

グラフェン上 ALD-Y₂O₃ 堆積におけるバッファ層への高圧酸素アニールによる容量向上

Capacitance improvement by high-pressure O₂ annealing of buffer layer in ALD-Y₂O₃/graphene stack

東大マテリアル¹, JST-さがけ² ○高橋伸亮¹, 長汐晃輔^{1,2}

University of Tokyo¹, PRESTO-JST² ○N. Takahashi¹, K. Nagashio^{1,2}

E-mail: takahashi@adam.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】グラフェン上への極薄 high-*k* 堆積を目指して、アニール無しで C, OH 不純物を低減させた高誘電率 Y₂O₃(*k*=12.9)の SiO₂ 上への堆積を報告してきた^[1]。しかしながら、面内で閉じた結合をとるグラフェン上への ALD 堆積にはバッファ層金属酸化膜が必要となる。ここで、我々がこれまでに達成してきた高圧酸素アニールによる高絶縁性 Y₂O₃ ゲート酸化膜形成技術^[2]をバッファ層金属酸化膜に適応することで、伝達コンダクタンスを向上させることが可能である。バッファ層に関しては、金属の濡れ性に起因した表面粗さに着目した金属選択が行われてきたが^[3]、酸化度合いについては殆ど議論されていない。本研究では、Y 金属バッファ層に対して高圧酸素アニールを適応し、グラフェン上での ALD-Y₂O₃ ゲート構造の容量向上を試みた。

【実験方法】SiO₂(90nm)/n⁺-Si 基板に機械的剥離法により 2 層グラフェンを転写した。抵抗加熱法により Y 金属を 1.5nm 蒸着し、高圧酸素アニールを行った。続けて ALD で Y₂O₃ を 5nm 程度堆積し、トップゲートデバイスを作製した(図 1 上)。I-V 測定により Y₂O₃ 絶縁膜の容量を評価し、高圧酸素アニールの効果を確認した。グラフェンへの欠陥導入に関しては、ラマン分光装置によって測定した。

【結果及び考察】真空中(10⁻⁴Pa)で Y 金属をグラフェン上に 1 Å/sec で 1nm 蒸着した場合、グラフェンに欠陥由来の D バンドが観察された。高い運動エネルギーをもった Y 原子がグラフェンに衝突し、欠陥を導入したと考えられる。そこで Ar ガスをチャンバー内に導入し、Y 原子の平均自由行程を下げ、欠陥導入を防ぐ間接堆積手法を試みた。10⁻¹Pa で蒸着することで、グラフェンに欠陥を導入することなく表面粗さが 0.3nm 程度の Y 金属バッファ層を形成することに成功した(図 1 下)。高圧酸素アニール後においても 2 層グラフェンでは D バンドは確認されなかった。図 2 に 2 層グラフェンのデュアルゲート変調時の室温での I-V 測定の結果を示す。バックゲート電圧の変化に伴い、グラフェンのバンドギャップが形成され抵抗値が増大していく様子が観察された。それぞれの V_{BG} に対してディラックポイントにおける V_{TG} をプロットした図 3 挿入図において、傾きは C_{TG}/C_{BG} となる。この値からゲート容量値を求めると、高圧酸素アニールの適応により、大気圧酸素アニールにおける 0.55μF/cm² から 0.72μF/cm² に 1.3 倍の向上となった。しかしながら、図 3 に示すように、誘電率に換算すると 6 程度にとどまっており、SiO₂ 上での ALD-Y₂O₃ の 12.9 に達していない。これは 2D チャンネル上 high-*k* に対して同様の問題であり、バッファ層含めゲートスタックの改善が必要であるが、現時点においてもデバイス動作は再現性良く得られている。

【謝辞】本研究の一部は科研費により助成を受けて行われました。ここに深く感謝致します。

【参考文献】[1] N. Takahashi, *et al.*, SSDM ext. abst., 2014, 1076. [2] K. Kanayama, *et al.*, APL, 2014, **104**, 083519. [3] B. Fallahazad, *et al.*, APL, 2012, **100**, 093112.

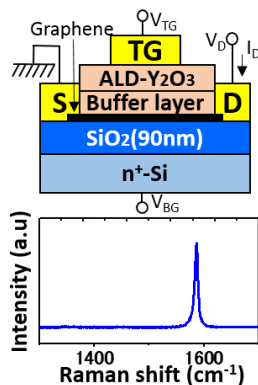


図 1 (上)デバイス断面図。(下)バッファ層蒸着後の単層グラフェンラマン測定。

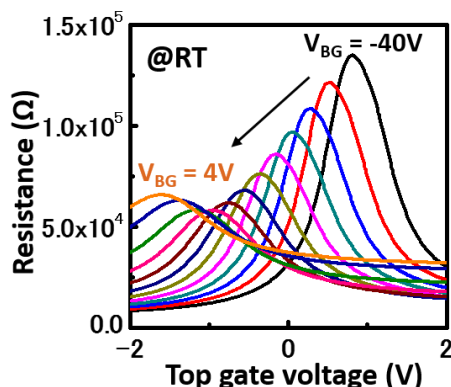


図 2 バッファ層高圧酸化+ALD-Y₂O₃ ゲートスタックの 2 層グラフェンの I-V 測定図。

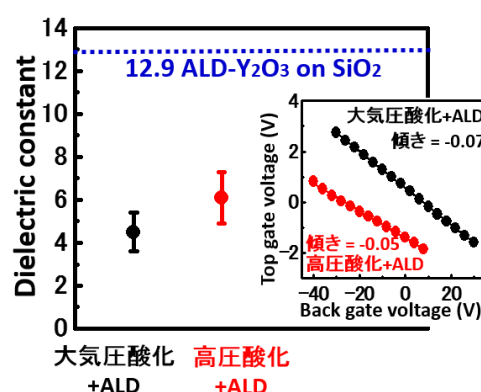


図 3 大気圧酸化及び高圧酸化+ALD で作製したグラフェン上 Y₂O₃ の誘電率図。(挿入図)ディラックポイントのシフト図。