

課題番号 : F-21-UT-0045
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : グラフェン・ナノスケール・デバイス作製に向けた微細加工
Program Title (English) : Nano-fabrication towards the Graphene Nanoscale Devices
利用者名(日本語) : 横澤峻元、鎌田雅博、越智太亮、松井朋裕
Username (English) : T. Yokosawa, M. Kamada, T. Ochi, T. Matsui
所属名(日本語) : アンリツ株式会社 先端技術研究所
Affiliation (English) : Advanced Research Laboratory, Anritsu Corporation
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、膜加工・エッチング、N&MEMS、グラフェン

1. 概要(Summary)

グラファイトの単原子層薄膜であるグラフェンは優れた電氣的・機械的特性をもち、様々な分野への応用が期待される物質である。我々はグラフェンを用いたナノスケールデバイスの開発を念頭に、グラフェン共振器の作製を進めている。本年はグラフェンの新しい微細加工技術の開発と、架橋グラフェンの作製を進めた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- 超高速大面積電子線描画装置
- 汎用平行平板 RIE 装置
- 気相フッ酸エッチング装置

【実験方法】

グラフェンに加工パターン描画し、 CHF_3 プラズマによってグラフェンに基板ごと穴を開けた。ここで基板には約 10 mm 角に切り出した $\text{SiO}_2(t = 285 \text{ nm}) / \text{Si}$ 基板を使用している。グラフェンの架橋構造をつくるため、金/クロム電極を蒸着したグラフェン試料を気相フッ酸でエッチングした。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

グラフェンの微細加工には独自に開発した水素プラズマエッチング装置を用いるが、そのためにエッチングの核となる下穴を場所と形状を指定して作製する。試行錯誤の結果、 CHF_3 プラズマで下穴を作製することで、続く水素プラズマエッチングによって下穴を中心とした六角形のナノピットを作製できることが分かった。この六角形ナノピットの端は原子スケールでジグザグ型に整っていることが別の実験から分かっている。この微細加工により、ジグザグ端で挟まれたグラフェンナノリボンを作製できるようになった。しかし、電子線描画において下穴の位置や角度に、距離にして数 10 μm の誤差があるのが現状である。

架橋グラフェンの作製には溝を掘った基板の上にグラフ

ェンを作製する方法と、加工したグラフェンの下を削る方法の二通りのアプローチで臨んでいる。今年度は後者に注力した。これは電極蒸着後のグラフェンに対して、フッ酸により基板をエッチングした後、超臨界乾燥で架橋構造が崩れるのを防ぐ方法が一般的に知られているが、超臨界乾燥の設備を持たないので、本研究では気相フッ酸によるエッチングを試みた。その結果、 SiO_2 表面よりもグラフェンの下が 3~5 倍早くエッチングされること、グラフェンは架橋されずエッチング後も基板表面に接触したままであることが分かった。グラフェンと基板の間に水などの液体が入り込むことで、その表面張力によりグラフェンが架橋されない可能性が疑われるが、事前のベーキングや、より高温でのエッチングでも改善されていない。

微細加工精度の向上と架橋グラフェン作製方法の確立が今後の課題である。



Fig. 1: Atomic force microscope image of a network of zigzag graphene nanoribbon (about 80 nm wide).

4. その他・特記事項(Others)

- 共同研究者: 熊本大学大学院先端科学研究部・原研究室。
- 藤原誠氏、Dr. Eric Lebrasseur、落合幸徳博士には微細加工を支援頂き、感謝いたします。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- T. Yokosawa *et al.*, The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (Nov. 28th – Dec. 1st, 2021).

6. 関連特許(Patent)

なし