

探針増強ラマン分光法によるグラフェンナノリボンの構造評価

Characterization of Graphene Nanoribbons by Using Tip-Enhanced Raman Scattering

九工大院生命体¹, 北海道大², KU Leuven³

○(M1)原 慎之助¹, 雲林院 宏^{2,3}, 豊内 秀一³, 猪瀬 朋子², 田中 啓文^{1*}

Kyushu Inst. Tech.¹, Hokkaido Univ.², KU Leuven.³

○Shinnosuke Hara¹, Hiroshi Ujii^{2,3}, Shuichi Toyouchi³, Tomoko Inose², Hirofumi Tanaka^{1*}

*E-mail: tanaka@brain.kyutech.ac.jp

[緒言]: 短冊状のグラフェンであるグラフェンナノリボン(GNR)は優れた電気的特性を有することから LSI などのナノサイズの配線材料の代替材料として期待されている物質の一つであり、その物性や作製方法について盛んに研究が行われている。我々はこれまでに、単層¹及び二層カーボンナノチューブ(DWNT)²を熱処理した後に、分散剤ポリマーと共に溶液中に分散させて超音波処理を行うことでカーボンナノチューブを長軸方向に切り開くアンジップ法を用いて、大量の単層 GNR を作製することに成功した。しかし、アンジップの機構やアンジップ法によって得られた GNR のエッジ部分の構造については長らく不明瞭なままであった。特に、GNR のエッジ構造は GNR の物性を制御する上で非常に重要であるため、これを解明することを目的として研究を行った。

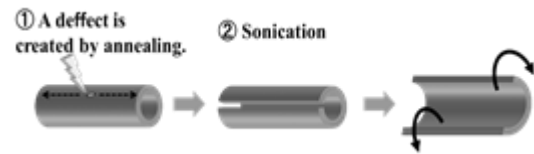


Fig. 1 Procedure for obtaining GNRs from double-walled carbon nanotubes (DWNTs).

[実験方法]: DWNT5 mg を 500°C で熱処理したのち、1,2-ジクロロエタン 10 mL 中に分散剤ポリマー Poly[(m-phenylenevinylene)-co-(2,5-dioctoxy-p-phenylenevinylene)] (PmPV) 3 mg とともに分散させ、5 時間超音波処理を行い、GNR 分散液を得た。得られた分散液をマイカ基板上に Au を蒸着した基板上に滴下した後、アセトンとエタノールで洗浄し、350°C で熱処理することで、残留している PmPV を除去した。その後、探針増強ラマン顕微鏡を用いて基板上の GNR のラマンスペクトル測定を行った。

[結果と考察]: GNR の中央部では G バンド、2D バンドが観測され、GNR の端部ではそれらに加えて D バンドが観測された。また、G、D、2D バンド以外にも複数のピークが観測された。これらのピークは分散剤である PmPV の一部が超音波処理中にラジカル化し、GNR の一部に配位していることに由来すると思われる。また、今回の結果および ref. 3 の結果を総合的に考察すると、アンジップの機構は以下のように考えられる。まず超音波により DWNT の C-C 結合が切れ、そこに超音波などの影響でラジカル化した分散剤の一部が配位することで、C-C 結合の開裂が不可逆な変化となり、連鎖的に C-C 結合の切断が起こりアンジップが進行していると考えられる。また、今回の結果から、GNR のエッジ構造が探針増強ラマン分光法により識別できることが明らかとなった。また、GNR のエッジ部分の簡便な化学修飾が可能であることが示唆された。

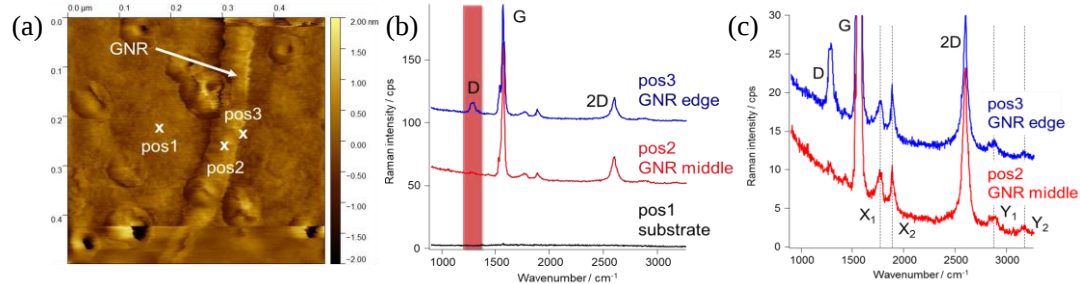


Fig.2 Results of TERS measurement. (a): AFM image of GNR, (b): Raman spectrum at each position, (c): enlarged view of (b).

Refs.: [1] M. Fukumori *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 06GG12 (2017). [2] H. Tanaka *et al.*, Sci. Rep. **5**, 12341 (2015). [3] M. Fukumori, S. Hara *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 03ED01 (2018).