

酸化剤を変えて形成した原子層堆積 Al_2O_3 膜の電気特性

Electric characteristics of ALD Al_2O_3 films formed using different oxidants

早稲田大学理工学術院 °大久保 智, 松村 大輔, 平岩 篤, 川原田 洋

Waseda University, °S. Okubo, D. Matsumura, A. Hiraiwa, H. Kawarada

E-mail: pheasant@toki.waseda.jp

1. 緒言 ワイドバンドギャップ半導体を用いたゲート絶縁型電界効果トランジスタのゲート絶縁膜には、原子層堆積 (Atomic Layer Deposition, ALD) により形成した Al_2O_3 膜が有望である。しかし、ゲート電極の材質が変わると仕事関数から予想される値よりも遙かに大きなリーク電流が流れる。また半導体基板によっては、基板から電子が注入される正バイアス電圧に対してリーク電流が顕著に増加するという問題がある[1]。その解消に向けここでは ALD の酸化剤を変えた場合に電氣的絶縁性がどのように変化するか検討した。

2. 実験方法 比抵抗 $2\text{--}4\Omega\cdot\text{cm}$ の p 型(100)Si 基板上に、トリメチルアルミニウムと酸化剤(O_3 または H_2O)を交互に供給する ALD により $100\text{--}450^\circ\text{C}$ にて Al_2O_3 を 450 サイクル(約 32nm)成膜した。その後、抵抗加熱蒸着法により Al または Au をマスク蒸着することによりゲート電極を形成し、キャパシタを完成させた。正バイアス電圧に対しては、光を照射しながら Al_2O_3 膜のリーク電流を測定した。測定温度は室温である。

3. 結果と検討 (1) 負バイアス電圧に対するリーク電流は、Al ゲート電極の場合、 H_2O にて形成した膜よりも O_3 にて形成した膜の方が顕著に少ない(図1)。 Au 電極の場合にはその差が小さいところから、 O_3 にて形成した膜は Al と反応しにくく、ゲート電極界面におけるダイポール形成が抑制され则认为する。(2) 正バイアス電圧に関しては、Al 電極と Au 電極のいずれの場合も、 O_3 にて形成した膜の方が H_2O にて形成した膜よりもリーク電流がかなり少ない(図2)。解析[1]により、これらの結果は $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 界面付近の正電荷が減少した効果であることを明らかにした。(3) 絶縁破壊電界強度は酸化剤および成膜温度に依らず約 $8\text{MV}/\text{cm}$ である(図1)。

4. 結論 リーク電流低減という観点からは酸化剤に O_3 を用いるのが効果的である。しかし、 O_3 は基板の酸化作用が強いので絶縁膜/半導体界面の特性変化(ダイヤモンド表面の水素終端の消失[2]等)の問題が生ずる。このため O_3 成膜と H_2O 成膜両者の長所を生かすことのできる成膜方法を開発するのが今後の課題である。

【謝辞】 本研究遂行にあたり科研費基盤研究(S) (No.26220903)の助成を得た。

[1] A. Hiraiwa, D. Matsumura, and H. Kawarada, J. Appl. Phys. **119** (2016) 064505.

[2] A. Hiraiwa, A. Daicho, S. Kurihara, Y. Yokoyama, and H. Kawarada, *ibid.* **112** (2012) 124504.

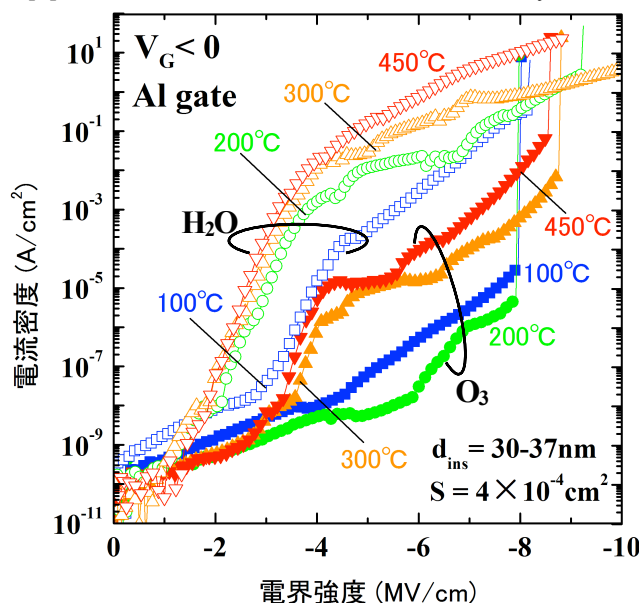


図1. ALD- Al_2O_3 膜の負バイアス電圧に対する電流電圧特性 (Al 電極)

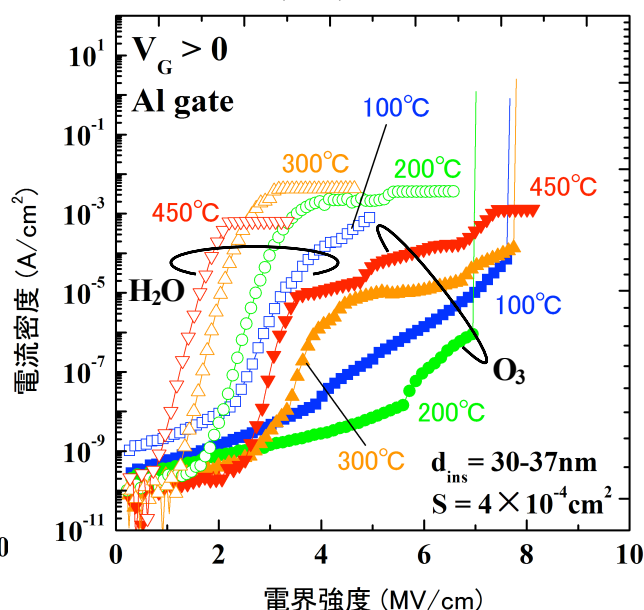


図2. ALD- Al_2O_3 膜の正バイアス電圧に対する電流電圧特性 (Al 電極)