

固体ソース H₂O プラズマによるフォトレジストのエッチング分布の均一化

○遠西 美重

東京工業大学 オープンファシリティセンター

1. はじめに

固体ソース H₂O プラズマ装置は、水の状態変化を利用した自作のプラズマ発生装置である。図1の矢印に示すように、水を入れた容器を中に置いたチャンバーを減圧することにより、気化熱が奪われて固体となった水は昇華する。昇華した H₂O ガスを供給源とし、RF パワーを印加するとプラズマが発生する。ポリジメチルシロキサン (PDMS) 流路を作製する際、流路の封止前に貼合わせ面をプラズマによって親水化させる表面処理を行うことがあるが、これまで H₂O プラズマ処理により、ガラスと PDMS の強い接合を達成することができた[1]。しかしながら、プラズマが多く集中している電極および H₂O ガス供給源の近傍で処理した場合は接合が強く、それ以外は接合が弱い傾向が生じた。このバラつきはプラズマ分布が均一でないことに原因があると考えられる。広い面積の流路デバイスでも全面を均一に接合させるためには、広い面積での均一なプラズマ処理が求められる。均一なプラズマ処理では、プラズマによるエッチング分布も均一になると考え、フォトレジストを塗布した 4 inch の Si ウエハをサンプルとして用い、プラズマにより減少するレジスト膜厚からエッチング分布を評価した。ここでは、固体ソース H₂O プラズマ装置の H₂O ガス供給源と設置位置の検討、および電極形状を改良した結果、均一なエッチング分布が得られたので報告する。

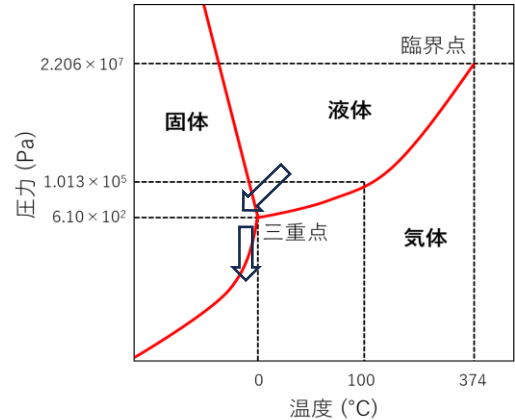


図 1. 水の状態図

2. H₂O プラズマ発生装置

図2に実験装置の概要を示す。φ200 mm の SUS チャンバーにはφ35 mm の穴が複数あり、排気用ロータリーポンプ、RF 電源、圧力ゲージおよびリーク弁を取り付けている。プラズマ発光を確認するために、蓋は透明な t=20 mm の石英板とした。H₂O ガスの供給源となる水 5 mL をガラス製の供給容器に入れてチャンバー内に置いた。チャンバー本体からサンプルおよび供給容器へ熱が伝わらないよう、チャンバー底にも t=30 mm の石英板を置いた。ロータリーポンプ (RP) でチャンバー内を減圧すると、水は凍り始め、200 Pa では完全に固体になった。更に圧力を下げると固体の水は昇華して H₂O ガスとなる。本実験は 100 Pa で行った。H₂O ガス流量は容器の開口径に依存するため、本実験では 150 Pa 以下の圧力に下げられるφ15 mm のガラス容器とした。プラズマは 13.56 MHz の高周波 (RF) を 10 W 印

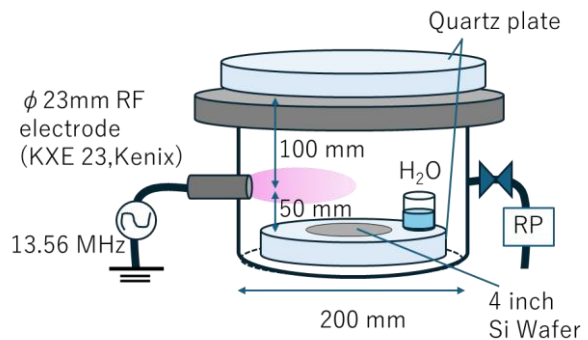


図 2. 実験装置

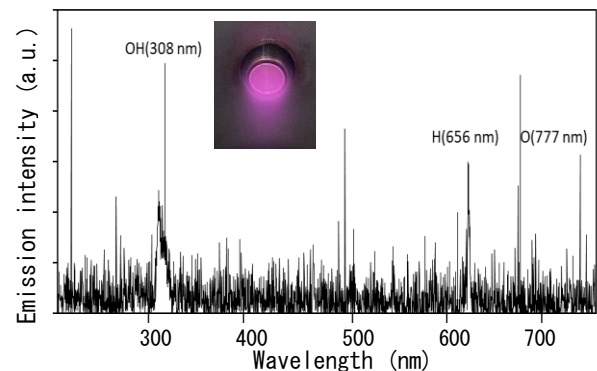


図 3. プラズマ発光スペクトル

加して発生させた。図3にチャンバー石英蓋から観測したプラズマの発光スペクトルを示す。OH、H、Oのピークが観測され、プラズマはH₂O由来であることが確認された。

3. 実験結果

3.1 供給容器からの水跳ねの抑制

減圧して水が固体となる際、供給容器から水滴が飛び出してしまふことがあった。そこで供給容器にAlメッシュの蓋をして水滴の発生を防ぐことを期待し、チャンバー内に水に反応すると青く変色する試験紙 (70×100 cm²) と5 mLの水を入れた供給容器を排気口から最も離れた場所に設置し、100 Paまで減圧した。図4に減圧後の試験紙を示す。メッシュなしでは供給容器の付近で水跳ねの痕跡が見られ、メッシュありでは水跳ねの痕跡が見られなかった。これより、メッシュ蓋によって容器外に飛び出す水滴が抑制され、ガスとして均一に供給されることがわかった。

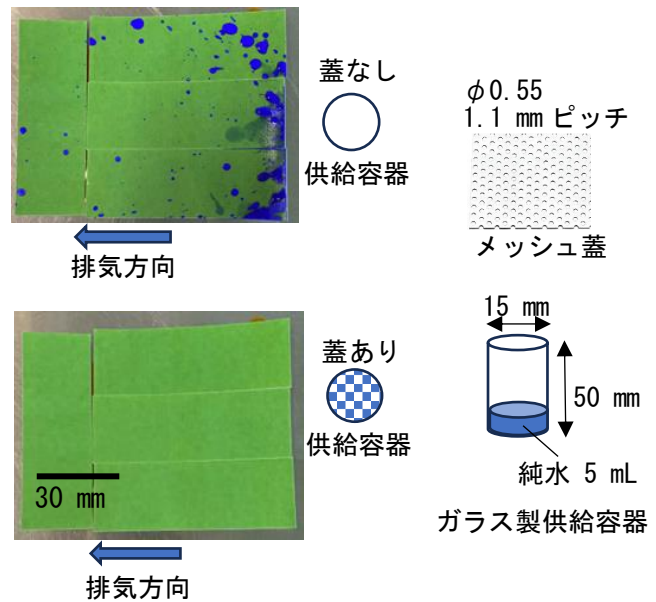


図4. 減圧後の試験紙 (Top View)

3.2 H₂O ガス供給源の位置によるレジスト膜厚減少量の分布

次に H₂O ガス供給源の設置位置を変え、プラズマ処理により減少するレジスト膜厚からエッチング分布を評価した。4 inchの Si ウェハにポジ型フォトレジスト (AZ5214E) を 1.5 μm 厚に塗布し、ウェハの中心から放射状に 13 か所の膜厚測定用のラインパターンを付けた。プラズマ処理は 10 min 行い、減少したレジスト膜の段差は Dektak にて測定した。図5に H₂O ガス供給源の位置によるエッチングによるレジスト膜厚の減少量を示す。ここでもメッシュ蓋なしでは、水滴の落下のあった供給容器の周辺で膜厚が目立って減少しており、メッシュ蓋の効果を確認できた。位置(a)と(c)では、いずれも場所によって減少量に偏りがあり、電極と排気口からの距離がそれぞれ離れた位置(b)で比較的減少量の差が少ない結果であった。

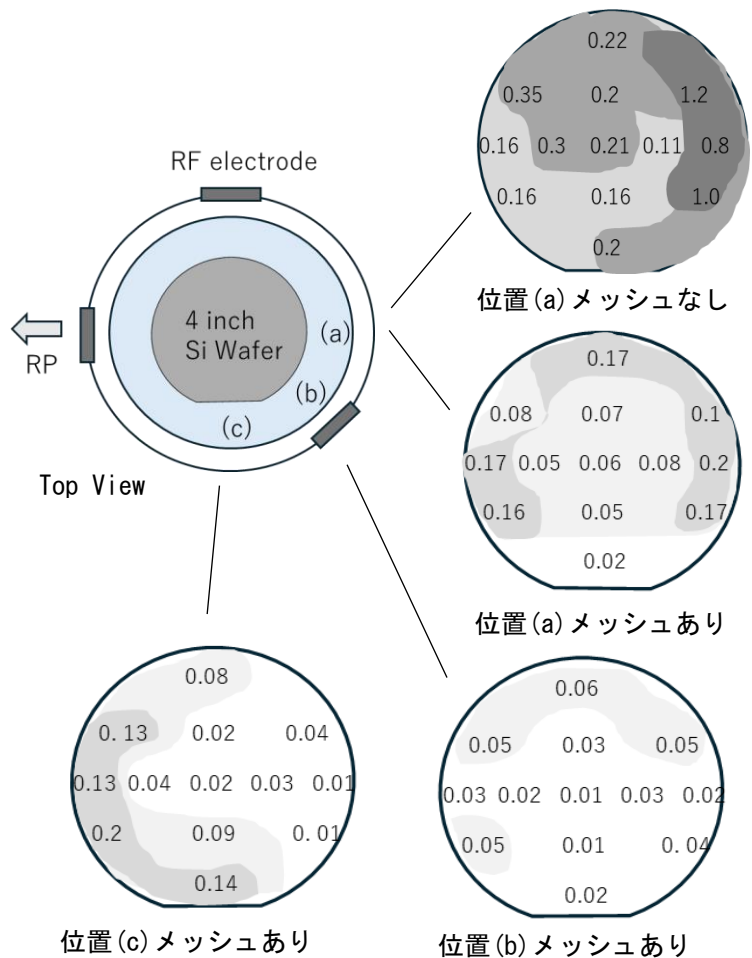


図5. H₂O ガス供給源の位置によるレジスト膜厚減少量 (μm)

3.3 アンテナ形状によるレジスト膜厚減少量の分布

供給容器にメッシュ蓋をし、レジストの膜厚減少量が比較的均一となる位置に設置したが、電極からの距離が遠い位置では減少量が少ない。そこで、SUS 製 M12 ボルトに $\phi 1$ mm Cu 線を巻き付けた 3 種類の延長アンテナを作製した。図 6 に作製したアンテナとプラズマ発光の様子、およびレジスト膜厚減少量を示す。供給容器にはメッシュ蓋をして図 5(b) の位置に設置し、アンテナはガラス製ビーカーを支えにし、RF 電極に接続させて 10 min プラズマ処理を行った。減少したレジスト膜の段差は Dektak にて測定した。電極とアンテナに沿ってプラズマ発光が確認でき、素子が増えるとアンテナからの発光が弱くなる傾向が見られた。レジストの膜厚減少量も、素子が増えると減少量が少なくなった。①と②のアンテナでは、電極に近い位置とアンテナ直下の減少量が多く、素子の数が多い③のアンテナでは、レジスト膜厚減少量の分布が均一となる結果であった。

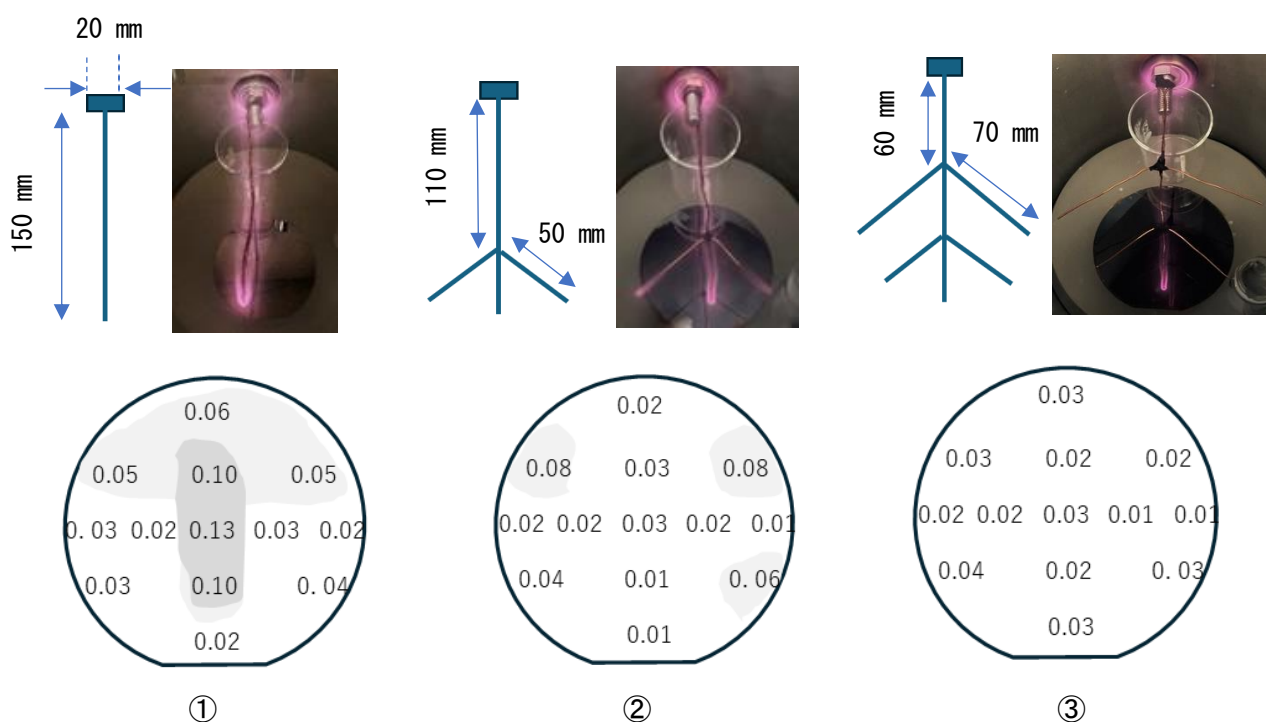


図 6. 異なるアンテナ形状によるプラズマ発光の様子とレジスト膜厚減少量 (μm)

4. おわりに

水の状態変化を利用した簡易な装置構成の固体ソース H_2O プラズマ装置を用い、レジスト膜厚のエッチング分布の均一化を図った。水跳ねの抑制、水は RF 電源と排気口それぞれから離れた位置、ウエハ全体を覆うような形状のアンテナによって、均一化が達成された。

本研究は科研費奨励研究 (24H02547) の助成を受けたものである。

参考文献 [1] M. Tohnishi, and A. Matsutani, Sensors and Materials, Vol. 33, No. 2 569 (2021).