

C-H ダイヤモンド MOSFET の 10-673K 動作特性

Wide Range Temperature(10-673K) Operation of C-H Bonds Diamond MOSFETs

早稲田大学理工学術院, °許徳琛, 坪井秀俊, 成尾智也, 山田哲也, 大長央,
齊藤達也, 車一宏, 平岩篤, 川原田洋

Waseda University, °D. Xu, H.Tsuboi, T.Naruo, T.Yamada, A.Daicho, T.Saito, K.Kuruma,
A.Hiraiwa, H.Kawarada

E-mail: xudechenxdc1989@fuji.waseda.jp

我々はこれまで、ダイヤモンド表面を水素終端することでホール蓄積層を誘起し、これをドリフト層として用いた電界効果トランジスタを作製してきた^[1]。しかし、水素終端のホール蓄積層は外部環境の影響を受けやすいため、FET として利用するために表面の保護(パッシベーション)が必要となる。これまでに我々は、この原子層堆積(ALD)法^{[2][3]}で酸化剤に H_2O を用いて、成膜温度 450°C ^[4]の条件で Al_2O_3 膜を成膜することにより、 Al_2O_3 パッシベーションの安定した表面保護効果を実現した。それによって、新たな表面伝導層を創生した。今回、広温領域(-263°C から 400°C まで)でもホール蓄積層を維持し、安定して動作する水素終端(C-H)MOSFET を作製し、その電気特性評価を行うことに成功したので報告する。

今回作成した MOSFET は、まず単結晶(100)Ib ダイヤモンド基板上に CVD 法を用いて、膜厚 500nm のアンドープ層を成膜した。次に、EB 蒸着法により、ソース・ドレイン電極として、Ti/Au を蒸着した。そして、水素リモートプラズマによって表面に水素終端化チャネル層を形成し、ゲート絶縁膜形成と表面保護のために ALD 法によって、 450°C で Al_2O_3 膜を条件(酸化剤: H_2O 32nm, H_2O 200nm)変えて成膜した。最後に、Al をゲート電極として Al_2O_3 上に形成し、MOSFET を作製した。

低温動作特性: Fig.1 に、作製した MOSFET、ALD- H_2O (32nm)の低温(-263°C)での動作特性を示す。測定温度絶対零度に近く、最大ドレイン電流は室温の場合(40mA/mm)の 50% になった。しかし、ドレイン電流密度の良好的なピンチオフが得られている。 0°C 以下の温度で測定するとき、 $I_{\text{DS}}\text{-}V_{\text{DS}}$ 曲線が 0V から下に凹となるのが確認された。これは電極の下に形成される TiC のショットキー障壁(0.5eV 程度)が低温では影響し、高い接触抵抗となり $I_{\text{DS}}\text{-}V_{\text{DS}}$ の電流の立ち上がりを劣化させるためである。Fig.2 にゲート電圧が -4V ときの最大ドレイン電流値を各温度でプロットした。二つの MOSFET のゲート長は同じく $2\mu\text{m}$ である。ゲート絶縁膜の膜厚によらず、最大ドレイン電流は従来の半導体やボロンドープダイヤモンドよりも遙かに温度変化が小さいことがわかった。両デバイスとも 0°C 以下と 300°C 以上で最大ドレイン電流値が減少している。前者は低温での接触抵抗の上昇、後者は高温での移動度の低下が原因であろう。広い温度領域でより特性変化が少なく、かつ高耐圧の Al_2O_3 -MOSFET の開発が今後の課題である。

[謝辞] 本研究は JST 先端的低炭素化技術開発(ALCA)の助成により実施された。

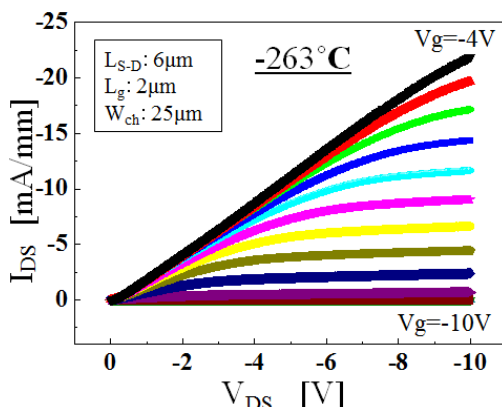


Fig.1 $I_{\text{DS}}\text{-}V_{\text{DS}}$ characteristic (-263°C) of diamond MOSFET with $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ (32nm) gate insulator

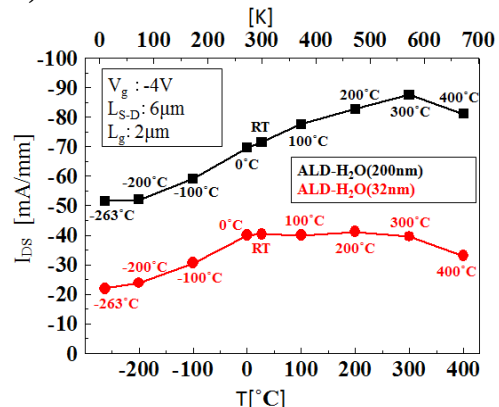


Fig.2 On current of MOSFETs at various temperatures ($-263^\circ\text{C}\sim 400^\circ\text{C}$).

[1] H.Kawarada Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 090111.

[2] D.Kueck E.Kohn et al. Diam. Relat. Mat. **19**(2010) 166.

[3] M.Kasu et al. APEX **5** (2012) 025701.

[4] A.Hiraiwa, H.Kawarada et al., J. Appl. Phys. **112** (2012) 124504.