

窒化炭素膜によるリングゲート型電界効果トランジスタの作製

Fabrication of the ring-gate structure field-effect-transistors using carbon nitride films

信州大工¹, 信州大 先鋭材料研² ○橋 昌希¹, 樋口 航太¹, 浦上 法之^{1,2}, 橋本 佳男^{1,2}Shinshu Univ.¹, Shinshu Univ. RISM²○Masaki Tachibana¹, Kota Higuchi¹, Noriyuki Urakami^{1,2}, Yoshio Hashimoto^{1,2}

E-mail: urakami@shinshu-u.ac.jp

窒化炭素は豊富に存在する元素で構成される化合物であり、人や自然への調和性を実現する機能性材料である。数ある結晶多型の中でもグラファイト状窒化炭素(g-C₃N₄)は層状構造を持ち、柔軟な特徴に加えて二次元でも三次元でも機能する。また、その電子構造は禁制帯幅(E_g)が 2.8 eV 程度の半導体であるため、電気電子材料としての潜在性を有している。最近では、絶縁層に Low-k 高分子絶縁体であるポリパラキシレン($\epsilon_r = 3.0$)を用いた g-C₃N₄ 膜の電界効果素子や high-k 絶縁体である二酸化ジルコニウム(ZrO₂) ($\epsilon_r > 15$)を用いた金属-絶縁体-半導体(MIS)構造(図 1(a))からなる電界効果トランジスタ(FET)の面内キャリア輸送制御が確認された[1,2]。しかし、いずれの場合も得られた電流は数十から数百 pA 程度であり、素子の大きさを考慮しても十分な値は得られていない。本研究では、素子構造の改善および電流電圧(I-V)特性の向上を目的として、前回発表時と同様に絶縁層に ZrO₂ を用いた MIS FET のデバイス構造について検討を行った。窒化ガリウム(GaN)高電子移動度トランジスタ(HEMT)で採用されているリングゲート型デバイスを参考に、g-C₃N₄ FET(図 1(b))を作製した。

g-C₃N₄ 膜の作製には化学気相成長法を用いた。前駆体であるメラミン(C₃H₆N₆)と洗浄したサファイア基板を入れた石英試験管を電気管状炉内に配置し、基板温度 600 °C で 1 時間加熱した。成膜中は窒素ガスを 1.0 L/min で流し続けた。サファイア基板上に成膜された g-C₃N₄ 膜の面内に沿う方向にソース/ドレインとして Au 電極を配置し、電子線蒸着法により ZrO₂ ゲート絶縁膜(20 ~ 50 nm)を成膜後、ゲートとして Au 電極を作製した(図 1(c))。

図 2 に、作製したリングゲート型 g-C₃N₄ FET の伝達特性を示す。従来の FET、リングゲート型 FET は共にゲート電圧(V_{gs})の増加に伴いドレイン電流(I_{ds})が増加し、電界効果が得られた。リングゲート型 FET は、V_{gs} = -4 V 付近で従来の FET と比較して約 15 倍の電流が得られた。以上より、リングゲート型を採用することにより電流の鋭い立ち上がりが実現でき、g-C₃N₄ FET の性能が向上した。

謝辞 本研究の一部は、科研費 (21K14194)、マツダ財団(21KK-206)および池谷科学技術振興財団(0351081-A)の援助を受けて行われた。

[1] N. Urakami *et al.*, AIP Advances, **11**, 075204 (2021)

[2] 橋昌希 他、第 70 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集、15p-A408-13。

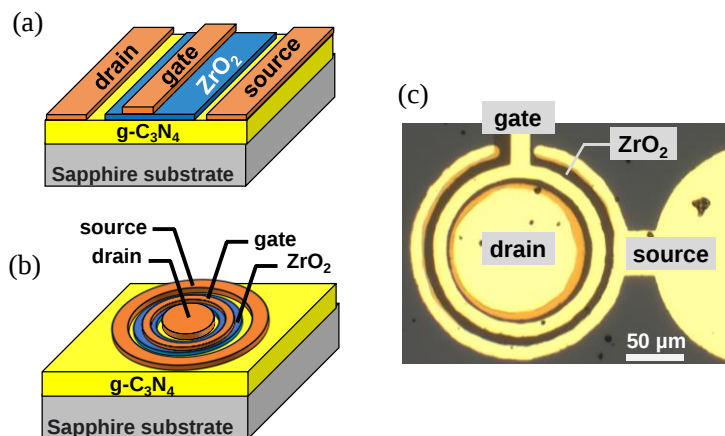


Fig.1 (a) Schematic image of conventional FET structure and (b) ring-gate FET structure. (c) Optical microscopy image of the ring-gate g-C₃N₄ FET.

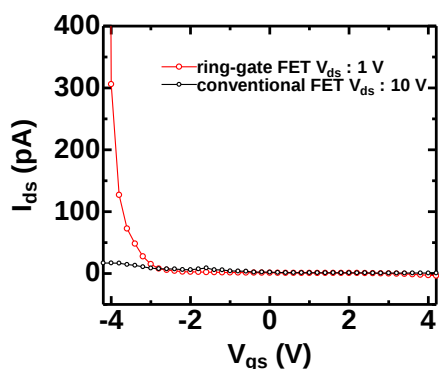


Fig.2 Transfer characteristics of the g-C₃N₄ FET with different device structures.