ロックイン発熱解析法による CVD グラフェン膜の移動度低減メカニズムに関する考察

Study on degradation mechanism of CVD graphene mobility with lock-in thermography

産業技術総合研究所 ○中島秀朗，沖川侑揮，森本崇宏，生田美植，山田貴壽，岡崎俊也
AIST ○H. Nakajima, Y. Okigawa, T. Morimoto, Y. Ikuta, T. Yamada, and T. Okazaki
E-mail: nakajima.h@aist.go.jp

【はじめに】化学気相成長法(CVD)によるグラフェンの合成技術は大幅な大面積化を可能にしてきた一方、様々な欠陥構造が形成されるためグラフェン自体のキャリア移動度が大きく低減してしまう。これまで、微細パターニングや探針プローブ法などにより結晶粒界や不純物、基板相互作用といった移動度低減要素が明らかとされているものの、その狭い計測視野から大面積膜での評価は困難である。我々は、ロックイン発熱解析を動作原理とするナノ炭素材料の新しい評価技術の開発を進めており、これまで CVD グラフェン膜に形成される様々な欠陥構造を高速・高精度にイメージングすることに成功してきた[1]。本研究では、発熱解析で得られるイメージングとキャリア移動度との関係について調べ、グラフェン移動度の低減機構に関する評価を行った。

【実験及び結果】ロックイン発熱解析法では、グラフェンに周期電圧を印加し、試料からの熱輻射を IR カメラで撮影している(図 a)。このとき撮影は印加電圧の周波数と同期した連続撮影であり、ロックイン検波に基づく演算処理によってグラフェンから生成されるジュール熱成分を高速・高効率に計測することを可能としている。試料は熱 CVD 法で合成された Cu 箔上単層グラフェン膜を SiO_2/Si 基板に転写後、mm サイズのパターニングおよび電極形成を行った。図(c)にロックイン発熱解析法によるイメージング結果の一例を示す。局所的な高発熱の構造(明領域)が複数見られ、それらが膜全域に渡って不均一な発熱分布を形成している。この発熱分布はグラフェンに形成される欠陥構造に由来したものである[1]。図(d)は幾つかのグラフェン素子を用いて移動度とロックイン発熱解析での発熱ムラとの関係について調べた結果である。真空中での I_D-V_{GS} 特性(図 b)から得られた移動度(ホール)は、5 つのグラフェン素子で大きな分散が見られる。これらの移動度の違いはロックインでの発熱分布(相対標準偏差: RSD)と明瞭な相関を示し、移動度の低い素子ほど不均一な発熱分布として観測されていることが分かる。この結果は、欠陥や表面汚染といった移動度の低減要素がジュール熱を介して直接観測された結果である。さらにロックインにおける位相(発熱のタイミング)についての解析を行ったところ、グラフェン/基板界面における不純物や密着性等による移動度の違いも含めて本手法で評価可能であることが示唆された。詳細は当日議論する。

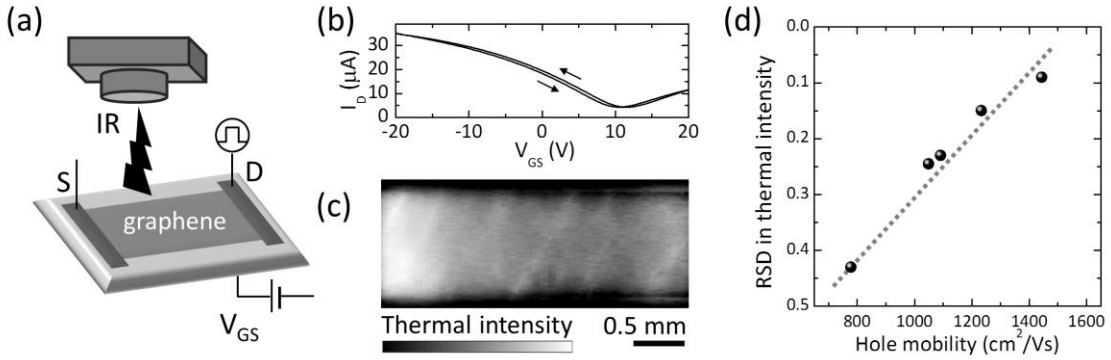

Figure: Characterization of CVD graphene mobility with lock-in thermography.

【参考文献】 [1] H. Nakajima *et al.*, Sci. Adv. **5**, eaau3407 (2019).

© 2019年 応用物理学会