

Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B 表面上の Bi(110)超薄膜の電子状態

○大内 拓実¹, 中村 玲雄¹, 竹村 晃一¹, 志村 舞望², 潮田 亮太²,
飯盛 拓嗣³, 小森 文夫¹, 平山 博之², 中辻 寛^{1*}

¹東京工業大学物質理工学院, ²東京工業大学理学院, ³東京大学物性研究所

Electronic structure of Bi(110) ultra-thin films grown on Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B substrates

○Takumi Ouchi¹, Leo Nakamura¹, Koichi Takemura¹, Maimi Shimura², Ryota Ushioda²,
Takushi Iimori³, Fumio Komori¹, Hiroyuki Hirayama² and Kan Nakatsuji^{1*}

¹Department of Materials Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology,

²Department of Physics, Tokyo Institute of Technology,

³Institute for Solid State Physics, University of Tokyo

Bi(ビスマス)は、巨大なスピン軌道相互作用を示すことからスピントロニクス分野の基盤材料として期待されている。このBiを超薄膜化することで興味深い原子構造と電子状態を示すことが報告されている。例えば、Bi(110)超薄膜は、膜厚が偶数原子層でblack-phosphorus(BP)-like構造をとり、奇数原子層ではbulk-like構造を示す[1]。そのため膜厚に依存した電子状態をもつ。なかでもBP-like構造をもった2原子層と4原子層のBi(110)超薄膜は、第一原理計算による電子状態の結果から二次元トポロジカル絶縁体であることが予測されている[2]。

我々はこれまでに、この基板上におけるBi(110)超薄膜が6つの回転ドメインをもつことや偶数層でBP-like構造をとることを解明してきた。電子状態に関しては、 Γ -M方向を角度分解光電子分光法(ARPES)で測定し、 Γ 点付近でいくつかの量子井戸状態、M点付近でバンドギャップを確認した。この実験で得られたバンド分散は、計算によるフリースタンディングなBi(110)超薄膜のバンド分散[1]と比較して100 meVほど低結合エネルギー側にシフトする結果となった。これは基板とBi(110)超薄膜間による電荷移動が要因であると予測されている。[3]

本研究ではlightly P-doped n-type Si(111)基板、heavily As-doped n-type Si(111)基板、heavily B-doped p-type Si(111)基板的計3種類のSi基板を用いて、Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B表面上におけるBi(110)超薄膜(4 ML)の電子状態を測定し、バンド分散のエネルギーシフトの要因を調べた。

Figure 1にARPESで測定したheavily As-doped Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B表面上におけるBi(110)超薄膜のバ

ンド分散を示す。このバンド分散の形状は、heavily B-doped p-type Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B表面上のBi(110)超薄膜のバンド分散とよく一致するが、Fig. 1中に示した赤色でトレースされた2つのバンド分散は、 Γ 点とM点付近でそれぞれ120 meV、80 meVほど高結合エネルギー側にシフトすることが判明した。このエネルギーシフトが基板からの電荷移動が要因であるかは、他の基板上的Bi(110)超薄膜のバンド分散やX線光電子分光法(XPS)で測定したBi 4fとSi 2pスペクトルの結果を照らし合わせて議論する。

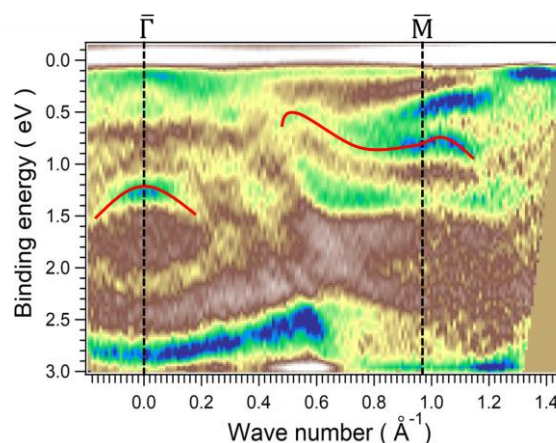


Fig. 1. heavily As-doped Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B 表面上の Bi(110)超薄膜(4 ML)のバンド分散

文 献

- 1) G. Bian *et al.*, Phys. Rev. B **90**, 195409 (2014).
- 2) Y. Lu *et al.*, Nano Lett. **15**, 80 (2015).
- 3) K. Nagase *et al.*, Phys. Rev. B **97**, 195418 (2018).

*E-mail: nakatsuji.k.aa@m.titech.ac.jp