

課題番号 : F-16-NU-0010  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : SiC 基板上グラフェンの構造解析および化学結合状態分析  
 Program Title(English) : Structural and chemical analysis of graphene on SiC  
 利用者名(日本語) : 乗松 航  
 Username(English) : W. Norimatsu  
 所属名(日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科  
 Affiliation(English) : Graduate school of engineering, Nagoya University

### 1. 概要(Summary)

グラフェンは、究極的高キャリア移動度を持つことから、次世代半導体材料として期待されている。SiC 熱分解法は、絶縁性基板上にウェハースケール単結晶グラフェンを直接形成できる唯一の手法である。SiC 上グラフェンの移動度は、温度の上昇に伴って減少することが知られている。これは、グラフェン/基板の界面層(バッファ層と呼ばれる)のフォノン散乱によるものである。そこで、グラフェンの“負の熱膨張係数”を利用した新規手法による界面層の除去を目指した(1)。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

X 線光電子分光装置

#### 【実験方法】

SiC 単結晶基板を 1600°C で加熱することで、表面にバッファ層のみを形成した。この試料を、900°C に加熱した状態から液体窒素中に投入することで急冷した。その前後における化学結合状態について調べた。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

急冷による効果の模式図と、対応する実験結果を Fig.1 に示す。急冷前の試料では、バッファ層の炭素原子は SiC と強い共有結合を有している。これを急冷すると、バッファ層は膨張し SiC は収縮するため界面の結合が物理的に切断され、バッファ層がグラフェン化する。

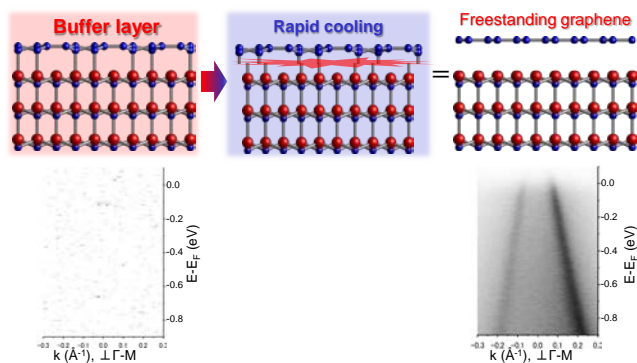


Fig. 1 Effect of rapid cooling and corresponding ARPES spectra. Blue and red balls correspond to carbon and silicon atoms.

Fig.1 に示す角度分解光電子分光(ARPES)測定の結果から、バッファ層試料はバンド分散を示さないのに対し、急冷後は明瞭な単一のバンド分散が観察される。これは、グラフェン特有の Dirac cone と呼ばれる線形分散の特徴を有しており、構造的にも電子状態的にも均一な単層グラフェンが形成されたことを示している。ここで、界面における化学結合状態を明らかにするために、X 線光電子分光(XPS)測定を行った。

Fig. 2 にその結果を示す。Fig. 2 から、急冷処理前後において C 1s スペクトルが変化しており、これはバッファ層のグラフェン化によるものとして説明できることがわかった。また、液体窒素中に投入しているにもかかわらず、急冷後に窒素の存在は確認できなかった。これは、界面に窒素がインターカレートしていないことを示している。同時に行った Hall 効果測定の結果から、温度上昇に伴う移動度の低下は見られず、この手法が非常に効果的であることが明らかになった(1)。

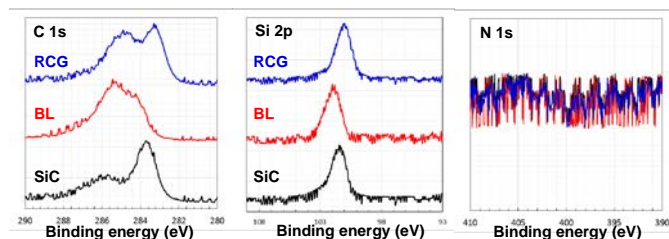


Fig. 2 XPS spectra of SiC, buffer layer (BL), and rapidly-cooled graphene (RCG).

### 4. その他・特記事項(Others)

なし。

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) J. Bao, W. Norimatsu, H. Iwata, K. Matsuda, T. Ito, and M. Kusunoki, Phys. Rev. Lett. **117** 205501 (2016).

### 6. 関連特許(Patent)

(1) 楠美智子、乗松航、包建峰, “グラフェン/SiC 複合材料の製造方法”, 特開 2016-155712, 公開日平成 28 年 9 月 1 日。