20a-B3-1

剥離 MoS_2 薄膜の LEEM/LEED 解析

LEEM/LEED analysis of exfoliated MoS_2 thin films

NTT 物性基礎研 [1]，九大 [2]，島根大 [3]　°日比野 浩樹 [1]，西口 克彦 [1]，水野 清義 [2]，影島 博之 [3]

NTT Basic Research Labs. [1], Kyushu Univ. [2], and Shimane Univ.[3]

°Hiroki Hibino[1], Katsuhiko Nishiguchi[1], Seigi Mizuno[2], and Hiroyuki Kageshima[3]

E-mail: hibino.hiroki@lab.ntt.co.jp

単層の MoS_2 は 1.96 eV のバンドギャップを有する直接遷移型半導体で、電界効果トランジスタや光検出器・太陽電池など、様々な応用への期待から、活発に研究がなされている。近年、その結晶成長についても多く報告がなされているが、これまでに得られている薄膜は、通常、結晶方位の回転したグレインからなる多結晶状態にある。結晶成長技術の高度化には、結晶方位や層数の空間分布の情報が不可欠であり、グラフェンの層数および結晶方位の解析に実績のある低エネルギー電子顕微鏡(LEEM)の MoS_2 への適用性を検討することは意義がある。そこで、今回、モデル試料としてバルクから剥離した MoS_2 薄膜を用い、LEEM により表面構造を観察したので報告する。

MoS_2 薄膜はバルク結晶から機械的に剥離し、あらかじめ熱分解法でグラフェンを成長させた SiC(0001)表面上に転写した。図 1(a)は、MoS_2 薄片の端部分を LEEM で観察した結果である。図中の数字は MoS_2 層数で、A_{1g}、E^1_{2g} ラマン散乱ピークの位置と強度から推定した。大気中の転写では必然的に MoS_2/グラフェン界面に不純物が閉じ込められ、その不純物が表面の吸着物を除去するための加熱中に凝集する。そのような凝集物が LEEM 像中のところどころに暗く観察されているが、その場所を除いては、MoS_2 薄膜は平滑であることがわかる。これまでに、SiO_2 基板上に転写または成長された MoS_2 薄膜が LEEM により観察され、その低速電子回折(LEED)パターンも観察されている[1]。しかし、単層 MoS_2 薄膜は非常にフレキシブルであるため、SiO_2 表面の凸凹を反映して、非常にブロードな LEED パターンしか得られていなかった。今回、転写先の基板が原子レベルで平坦であるため、単層 MoS_2 においても、図 1(b)に示すようなシャープな LEED パターンが得られた。今後、LEED 強度のエネルギー解析から、詳細な構造決定が可能になると期待される。また、図 1(b)の LEED パターンは、結晶の対称性を反映して、明瞭な三回対称性を有しており、暗視野像を用いれば、結晶方位の分布も取得可能である。また、図 1(a)には層数に応じた弱いコントラストが観察されているものの、グラフェンに比較すると、層数決定がはるかに困難であることが判明した。グラファイトの電子構造には、面に垂直方向に 6 eV 以上の幅で分散する非占有バンドが、真空順位の直ぐ高エネルギー側に存在する。このため、少数層のグラフェンでは電子の顕著な共鳴透過現象が起き、これが層数決定の起源であったが、MoS_2 にはそのようなバンドが存在しない。加えて、MoS_2 は、1 層の厚さがグラフェンの 2 倍程度あるため、厚くなると急激に層数決定が困難になる。ただし、1～2 層レベルであれば、LEEM によって、層数と結晶方位をミクロに決定できるため、LEEM が、MoS_2 の結晶成長機構の解明や条件の最適化に役立つと期待される。

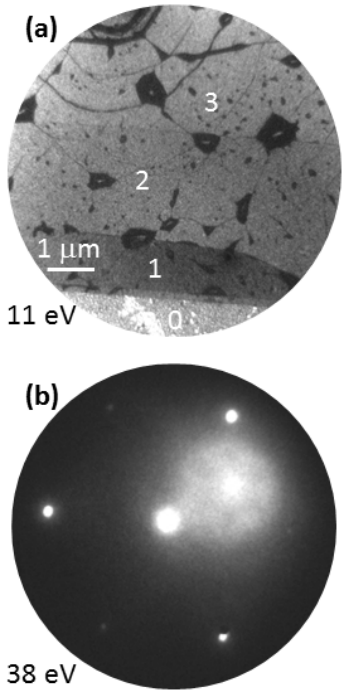

Fig. 1: (a) LEEM image and (b) LEED pattern of exfoliated MoS_2.

[1] P.-C. Yeh *et al.*, Phys. Rev. B **89**, 155408 (2014).

© 2014 年　応用物理学会