



角度分解光電子分光によるシリコン基板上の ビスマス超薄膜の電子構造の解明

藤原翼¹、下川裕理²、山崎詩郎³、中辻寛²、平山博之³

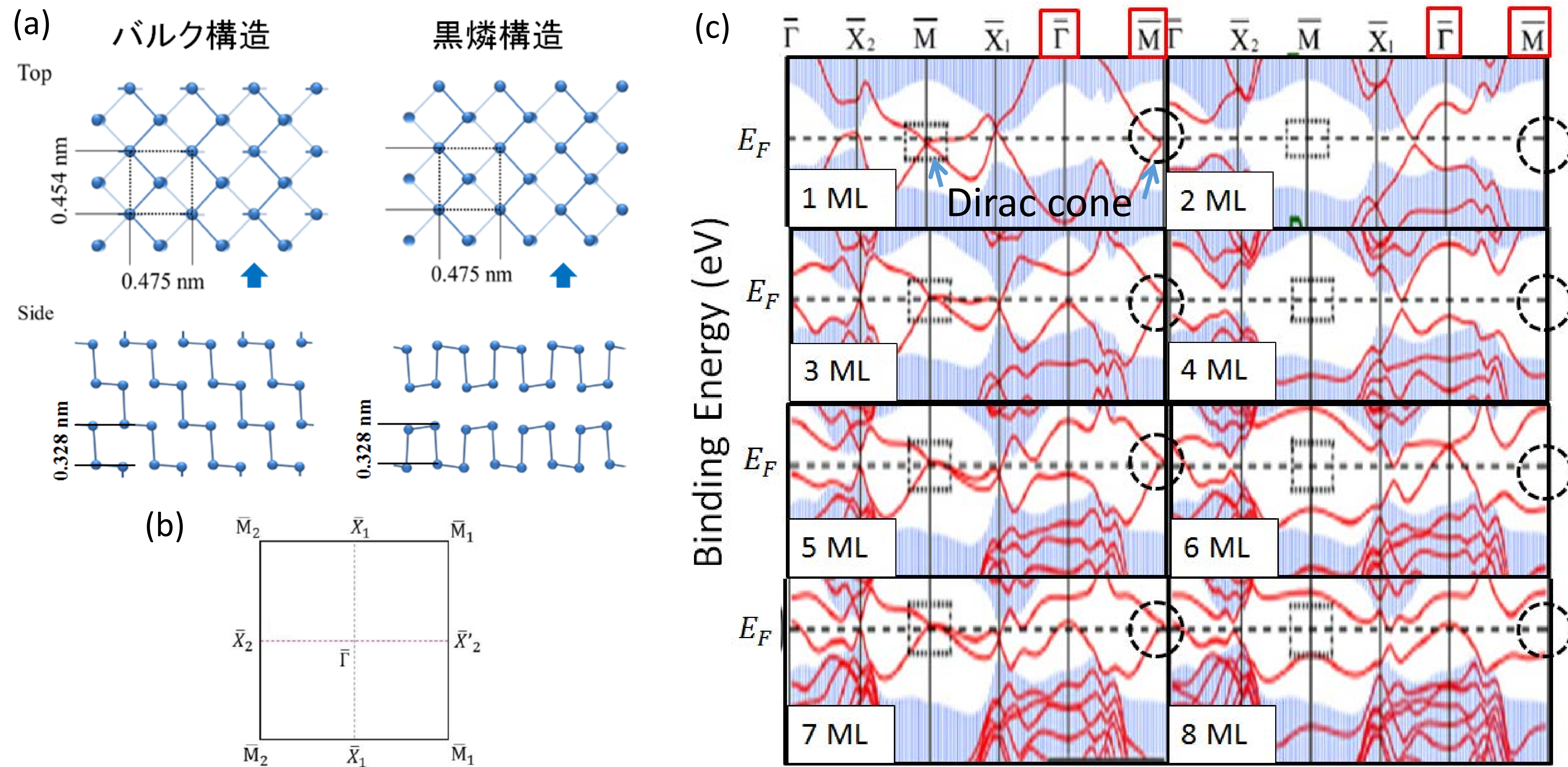
1) 東工大総理工、2) 東工大物質理工、3) 東工大理

背景・経緯

ビスマスは非磁性・非放射性物質で非常に重い元素であり、強いスピン軌道相互作用を持つ。それゆえスピン偏極電子状態が期待され、スピントロニクスデバイスの基盤材料として期待されている。特にBi(110)超薄膜はfreestandingな黒燐構造の2原子層と4原子層において2DTIになると理論予測される。

Bi(110)超薄膜の構造としてバルク構造と黒燐構造が考えられており、これを表面構造と薄膜の高さで同定することは困難である。しかし、電子状態は異なる。具体的には、freestandingなBi(110)超薄膜が、奇数層の場合はバルク構造となりM点にDirac cone状のバンドを持ち、偶数層の場合は黒燐構造となりM点にバンドギャップを持つことが予測されている。

本研究の目的は、角度分解光電子分光法(ARPES)を用いてSi(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B表面上のBi(110)超薄膜の電子状態を調べ、原子構造を同定することである。



[1] G. Bian et al., PRB 90, 195409 (2014).

図1 Bi(110)超薄膜の(a)原子構造、(b)表面ブリルアンゾーンと(c)freestandingな場合の第一原理バンド計算の結果[1]。

結果 BL7U

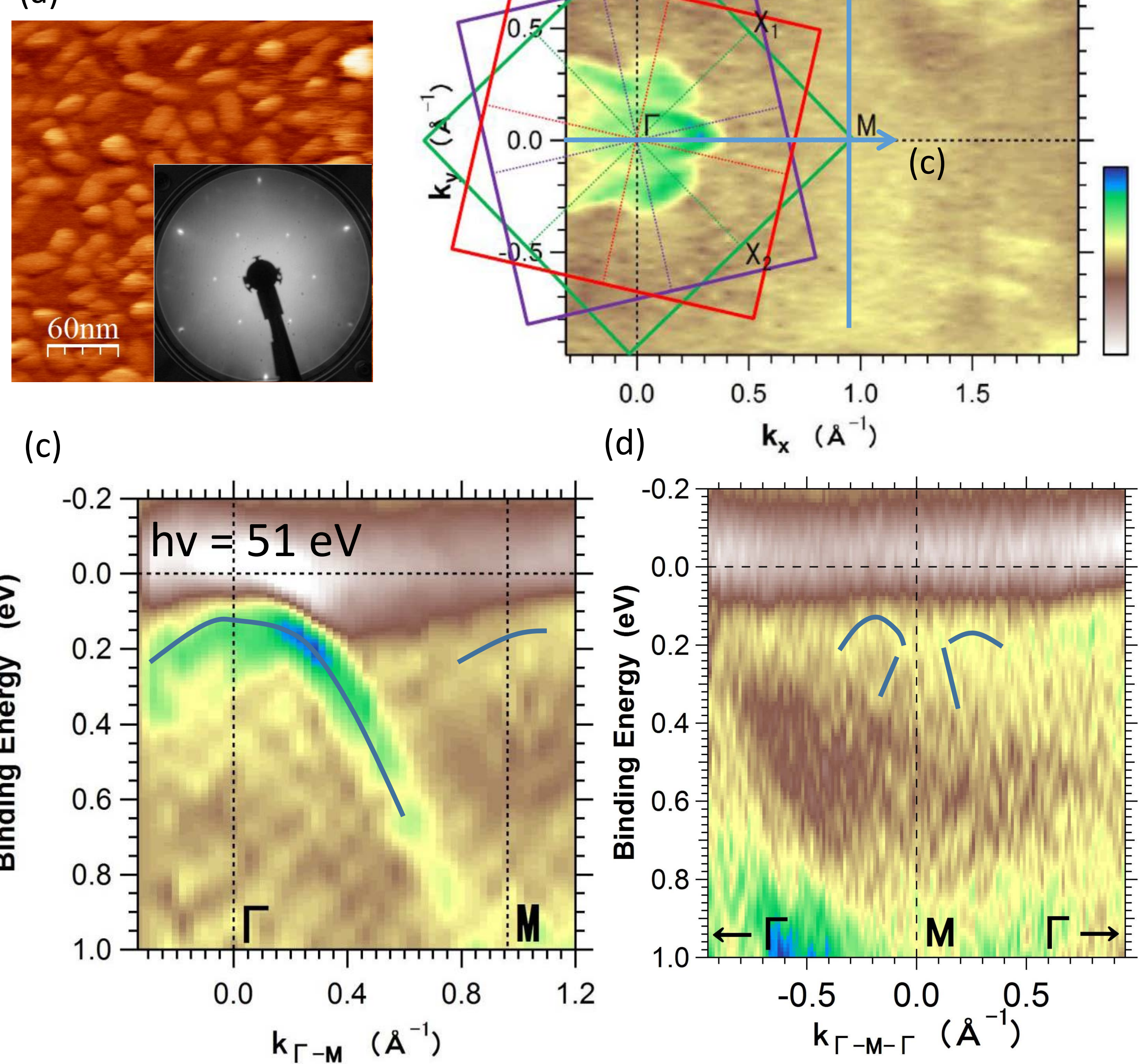


図2 蒸着量3.0 MLの試料に対する(a)AFM・LEED測定の結果、(b)等エネルギー面($E_B = 0.2$ eV)、(c) Γ -M、(d) Γ -M- Γ 方向のバンド分散。

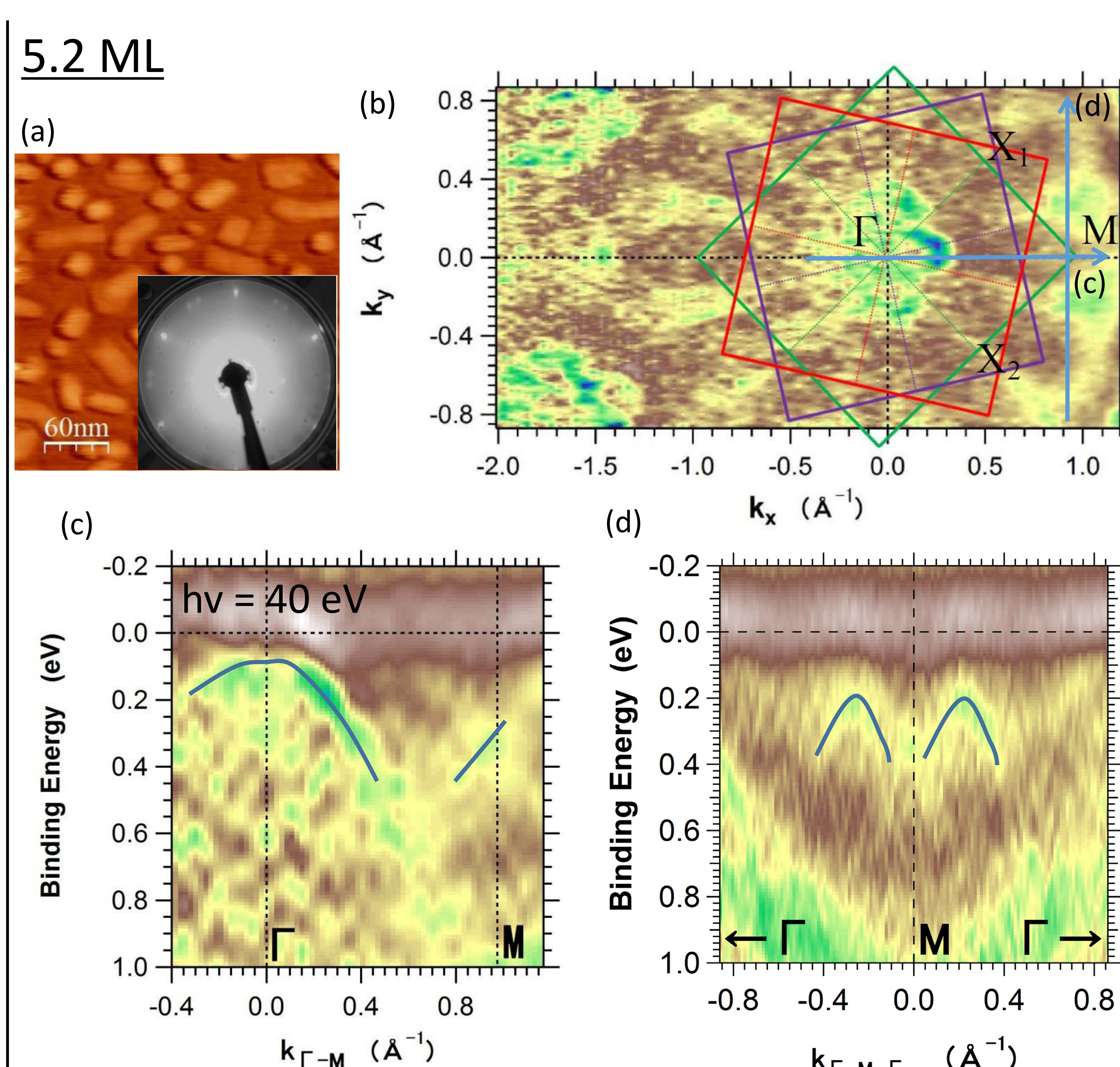


図3 蒸着量5.2 MLの試料に対する(a)AFM・LEED測定の結果、(b)等エネルギー面($E_B = 0.2$ eV)、(c) Γ -M、(d) Γ -M- Γ 方向のバンド分散。

蒸着量3.0 MLと5.2 MLの試料をUHV中で作製し、その場でARPES測定とLEED観察を行い、東工大でAFM測定を行った(図2, 3)。いずれの試料でLEED観察により、(110)構造由来のスポットを確認した。M点において、バルク構造に特徴的なDirac cone状のバンドは確認されなかった。これは、試料表面の殆どのBi(110)超薄膜は最表面に p_z 軌道のダングリングバンドを持たないことを示唆し、黒燐構造を支持する。

期待される効果・社会的インパクト

本実験により、Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -B表面上のBi(110)超薄膜が黒燐構造である可能性が高いことが分かった。今後、2次元トポロジカルエッジ状態が期待される Γ - X_1 方向の電子状態がより一層注目される。今後の課題としては、Bi(110)超薄膜をシングルドメインで成長した試料やより均一な膜厚で揃った試料に対するARPES測定が期待される。