

C-12

高圧水蒸気中での陽極酸化法により成膜したシリコン酸化膜の特性評価

Property evaluation of anodic oxidized SiO₂ film in high-pressure steam○角田将紀¹, 伊藤広起¹, 呉研³, 高橋芳浩³*Masaki Tsunoda¹, Hiroki Ito¹, Yan Wu³, Yoshihiro Takahashi³

Abstract: The anodic oxidation in high-pressure steam is investigated. It was confirmed that the silicon dioxide film with lower interface states density and lower leakage current could be obtained by anodic oxidized in high-pressure steam compared to fabricate in purified water.

1. はじめに

シリコン酸化膜は MOSFET のゲート酸化膜や層間絶縁膜などとして、半導体デバイス作製に欠くことのできない材料である。しかし、一般的な熱酸化では約 1000[°C]の高温が必要であり、酸化前のプロセスが制限される。そこで我々は、室温の純水中で成膜できる陽極酸化法に着目し研究を行ってきた。しかし、膜中に混入した過剰水分などが原因となり、絶縁特性や界面特性が熱酸化膜などに比べて劣ることが問題として残されている。そこで、水分子密度が液体より低い水蒸気中での陽極酸化について検討を行った。これまでに、大気圧水蒸気中では酸化反応が進行しないものの、高圧水蒸気中で陽極酸化を行うと酸化反応が促進される結果を得ている。しかし、同酸化条件で得られる膜厚のパラツキが非常に大きく、実験再現性に劣ることが問題となっていた。そこで今回、実験装置の見直しを行ったところ、再現性不良の原因を突き止めることができ、純水中で成膜した陽極酸化膜に比べ絶縁性、界面特性共に優れた酸化膜を再現性良く成膜することを確認した。

2. 実験方法

図 1 に高圧水蒸気中における陽極酸化装置を示す。面方位<100>, 抵抗率 1~10 Ωcm の p-Si 基板に対し、反応圧力 1MPa, 印加電圧 900V, 成膜時間 20min の条件で陽極酸化を行った。また比較対象として、図 2 に示す純水中における陽極酸化装置を用いて、同印加電圧で成膜した陽極酸化膜, ならびに酸化温度 1000°C, 成膜時間 10min で作製した熱酸化膜(膜厚 19nm)を作製した。エリプソメトリ法により膜厚測定を行った後、真空蒸着法により直径 300μm のアルミニウム電極を蒸着することにより MOS 構造を作製し、C-V 特性およびリーク電流特性を評価した。

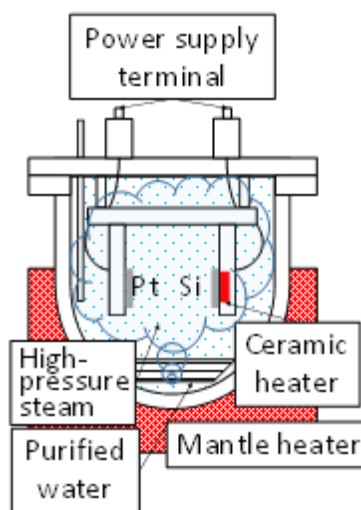


Figure 1. Anodic oxidation system in high pressure steam

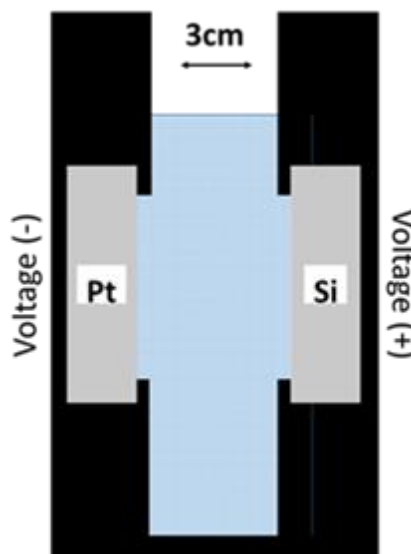


Figure 2. Anodic oxidation system in purified water

3. 実験結果

3-1 酸化膜厚

高压水蒸気中における陽極酸化膜の膜厚は 9.8nm であり、これまでに同条件で得られた膜厚 (約 100nm) に比べ非常に薄い結果となった。実験装置を再確認したところ、Si 基板を設置しない状態においても大きなプロセス電流が確認され、漏れ電流が発生していることがわかった。リークパスの箇所を調査した結果、高压容器への電極導入部 (コネクタ) において、電極と金属容器間にリークが発生しており、この原因が両金属間隙で液化した水によるものと考えた。そこで、コネクタ部をシールすることにより水蒸気の侵入を防いだところ、漏れ電流を抑制できることを確認した。この状態で陽極酸化を行ったところ膜厚 104nm の酸化膜が得られ、繰り返し成膜を行っても、ほぼ同じ膜厚の酸化膜を再現性良く得ることを確認した。なお、純水中で同条件で成膜した陽極酸化膜の膜厚は 20nm であり、高压水蒸気中において高いレートで陽極酸化が進行できることを確認した。

3-2 C-V 特性

純水中および高压水蒸気中で成膜した陽極酸化膜の C-V 特性を図 3(a), (b) に各々示す。純水中で成膜した酸化膜では、蓄積容量に周波数依存性が見られることがわかる。この現象は陽極酸化膜の特徴の 1 つであり、膜中の水分子の分極現象によるものと考えられる。一方、高压水蒸気中で成膜した酸化膜では周波数依存性が抑えられていることがわかる。これは高压水蒸気中での陽極酸化において、膜中への水分混入が抑制できることを示唆している。また、容量遷移領域における周波数依存性も抑制されることがわかり、高压水蒸気中で成膜した陽極酸化膜では、界面準位密度も低減可能であることを示している。

3-3 リーク電流特性

図 4 に各試料のリーク電流特性を示す。結果より、高压水蒸気中で成膜した酸化膜のリーク電流は、熱酸化膜には劣るものの、純水中に比べ低電界領域でのリーク電流が 3 桁ほど抑えることができることを確認した。

4. まとめ

実験装置の不良部分を突き止め、改良を施した結果、高压水蒸気中において安定した成膜レートを得られることを確認した。また、純水中の陽極酸化膜に比べ、界面準位密度が低く、絶縁性に優れた酸化膜が高い再現性で得られることを確認した。今後、酸化条件の最適化を行う予定である。

参考文献

手原大貴「高压水蒸気下で成膜した Si 陽極酸化膜の特性評価」

平成 26 年度 日本大学理工学部 学術講演会

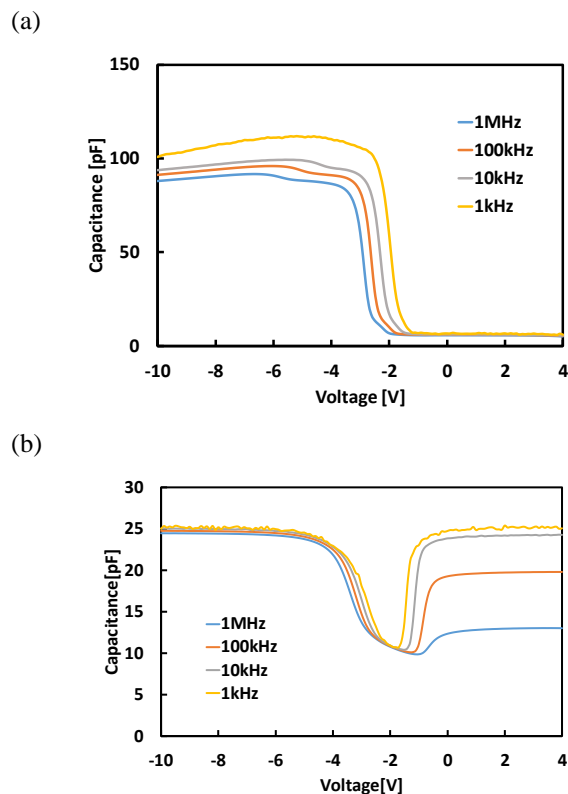


Figure3.C-V characteristic

- (a)Anodic water
- (b)Anodic steam

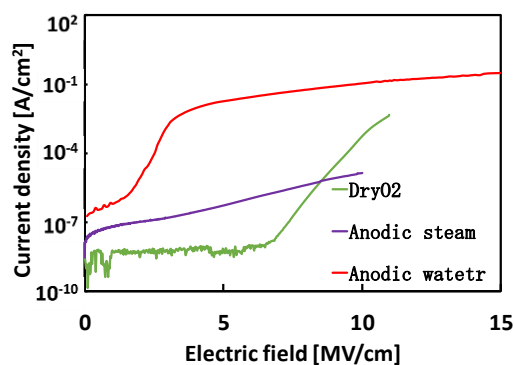


Figure4.Leakage current