

C-2

水蒸気雰囲気中で交番電圧印加により成膜した陽極酸化膜の電気的特性
 Electric Characteristics of Anodic Oxide Films fabricated in Steam with Alternating Voltage

○長村慶貞¹, 高橋芳浩²

Yoshisada Osamura¹, Yoshihiro Takahashi²

Abstract: We investigated the anodic oxidation when varying the duty cycle of alternating voltage in high-pressure steam. The stable accumulation region capacitance with frequency, and low leakage current can be obtained in MOS structure with the anodic oxide film with lower duty cycle.

1. 序論

シリコン酸化膜はトランジスタのゲート絶縁膜や層間絶縁膜のみでなく、微小機械システムにおける絶縁膜としても多用される。一般的な熱酸化法では 1000°C 程度の温度が必要となるが、酸化前に使用できる材料が酸化温度に耐える材料に限定されてしまうため、酸化温度の低温化が求められる。我々はこれまでに、室温の純水中で対向させた Si 基板に正電圧を印加することにより陽極酸化が進行することを確認してきた。更に、Si 基板に交番電圧を印加することにより成長速度が高くなること、高压水蒸気圧でも陽極酸化が可能であり、純水中で製膜した酸化膜よりも絶縁性や界面特性が改善できることも確認している。ただし、陽極酸化膜の電気的特性は熱酸化膜に大きく比べ劣り、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。そこで本研究では、高压水蒸気圧中で交番電圧を印加しながら成膜した陽極酸化膜の電気的特性について評価した。

2. 実験方法

Fig.1 に高压水蒸気中における陽極酸化装置を示す。純水を入れた压力容器を、マントルヒータで熱することにより容器内部の水蒸気圧力を上昇するもので、約 270°C で 1MPa となる。本装置内に、面方位 <100>、抵抗率 1~10Ωcm、寸法 1×1cm の p-Si 基板を間隔 1mm で対向させ、圧力 1MPa の高压水蒸気中で基板間に電圧を印加することにより陽極酸化を行った。印加電圧は±900V、周期 60s の交番電圧とした。また、負電圧印加時間が電気的特性に及ぼす影響を評価するため、Duty 比を 25, 75% と変化させて成膜を行った。なお比較のため、+900V の直流電圧印加での成膜も行った。酸化後、エリプソメーターにより酸化膜厚を測定後、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、リーク電流特性を評価した。

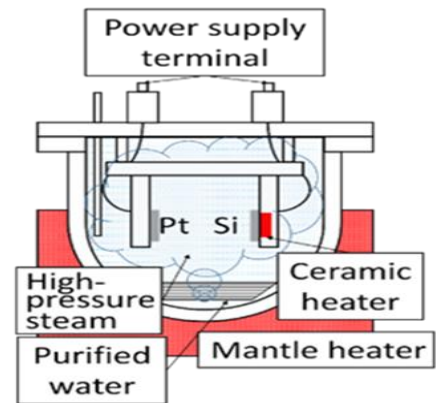
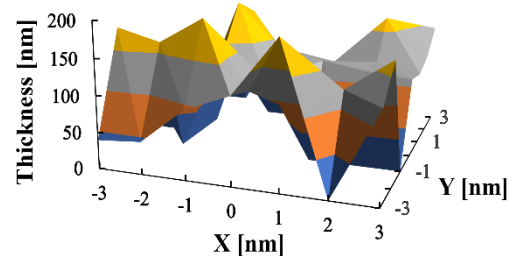
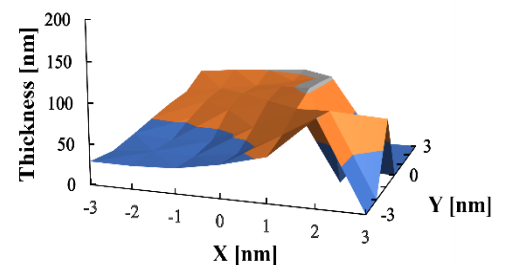


Figure1. Anodic oxidation system in high pressure steam



(a) ±900V, T=60s, Duty=75%



(b) ±900V, T=60s, Duty=25%

Figure2. Thickness distribution of anodic oxide film fabricated in steam with applying alternative voltage.

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(a), 2(b)に Duty 比 75%および 25%で製膜した陽極酸化膜の膜厚分布を示す. 結果より, Duty 比 75%で製膜した陽極酸化膜に対して, Duty 比 25%で製膜した陽極酸化膜は緩やかな傾斜を持った膜厚を有する膜の成長を確認した. すなわち負電圧印加時間を長くすることにより, 平均膜厚は低くなるものの, 膜厚分布のばらつきは抑制できることがわかった.

3.2 C-V 特性

Fig. 3(a)に Duty 比 75%で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 Duty 比 25%の結果を示す. Duty 比 75%で成膜された試料では, 蓄積領域 (負のゲート電圧領域) における低周波容量値が非常に大きくなることがわかった. これは大きなリークが発生していることを示唆する. 一方, Duty 比 25%で成膜された試料では, 蓄積状態において周波数依存性はほぼみられないことが分かった. 純水中で製膜した陽極酸化膜では, 蓄積容量が周波数に対して大きく変化することが知られており, これは膜中の残留水分の分極が原因であると考えられている. 以上の結果より, 負電圧印加時間を長くすることにより, 残留水分密度の低減が可能になると考えられる.

3.3 リーク電流特性

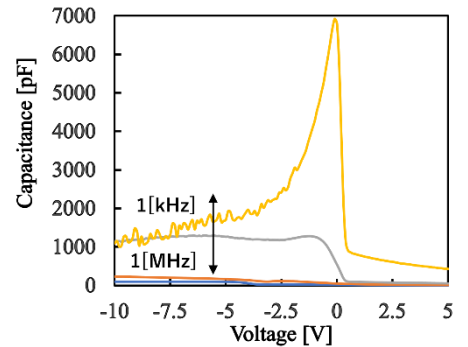
Fig. 4に, 各試料のリーク電流特性を示す. また比較対象として熱酸化膜のデータを示す. 結果より, Duty 比 25%で作製した膜のリーク電流は, Duty 比 75%に比べて 2桁程度低減可能であることを確認した.

4. まとめ

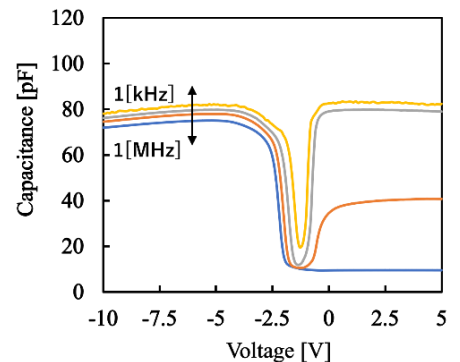
印加交番電圧の Duty 比が高圧水蒸気雰囲気中で製膜した陽極酸化膜の電気的特性に及ぼす影響を評価した. その結果, Duty 比を低くする (負電圧印加時間を長くする) ことにより, 膜厚分布が均一な, 絶縁特性に優れた酸化膜が作製可能であることを確認した. 今後, 負の印加電圧値が特性に及ぼす効果について検討する予定である.

参考文献

- [1] ハツ橋拓真:「水蒸気雰囲気中で交番電圧を印加して成膜した酸化膜の特性評価」 令和4年度,日本大学理工学部学術講演会



(a) Oxidation in steam with duty 75%



(b) Oxidation in steam with duty 25%

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

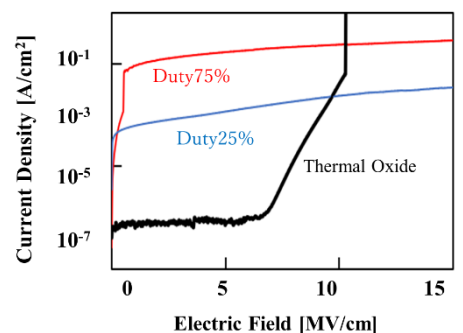


Figure4. Leakage current of MOS capacitors with anodic oxide film