

原子層堆積 (ALD) 温度を変えて形成した Al_2O_3 膜の電気特性

Electric characteristics of Al_2O_3 films formed at different ALD temperatures

早大ナノライフ¹, 早大理工²; °平岩 篤¹, 松村 大輔², 川原田 洋^{1,2}

RONL, Waseda Univ.¹, Fac. Sci. Eng., Waseda Univ.²; °A. Hiraiwa¹, D. Matsumura²,

and H. Kawarada^{1,2}

E-mail: hiraiwa@aoni.waseda.jp

1. 緒言 ワイドバンドギャップ半導体を基板とした MISFET には高耐圧・低損失・高速動作という特長があるが、その実用化と普及を図る上で高品質・高信頼ゲート絶縁膜の作成が課題である。このようなゲート絶縁膜として、バンドギャップと誘電率(〜9)が比較的大きく、高温(1000°C)まで安定な ALD- Al_2O_3 膜が有望である。その電氣的絶縁性がゲート電極近傍および半導体基板近傍の Al_2O_3 中に存在する二つの面電荷(正)により決定されていることを先に報告した[1]。ここでは、この電氣的絶縁性と ALD 温度との関係について報告する。

2. 実験方法 2-4Ωcm の *p* 型 (100) CZ-Si 基板を 77°C にて APM 洗浄した後、同基板上に TMA と H_2O を用いた ALD 法により 100-450°C にて Al_2O_3 膜を 32.5-43.5nm の厚さに形成し、さらにゲート電極として抵抗加熱法により Au をマスク蒸着(開孔寸法 200μm×200μm)することにより MIS キャパシタを作成した。比較のため、 N_2 希釈 50% O_2 雰囲気中 1000°C の酸化による SiO_2 膜(32.6nm)もゲート絶縁膜として作成した。上記ゲート絶縁膜の電氣的絶縁性は、ゲート電極に負バイアスを付加しながら測定した(ゲート電極からの電子注入)。

3. 結果とその検討 ゲート絶縁膜中の平均電界強度 F_{av} を揃えて比較すると、 Al_2O_3 膜のリーク電流は ALD 温度とともに減少するが 300°C 以上になると逆に若干増加する(図1)。これらリーク電流は SiO_2 膜の場合より多い。他方、 Al_2O_3 膜の比誘電率 k_{AlO} は ALD 温度とともに増加し(7.3→8.8)[2]、また熱酸化膜の値($k_{\text{SiO}} = 3.9$)より大きい。MISFET 性能を左右するチャネルキャリア面密度 N_s が SiO_2 換算の電界強度 $F_{eo} \equiv (k_{\text{AlO}}/k_{\text{SiO}})F_{av}$ にて決定される^{注1)}のでこれを揃えて比較すると、リーク電流は ALD 温度とともに減少するが 200°C 以上ではほぼ一定となる(図2)。これら高温膜は SiO_2 膜と比較してリーク電流が大変少なく実用上極めて有利である。なお、リーク電流が同じとはいえ Al_2O_3 膜の耐熱性が 200°C 以上において向上するので[2]、ALD 温度は高温(450°C)の方が望ましい。 注1) $N_s \approx k_{\text{SiO}}\epsilon_0 F_{eo}/q$ 、 ϵ_0 : 真空誘電率、 q : 素電荷

4. 結言 MISFET 性能を左右する SiO_2 換算電界強度をそろえた比較において、Au ゲート Al_2O_3 膜のリーク電流は ALD 温度とともに減少するが 200°C 以上においてその効果が飽和する。しかし、ALD 温度が高い程 Al_2O_3 膜の耐熱性が向上するので、 Al_2O_3 膜の形成には高温(450°C) ALD が最適である。

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

【参考文献】 [1] 平岩、他、第76回秋応物 13a-4C-6 (2015)、投稿中。

[2] A. Hiraiwa, et al., *J. Appl. Phys.* **117** (2015) 215304.

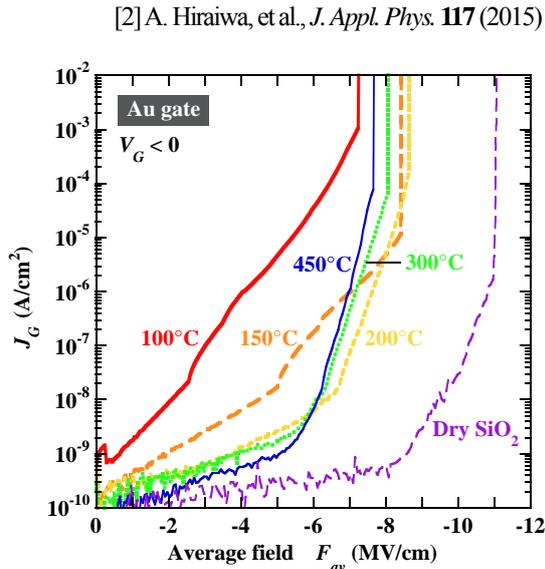


Fig. 1 Leakage currents of ALD- Al_2O_3 MIS capacitors vs average field in gate insulator.

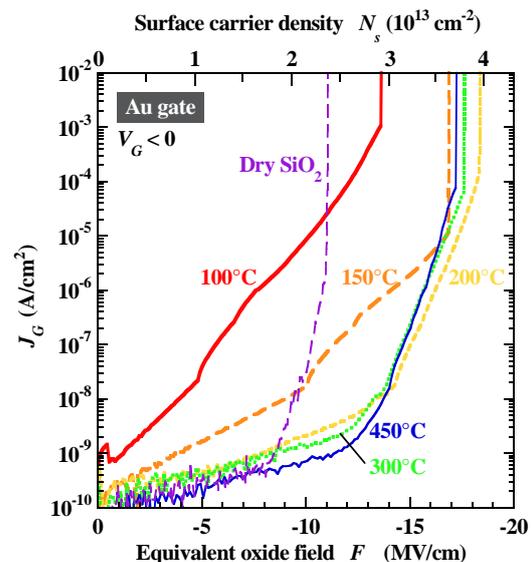


Fig. 2 Leakage currents of ALD- Al_2O_3 MIS capacitors vs equivalent oxide field in gate insulator.