

セレン化インジウム表面の原子配列評価

Evaluation of Atomic Arrangement of InSe Surface

阪大院工 岩熊 征也, 山本 陸, 遠藤 聡, 新宮 勇, 田畑 博史, 久保 理, 片山 光浩

Grad. Sch. Eng., Osaka Univ., S. Iwaguma, R. Yamamoto, S. Endo, I. Shingu,

H. Tabata, O. Kubo, and M. Katayama

E-mail: iwaguma@nmc.eei.eng.osaka-u.ac.jp

[はじめに] 金属カルコゲナイド層状物質は薄膜トランジスタチャネルやガスセンシング材料として近年注目を集めている。中でも 13 族カルコゲナイドは比較的大きなバンドギャップを持ち、また Si(111)基板との格子整合性がよいため、以前から Si(111)基板上でのエピタキシャル成長に関する研究が行われてきた。最近我々は、Si や Ge 原子の蜂の巣状構造から成るシリセン・ゲルマネンの作製に取り組んでいる。これらはグラフェン同様のディラック電子系の物質であるため極めて高い電子移動度を有し、更にバンドギャップの大きさが電界により変調可能^[1]であると予測されている単原子層材料である。これまでの報告では、シリセン・ゲルマネンの作製は金属基板上で行われたものが多く、デバイス利用に向けて必要不可欠な電気伝導特性の報告はほとんどない。我々は非金属基板上でシリセンを作製するべく、二硫化モリブデン (MoS₂) を基板として単層や多層の Si ナノシートの作製を行ったが^[2]、形成された膜は通常の金属的な性質を示した。これは MoS₂ (格子定数 3.16 Å) とシリセン (格子定数 3.87 Å) の格子不整合が主な原因であると考えられる。そこで今回は基板として格子定数が 4.00 Å である 13 族カルコゲナイドのセレン化インジウム (InSe) を用いることにした。しかし、原子レベルでの InSe 表面の評価はこれまであまり報告されていないため、本講演では InSe の表面清浄化、およびその過程で観察された特異な周期構造に重点を置いて報告する。

[実験・結果] InSe 基板には米・2D Semiconductor 社製のものを用いた。この表面層を大気中にて剥離劈開した後、基板を超高真空チャンバー内に導入して走査トンネル顕微鏡 (STM) 観察を行ったが原子像は得られなかった。そこで超高真空中にて基板を 350~400°C で 12h アニールを行ったところ、表面には図 1 に見られるような三角形状の穴 ($1.96 \pm 0.3 \text{ Å}$) が多数形成された。次に 450~500°C にて 12h アニールを行うと、表面には図 2(a) のような 10~30nm 程度のアイランドが形成された。このアイランドの表面には図 2(b) に見られるように周期的な輝点が観察された。さらにアイランドの間に表れている比較的平坦な場所では異なる周期の構造 (図 3) が観察された。図 3 の STM 像は MoS₂ 上に成長させた InSe 清浄表面の STM 観察に関する過去の報告とよく一致した^[3]。一方、アイランド表面に見られる輝点は間隔が $1.71 \pm 0.06 \text{ nm}$ であり、下地の InSe 清浄表面の輝点列と同じ方向に並んでいた。さらに、InSe 清浄表面のステップ高さは Se-In-In-Se の 1 ユニットの相当する 8.4 Å であるのに対し、このアイランドの高さは $3.8 \pm 0.4 \text{ Å}$ であった。アイランド上の輝点間隔は異なるアイランド間でもほぼ一定であることから、これは Se 原子が蒸発した結果形成された再構成構造であることが示唆される。

本研究の一部は科研費 (17H02788) の助成を受けて行われました。

[1] N. D. Drummond *et al.*: Phys. Rev. B. **85**, 075423 (2012).

[2] 重原正明 他、第 62 回応用物理学春季学術講演会 12p-P4-4 (2015) .

[3] T. Hayashi *et al.*, J. Cryst. Growth **219**, 115 (2000)

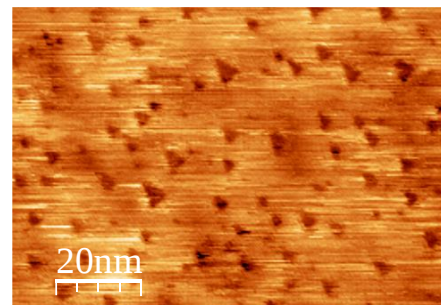


Fig.1
STM Image of InSe
($V_a = 2.0 \text{ V}$, $I_t = 0.20 \text{ nA}$)

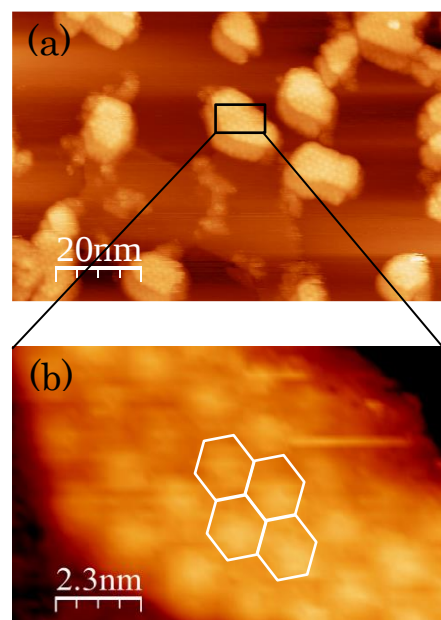


Fig.2
(a) STM Image of InSe Island
($V_a = 2.0 \text{ V}$, $I_t = 0.20 \text{ nA}$)
(b) Enlarged Image of InSe Island

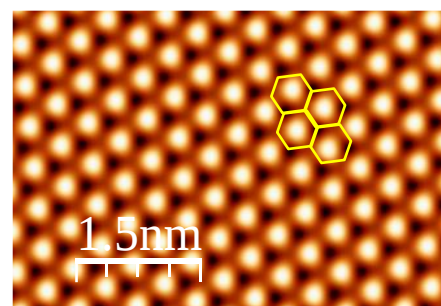


Fig.3
Atomic Image of InSe
($V_a = 2.0 \text{ V}$, $I_t = 0.20 \text{ nA}$)