トンネル顕微鏡像では、[110] および [1-10] 方向に並んだ一次元原子鎖状構造が観察されている。本実験では  $l=0.3$  における 64 の独立な面内の回折点および 12 本の分数次ロッドおよび 3 本の整数次ロッドを測定した。

We performed a grazing-incidence surface X-ray diffraction (GISXRD) experiment for the Ga/Cu(001)-(5 × 1) surface at the beamline BL13XU of SPring-8. The scanning tunneling microscopy (STM) image of this surface shows one-dimensional atomic-chain-like structure aligned along the [110] and [1-10] directions. We measured sixty-four inequivalent in-plane reflections at  $l=0.3$ , twelve fractional order rods (FORs) and three crystal truncation rods (CTRs).

#### 背景と研究目的

近年ナノメートルスケールの構造を作成する方法として結晶表面上の自己組織化構造に注目が集まっている。具体的には吸着分子の自己配列や表面再構成による原子鎖構造などがボトムアップ型のナノ構造構築のための基礎技術に関わるものとして精力的にその構造や電子状態の研究が行われている。

このうち金属の原子鎖構造は配線素材としての期待に加え、低次元金属特有の電気・磁気物性にも興味を持たれている。低次元性系においては電子-電子または電子-格子間の

相互作用が顕著に表れることから、電荷密度 (charge density wave, CDW) 状態や超伝導状態などが発現する可能性が指摘されている。

これまで我々のグループでは金属低指数面上に様々な金属元素を蒸着させて形成される低次元表面物質に注目して研究を行ってきた。In/Cu(001) 表面では、二次元自由電子的なフェルミ面におけるネスティングが引き起こす CDW 転移を見だし、微小角入射 X 線回折法 (grazing-incidence surface X-ray diffraction, GISXRD) を用いて構造解析や構造転移に関する研究などを行ってきた<sup>1)</sup>。一方、In と同

族元素である Ga を吸着させた Cu (001) 表面では一次元金属鎖状構造が形成されることを走査トンネル顕微鏡 (scanning tunneling microscope, STM) による観察から見いだした<sup>2)</sup>。この構造は (5 × 1) の周期構造を持ち、角度分解光電子分光法により一次元的なフェルミ面が観測されている。この一次元金属鎖構造の物性を理解するため、その原子構造を明らかにする必要がある。

### 実験

実験は BL13XU に設置された超高真空表面 X 線回折装置を用いて行った。X 線の波長は 0.6195 Å とした。Cu (001) 基板の清浄化、試料の作成はすべて超高真空装置内において行った。Ga を室温の清浄面に 0.8 ML 程度蒸着し、その後約 400 K でアニールすることによりシャープな (5 × 1) の低速電子回折 (low-energy electron diffraction, LEED) パターンを示す良好な試料を得た。

### 結果及び考察

GIXRD 測定では、 $l=0.3$  における面内の独立な 64 の回折点の強度を測定した。測定試料には互いに直交する二つの (5 × 1) ドメインからの寄与があるため、これを考慮して p4mm の対称性について評価した非対称因子は約 0.12 であった。単一ドメインからの寄与のみを考慮するとより小さい値が得られる。

図 1 において、強い回折強度を持つ回折点の面内分布を示す。同程度の強度のスポットの並びを結ぶと、強度分布にははっきりとした傾向があることが分かる。これから作成された Patterson マップにははっきりとした 5 点のピークが現れた。

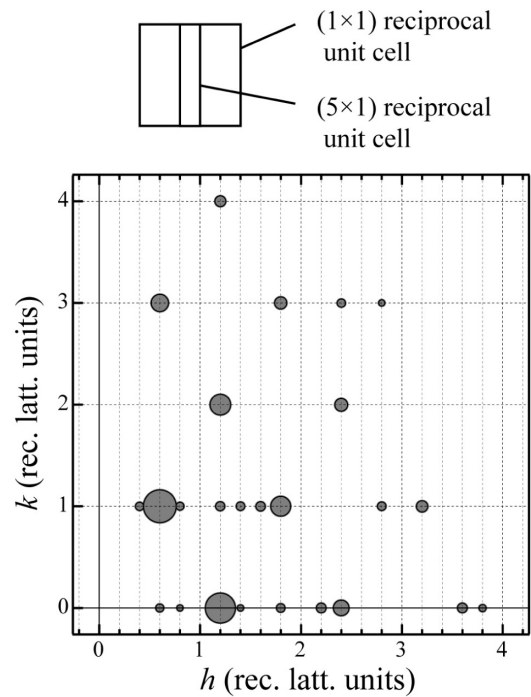


Fig. 1 In-plane distribution of the intense fractional diffraction spots of the Ga/Cu(001)-(5 × 1) surface.

この他、12 本の分数次および 3 本の整数次のロッドについても測定した。STM による観察から Ga の被覆率は 0.6 ML と推定されており、これに近い被覆率を仮定した複数のモデルについてシミュレーションを行い、構造解析を進めているところである。なお、回折強度のシミュレーションには E. Vlieg らによって開発された SXRD 解析用プログラム ROD を利用している<sup>3)</sup>。

### 今後の課題

今回の実験は室温の試料について行った。これは GIXRD に先だって行った LEED による観察において、試料を冷却したところ (5 × 1) から c(10 × 2) への転移が見つかったためである。この転移が擬一次元系における CDW 転移であるのかは今のところ分からないが、非常に興味深い。今後、今回の測定結果の解析を早急に完了させ、この相転移に関

する研究を進めていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) T. Aruga, Surf. Sci. Rep. **61** (2006) 283.
- 2) O. Ohgami *et al.*, (to be published)
- 3) E. Vlieg, J. Appl. Cryst. **33** (2000) 401.