

C-2

水蒸気雰囲気中で交番電圧を印加して成膜した陽極酸化膜の特性評価

Evaluation of anodic oxide film in high-pressure steam with applying AC voltage

○八ツ橋拓真¹, 呉研², 高橋芳浩²

*Takuma Yatsuhashi¹, Yan Wu², Yoshihiro Takahashi²

Abstract: The anodic oxidation in high-pressure steam with AC applied voltage is investigated. The stable accumulation region capacitance with frequency, and low leakage current can be obtained in MOS structure with the anodic oxide film with applying AC voltage.

1. 序論

MOSFETは半導体集積回路の基本構造であり、ゲート絶縁膜にはSiとの界面特性に優れたシリコン酸化膜が使用される。また、一般に良好な電気的特性を有するシリコン酸化膜は、酸素や水蒸気を酸化剤とした熱酸化法により成膜される。しかし、熱酸化法では1000℃程度の高温処理が必要であり、不純物の再拡散や基板の反りといった問題が懸念されることから、成膜プロセスの低温化が期待されている。これまでに、室温の純水の中で対向させたSi基板に電圧を印加することにより、シリコン酸化膜の成膜が可能であること、また直流に比べ交番電圧を印加することにより電気的特性が改善可能であることを確認してきた。しかし、得られた酸化膜の絶縁性や界面特性は熱酸化膜に比べ劣ることも明らかになっており、これは成膜中に膜中に混入した水分が原因のひとつであると考えている。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。その結果、大気圧水蒸気中では陽極酸化が進行しないものの、圧力容器内で水蒸気温度を上昇させ、高圧水蒸気中にする事で成膜可能であることを確認している^[1]。ただし、高圧水蒸気中におけるプロセス条件が、陽極酸化膜の膜厚や電気的特性に及ぼす影響の詳細は明らかになっていない。そこで本研究では、交番電圧を印加して成膜した酸化膜の電気的特性について評価した。

2. 実験方法

Fig.1に高圧水蒸気中における陽極酸化装置を示す。本装置を用いて、面方位<100>、抵抗率1~10Ωcm、寸法1×1cmのp-Si基板に対し、反応圧力1MPa、印加電圧±900V(周期60s)、成膜時間20minの条件で陽極酸化を行った。なお比較のため、直流900V印加での成膜も行った。酸化後、酸化膜厚をエリプソメーターにより測定した。また、酸化膜上に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でMOS構造を作製し、容量-電圧(C-V)特性、リーク電流(J-E)特性の測定結果から電気的特性を評価した。

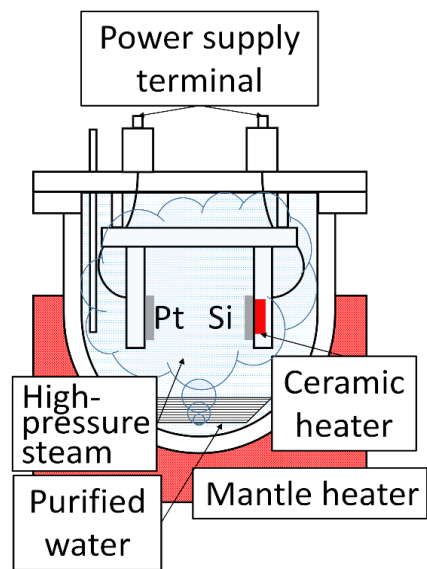


Figure1. Anodic oxidation system in high pressure steam

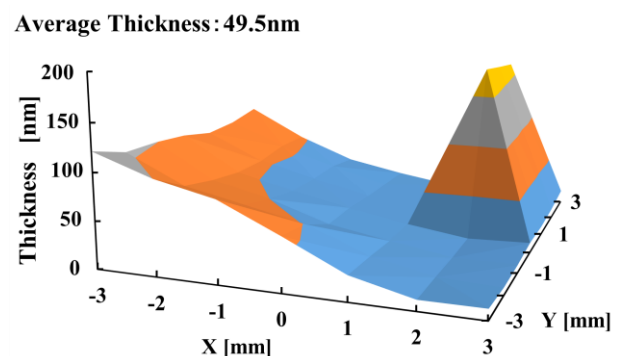


Figure2. Thickness distribution of anodic oxide film fabricated in steam with applying AC ±900V.

1: 日大理工・院(前)・電子, 2: 日大理工・教員・電子

3. 結果・考察

3.1 膜厚

Fig.2 に交番電圧を印加して成膜した陽極酸化膜の膜厚分布を示す。全体的に緩やかな傾斜をもった膜厚を有する膜の成長が確認された。ただし、直流電圧印加では局所的な酸化膜の成膜を確認しており、交番電圧により基板全体的な成膜が可能になったことを確認した。

3.2 C-V 特性

Fig.3(a)に直流電圧を印加して成膜した陽極酸化膜を有する MOS 構造の C-V 特性を、(b)には交番電圧印加の結果を示す。直流電圧印加で成膜された試料では、負電圧印加時に特に低周波数測定時に異常な容量値が観測された。これは、大きなリークが発生していることを示唆する。また陽極酸化膜を有する MOS 構造では、蓄積状態において大きな周波数依存性が観測される。これは膜中の水分の分極によるものと考えている。ただし、交番電圧印加により成膜された試料では、周波数依存性はほぼ見られないことがわかった。この結果より、高圧水蒸気中での陽極酸化により、膜中への水分の混入を抑制できることが示唆される。

3.3 リーク電流特性

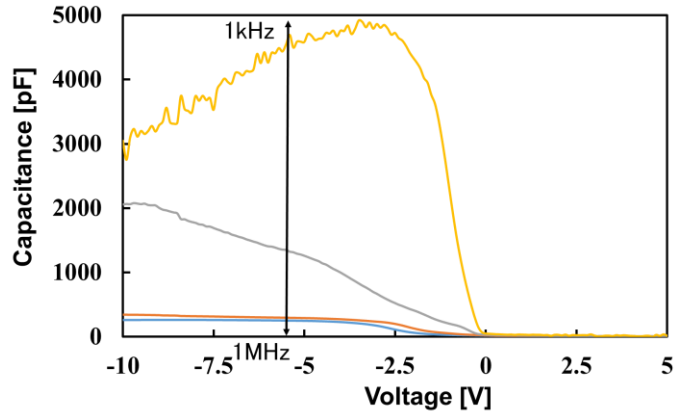
Fig.4 に、高圧水蒸気中で直流・交流印加により成膜した陽極酸化膜のリーク電流特性を示す。また比較対象として静止純水中で成膜した陽極酸化膜の結果も示す。結果より、高圧水蒸気中で交番電圧印加により成膜した酸化膜のリーク電流は、他の条件に比べ全体的に2桁程度抑えられることを確認した。なお、低電界領域では純水中で成膜した酸化膜において小さなリーク電流が得られたが、本現象については実験回数を増やし再現性を確認する必要がある。

4. まとめ

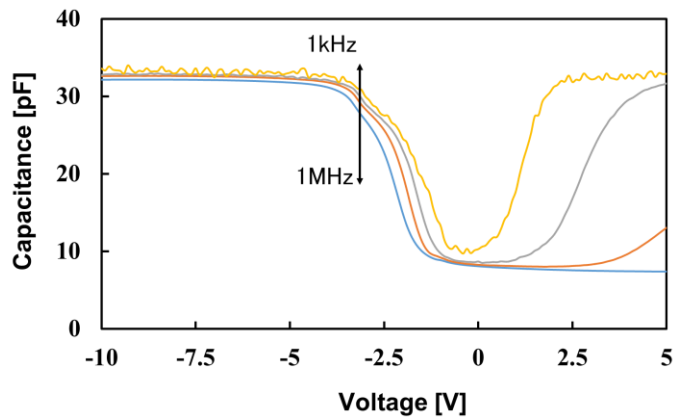
本研究では、高圧水蒸気雰囲気中で交番電圧を印加して成膜した陽極酸化膜の膜厚分布及び電気的特性について検討した。その結果、直流印加に比べ、より均一な膜厚分布が得られること、また MOS 容量の測定周波数依存の低減、リーク電流の抑制が可能であることを示した。

参考文献

[1] 角田将紀：「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」，令和元年度，日本大学理工学部学術講演会，C-9，2019.12



(a) Oxidation in steam with applying DC 900V



(b) Oxidation in steam with applying AC ±900V

Figure3.C-V characteristics of MOS capacitors with anodic oxide film

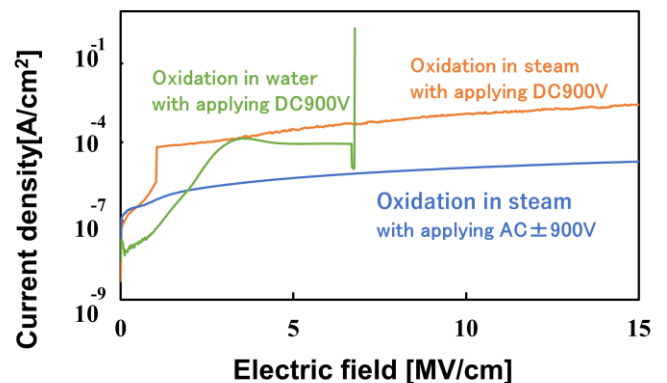


Figure4.Leakage current of MOS capacitors with anodic oxide film