

薄膜二次電池応用に向けた 高品質多層グラフェンの層交換合成

SATテクノロジー・ショーケース2021

■ はじめに

多層グラフェン(Multilayer Graphene: MLG)は高い電気・熱伝導率を持つことから、さまざまなデバイスへの応用が期待されている。また、デバイスへの応用に向けて、多層グラフェンの膜厚を制御可能な合成技術が求められている。Si、Ge、SiGeなどのIV族半導体の分野において、金属誘起層交換法が活発に研究されてきた。我々は、本手法を炭素に応用し、高配向したMLGの合成に成功した。本研究では、界面層および炭素/金属膜厚が層交換に与える影響を調査するとともに、層交換合成したMLGの薄膜二次電池負極応用を想定し、リチウムイオン電池の作製と特性評価を行った。

■ 活動内容

1. 実験方法

SiO₂ガラス基板の上に、非晶質炭素(a-C)/Ni構造をスパッタにより製膜した。製膜後の試料に対し、熱処理(800 °C)を施し、層交換を誘起した(図1)。ここで、層交換法において、非晶質半導体層と触媒金属層の間への界面層の挿入により、合成される結晶半導体層の結晶性が向上することが報告されている。そこで、本研究においても結晶性の向上を目指し、a-C/Ni界面にAlO_x界面層(Interlayer: IL)を挿入した試料を作製した。層交換後の試料については、硝酸によりNiを除去した。

2. 結果と考察

熱処理後の試料の断面TEM像を図2(a)に示す。CとNiの層交換が発現し、SiO₂ガラス基板の上にMLGが直接形成したことが確認できる。また、Niを除去した試料の平面TEM像を図2(b)に示す。灰色/黒色のコントラストは下部/アイランドのMLGに対応しており、下部のMLGが基板全面を被覆していることが示唆される。MLGのドメイン径は数ミクロンに達し(図2(c,d))、界面層を挿入していない試料に比べ、一桁大きな値となった。図3から、MLGの電気特性は、膜厚 t および界面層の有無に強く依存することが判る。 t の増加につれてキャリア濃度は減少し、キャリア移動度は界面層の挿入により $t \geq 50$ において劇的に向上する(図3(a))。電気伝導度はキャリア移動度の傾向を強く反映しており、界面層有りの試料($t = 50$ nm)で、高配向熱分解黒鉛(Highly Oriented Pyrolytic Graphite: HOPG)の値を上回る最大値2700 S/cmを達成した(図3(b))。

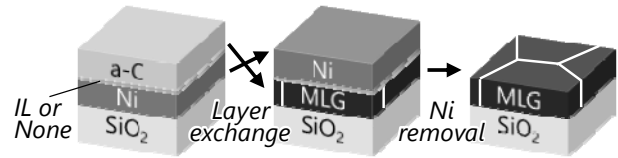


図1 試料作製手順。

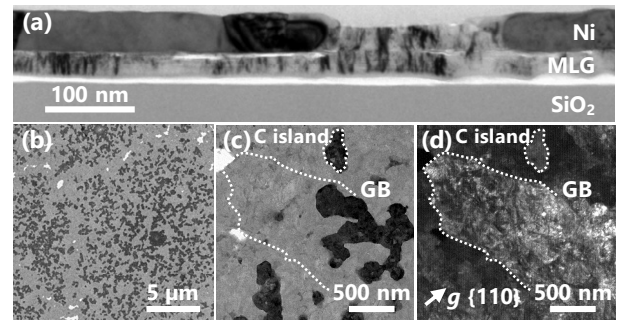


図2 TEMによる試料の微細構造評価。

(a) Ni除去前の試料断面の明視野像。Ni除去後の試料表面の
(b)低倍率と(c)高倍率の明視野像。(d) (c)の領域の暗視野像。

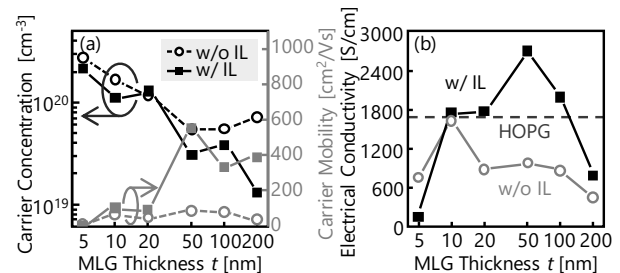


図3 Ni除去後のMLGの電気特性。

(a)キャリア密度・移動度。(b)電気伝導度電気特性。

発表当日は、上記の内容に加え、層交換合成した炭素薄膜をリチウムイオン二次電池に応用した結果についても報告する。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

本研究の成果は、JSPS科研費18K18844、JSPS特別研究員18J20904の支援によって得られたものである。

本研究の一部は、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」施設にて行われた。

代表発表者
所属
問合せ先

村田 博雅(むらた ひろまさ)
筑波大学大学院
TEL:090-4396-5674
hiromasa.0718.tsukuba@gmail.com

■キーワード: (1)多層グラフェン
(2)層交換合成
(3)リチウムイオン二次電池