

## グラフェンテンプレート上に成長した多層グラフェンの積層構造と電気伝導解析

### Electrical and structural properties in multilayer graphene grown on graphene template

阪大院工<sup>1</sup>、NTT<sup>2</sup>、<sup>○</sup>根岸 良太<sup>1</sup>、魏 超鵬<sup>1</sup>、姚 瑶<sup>1</sup>、小川 友以<sup>2</sup>、谷保 芳孝<sup>2</sup>、小林 慶裕<sup>1</sup>

Osaka Univ.<sup>1</sup>, NTT Basic Research Laboratories<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Ryota Negishi<sup>1</sup>, Chaopeng Wei<sup>1</sup>, Yao Yao<sup>1</sup>,

Yui Ogawa<sup>2</sup>, Yoshitaka Taniyasu<sup>2</sup> and Yoshihiro Kobayashi<sup>1</sup>

E-mail: negishi@ap.eng.osaka-u.ac.jp

**【はじめに】** 乱層積層を形成した多層グラフェンでは、各層間の電子相互作用が弱く、単層の電子構造を保持するため、グラフェンを超える電気伝導特性が期待される[1]。これまで化学気相成長(CVD)法により合成した単層グラフェンを核として、その上に多層グラフェンの形成が可能であることを報告した[2]。本研究では、多層グラフェンの積層構造および、その電気伝導特性について解析したので報告する。

**【実験】** 成長核となる単層グラフェンは銅箔を用いた CVD 法により合成し、水晶基板上へ転写した。グラフェンの成長は、エタノールを炭素源として赤外線加熱炉により 1300°Cで行った。構造解析は、モノクロメータ搭載低速原子分解能分析電子顕微鏡(加速電圧 60keV)により行った。電気伝導測定は、フォトリソグラフィにより作製した一辺 20~100 μm の薄膜から4端子法により室温で行った。

**【結果と考察】** 成長前の CVD グラフェンの TEM 像を Fig. 1 (a)に示す。CVDグラフェンでは、周期的な輝点や、そのフーリエ変換像が6回対象性のスポットを示すことから、単層であることが分かる。一方、成長後のグラフェンでは、断面図(Fig. 1 (c))から~10 層程度の多層構造を形成している。成長後のグラフェン面方向の TEM 像(Fig. 1 (b))では、部分的にモアレ像干渉縞が観察されており、複数の格子面がランダムな積層を形成しているものと考えられる。Fig. 2 に、成長後の多層グラフェンからのラマンスペクトルを示す。2D バンドピークは、乱層積層に起因する一つの大きなローレンツ関数および、オーダー積層に由来する2つの小さなローレンツ関数によってフィッティングでき、TEM の観察結果と同様に乱層積層が支配的であることが分かる。表1に、4端子法により測定されたシート抵抗を示す。単層である CVD グラフェンでは、~800 Ω/□のシート抵抗が観察され、既報論文のデータと良い一致を示した[3]。成長後の乱層・多層グラフェンでは、シート抵抗が低下していることから、成長したグラフェン層が電気伝導のパスとして機能していることが分かる。一方で、ラマンスペクトルから見積もられる成長量が5-10層であるのに対して、抵抗値の減少は1/4程度であることから、成長層はテンプレート構造よりも電気伝導度は高くないと考えられる。これは、AFM による表面形状の結果を踏まえると、成長後のラフネス増大やそれに伴う結晶性の低下が原因と考えられ、平坦性の向上が課題である。以上の結果は、CVD グラフェンを核としたグラフェンの多層化は、薄膜の電気伝導特性の向上に有効であることを示している。

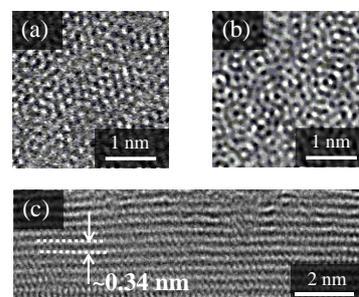


Fig. 1 TEM images of (a) CVD graphene, (b) grown graphene, and (c) cross section of grown graphene layers.

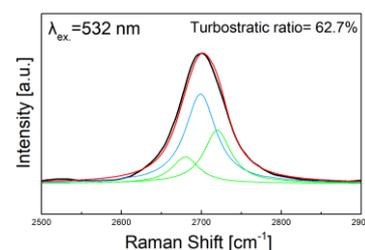


Fig. 2 Analysis of the Raman spectrum in 2D band region observed from grown graphene.

Table 1 Sheet resistance ( $R_s$ ) obtained from CVD and grown graphene.

	Monolayer	Multilayer (5-10 layers)
$R_s$ ( $\Omega/\square$ )	$821 \pm 188$	$222 \pm 22$

謝辞:本研究の一部は科研費及び阪大フォトニクスセンター、京大ナノテクノロジーハブ拠点事業の援助を受けて実施しました。

[1] K. Uemura, et al., Jpn. J. Appl. Phys, **57** (2018) 030311. [2] 根岸 良太 他、第 65 回応物春季 17p-C202-11. [3] J. Lee et al., Adv. **4** (2014) 62453.