微細構造を有する Ni パターンの凝集現象を用いたサファイア基板上 転写フリーグラフェン膜の作製

Transfer-free graphene synthesis on sapphire substrates utilizing the agglomeration phenomenon of the Ni pattern with fine structure ^O高橋明空、加藤一朗、久保俊晴、三好実人、江川孝志(名古屋工業大学)

^OA. Takahashi, I. Kato, T. kubo, M. Miyoshi, T. Egawa (Nagoya Inst. of Tech.)

E-mail: a.takahashi.610@stn.nitech.ac.jp

<u>1. はじめに</u>

我々はこれまでに金属触媒を凝集させる技術を用 いることで転写フリーグラフェンを絶縁基板上に形 成できることを報告した^[1,2]。また、転写フリーグラ フェンを用いた FET を作製し、ゲート電圧によるド レイン電流の変調を確認した^[3,4]。また、予め形成し た金属 Ni パターンを用いて金属凝集をコントロール することで、グラフェン成膜とデバイスパターン形 成を同時に進行させられること、および金属 Ni パタ ーン近傍に数層のグラフェンが形成されることを確 認した^[5]。本研究では、電子ビーム(EB)露光を用いる ことで金属 Ni パターン間の間隔をさらに狭くし、Ni パターン間に均一なグラフェン膜を作製することを 試みたのでその結果を報告する。

2. 実験方法

これまでの報告と同様にして、サファイア基板上 に Ni 膜およびアモルファスカーボン(a-C)膜から成 る 3 層構造 Ni/a-C/Ni(200/50/20 nm)/Sapphire を形成し た。Ni および a-C の成膜には EB 蒸着および PAPD (Pulse Arc Plasma Deposition)をそれぞれ用いた。そ の後、EB 露光により Ni パターン間の間隔が 0.3, 0.6, 1.0 µm となるようにポジレジストを用いてラインパ ターンの描画を行った。現像後、ウェットエッチング により厚い Ni 層を除去することで微細スペース幅を 有する Ni パターンを形成した。その後 1000℃で 20 分間のアニールを行うことによって Ni パターン間に グラフェン膜を形成した。形成したグラフェン膜の 結晶状態をラマン分光測定により評価した後、Ni パ ターン間の電気伝導特性を評価した。

3. 実験結果

作製した試料の光学顕微鏡像を Fig. 1 に示す。お よそ 100 μm 幅で縦に並んでいるのが Ni パターンで あり、Ni パターン間にグラフェンが形成されている。 今回、レジストの現像時には Ni パターン間の幅は設 計通りであったが、Ni のウェットエッチングおよび グラフェン形成時のアニール処理により 1 μm 以上 の幅となった。このため、グラフェン膜には面内分布 が生じた。今後はプロセスの工夫により、より幅の狭 いグラフェン領域を作製する予定である。一方、グラ フェンの結晶性としては、これまでの報告と同様に



Fig. 1 Top view image of the Ni pattern with fine structure.

Ni パターン近傍に層数が少なく、結晶性の優れたグ ラフェン膜が形成された。Ni パターン近傍で強い 2D ピークが観測された領域のラマン分光測定の結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 において 2D バンドと G バンド のピーク強度比(I_{2D}/I_G)は 1.02 であり、2 層程度のグ ラフェンが形成されていると考えられる。また、G バ ンドとDバンドのピーク強度比(I_G/I_D)は6.73であり、 これまでに報告した値よりも大きな値が得られ、2 層程度で結晶性のよいグラフェンが形成されている ことが分かった。次に、Ni パターン間の伝導特性の 測定結果を Fig. 3 に示す。良好なオーミック特性が 得られているが、Ni パターンの縦方向の長さはおよ そ1mmであり、伝導度は参考文献[5]で報告した値 の1/100程度である。これは、グラフェン膜の構造の 面内分布が大きいことが原因として考えられる。今 後、ゲート電極を形成し、FET の特性を評価する。



Fig. 2 Raman spectrum of graphene near a Ni pattern.

Fig. 3 *I-V* characteristics between Ni patterns.

参考文献

- [1] K. Banno, et al. APL 103, 082112 (2013).
- [2] M. Miyoshi, et al. MRX 2, 015602 (2015).
- [3] M. Miyoshi, et al. APL 107, 073102 (2015).
- [4] T. Kubo, et al. APEX 14, 116503 (2021).
- [5] M. Miyoshi, et al. APL 110, 013103 (2017).

謝辞:本研究の一部は JSPS 科研費 19K04531 の支援 を受けて実施された。