

原子層堆積 (ALD) Al_2O_3 膜の高温電気特性High-temperature electric characteristics of ALD- Al_2O_3 films

早稲田大学理工学術院 °松村 大輔, 齊藤 達也, 平岩 篤, 川原田 洋

Waseda University, °D. Matsumura, T. Saito, A. Hiraiwa, H. Kawarada

E-mail: o-e@suou.waseda.jp

1. 緒言 水素終端ダイヤモンド表面に誘起される 2 次元正孔ガス(2DHG)は横型 MOSFET のドリフト層として有望である。これを外部環境の影響から保護する上で H_2O を酸化剤として、 450°C の ALD(atomic layer deposition) 法により Al_2O_3 を保護膜として形成するのが効果的であり [1]、同 Al_2O_3 膜を適用した横型 MOSFET が 400°C まで動作することを我々は確認している [2]。同 Al_2O_3 膜は横型 MOSFET のゲート絶縁膜としての役割も担っており、電氣的絶縁性に優れている必要がある。このため横型 MOSFET の高温での安定動作に向け Al_2O_3 膜の高温における電氣的絶縁性について検討した。

2. 実験方法 比抵抗 $1\text{--}3\ \Omega\cdot\text{cm}$ の *p* 型 (100)Si 基板の上にトリメチルアルミニウムと H_2O を交互供給し、 100°C もしくは 450°C にて Al_2O_3 膜を約 30nm の厚さに形成した。その後、抵抗加熱蒸着法により Au をマスク蒸着しゲート電極とした。電極面積は $(4\text{--}9)\times 10^{-4}\text{cm}^2$ である。同ゲート電極に負電圧を印加しリーク電流を測定する操作を、真空中で昇温しながら繰り返し行った。その際、加熱による膜構造の変化を調べるために、各温度への加熱後に毎回 350K へもどりリーク電流を測定した。

3. 結果 温度の上昇と伴にリーク電流が増加し絶縁破壊電圧が減少した。この結果は一般的な絶縁膜に関する従来の報告と定性的に一致するが、 450°C 形成膜の方が高温においてもリーク電流が小さく、ダイヤモンド表面の保護膜のみならずゲート絶縁膜としても優れていることが分る。他方で 450°C 形成膜においては、 350K に復帰後のリーク電流が 500K 以上の加熱により大きく増加した。ゲート電極形成前に同様の熱処理を行った場合は、リーク電流増加は生ずることはなかったことから [3]、ゲート電極に用いた Au が Al_2O_3 膜と反応し Au-Al 金属間化合物が形成されたためにリーク電流が増加したものと推定する。なお、絶縁破壊電圧には変化がなかったが、これは Al_2O_3 膜の構造変化が内部にほとんど及んでいず上記電極との反応が界面付近に局在していることを示唆している。

4. 結論 高温においては通常の熱電子放出過程の顕在化に加え、ゲート電極との反応により ALD- Al_2O_3 膜のリーク電流がより一層増加する可能性がある。同膜を用いた MOSFET の高温での安定動作に向け、より耐熱性に優れた MOS 構造を開発するのが今後の課題である。

【謝辞】本研究遂行に当り JST 先端的低炭素化技術開発(ALCA)の助成を得た。

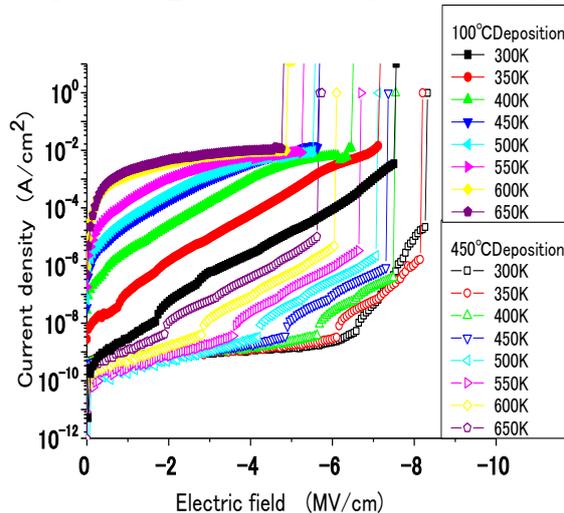


Fig1. Current-voltage characteristics measured at different temperatures

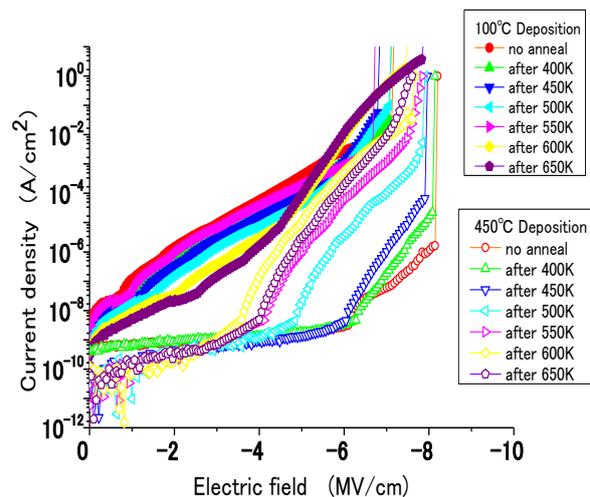


Fig2. Current-voltage characteristics measured at 350K after heating

[1] A. Hiraiwa, A. Daicho, S. Kurihara, Y. Yokoyama, and H. Kawarada, J. Appl. Phys. **112** (2012) 124504.

[2] 許, 川原田, 他, 第 61 回応物春季学術講演会予稿集, 18p-D6-8 (2014).

[3] 車, 川原田, 他, 第 61 回応物春季学術講演会予稿集 18p-D1-3 (2014).