

平成 29 年 8 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870161

研究課題名（和文）自己組織化単分子膜およびナノ密着層を用いたグラフェンのガラスへの転写

研究課題名（英文）Transferring Graphene to glass substrate using self-assembled monolayer and nano-adhesion layer

研究代表者

藤野 真久 (Fujino, Masahisa)

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・助教

研究者番号：70532274

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000 円

**研究成果の概要（和文）：**本研究ではグラフェンの成長基板からシリコンやガラスなど対象基板への高効率転写を行った。

グラフェンはCu箔上に化学気相蒸着法（CVD）などで合成する手法が一般化されている。しかし、Cu箔上に合成したグラフェンはデバイスとして応用するに当たってチップなどの基板上で固定して使用する必要がある。今回の研究では対象基板上に単分子自己組織化膜(SAM)を配置し、その上にグラフェンを転写することによって高効率かつ高品質のグラフェンの転写に成功した。

**研究成果の概要（英文）：**In this study, high efficiency transfer from graphene growth substrate to target substrates such as silicon and glass was carried out. Techniques for synthesizing graphene on Cu foil by chemical vapor deposition (CVD) or the like have been generalized. However, when graphene synthesized on a Cu foil is applied as a device, it is necessary to fix and use graphene on a substrate such as a chip.

As result, we succeeded in transferring graphene with high efficiency and high quality by disposing a single molecule self-assembled monolayer (SAM) on the target substrate.

研究分野：実装工学

キーワード：グラフェン 転写 自己組織化単分子膜

## 1. 研究開始当初の背景

カーボン材料は様々な工業分野で注目される素材であり、その構造の多様さも特徴的なものがある。そのうちの一つとしてグラフェンは、高い電子移動速度、熱伝導性、導電率などの性質を持った材料であり、かつ一分子厚さ(0.73nm)からなる構造を取る。これらの特性からグラフェンは太陽電池やタッチパネル等に使用される透明電極・回路としての応用が期待されている。

このようなグラフェンの応用に際して、ガラス等の基板に直接生成することが困難であることから一度ニッケルや銅などの金属基板上にCVDによって生成したものを転写技術を用いて乗せる手法が取られている。これまで様々な手法(スコッチテープ、PDMS、PMMAなどのポリマー、熱剥離テープなどを用いた転写)が提案されてきた[1]が、転写過程を複数回経ることによって転写面積やパターニング精度に制限が生じる。

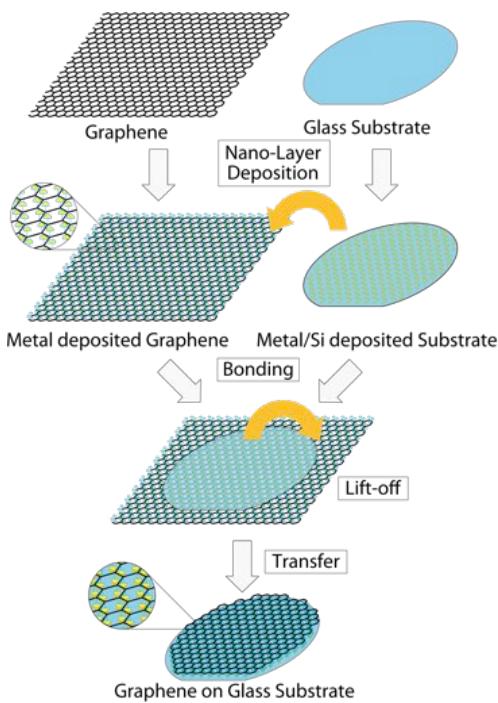


図1 本転写手法の概略

## 2. 研究の目的

本研究では、自己組織化单分子膜(SAM)をターゲット基板上に形成することによって、複数の転写過程を経ずに生成したグラフェンを直接基板に転写することを目的とした。この手法によって、従来よりも高面積かつパターニング精度の高いグラフェンの転写が実現される。

## 3. 研究の方法

グラフェンの転写に際して、まずはサンプルを作製する。本手法は、ターゲット基板上にSAMを成膜し、その上へ金属基板上にあらかじめ生成されたグラフェンを転写するとい

うものである。SAMとして使用されるポリマーはMonoglycidyl ether-terminated PDMSというグラフェンと接する側にPDMSの性質を持ったものである。これをガラス等の基板上へ成膜し、サンプルを作製する。具体的な成膜の手順を図3に示す。

(a) 親水化処理として、基板表面に酸素プラズマを照射する。

(b) 前駆体として3-(aminopropyl)-triethoxysilane(APTES)を反応させる。

(c) Monoglycidyl ether-terminated PDMSを滴下しスピノーラで成膜、その後80°C 4hの加熱処理を行う。

(d) 以上でターゲット基板上へのSAMの成膜が完了する。

また、図4にグラフェン膜の転写プロセスについて示す。成長基板上にあるグラフェンはSAM膜を形成した基板に押し当たられ、所定の温度でSAMとのコンタクトを行い、製帳場基板を剥離することによって転写を完了させる。

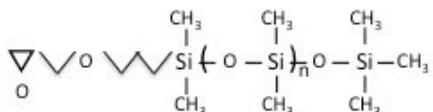


図2 Monoglycidyl ether-terminated PDMS

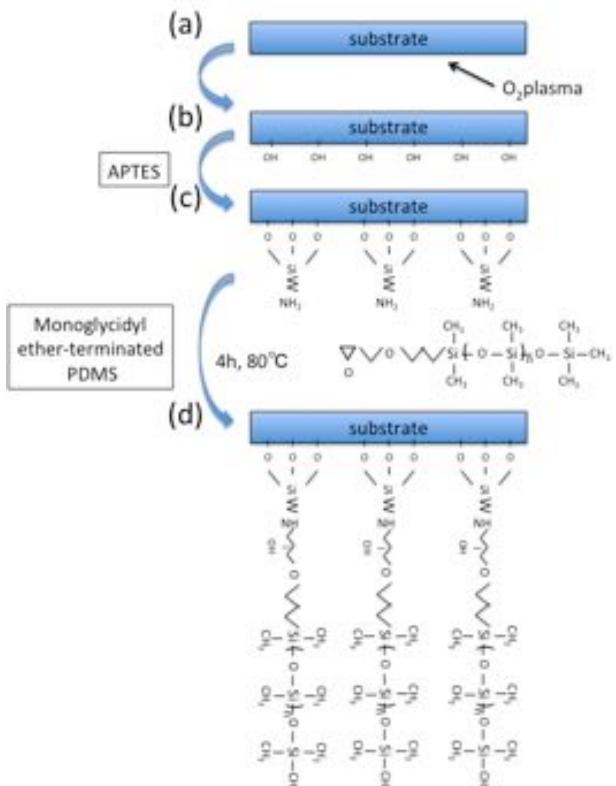


図3 成膜プロセス図

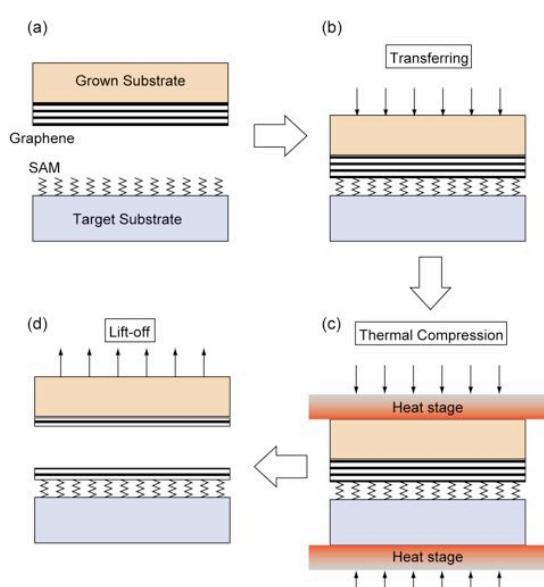


図4 転写プロセス図

#### 4. 研究成果

SAM を利用した転写の性質を調べるためにあたって、まずは評価用サンプルを用いた転写実験を行った。転写プロセスとしては表面にグラフェンを生成した Ni 箔と PDMS サンプルを圧着後、物理的に引き剥がすというものであり、図 3 の手順で成膜した SAM を用いた場合も同様の手法で転写を行った。

光学顕微鏡により Ni 箔と評価用 PDMS サンプルを観察した。図 5 に示す通りであり、Ni 箔はひび割れた表面が観察され、評価用 PDMS サンプルの表面にはフレーク状のグラフェンと推定されるものが観察された。

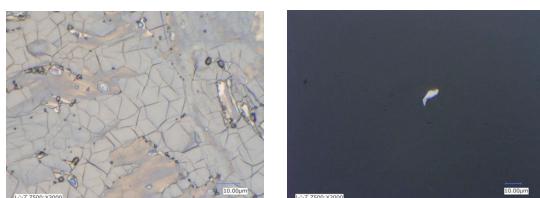


図5 Ni 箔(左)と転写後の評価用 PDMS(右)

さらに Raman スペクトル分析を行った。主に、G ピークと D ピーク(その倍音である 2D ピーク)に着目することによってそれぞれ量的分析・結晶性の分析を行うことが出来る。図 5 はあらかじめ CVD により Ni 箔上に生成したグラフェンと評価用 PDMS サンプルの Raman スペクトル分析の結果となる。3.1 と 3.2 で使用されたサンプルを測定した。

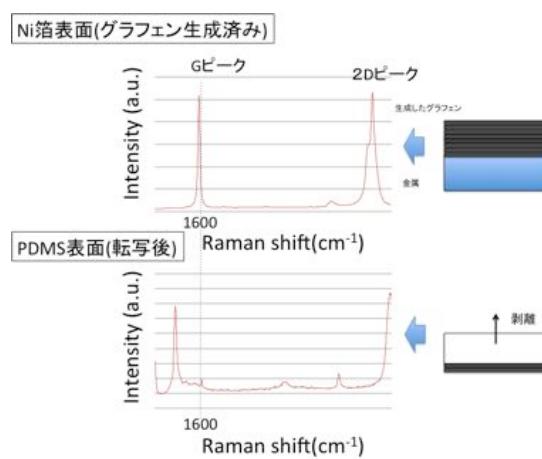


図6 Ni 箔上のグラフェン(上)

グラフェン転写後の評価用 PDMS(下)

Ni 箔上には予想される通り、グラフェン特有のピークが観察された。また、Ni 箔から PDMS への転写後の Raman スペクトル分析の結果を分析したところ、G ピークが観察されることからグラフェンが転写されていることが分かる。

また、同様に SAM 上へ転写したグラフェンのスペクトル分析の結果が図 7 である。上側のグラフは転写前後を比較したものであり、下側のグラフは転写後のピークを抽出したものである。評価用 PDMS の場合と同様にグラフェン特有のピークが観察出来るため、転写が実現していることが分かる。

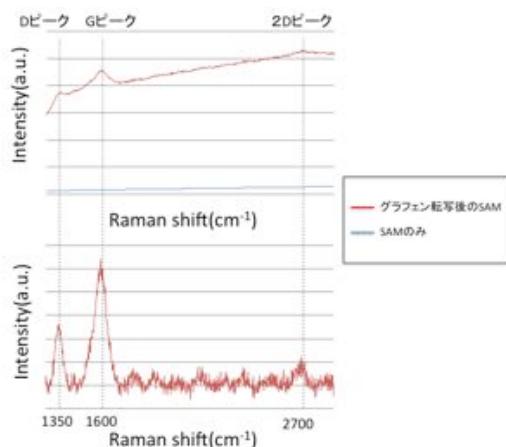


図7 グラフェンの転写前後の SAM(上)

転写のみの抽出(下)

以上により、評価用 PDMS サンプル/基板上へ成膜した SAM による転写実験とその分析を行い、SAM 上へのグラフェンの転写の実現可能性について検討した。Raman スペクトルによるピーク分析により、基板上に成膜した SAM への転写可能性が示された。

<引用文献>

- [1] Junmo Kang, Nanoscale, 2012, 4, 5527-5537
- [2] Min Jung Lee, Adv. Mater. 2006, 18, 3115-3119

## 5. 主な発表論文等 (研究代表者は下線)

### 〔雑誌論文〕(計 1 件)

- (1) Takashi Matsumae, Masahisa Fujino and Tadatomo Suga, "Room Temperature Bonding with Polymethylglutarimide using the Surface Activated Bonding method", ECS Journal of Solid State Science and Technology, accepted (査読あり)

### 〔学会発表〕(計 3 件)

- (1) Masahisa Fujino, Kentaro Abe, and Tadatomo Suga. "Large area direct transfer technique for graphene onto substrates using self-assembly monolayer" International Conference on Electronics Packaging 2016, 20-22 April, 2016, Sapporo Convention Center(Hokkaido, Sapporo) pp. 519-521
- (2) 安部健太郎, 藤野真久, 須賀唯知, "自己組織化单分子層を用いたグラフェンの直接転写", 第 30 回エレクトロニクス実装学会講演大会, 2016 年 3 月 22-24 日, 東京工業大学 大岡山キャンパス(東京都・目黒区), pp. 71-74
- (3) 安部健太郎, 藤野真久, 須賀唯知, "自己組織化单分子層を用いた透明基板へのグラフェン直接転写に関する研究", 第 29 回エレクトロニクス実装学会講演大会, 2015 年 3 月 16-18 日, 東京大学 本郷キャンパス(東京都・文京区), pp. 98-99

### 〔図書〕(計 0 件)

### 〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

### 〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

藤野 真久 (FUJINO, Masahisa)

東京大学・大学院工学系研究科・精密工学  
専攻・助教

研究者番号 : 70532274