

課題番号 : F-16-UT-0141  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : 集束イオンビームを用いたグラフェンの片持ち梁構造への加工  
Program Title (English) : Graphene Cantilever Directly Patterned by Focused Ion Beam  
利用者名(日本語) : 竹井 裕介  
Username (English) : Y. Takei  
所属名(日本語) : 東京大学大学院 情報理工学系研究科  
Affiliation (English) : Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

## 1. 概要(Summary)

ナノサイズの片持ち梁は、低いバネ定数を実現できることから高感度な力センサへの利用や、軽量の質量が実現できることから輻射圧雑音の計測などが期待されている。近年、上述のナノサイズの片持ち梁の素材としてグラフェンが候補に挙げられている。グラフェンは炭素原子で構成される平面シート構造であり、1層の厚さでも浮き構造を維持できる。

従来、4層以上のグラフェンが積層した Multilayer graphene を用いて片持ち梁が製作されてきた。しかし、1-3層の厚さを持つ Few-layer graphene (FLG) を用いて片持ち梁を製作した例はない。

そこで、本研究では溝上に架橋した浮き構造の FLG を、集束イオンビーム(FIB)を用いてダイレクトパターンニングすることで、片持ち梁構造に加工した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置、集積回路パターン微細加工(FIB)装置

### 【実験方法】

SiO<sub>2</sub>/Si ウェハに幅 3 μm、深さ 1 μm の溝をエッチングし、化学気相成長させた 2-3 層の FLG を転写して、溝上に FLG を架橋させた。さらに、架橋した FLG に対して FIB でパターンニングすることで片持ち梁構造に加工した。

FIB を用いて片持ち梁に加工する際、大きなイオン照射量を与えると照射したエリアの周辺の FLG までエッチングされる。そこで、設計通りの形状の片持ち梁が得られるよう、イオン照射量の最適化を行った。

ナノテクプラットフォームが有する電子線描画装置を活用し、ウェハ上に溝パターンを製作した。また集束イオンビームを用いて FLG 片持ち梁を製作した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

架橋した FLG に、FIB で幅 0.1 μm、長さ 2.7 μm の線形状のパターンを照射して、FLG 両持ち梁に加工した。このとき、製作された穴形状の最大幅を  $w$  と定義し、 $w$  が最小になるようなイオン照射量を求めた。結果、イオン照射量  $6 \times 10^{16}$  ions/cm<sup>2</sup> のときに  $w = 0.18$  μm と、最も  $w$  を小さく加工できることが分かった。このとき、FIB で切断する際には照射部の両側のグラフェンが加工されるため、1辺あたり 0.04 μm 大きく加工されることが分かる。

そこで、この最適化されたイオン照射量  $6 \times 10^{16}$  ions/cm<sup>2</sup> のもとで、FLG 片持ち梁に加工した。このとき、幅 1.43 μm、長さ 2.16 μm の片持ち梁を設計して FIB で加工したところ、実際に製作された片持ち梁は、幅 1.34 μm、長さ 2.13 μm であった。すなわち、幅方向、長さ方向には、それぞれ 1 辺あたり 0.045 μm、0.03 μm 大きく加工されている。この結果は、上述した 1 辺あたり 0.04 μm 大きく加工されるという結果とほぼ一致している。これは、従来製作されなかった FLG 片持ち梁を、ほぼ設計通りの形状に製作できることを示している。

## 4. その他・特記事項(Others)

なし。

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

(1) Matsui, K., Takei, Y., Inaba, A., Takahata, T., Matsumoto, K., and Shimoyama, I.: 'Processing of graphene into a cantilever beam structure using a focused ion beam', Micro Nano Lett, 2016, 11, (11), pp. 670-674

## 6. 関連特許(Patent)

なし。