

2 ゾーン CVD による銅上へのナノカーボンの低温堆積

Low temperature deposition of nanocarbon on copper by 2-zone CVD

芝浦工大¹, SIT グリーンイノベーション研究センター²,

阿部 拓実¹, 笹内 駿¹, 上野 和良^{1,2}

Shibaura Inst. Tech.¹, SIT Research Center for Green Innovation², T. Abe¹, H. Sasauchi¹, K. Ueno^{1,2}

E-mail: ueno@shibaura-it.ac.jp

【はじめに】現在、集積回路の配線には銅 (Cu) が用いられている。微細化に伴う銅配線の抵抗上昇やエレクトロマイグレーション (EM) 耐性劣化の対策として、グラフェンで Cu を覆った配線が注目されている[1]。またグラフェンにはガスバリア性が報告[2]されており、長期保管中の配線の耐湿性向上の可能性がある。通常、銅上にグラフェンを堆積するには 1000 °C 程度の高温が必要とされ、配線プロセスと整合する低温堆積には、プラズマ CVD が用いられている。本研究では、より簡便な方法で低温 CVD を行う方法として、原料にエタノールを用いて、原料活性化を前段の電気炉による高温加熱で行う 2 ゾーン CVD 法を検討した。

【実験方法】図 1 に示すように、前段、後段の 2 つの電気炉を持つ常圧 CVD 装置を用いた。2 つの電気炉それぞれの温度による銅上の堆積膜の変化を調べるため、基板に 35 μm 厚の銅箔を使用し、CVD を行った。銅箔は CVD 直前にアセトン、IPA、純水でそれぞれ 5 分間 2 回ずつ超音波洗浄を行った。その後、図 1 に示すサンプル位置に銅箔を置き、炉内を Ar で置換した後、2 つの電気炉を設定温度に昇温させた。設定温度に到達後、Ar (100 ml/min) で原料のエタノールをバブリングし、CVD を行った。電気炉の設定温度は前段 1000~300 °C・後段 600 °C 一定、または前段 900 °C 一定・後段 900~300 °C とした。堆積した膜の結晶構造をラマン分光法を用いて分析した。

【実験結果】図 2 に、後段の基板温度を 600 °C に固定し、前段を 1000~300 °C で変化させた時のラマンスペクトルを示す。前段の温度によらず炭素の六員環構造を示す G ピーク、欠陥構造に起因する D ピークが見られた。前段温度が 800 °C 以上において G ピーク強度が相対的に強く、狭くなる傾向が見られた。次に、前段温度 900 °C で一定として、後段の基板温度を 900~300 °C にした場合のラマンスペクトルを図 3 に示す。G ピークの強度と幅は 600 °C 以下の基板温度のほうが相対的に強く狭い傾向がみられる。また基板温度が 600 °C 以下では、1230 cm⁻¹ 付近に G, D ピークとは別のピークが現れている。これは、前段電気炉で熱分解されたエタノールが基板上に堆積してできたポリアセチレン構造の可能性がある。以上の結果から、2 ゾーン CVD 法によって、炭素の六員環構造を含むナノカーボン膜が 400 °C 以下の基板温度で銅上に堆積できた。一方、グラフェンの特徴である 2700 cm⁻¹ 付近の 2D ピークは明確に見られなかった。発表では、堆積した膜による Cu の耐湿性改善効果についても報告する。

【謝辞】本研究は、JST-CREST「デジタルデータの長期保管を実現する高信頼メモリシステム」の支援を受けたものである。

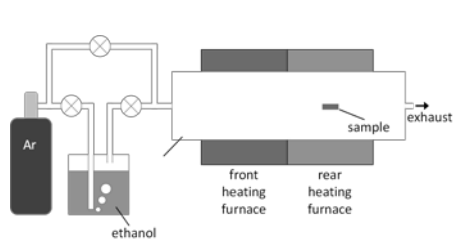


図 1. 2 ゾーン CVD 装置概略図

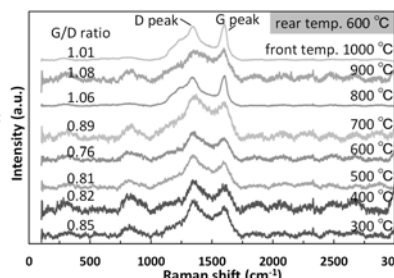


図 2. ナノカーボン膜質の前段温度依存性

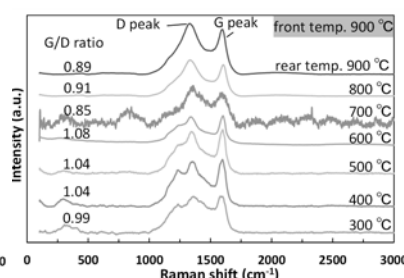


図 3. ナノカーボン膜質の後段温度依存性

【参考文献】

- [1] L. Li, Z. Zhu, T. Wang, J. A. Currivan-Incorvia, A. Yoon, and H.-S. P. Wong, Ext. Abst. IEDM 2016 (2016) 240-243.
- [2] J. S. Bunch, S. S. Verbridge, J. S. Alden, A. M. Zande, J. M. Parpia, H. G. Craighead, P. L. McEuen, Nano Lett. 8, 2458 -2462(2008).