

p 型 SiC の電気化学エッチングにおける酸化物除去過程についての考察

Consideration of oxide removal process in electrochemical etching of p-SiC

〇榎園 太郎¹、木本 恒暢¹、須田 淳¹(1.京大工)

〇Taro Enokizono¹, Tsunenobu Kimoto¹, Jun Suda¹(1.Kyoto Univ.,)

E-mail: enokizono@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

ワイドバンドギャップ半導体である SiC は、高温、高圧、腐食性環境などの厳環境でも動作可能な新たな MEMS デバイス材料として注目されている。MEMS 作製には選択エッチングが不可欠であり、p-SiC と n-SiC 選択エッチング手法として電気化学エッチング(EC エッチング)がある。これは、HF や KOH 水溶液などの電解液中で、電解液に対して p-SiC に正の電圧を印加することで、SiC/電解液界面に正孔を供給、SiC を酸化し、生成された酸化物(SiO_x)を電解液で除去するという原理に基づく。この時、n-SiC には正孔が存在しないため、エッチングされず、選択性が得られる。MEMS 作製のための EC エッチングには、均一なエッチングや、エッチングの異方性制御などが要請され、その実現には反応メカニズムの理解が重要と考えた。そこで今回、一定電流を流した EC エッチング中の印加電圧の変化に注目することで、その時の反応について考察したので報告する。

試料として p 型 4H-SiC(0001)_{Si} 面 8°オフ基板を用いた。KOH 水溶液(1.1 wt%)を電解液として用い、試料表面の一部が水溶液に触れるようにした。その後、p-SiC 裏面に形成したオーミック電極と水溶液中の白金電極の間に一定電流(0.05 mA/mm^2)を流し、EC エッチングを行った。水溶液の温度としては 35、50、80°C の 3 条件で実験を行った。エッチングレートは、どの温度でもほぼ一定で 0.9 nm/s 程度であった。

エッチング開始直後からの定電流源の出力電圧の時間変化を図 1 に示す。80°C では電圧が一定なのに対して、35、50°C では時間とともに電圧が上昇していることがわかる。電圧が上昇するのは、低温の KOH 水溶液では酸化物の溶解(除去)速度が小さいために、SiC 表面に酸化物が蓄積し、電流が流れにくくなるためだと予想した。そこで、KOH 水溶液のウェットエッチングによる SiO_2 熱酸化膜のエッチングレートを調べた。その温度依存性を図 2 に示す。35°C での熱酸化膜のエッチングレートは、約 10^{-3} nm/s と EC エッチングのエッチングレートである 0.9 nm/s より格段に小さい。電気化学反応により形成された酸化物は、熱酸化膜に比べエッチングされやすいことを考慮しても、 0.9 nm/s より小さいと考えられる。

一方、80°C では酸化膜のエッチングレートは 35°C の時の 40 倍程度と大きな値であり、予想を支持する結果が得られた。

この予想が正しいとすると、EC エッチング中に電流を流すのを一時中断すれば、酸化物の新たな生成反応は起こらない一方、蓄積した酸化物は電流の有無にかかわらず電解液により除去されるため、エッチング表面が元の SiC の状態に戻る。その後、再び電流を流し始めると、図 1 のように低い電圧から同じように上昇していくと考えた。そこで、図 1 の時と同じ条件で EC エッチングを行い、電流休止時間をさまざまに変化させ、休止後の EC エッチング再開後の電圧の変化量を調べた。電流休止時間を徐々に増やしていくと、電圧の変化量はそれに応じて大きくなり、35°C の時は約 140 s を越えるとはほぼ一定となった。また、50°C の時は、約 100 s を越えるとはほぼ一定となった。これは、蓄積した酸化物が、これらの時間後にはすべて除去されたことに対応すると考えられる。

以上より、MEMS 作製のための EC エッチングの条件検討においては、電流密度や水溶液の種類、濃度、温度などをそれぞれ適切な値に設定することで、酸化物の生成と除去の速度を適切に制御することが必要だと考えられる。

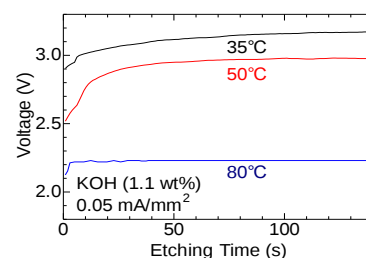


図 1: EC エッチング中の電流源出力電圧の時間変化

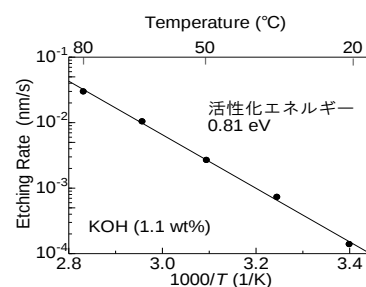


図 2: KOH 水溶液による SiO_2 のウェットエッチングレート