

課題番号 :2017A-E16  
利用課題名（日本語） :新たな原子層複合デバイス作成に向けた二次元原子層物質の耐プロセス性能評価  
Program Title (English) :Evaluation of the process tolerance of 2D atomic layer materials for complex atomic layer devices  
利用者名(日本語) :小川修一<sup>1)</sup>, 山田貴壽<sup>2)</sup>, 吉越章隆<sup>3)</sup>  
Username (English) :S. Ogawa<sup>1)</sup>, T. Yamada<sup>2)</sup>, A. Yoshigoe<sup>3)</sup>  
所属名(日本語) :1) 東北大学多元物質科学研究所, 2) 産業技術総合研究所, 3) 日本原子力機構  
Affiliation (English) :1) IMRAM, Tohoku University, 2) AIST, 3) JAEA  
キーワード : グラフェン、h-BN、層状物質、その場観察光電子分光

### 1. 概要 (Summary)

本研究ではグラフェンや h-BN を真空中で加熱し、それにとまう組成変化や電子状態変化を高輝度放射光でその場観察し、吸着分子の脱離過程における伝導変化について明らかにした。

### 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

グラフェンや h-BN などの二次元層状物質は表面への分子吸着によりその電子状態が変化する。具体的には H<sub>2</sub>O を吸着させたグラフェンはフェルミ準位が下がり、p 型の伝導を示し、逆に NO<sub>2</sub> が吸着すると n 型伝導を示す。このように吸着物質とその伝導の変化はこれまでも多くの研究が行われてきたが、その吸着分子の脱離にとまう電子状態変化はこれまで報告が少ない。そこで本研究では真空中加熱にとまう層状物質への吸着物や組成の変化を光電子分光で調べた。光電子分光実験は BL23SU の表面化学ステーションで行った。試料は Cu 上に CVD 成長させたグラフェンを SiO<sub>2</sub>/Si 基板に転写したもの (Gr/SiO<sub>2</sub>) および、h-BN 上に転写したものをを用いた (Gr/h-BN)。試料をつくばの産総研から SPring-8 まで大気中で運送することにより、グラフェン表面に H<sub>2</sub>O が吸着していることを XPS で確認した。光エネルギー 710 eV で C 1s、O 1s、価電子帯スペクトルの温度依存を測定した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

O 1s 光電子スペクトルからは吸着した H<sub>2</sub>O に由来するピーク、並びに H<sub>2</sub>O が解離し、グラフェンと結合した C-OH や C-O ピークが観察された。それに加え、Gr/SiO<sub>2</sub> 基板では、下地の SiO<sub>2</sub> に由来するピークも観察された。一方、C 1s 光電子スペクトルはグラフェンの sp<sup>2</sup> 成分、不純物の sp<sup>3</sup> 成分、原子欠損由来のピーク、および酸化物のピークを用いてピーク分離解析を行

った。また、sp<sup>2</sup> 成分の結合エネルギー位置からフェルミ準位のシフトを見積もった。

その結果、温度を増加させていくにつれて酸化物成分は減少し、それに合わせて結合エネルギーも減少した。とくに著しい変化があったのは約 300°C 付近で、酸化物の急激な減少およびフェルミ準位シフトが観測された。これは表面吸着した H<sub>2</sub>O や、解離した OH がグラフェン表面から完全に脱離し、グラフェンの電気伝導が変化したためだと考えられる。一方で、原子欠損由来ピークも増えていることから、H<sub>2</sub>O はただ脱離しただけでなく CO や CO<sub>2</sub> を形成することによって、グラフェンに欠陥を生成することも明らかとなった。今後は He I 共鳴線を用いた UPS の結果と比較することにより、吸着分子脱離がグラフェン電気伝導に与える影響を解明する。

### 4. その他・特記事項 (Others)

共同研究者: 高桑雄二、多賀 稔 (東北大多元研)

本研究は JSPS 科研費 JP16H00894 の助成を受けたものです。