

TMAHによるSiのウェットエッチング —マイクロシステムの開発—

江田善昭・関慶福
生産技術部

Wet etching of Si in TMAH —Development of Micro System—

Yoshiaki EDA, Kyong-bok Min
Production Engineering Division

要旨

水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液(TMAH)によるSiのウェットエッチングについて検討した。エッチング速度は 0.45 $\mu\text{m}/\text{min}$ であった。平坦なエッチング面が得られ、エッチング角 (54.2°) は理論値(55°)と一致した。

1. 序論

センターでは、1996年から開発してきたTiNi形状記憶合金薄膜を用いて現在100 μm オーダーの保護素子の形状作製に成功しており、形状記憶合金薄膜駆動型ブレーカとして特許出願(特開2004-119142)している。本技術シーズを、「マイクロシステム」として製品化・事業化への展開に繋げるべく「目に見える技術」とする取り組みを行っている。今回、ウェットエッチング実験装置の構築及び、シリコンウェハエッチングレートの把握を行ったので報告する。

水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液(TMAH)は比較的毒性が低く、Si/SiO₂エッチング選択比が高いため、Si用エッチャント(エッチング液)として広く利用されている。またKやNaのような金属イオンを含まないため、半導体プロセスとのフィッティングに優れている。

SiはTMAH中では次式の化学反応が起き、水溶性のケイ酸イオンとなる。Si表面で水素ガスの発生を伴ってシリコンのエッチングが進行する。すなわち、Siが水溶性のケイ酸イオン(SiO₃²⁻)となり水溶媒(エッチャント)に溶解する。⁽¹⁾



2. 実験

2.1 パターニング

パターニングはフォトリソグラフィにより行った。マスクとしてガラス乾板を、フォトレジストとして東京応化のネガ型レジストOMR-83を用いた。基板にレジストをス

ピンコーティングにより塗布した。レジストを塗布した基板にマスクを挟んで紫外線照射してパターニングした。

2.2 ウェットエッチング

エッチャント調整用の試薬は全て和光純薬の特級相当のグレードを用いた。

SiO₂エッチャントとして緩衝フッ酸(BHF)を使用した。BHFは40%フッ化アンモニウム水溶液:48%ふっ化水素酸を体積比5:1で混合して調製した。

Siエッチャントとして25%テトラメチルアンモニウムヒドロキシド溶液(和光純薬、精密分析用)をそのまま用いた。

Fig.1にSiエッチング装置の模式図を、Fig.2に同装置の写真を示す。エッチング槽としてガラス製の三口セパラブルビーカーを用いた。エッチングはエッチャント中にテフロンコーティング熱電対(温度センサ)、テフロン製試料ホルダーを入れ、攪拌を加え、 $\pm 1^\circ\text{C}$ に制御した。エッチング温度は $90 \pm 1^\circ\text{C}$ とし、温度調節器とリボンヒーター(Fig.1には非表示)の組み合わせで側面から加熱・調節した。ゴムロート冷却管によりエッチャントからの蒸気を還流させ、エッチャントの蒸発・濃縮を抑制した。

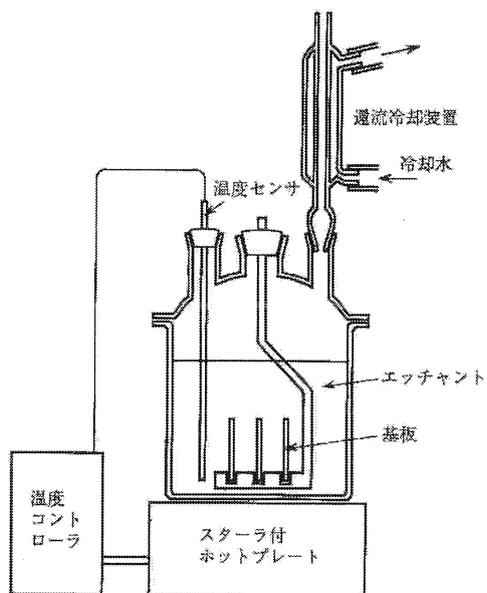


Fig.1 Experimental setup for wet etching of Si

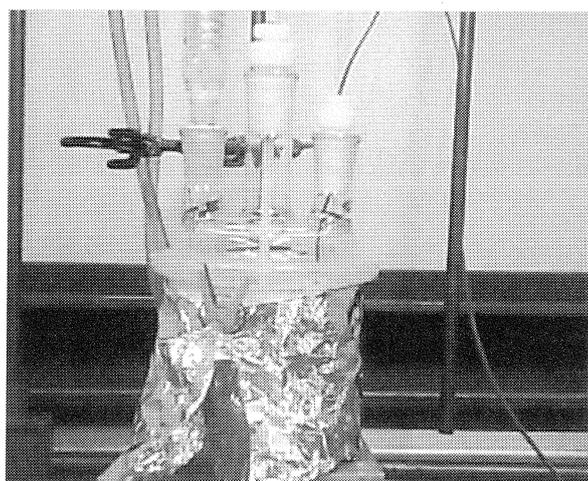


Fig.2 Experimental setup for wet etching of Si

基板として非ドーパ型酸化膜付きシリコンウェーハ (Si(100) 2 インチφ, 200 μm 厚, 0.5 μm 酸化膜) を使用した。エッチング深さは接触式段差計により求めた。エッチング面は、走査電子顕微鏡観察により評価した。

3. 結果・考察

3.1 エッチング速度

Fig.3 にエッチング深さとエッチング時間の関係を示す。原点を通る良好な直線性が得られた。この直線の傾きがエッチング速度に相当する。求めたエッチング速度は 0.45 μm/min であった。

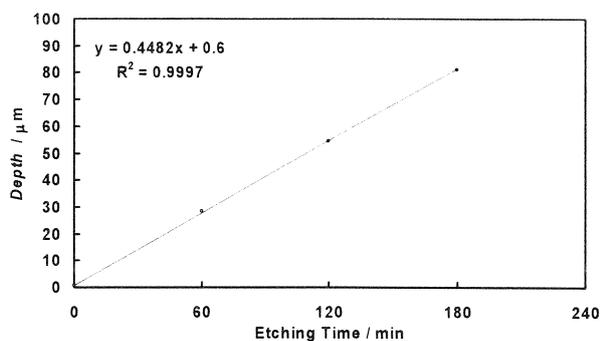


Fig.3 Relation between etching depth and etching time in the case of wet etching of Si in TMAH.

3.2 SEMによるエッチング観察

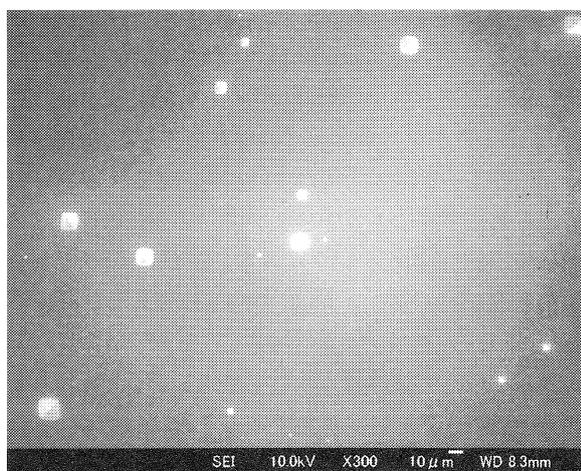


Fig.4 Scanning electron micrograph of the etched face of Si.

Fig.4 は SEM で真上から見たエッチング面である。大部分は平坦なエッチング面が得られたが、所々にマイクロメートルオーダーのピラミッド状の構造物 (マイクロピラミッド) が見られた。

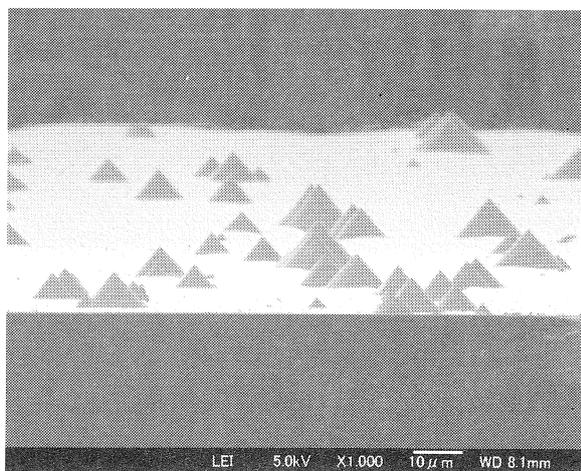


Fig.5 Scanning electron micrograph of micro-pyramids on the etched face of Si.

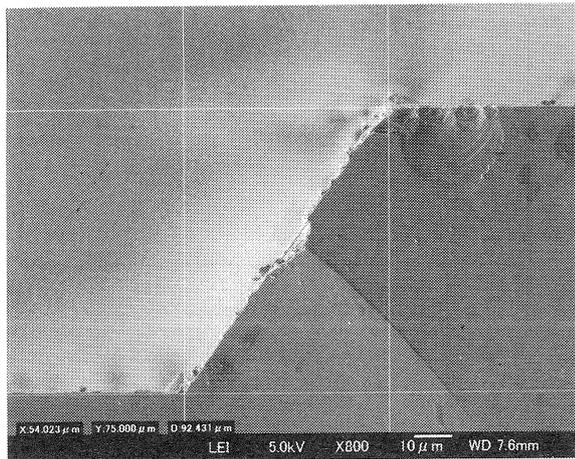


Fig.6 Scanning electron micrograph of the profile of a Si wafer etched in TMAH.

Fig.5 はマイクロピラミッドの鳥瞰図である。TMAH による Si のエッチングは異方性エッチングである。つまり全ての方向に平等にエッチングが進行するわけではなく、Si (100)に対するエッチングは速く、Si (111)に対するエッチングは遅い。エッチングは (100)面に対して垂直に進行するが、「崖」に相当する面 (境界) は垂直ではなく、(111)面が傾斜を持って溶け残る。上で述べたマイクロピラミッドの面も (111)面の溶け残りであると考えられる。Fig. 6 はエッチングにより形成した崖に相当する部分の断面図である。理論的に (100)面と (111)面は 55° で交差する。Fig. 6 よりエッチング角を逆三角関数を使って求めることが出来る。Fig. 6 より求めたエッチング角は 54.2° となり、理論値と一致した。

参考文献

- (1) H. Seidel et al., J of Electrochemical Soc., 137, 3612 (1990)