

グラフェンの H⁺透過能評価に向けた低速 H⁺照射装置の開発

○寺澤 知潮^{1,2*}, 福谷 克之^{1,2}, 保田 諭¹, 朝岡 秀人¹

¹日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター, ²東京大学生産技術研究所

Development of Low Energy H⁺ Ion Gun toward Evaluation of H⁺ Permeability of Graphene

○Tomoo Terasawa^{1,2*}, Katsuyuki Fukutani^{1,2}, Satoshi Yasuda¹, and Hidehito Asaoka¹

¹ASRC, JAEA, ²IIS, The University of Tokyo

1. 序論

炭素原子のハニカム格子からなるグラフェンは気体分子やイオンに対して不透過性を示す¹⁾。一方で水素イオンであればグラフェンを透過できること、透過の際には H⁺が D⁺に比べて透過しやすいという同位体効果が報告されてきた²⁾。しかし、これまでの研究は主に水またはプロトン伝導膜中のグラフェンに対して水素イオンを電氣的にドリフトさせて透過させており、グラフェンのみの透過能を評価したとは言い難い。このため水素イオン透過の反応機構は未解明である。

真空中での水素イオン照射であればグラフェンの水素イオン透過能を直接計測し機構を解明できると期待できる。このとき、水素イオンの透過について 1eV 程度のエネルギー障壁が報告されているため²⁾、<1eV のエネルギー分解能 (ΔE) を持つイオン照射が必要とされる。水素イオンのエネルギー分解能 ΔE を小さくするためには、運動エネルギー E および装置によって決まる $\Delta E/E$ を小さくする必要がある。しかし、低速の水素原子 (~ 1 eV) もしくは B や N のイオン (~ 20 eV) の照射は前例があるものの^{3,4)}、低速そしてエネルギー分解した水素イオンを真空中でグラフェンに照射する研究は報告がなかった。

そこで本研究ではグラフェンの水素イオン透過能の評価のため、静電半球形のモノクロメータを用いた超低速の水素イオン照射装置を開発し、 $\Delta E < 1$ eV の水素イオンをグラフェンに照射することを目的とした。

2. 結果と考察

電子衝撃型のイオン銃によって生じた水素イオンが静電半球形のモノクロメータ、イオンの質量分離を行う Wien 型のフィルタ、イオンレンズ、試料ステージを経てマイクロチャンネルプレート (MCP) へと到達する装置を作成した。

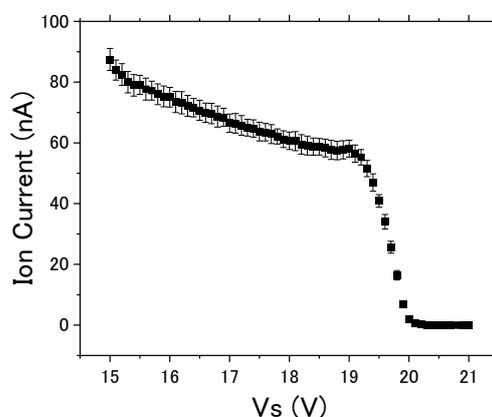


Fig. 1. 試料ステージ(電位 Vs)を通過して MCP に到達したイオンのイオン電流の Vs 依存性。

5×10^{-7} Pa の真空槽に 2×10^{-2} Pa の水素ガスを供給して実験を行った。静電半球形のモノクロメータを通過するイオンの運動エネルギーを 20 eV とした時、試料ステージ電位 Vs を走査した際の MCP で取得したイオン電流 I を Fig. 1 に示す。試料ステージ電位=19.7 V を中心に急峻にイオン電流が低下した。これにより $E \sim 20$ eV のイオンの選別に成功したと言える。また、 dI/dV をガウス関数でフィットしイオンの運動エネルギーの半値幅は 0.5 eV 程度と見積もられた。これは、 $\Delta E < 1$ eV のイオンビームが得られたことを示唆する。

Fig. 1 では H₂ 分子の電子衝撃型のイオン化における主成分である H₂⁺ を Wien フィルタによって選別した。Wien フィルタを用いた H⁺ の分離および H⁺ イオンビームのエネルギー分解能については当日議論する。

文 献

- 1) J. S. Bunch, et al., Nano Lett. **8**, 2458 (2008).
- 2) M. Lozada-Hidalgo, et al., Science **351**, 68 (2016).
- 3) H. Jiang, et al., Science **364**, 379 (2019).
- 4) P. Willke, et al., Nano Lett. **15**, 5110 (2015).

*E-mail: terasawa.tomoo@jaea.go.jp