

テープ剥離法によるグラフェン転写の定量化

Quantification of graphene transcription by tape peeling method

○佐藤 祥吾¹, 高梨 真治², 市川 博亮², 岩田 展幸³, 山本 寛³

*Shogo Satoh¹, Shinzi Takanashi², Hiroaki Ichikawa², Nobuyuki Iwata³ Hiroshi Yamamoto³

Abstract: I focused on the production of graphene by tape peeling method to produce large-area and low-layer graphite. I produced the two devices “Stamp-type device” and “Conveyor-type device” because quantify “The vertical force on the substrate surface” and “The horizontal force on the substrate surface”. After produce these devices, I tried to find a condition to produce large-area and low-layer graphene. I found I can produce large-area graphite by increasing “The horizontal force on the substrate surface” from the experimental results.

1 背景と目的

この実験では室温超電導の実現を目指している。過去にLittleやGinzburgはエキシトニックによる室温超伝導の可能性を論じている。室温超伝導を実現する物質として2層グラフェンに注目している。このモデルはグラフェン層間に金属的伝導層を挿入することで歪みや格子の乱れが抑制されると考えた。さらにグラフェン中に電子正孔対が形成され、金属層の自由電子と相互作用すれば、Ginzburgエキシトニックモデルが一部実現できると考えた。そこでまずは面積が大きく低層のグラフェンを作製する必要がある。^[1]

そこでグラフェン作製法の一つであるテープ剥離法に着目した。テープ剥離法とはテープを用いてグラファイトの層を剥離させ、グラフェンを作製する方法である。Fig.1 にテープ剥離法によるグラフェン転写の様子を示す。テープで剥離したグラファイトは SiO₂/Si 基板へと転写して評価を行うため、基板へのグラファイトを転写する際には「基板表面に対して垂直方向の力(Fig.1の F₁)」と「基板表面に対して水平方向の力(Fig.1の F₂)」の2つが加わっている。今回はこの2つの力を数値化し、より大面積で低層のグラフェンを作製できる条件を探す。

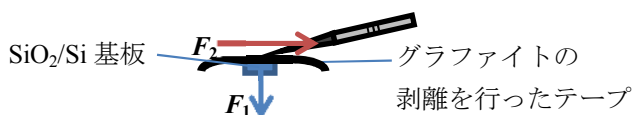


Figure 1. Transcription graphene by tape peeling method

2 実験方法と評価方法

2.1. テープ剥離法

テープ(3M スコッチテープ)の粘着面にグラファイト片をつけた後、テープの付け剥がしを任意の回数行い、グラファイトを剥離させた。

2.2. 基板へのグラフェン転写

Fig.2 に一つ目の装置である「スタンプ型装置」の設計図と画像を示す。SiO₂/Si 基板と作製したテープを装置下面のステージに取り付けた。

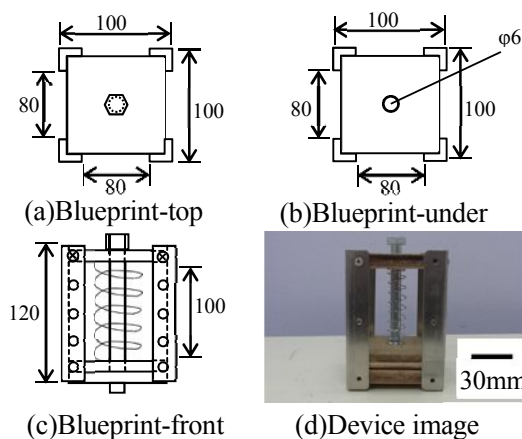


Figure 2. Stamp-type device

Fig.3 に2つ目の装置である「コンベア型装置」の設計図と画像を示す。この装置のホイール部にモーターを接続し、ホイール上にプラスチック板を設置した。

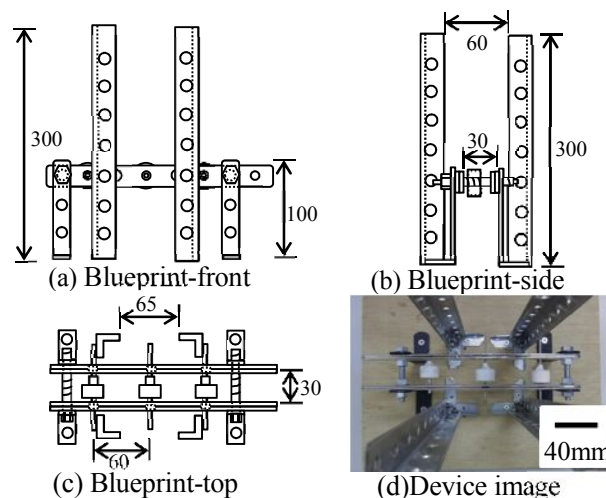


Figure 3. Conveyor-type device

1:日大理工・学部・子情 2:日大・理工・電子 3:日大理工・教員・子情

コンベア型装置のプラ板にスタンプ型装置を押し付け、コンベア型装置のモーターを回転させプラ板を運動させることにより転写を行った。

Fig.4 に F_1 の導出方法を示す。スタンプ型装置のばねの縮み Δx を用い、式(1)より F_1 を導出した。

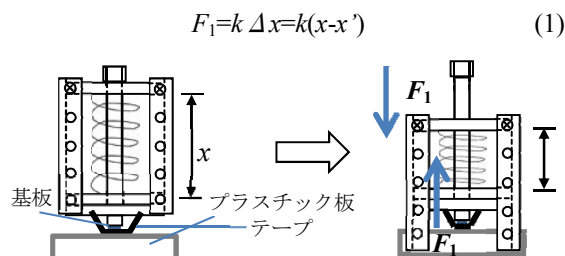


Figure 4. Effluent method of F_1

Fig.5 に F_2 の導出方法を示す。モーターによるプラ板の運動エネルギーの変化の式(2)から式(3)へと変形して導出した。(V, F' は定常状態であると仮定する)

$$W = mV^2/2 = (F' - F_2) \Delta X \quad (2)$$

$$F_2 = F' - mV^2/(2 \Delta X) \quad (3)$$

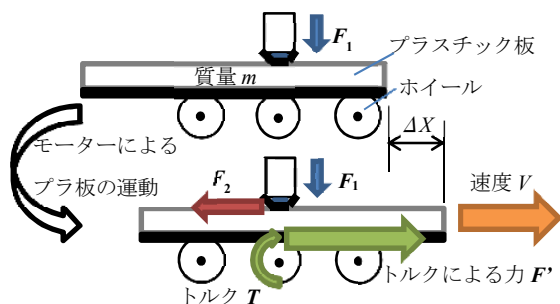


Figure 5. Effluent method of F_2

Tab.1 に今回の実験の条件を示す。今回は F_1 を一定とし、 F_2 のみを変化させて実験を行った。

Table 1. Experimental condition

	条件 a	条件 b
テープ剥離回数	50	50
Δx [cm]	1.0	1.0
T [mN·m]	13.5666	40.7
F_1 [N]	2.259	2.259
F_2 [N]	0.12523	0.3992

2.3. 評価

ラマン分光装置(カイザー社製 Holo Lab 5000R)を用い、作製したグラファイトのピークを測定した。AFM(SII 社 SPA400, SPI3800M)を用い、グラファイトの

厚さを測定した。AFM で測定した際のグラフェンの 1 層の厚さは約 1nm, 2 層の厚さは約 1.8~2nm である。^[2]

3 結果と考察

Fig.6 に今回作製したグラファイトの一つ(条件 b, ①)の AFM 像を示す。Fig.6(a)より大きさ $2.5\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$ のグラファイトであることがわかった。Fig.6(b)より層数 4~13 のグラファイトであることがわかった。

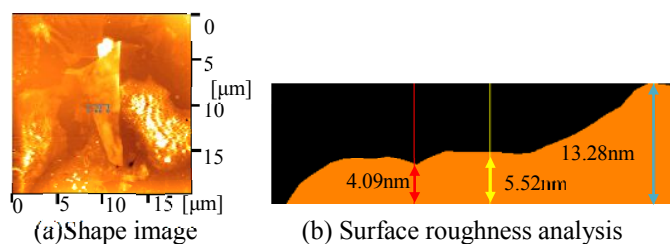


Figure 6. One example of evaluation results by AFM

Tab.2 に今回の実験で作製したグラファイトの大きさ、層数をまとめたものを示す。Tab.2 より、条件 a と条件 b 共に 10~20 層程度のグラファイトを作製でき、条件 b のほうがより大きなグラファイトを作製できたことがわかった。これより、 F_2 を大きくすることによってより大面積のグラファイトを作製できると考えられる。

Table 2. Summary of experimental results

	条件 a		条件 b	
	大きさ	層数	大きさ	層数
①	$2.5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$	13~32	$2.5\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$	4~13
②	$1\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$	7~11	$7\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$	7~11
③	$5\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$	7~13	$5\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$	7~13

4 まとめ

テープ剥離法におけるグラフェン転写時の力の加え方を定量化する装置の作製と、それによる転写実験を行った。「基板表面に対して水平方向の力(F_2)」のみを変化させ転写をした結果、 F_2 を大きくすることによって大面積のグラファイトを作製することができた。また、より低層のグラファイトを作製するためには F_2 以外の条件を変化させる必要がある。

5 参考文献

- [1] 辻川, 青木, 永野, 津田, "超伝導の科学", 共立出版, (1973)
- [2] D.Graf, *Solid State Communications*, **143**(2007)44-46