18p-D1-4

Al_2O_3 パッシベーションを施した水素終端ダイヤモンド MOSFET の高温動作特性

High temperature operation of hydrogen-terminated diamond MOSFETs with Al_2O_3 passivation

早稲田大学理工学術院, °許 德琛, 坪井 秀俊, 成尾 智也, 山田 哲也, 大長 央,
斉藤 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

これまでに我々は、ダイヤモンド表面を水素終端することによって誘起されたホール蓄積層を利用して、電界効果トランジスタを作製してきた[1]。この水素終端によるホール蓄積層の保護のため、ALD-Al_2O_3 パッシベーション[2][3]が報告されており、我々は 450℃[4]で形成した Al_2O_3 で高温 FET 安定動作を見いだした[5]。今回は高温動作時のリーク電流の解析を行ったので報告する。

MOSFET 動作における残留ボロンの抑制効果：MOSFET は、(100)Ib ダイヤモンド基板上のアンドープ層(膜厚 500nm、CH_4:CO_2 1:1 成膜)に Ti/Au ソース、ドレイン電極、水素終端化チャネル層、ゲート絶縁層と表面保護層を兼ねた ALD 法(450℃[4])Al_2O_3 膜(10nm)にて形成された。アンドープエピタキシャル成膜の時に CH_4 に CO_2 を 1:1 の比率で導入することで、アンドープ層へのボロン混入を $10^{16}cm^{-3}$ 以下に抑制し、最大 on/off 比は室温では 10^9 台、200℃ では 10^7 台、300℃ では 10^5 台、400℃ では 10^3 台と比較的高い on/off 比となった。さらに、400℃ でもゲートピンチオフと良好な飽和特性が得られた(Fig.1)。

高温動作時の off 電流の活性化エネルギー：Fig.2 に、作製した MOSFET の off 電流（ドレインリーク電流）測定結果を示す。FET ごとのばらつきはあるが、チャネル幅は共通で、その幅で規格化した off 電流の活性化エネルギーが平均 1.7eV である。この活性化エネルギーの原因として、素子分離に使用される酸素終端領域に関わる障壁高さ、あるいはダイヤモンド中の窒素ドナーの活性化が考えられる。前者では、水素終端表面と酸素終端表面では電子親和力の差が 2.0eV 程度はあり、表面側で障壁となり正孔を閉じ込めるが、300-400℃ で表面から少し基板に入ると障壁は小さくなり、それを越えて正孔が漏れると考えられる。後者では、窒素ドナーの活性化エネルギーが丁度 1.7eV で、300-400℃ では伝導電子が出現し、off 電流となり得る。ただし、ドレインコンタクトが電子にとって逆バイアスであり、窒素ドナーの寄与は少ないと考えられる。以上、Al_2O_3-MOSFET のより安定な高温、高耐圧動作には off 電流減少のための FET 構造の検討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

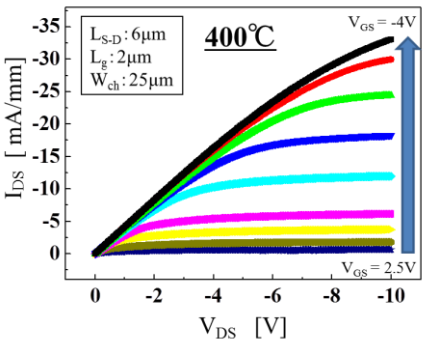

Fig.1 I_{DS}-V_{DS} characteristic(400°C) of diamond MOSFET with Al2O3 gate insulator

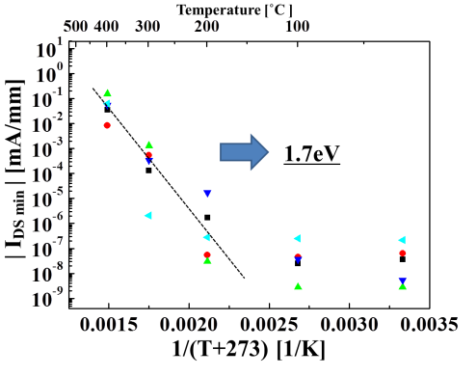

Fig.2 Off current of MOSFETs at various temperature

[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.
[5] 坪井秀俊, 川原田洋他 第 60 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集(2013 春)

© 2013 年　応用物理学会