

HF/CH₃OH 混合ガスによるプラズマ SiO₂ 膜の低温ガスエッチング

Low temperature HF/CH₃OH mixture gas etching of Plasma TEOS film.

日立研開 ◯今村 翼, 山田 将貴

Hitachi R&D, ◯Tsubasa Imamura, Masaki Yamada

E-mail: tsubasa.imamura.vf@hitachi.com

半導体デバイスの3次元構造化が進むにつれ、ラテラルエッチングへの要求が高まっている。3D NANDや3D DRAMといった高積層デバイスでは、ラテラルエッチングの深さ均一性が重要である。この点においてガスエッチングは有力な候補プロセスの一つである。我々はフッ化水素(HF)とメタノール(CH₃OH)を用いた低温(-20°C以下)SiO₂ガスエッチプロセスを提案しており、良好な深さ均一性と高い対SiN選択比が得られている[1]。このプロセスではHFとCH₃OHがSiO₂表面に吸着し、凝集層が形成され、その後イオン化したHF₂によってSiO₂がエッチングされると考えられる [2]。一方、どのような条件で凝集層が形成されるのかわかっていない。そこで、HF/CH₃OH混合ガスの凝集層形成条件とエッチング特性の関係について調べたので報告する。

実験に用いたガスエッチング装置の構造をFig.1に示す。本装置は300 mmウェハ対応の冷却ステージ、ICPプラズマ源、赤外線ランプからなる。使用したサンプルは300 mm基板の上にプラズマCVD法で形成した厚さ2000 nmのSiO₂膜である。SiO₂膜のプリカーサはTEOS (Tetraethoxysilane)、成膜温度は400°C、成膜後の膜の組成比(atomic%)はSi 31.6%, O 63.6%, H 2.8%, C 1.9%である。

まず、排気バルブを閉じた密閉チャンバに様々な混合比のHF/CH₃OH混合ガスを導入し、平衡状態に達したときのチャンバ圧力を計測した。チャンバ温度は-20°C、ガス導入前のチャンバ圧力は1 Pa、導入ガスの総流量は1.0 L/minである。単体ガス (HFガスのみ、またはCH₃OHガスのみ) を導入した場合、時間経過とともに圧力は単調増加する。一方、HF/CH₃OH混合ガスを導入した場合、ある圧力まで上昇した後、飽和した。このときウェハ上で混合ガスが凝集したため、平衡状態になっていると考えられる。Figure 2に飽和圧力のHF/CH₃OH比依存性を示す。HF比率が50%の時にもっとも凝集しやすいことがわかる。

次に飽和圧力に到達する時間とエッチング開始時間の関係を調べた。Figure 3はHF比率50%混合ガスについて総流量1.0 L/min導入時の圧力推移と、同条件でSiO₂サンプルを処理したときのエッチング量の時間依存性である。飽和到達時間は約8 sであるのに対し、エッチング開始時間は16.5 sである。Figure 4は総流量0.4 L/minの結果である。総流量を下げたことで昇圧速度が遅くなり、飽和到達時間は約18 sとなった。エッチング開始時間も遅くなり32.6 sであった。これらの結果から、混合ガスがウェハ上で凝集した後に、SiO₂のエッチングが始まっていることがわかった。

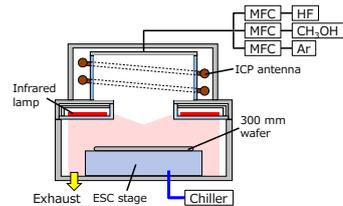


Fig. 1 Dry Chemical Removal tool.

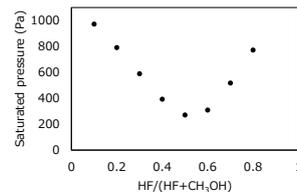


Fig. 2 HF-CH₃OH ratio dependence of saturated chamber pressure after mixture gas introduction.

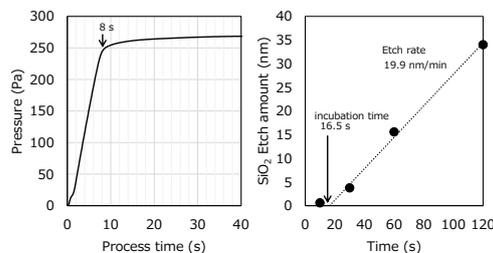


Fig. 3 Closed chamber pressure trend and etch time dependence of SiO₂ etching amounts with 1.0 L/min of HF/CH₃OH mixture gas.

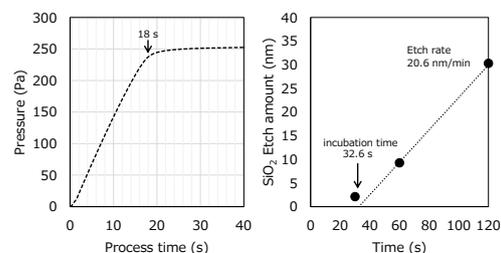


Fig. 4 Closed chamber pressure trends and etch time dependence of SiO₂ etching amounts with 0.4 L/min of HF/CH₃OH mixture gas.

[1] T. Hattori, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **62**, S11001 (2023). [2] C. S. Lee, *et al.*, J. Electrochem. Soc. Vol. 143, pp. 1099-1103 (1996)