

2021年 4月14日

公益財団法人 荏原 畠山記念文化財団  
理事長 矢後 夏之助 殿

## 研究成果概要報告書

芝浦工業大学工学部・教授

上野 和良



研究テーマ： 高品質多層グラフェンの低温堆積のための電流印加CVDの改善

### 概要

多層グラフェン (MLG) は、デバイスの電極や配線に従来用いられている銅などの金属材料に比較して、耐熱性や電流密度耐性に優れ、またキャリアの平均自由行程が通常の金属より1桁以上長いという特徴を持っており、次世代の高信頼・低抵抗配線材料として期待されている。従来、デバイス応用に必要とされる高品質（結晶性の高い）MLGの形成には、1000℃程度の高温プロセスが必要で、通常400℃以下の配線プロセスには適用できないため、プロセス温度の低温化がデバイス応用にに向けた最大の課題となっている。我々は、低温で高品質なMLG膜を形成する独自プロセスとして、電流印加プロセスを研究してきた。電流印加プロセスのコンセプトは、熱のみのプロセスにおいて、プロセス温度と結晶性の間にあったトレードオフ問題を、熱以外のエネルギー源として電流を印加することによって、電流の作用でグラフェンの結晶化を促進し、低温化と高結晶性を両立しようとするものである。今までに、Co触媒を用いた電流印加CVD (current-enhanced chemical vapor deposition: CECVD) によって、熱のみの場合に比較して、同じ温度でも結晶性が向上することを明らかにした。さらに低温化を図るため、Co触媒をNi触媒に代えることを検討した。

Ni触媒を用いたCECVDにおいて、温度、ガス流量、時間などの条件を変化させて電流印加CVDプロセスの改善を行った。その結果低温になるほど、電流の作用で結晶性が向上できることが分かった。一方でデバイス応用に必要な膜厚均一性や平坦性の向上が課題として明らかになり、電流印加時間によって、それらが変化することや、基板ホルダーの影響等による再現性の課題が明らかになった。そこで、原料ガスの流れを阻害し、均一性低下の要因と考えられる熱電対の設置位置を変えた新たな基板ホルダーを作製し、均一性を改善した。また、CVD後の冷却時に電流を印加する工程を追加することで、冷却速度が緩やかになり、表面ラフネスが低減することがわかった。