

# 強誘電体自発分極によるグラフェン/ BiFeO<sub>3</sub> 界面のエネルギーバンド変調

## Energy band modulation at the graphene/BiFeO<sub>3</sub> interface by ferroelectric spontaneous polarization

兵庫県立大院工<sup>1</sup>, JASRI/SPRING-8<sup>2,○</sup>(M1) 伊藤 達也<sup>1</sup>, 中嶋 誠二<sup>1</sup>, 藤沢 浩訓<sup>1</sup>, 大河内 拓雄<sup>2</sup>

Univ. of Hyogo<sup>1</sup>, JASRI/SPRING-8<sup>2,○</sup>, Tatsuya Ito<sup>1</sup>, Seiji Nakashima<sup>1</sup> and Hironori Fujisawa<sup>1</sup>, Takuo Ohkuchi<sup>2</sup>

E-mail: 0pz22j56787338m@exweb.ne.jp

### 1. はじめに

グラフェンとは厚さが原子一層分の 0.345 nm である。また熱伝導、電気伝導が優れているため様々な産業に実用化が期待されている。また、グラフェン/強誘電体接合において、自発分極によりグラフェンのキャリア密度が制御されることも報告され[1]、分極電荷に起因するバンド構造の変調が注目されている。しかしながら、このような疑似ドープメント効果による電子構造の変調が直接的に観測された例はなく、電気的特性との関係は不明である。本研究では、単結晶 Mn ドープ BiFeO<sub>3</sub> 薄膜(BFMO)にグラフェンの転写を行い、グラフェン/強誘電体の界面で分極電荷の向きによる強誘電体の電子状態の変化を観測した。

### 2. 実験方法

Fig. 1 に作製した試料の概略図を示す。SrRuO<sub>3</sub>/微傾斜 SrTiO<sub>3</sub>(001)基板上に単結晶 BFMO 薄膜をスパッタリング法で 300 nm 成膜した。また、BFMO 薄膜上にフォトリソグラフィを用いて Pt ドット電極をスパッタリング法により作製し、その上に次のプロセスでグラフェンを転写した。銅箔上に CVD にて作製した単層グラフェン上にメタクリル酸メチル樹脂(PMMA)を塗布することでグラフェンを保護し、その上から熱剥離テープを貼り付けた。次に、塩化鉄水溶液により銅を除去した。これを水でリンスした後、真空デシケータ中で一日乾燥させた。その後、IPA 中で BFMO 薄膜に転写させた。次に、テープ/PMMA/グラフェン/BFMO を 130 °Cにて 1 分間ホットプレート上で加熱しテープを剥離した後、PMMA は 468 °C、8 分の真空中アニールにより除去した。その後フォトリソグラフィと O<sub>2</sub> アッシングにてグラフェンをパターニングした。試料の評価は SPRING-8 BL17SU ビームラインの光電子顕微鏡(PEEM)を用いて XPS 測定を行い、分極電荷によるグラフェン/強誘電体界面の電子状態の変化について評価した。

### 3. 実験結果

作製したサンプルの Pt-SRO 間に電圧を加える事で、グラフェン電極直下の BFO の分極を反転させ、分極上向きおよび下向きの領域を作製した。Fig. 2 に、PEEM によりグラフェン層を介して測定した Bi4f<sub>7/2</sub>XPS スペクトルの分極反転による変化を示す。このスペクトルは同時に測定した Pt4f 結合エネルギーにより横軸を規格している。分極上向きの領域の方が約 0.19 eV 高結合エネルギー側にピークシフトしていることが分かる。分極上向きの領域では、分極下向きの領域に比べて BFMO のエネルギーバンドが上向きに曲がることを意味しており、分極電荷が疑似ドープメントとして作用していることを示している。

【参考文献】 1) C. Baeumer et al., Nano Lett., 13, (2013), 1693.

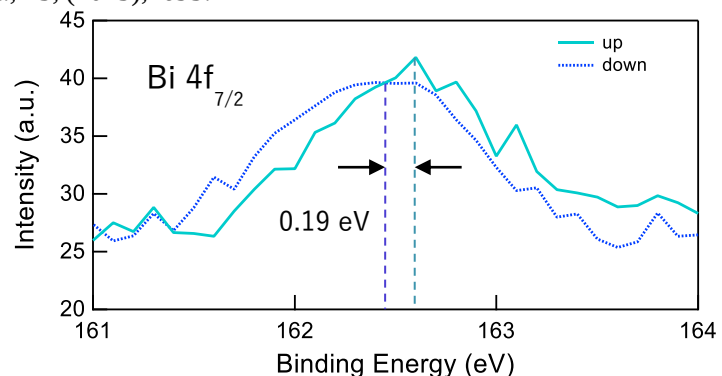
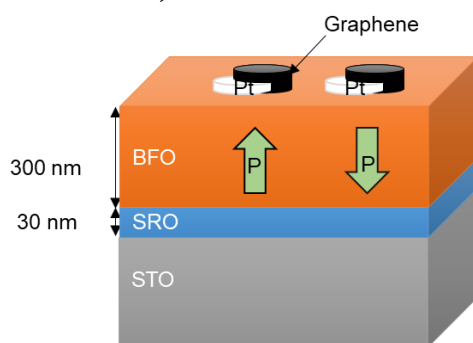


Fig. 1 A schematic of the sample structure.

Fig. 2 Bi4f<sub>7/2</sub> XPS spectra of the graphene/BFO structures.

謝辞 本研究の一部は科研費 基盤研究 (C) (No.JP19K04495) の支援により行われました。