

ウェットエッチング加工のグリーンプロセス研究（2）

〔研究代表者〕 田中 浩（工学部機械学科）

研究成果の概要

持続可能な社会に即した地球環境にやさしいプロセスが必要と考え、数%以下の極低濃度液で加工できるエッチングプロセスを研究中である。我々は従来事例が少ない1 wt% KOH（水酸化カリウム）水溶液を用いたときのエッチング加工特性把握と実用化への対応を進めている。低濃度液では、過去の研究データよりマイクロピラミッドが発生し、加工面が荒れるという問題も把握されている。昨年度は攪拌回転数依存性について調査した。今回は、エッチング領域の面積依存性（マスクパターンサイズ依存性）について調査した。これは、液濃度が薄いことにより考えられる反応種不足や反応で発生する気泡の影響等を検討するための基礎データとなるものである。実験の結果、高濃度（30 wt%）KOH 水溶液ではエッチング速度のマスクパターンサイズ依存性はなかったが、1 wt% KOH 水溶液では、サイズが小さいほどエッチング速度が低下した。1 wt% KOH 水溶液ではエッチング底面にマイクロピラミッドが高密度に発生したが、SiO₂ 膜の片持ち梁自立構造体を作製できた。

研究分野：生産加工，マイクロ加工，表面処理

キーワード：グリーンプロセス，ウェットエッチング，アルカリ水溶液，シリコン

1. 研究開始当初の背景

MEMS（微小電気機械システム）の主役の一つであるシリコンセンサの基本加工技術が結晶異方性ウェットエッチングである。現在は量産工程も確立しているが、平滑で安定した加工速度を得られる高温・高濃度アルカリエッチング条件が使われている。

今後は、次ステップとして持続可能な社会に即した地球環境にやさしいプロセスが必要と考え、数%以下の極低濃度液で加工できるエッチングプロセスを持続的に検討中である。

2. 研究の目的

低濃度アルカリエッチング液での加工特性の研究は5wt%程度までは研究事例が多い。ウェットエッチング加工においては反応種となるイオンが加工材料に接触し、そこで反応が起き発生した反応生成物が対流によって加工材料から流離することによって加工が進んでいく。そのため理論的には5wt%以下の濃度でも反応種があり限り加工を行うことは可能であると考えられる。

また、低濃度液では過去の研究データよりマイクロピラ

ミッドが発生し、加工面が荒れるという問題もある。

我々は従来事例が少ない1 wt% KOH（水酸化カリウム）水溶液を用いたときにエッチング加工が可能か検討を進めている。

今回はエッチング領域の面積依存性（マスクパターンサイズ依存性）について調査した。これは、液濃度が薄いことにより考えられる反応種不足や反応で発生する気泡の影響等を検討するための基礎データとなるものである。

3. 研究の方法

Si（100）面ウエハ（p型, 1-100Ωcm）を、1cm角のチップにしたものを試料とした。エッチングマスク膜として熱SiO₂膜（1 μm）を用いた。種々のサイズの正方形エッチングパターン、及びSiO₂膜自立構造体を作製するパターンをウエハ上に形成した。

正方形パターンサイズは、一辺100, 200, 500, 1000, 及び1500 μmとした。また、熱SiO₂膜自立構造体に関しては、図1に示すようなエッチングパターン例を使用し、片持ちのSiO₂梁の作製を試みた。表面外観は、レーザ顕微鏡・FE-SEMにより観察した。

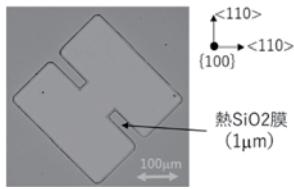


図1 SiO₂ 薄膜自立構造体作製マスクパターン

4. 研究成果

図2に、エッチング温度 50℃, 80℃, 及び 95℃でのエッチング速度のマスクパターンサイズ依存性を示す。今回、横軸をエッチングされるマスク開口面積として対数で表示した。各温度共に、エッチング面積が小さいほどエッチング速度が低下する傾向となることがわかった。エッチング面積が 1 mm² 以上では、特に高温側 (80℃及び 95℃) でエッチング速度のばらつきが大きくなった。また、エッチング温度 95℃でのエッチング速度は、80℃のエッチング速度よりも低くなる傾向となった。

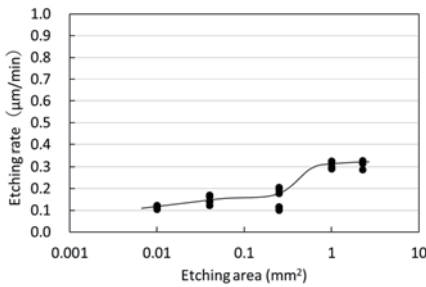


図2 (a) エッチング速度のエッチング面積依存性 (1 wt% KOH 水溶液、エッチング温度 50℃)

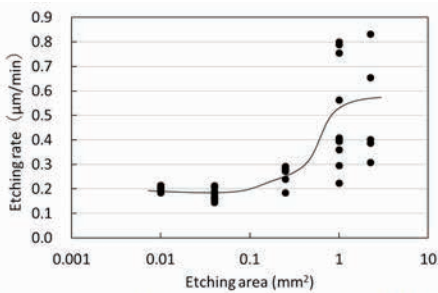


図2 (b) エッチング速度のエッチング面積依存性 (1 wt% KOH 水溶液、エッチング温度 80℃)

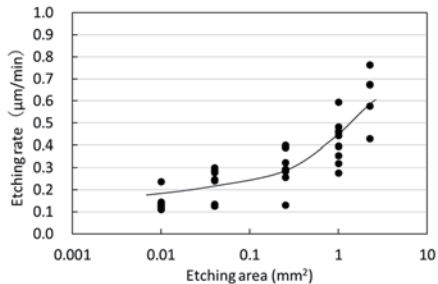


図2 (c) エッチング速度のエッチング面積依存性 (1 wt% KOH 水溶液、エッチング温度 95℃)

また、図3に、30 wt% KOH 水溶液中でのエッチング速度のマスクパターンサイズ依存性を示す。30 wt% KOH 水溶液では、エッチング面積が 0.01 mm² (正方形パターン寸法 100 μm 角) 以上で、エッチング速度にはサイズ依存性がないことが確認できた。

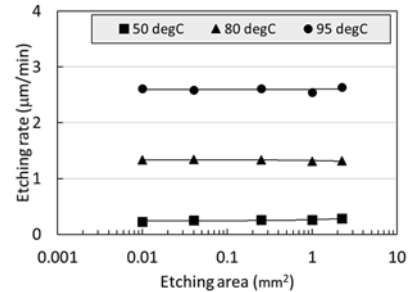


図3 30 wt% KOH 水溶液中でのエッチング速度のエッチング面積依存性

上記の現象は、極低濃度と高濃度 KOH 水溶液のエッチング現象の違いを明確に表していると考えられる。高濃度では反応種が多く、その反応過程は反応律速であるが、極低濃度では反応種が少なく、その反応過程は拡散律速と考えられる。また、エッチングで発生する水素気泡で加速される液の自然対流の影響が大きくなると考えられ、このことがエッチング速度のマスクパターン寸法依存性が大きくし、かつ速度のばらつきが大きくしている原因と思われる。

図4は、1 wt% KOH 水溶液を用いて、図1に示したパターンを用いて、65℃で 360 min エッチングした後のエッチング部観察結果である。予め基板表面に形成した厚さ 1 μm の SiO₂ 膜で梁状の自立構造体を形成できることを確認した。

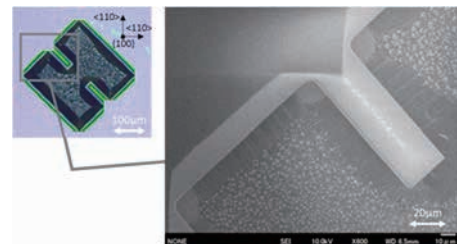


図4 1 wt% KOH 水溶液によるエッチングにより製作した SiO₂ 薄膜自立構造体 (65℃, 360min)

5. 本研究に関する発表

(1) ”極低濃度 KOH 水溶液を用いたシリコン異方性ウェットエッチング特性とこれを利用した SiO₂ 薄膜自立構造体の製作”, 第35回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, (2018).