

## SPELEEM を用いた In(Sn)/Cu(001) 表面における電荷密度波の 位相揺らぎの実空間観察

### Real-space observation of charge-density-wave phase fluctuation on In(Sn)/Cu(001) by SPELEEM

八田振一郎<sup>a</sup>、大友亮介<sup>a</sup>、郭 方准<sup>b</sup>、有賀哲也<sup>a</sup>

Shinichiro Hatta<sup>a</sup>, Ryousuke Ohtomo<sup>a</sup>, Guo Fang Zhun<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

SPring-8 の BL17SU に設置された分光型光電子・低エネルギー電子顕微鏡 (SPELEEM) を用いて、In/Cu(001) および Sn/Cu(001) 表面における電荷密度波相転移について研究を行った。以前の研究において、CDW 相のドメインのコントラストが LEEM の暗視野像において得られた。暗視野像の相関関数の温度変化は転移温度近傍において短距離秩序、すなわちドメインの揺らぎを示唆していた。この結果にもとづいて CDW 相のドメインの揺らぎを実空間で、時間分解して記録することを試みた。

The charge-density-wave (CDW) phase transitions on In(Sn)/Cu(001) have been studied using spectroscopic photoemission and low-energy electron microscope (SPELEEM) at the beamline BL17SU/SPring-8. In the previous study, we obtained the contrast of the equivalent CDW domains at the LEEM dark-field (DF) image. The temperature change of the correlation function of the DF image indicated the short-range order of the domain structure, i. e. the domain fluctuation, near the transition temperature. On the basis of this result, we tried the time- and spatial-resolved observation of the CDW domain fluctuation.

#### 背景と研究目的

結晶表面は、よく規定された清浄表面が得られるようになって以来、低次元系物理の対象としてその物性やダイナミクスについての研究されてきた。その中でも表面相転移に関する研究は 2 次元相互作用系の相転移の実例として、実験および理論の両面から注目されてきた。このような相転移現象の研究はこれまで主に回折的手法を用いて行われてきた。

ところで、表面のような低次元系では電子-電子または電子-格子間の相互作用が顕著であるため、電荷密度波 (CDW) 相転移や超伝導転移が生じる可能性が指摘されている。このような低次元系特有の物性および相転移は、それを利用したナノメートルサイズの電子デバイス素子への展開が期待できる。そして、相転移を利用した機能性を考えるとき、そのダイナミクスについての時間および空間

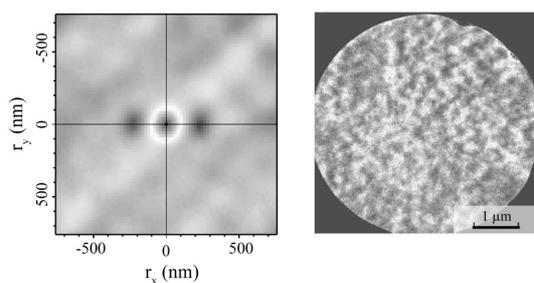


Fig. 1 The LEEM dark-field image (right) at the In/Cu (001)-  $(9\sqrt{2} \times 2\sqrt{2})R45^\circ$  phase and the corresponding correlation function at 340 K. (left).

的な研究は不可欠である。

本研究では、低速電子顕微法 (low-energy electron microscopy, LEEM) を用いて、回折実験では評価が困難な実空間における相転移の挙動を観察することを試みた。対象とした相転移は In/Cu (001) 表面および Sn/Cu (001) 表面において起こる相転移である。<sup>1, 2)</sup> これらの相転移は、主に電子状態に関する研究から、パイエルス型の CDW 転移であることが示されている。

我々のグループでは、前回これと同じ系についてやはり LEEM を用いた相転移の観察を行った。In/Cu (001) 表面の相転移では、CDW 相のドメイン構造を暗視野像において得ることができた。(図 1 右を参照) また、転移温度 (~350 K) をはさんだ加熱・冷却過程におけるドメイン構造の変化をその場観察した。ドメインの空間パターンの解析を二次元相関関数を評価することにより行った (図 1 左を参照)。その結果、転移温度近傍において短距離秩序の成長を示す相関関数の傾きの変化を見出した (図 2)。この短距離秩序、すなわちドメインの揺らぎの空間および時間的な挙動から相転移のダイナミクスに関する知見が得られる。

本研究では、転移温度近傍の多数の温度に

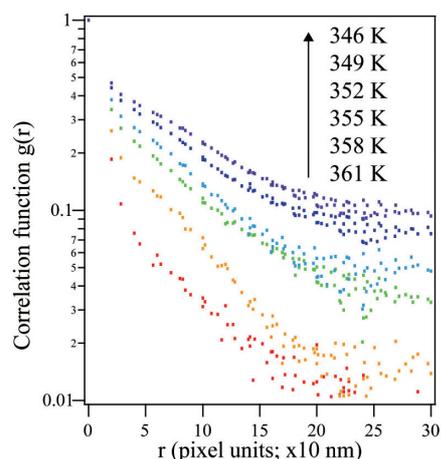


Fig. 2 Radial correlation functions  $g(r)$  at the temperatures near the transition.

おいてドメインの空間パターンの時間変化をビデオレートで記録し、CDW 相の揺らぎについて動的臨界指数などの評価を行うことを目的としていた。また、軟 X 線領域の放射光を用いた光電子顕微法 (photoemission electron microscopy, PEEM) により転移にともなう電子状態の変化の実空間観察についても試みる予定であった。

## 実験

実験は BL17SU に設置された SPELEEM (spectroscopic photoemission and low-energy electron microscope) 装置を用いて行った。基板の清浄化および試料の作成は既報の手順に従って行った。

## 結果

今回の実験では、試料表面を観察中に、試料-対物レンズ間における放電により、試料表面が汚染されてしまった。このため予備試料を含めて、試料の清浄化が困難な状況となったため、予定していた測定を行うことはできなかった。放電および試料汚染が生じた原因は対物レンズ周辺に堆積した残留汚染物

であることが実験後の調査から分かった。

### 今後の課題

今回は残念ながら予定していた実験を行うことができなかったが、今後、レンズの汚染に対して十分注意した上で、再度 CDW 相のドメイン揺らぎの時間・空間分解観察を行いたいと考えている。

### 参考文献

- 1) T. Nakagawa *et al.*, Phys. Rev. Lett. **86**, 854 (2001).
- 2) J. Martinez-Blanco *et al.*, Phys. Rev. B **72**, 041401 (R) (2005).