

グラフェンナノリボンの単分子計測

東工大院理

○藤井慎太郎, 木口学

Single-molecule electronic study on graphene nanoribbon

○Shintaro Fujii, Manabu Kiguchi

Department of Chemistry, Tokyo Institute of Technology, Japan

【Abstract】 Graphene nanoribbon was prepared by surface assisted polymerization of halogenated acene derivatives on Au(111). Electronic investigation of the graphene nanoribbon molecule was performed by scanning tunneling microscopy-based break junction (STM-BJ) measurements on the graphene nanoribbon revealed that single-molecule junction of the graphene nanoribbon was formed between the Au surface and the Au-STM tip and the single-molecule conductance can be determined.

【序】グラフェンとは、ベンゼンが無限に縮合してできた sp^2 炭素の2次元膜である。グラフェンは高い電荷移動度を示すため、電子デバイス材料として注目されている。しかし、グラフェンはゼロギャップ半導体であり、バンドギャップを持たないため、電子デバイス応用のためにはバンドギャップを導入する必要がある。一方、グラフェンを細線状にしたグラフェンナノリボンは、量子閉じ込め効果によりバンドギャップを形成することが理論的に提案されている[1]。金表面上で、アセン前駆体の重合と分子内環化反応を行うことで、均一なリボン幅を持つグラフェンナノリボンが合成できることが報告されているが[2]、個々のナノリボンの電極への接続法が確立されていないなどの課題が残されている。

そこで本研究では、単分子計測法の一つであるブレイクジャンクション法をグラフェンナノリボンへ適用することでグラフェンナノリボンの単分子接合構造を作製し、その輸送特性の解明を目的とした。

【実験】グラフェンナノリボンの前駆体としてハロゲン化アリール (Fig. 1a) を用い、加熱条件下、金電極上の前駆体重合反応により金(111)表面上に単離されたグラフェンナノリボン (Fig. 1b) を作製した。走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いて、ブレイクジャンクション法により[3,4]、グラフェンナノリボンを金電極と金探針の間に捕捉することで分子接合を作製した。

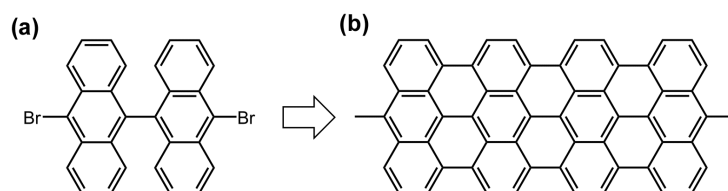


Fig. 1. Scheme of synthesis of graphene nanoribbons from aromatic precursor on Au(111)

【結果・考察】 グラフェンナノリボンを作製した金(111)表面上において、STM 金探針と金(111)表面の点接触の破断を繰り返すことで、微小な金電極を作製した。針と表面の間に作製された金電極にグラフェンナノリボンを捕捉することで分子接合を形成させた。STM 探針により分子接合を伸張させ、接合が破断する過程の電流を記録することで伝導度計測を行った。37,000回の伝導度計測の結果を積算したヒストグラムを Fig. 2a に示す。伝導度計測結果の統計的な解析からグラフェンナノリボンは約 $0.1 G_0$ と $0.4 G_0$ に伝導度ピークを示すことが分かった。ここで、 G_0 は量子化コンダクタンス ($G_0 = 2e^2/h = 77.5 \mu\text{S}$) である。更に、分子接合のサイズ解析から、分子接合はその伝導度の高い順に 1.6、3.2 nm 程度の長さを有し (Fig. 2b)、それぞれ 2 量体と 4 量体の分子長と良い一致を示す事が明らかとなった。以上、表面反応により合成したグラフェンナノリボンを金属電極間に架橋させることで単分子接合の作製とその伝導度の決定に成功した。

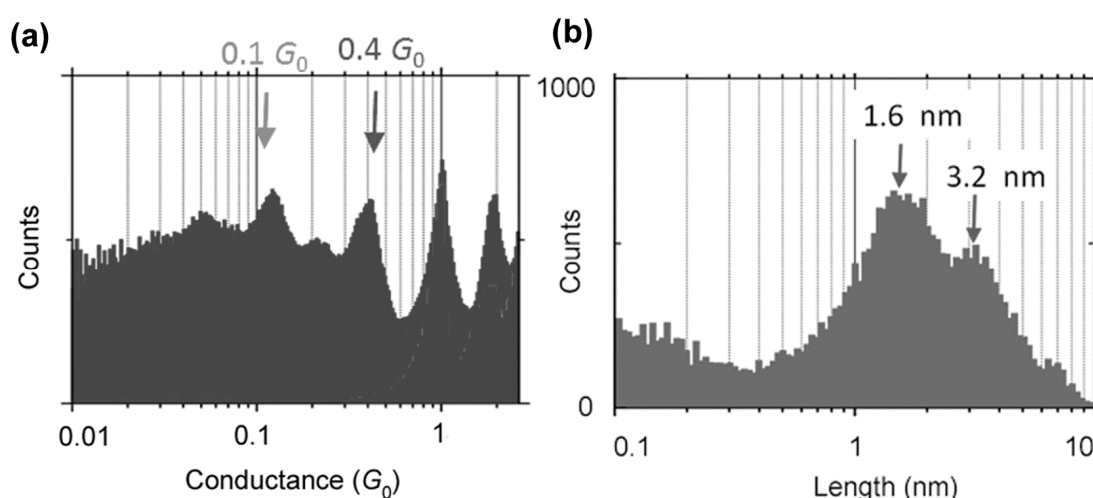


Fig. 2. (a) Conductance histogram of the single-molecule junctions of the graphene nanoribbons. The histogram is constructed from 37,000 conductance traces measured at 50 mV. (b) Length histogram of the single-molecule junctions of the graphene nanoribbons. The histogram is constructed from the data set used in (a). G_0 is the conductance quantum ($G_0 = 2e^2/h = 77.5 \mu\text{S}$). The arrows in (a,b) indicate peak positions.

【参考文献】

- [1] M. Fujita *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **65**, 1920 (1996).
- [2] J. Cai *et al.*, *Nature* **466**, 470 (2010).
- [3] B. Xu & N. J. Tao, *Science* **301**, 1221 (2003).
- [4] S. Fujii *et al.*, *Nat. Commun.* **8**, 15984 (2017).