

Ag(111)上ヒ素単層膜の構造および物性の評価

Analysis of Structure and Physical Properties of Monolayer As Film on Ag(111)

阪大院工, 梯 雄一郎, 久保 理, 田畑 博史, 片山 光浩

Grad. Sch. Eng., Osaka Univ., Y. Kakehashi, O. Kubo, H. Tabata, M. Katayama

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

[研究背景]

Si 原子によるハニカム構造であるシリセンの研究に始まった単元素シート材料は、第 14 族元素に留まらず、今やリン (Phosphorene) や^[1]、ホウ素 (Borophene)^[2]などの第 13 族、第 15 族元素の 2 次元シートが実験的に合成されている。特に第 15 族元素では黒リンのようにバンドギャップが形成されることから、実用材料としても興味を持たれている。近年、同じ第 15 族元素である As の単元素シート・アルセネンの作製が実験報告された^[3]。理論的には約 1.5eV のバンドギャップを持つ半導体であるが、電子ドーピングによる縮退状態では最高で 30K を超す転移温度を持つ超伝導体となることが予測されるなど^[4]、他の単元素シート材料にはない特性を秘めている可能性がある。本研究では Ag(111)基板上に作製したアルセネンに対して液体ヘリウム温度での STM(走査トンネル顕微鏡)/STS(走査トンネル分光)測定を行い、第一原理計算による解釈を基に構造・電子物性の検討を行った結果について報告する。

[研究結果]

超高真空下にて基板温度 300°C に加熱した Ag(111)清浄表面にヒ素を分圧 $p_{As} = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ で 30 分蒸着した。蒸着後の試料に対して STM 測定を行ったところ、モアレ構造 (Fig.1(a)) を確認した。先行研究にてバックリングした As の六員環の 4×4 周期が Ag(111)基板の 5×5 周期に配置していることが報告されており^[3]、その構造 (Fig.1(d)) を基にした第一原理計算に基づく STM シミュレーション (Fig.1(b)) と一致したことから、アルセネンの作製を確認した。この構造に対して 4.8 K で走査トンネル分光による状態密度測定を行ったが、アルセネンの超伝導ギャップは確認できなかった。一方、作製した表面にはモアレ構造以外にも、Fig.2 に示すような 1 次元構造が見られた。低バイアスにて原子分解能像を取得したところ、これまで報告されていない構造^[5]であることがわかった。これは黒リン同様のヒダ状 (puckerd-buckling) 構造であると考えられる。

<参考文献>

- [1] H. Liu, et al., ACS Nano **8**, 4033 (2014).
- [2] B. Feng, et al., Nat. Chem. **8**, 563 (2016).
- [3] J. Shah, et al., 2D Mater **7**, 025013 (2020).
- [4] Kong X, et al., Chin. Phys. B **27**, 046301(2018).
- [5] J. Shah, et al., J. Phys. Chem. C **124**, 24196 (2020).

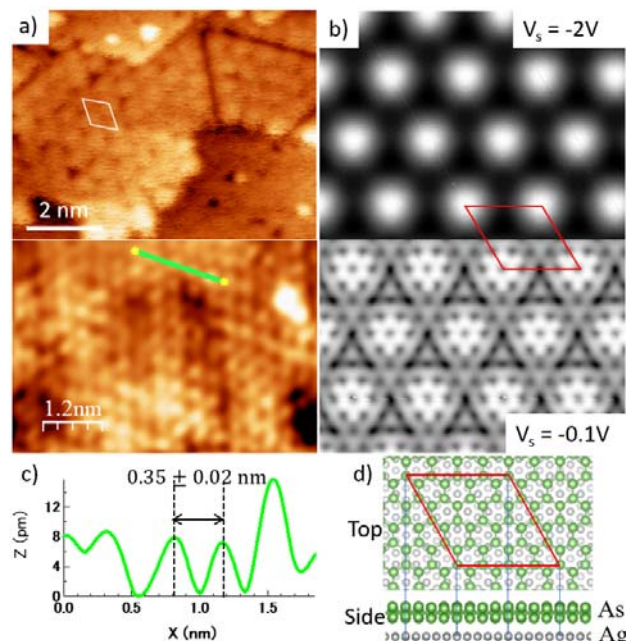


Fig.1

a) STM images of moire-like As/Ag(111) surface obtained with $V_s = -2\text{V}$ (top) and -0.1V (bottom). Corresponding simulated STM images are shown in (b). (c) Line profile along green line shown in (a). (d) Structural model of moire-like As/Ag(111), i.e., arsenene.

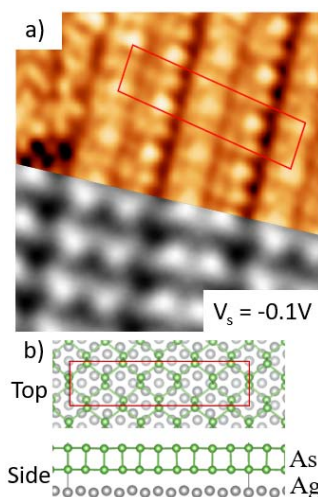


Fig. 2

a) Experimental (top) and simulated (bottom) STM images of one-dimensional (1D) structure formed on As/Ag(111). (b) Structural model of 1D structure.