

課題番号 : F-15-KT-0098  
利用形態 : 技術補助  
利用課題名(日本語) : 単層グラフェンの破壊特性評価  
Program Title (English) : Evaluation of fracture characteristics for monolayer graphene  
利用者名(日本語) : チャンボン ギュン, 澄川 貴志  
Username (English) : B. Jang, T. Sumigawa  
所属名(日本語) : 京都大学大学院工学研究科  
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Kyoto University

## 1. 概要(Summary)

グラフェンは、炭素原子からなるシート状の材料である。特に単層グラフェンは、炭素原子1層の厚さを有する2次元材料であり、六角形格子構造を持つ。グラフェンは熱、電気および光学特性に関して優位性を示し、さまざまな分野での応用が期待されている[1]。力学特性に関しても、高い強度と大きな臨界変形率を有することが報告されており、フレキシブル電子産業への応用が考えられている。例えば、携帯電子機器のディスプレイに使われているタッチパネルを構成する透明電極の場合、従来から使われているITO(Indium Tin Oxide)は脆性材料であるため大変形に対して破壊を生じやすく、フレキシブル電子機器への適用は困難である。このため、グラフェンの優れた機械的特性を用いることで、強度信頼性の高いフレキシブル電子機器の設計が期待されている。

力学的負荷の加わる機器に対するグラフェンの応用において、その力学的な特性を調べることは重要である[2]。一般的に、力学特性を評価する手法の中で、引張り試験は最も基礎的な力学実験法である。しかし、ナノスケールの厚さを持つグラフェンに対しては、実験の難しさから未だ引張負荷を与える実験法が確立されていない。

本実験では、グラフェンの破壊じん性を評価することを目的とした引張り試験を行うために、集束イオンビーム(FIB)を用いて試験片への予き裂導入を試みた。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

B06: 集束イオンビーム・走査電子顕微鏡  
/Nvision40PI

### 【実験方法】

力学負荷用シリコンチップの上にグラフェンを付着させ、FIBを用いて切り欠きを導入する。切り欠き導入後、引張

負荷の妨げにならないよう、FIBによって試験片周辺の余剰なグラフェンを除去する。グラフェンの固定端は、タンゲステンを用いた局所蒸着によって強固に固定する。一般的に薄膜に対す引張負荷では、ポリイミド等のソフト材料で保持し、両材料に対して同時に負荷を行い、議論が行われる。本手法では、独立したグラフェンに対して負荷を与えることができることが特徴である。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

グラフェンの破壊じん性を求める実験を行うために、FIBを用いて試験片に切り欠きを導入した。切り欠き導入の際、条件に適さないFIBを使うと加工面の品質が悪くなることから、所望の加工を実現できる最適な加工条件の特定を試みた。また、目的とする正確な位置に加工を施すためには加工の正確な位置決めを行う必要があるが、FIBが有する走査イオン顕微鏡で観察を行うと、試験片へ致命的なダメージが導入される。これらのことを検討・注意しながら加工を行うことで、最終的に長さ約300 nm、幅50 nmの切り欠きの導入に成功した。

## 4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

[1] Novoselov, K. S. *et al. Science* **306**, 666-669 (2004).

[2] Zhang, P. *et al. Nat. Commun.* **5**, 3782 (2014),

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

## 6. 関連特許(Patent)

なし。