

極低濃度アルカリ水溶液によるシリコンウエットエッチング加工特性

[研究代表者] 田中 浩 (工学部機械学科)

研究成果の概要

地球環境に配慮したスマートな加工プロセスが求められている。現在、数%以下の極低濃度アルカリ水溶液で加工できるシリコン単結晶エッチングプロセスを検討中であり、今後のデジタル化社会に不可欠な MEMS 製造に貢献できると考えている。低濃度アルカリ水溶液では、過去の研究データによれば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が見出されているが詳細なデータはない。これまで、研究代表者らは 1wt%KOH (水酸化カリウム) 水溶液など、低濃度液を用いたエッチング特性を持続的に調査しており、先回はエッチング液の攪拌の影響を報告した。今回は、さらに 1wt%KOH 水溶液での加工特性のエッチング温度依存性およびマスクパターンサイズ依存性を調査した。その結果、どのマスクパターン寸法においてもエッチング温度が高温になるとエッチング速度が低下する現象が生じることがわかり、低濃度液に特有なエッチング加工特性について把握できたので報告する。

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, ウエットエッチング, 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エ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研究中である。

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%程度までは報告されている。ウエ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。

先回はエッチング液の攪拌の影響を報告した。今回は、

さらに 1wt%KOH 水溶液での加工特性のエッチング温度依存性およびマスクパターンサイズ依存性を調査し、極低濃度液でのエッチング現象を把握することを目的とした。

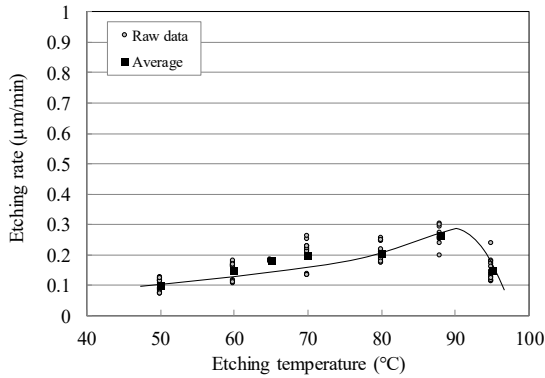
3. 研究の方法

1mm 程度のエッチングパターンが形成された Si (100) 面のウエハを、1cm 角のチップにしたものを試料とした。1wt%KOH 水溶液を用い、エッチング温度を 50~95°C、エッチングマスクは正方形として、一片が 200 と 1000 μm の寸法について調査した。攪拌はマグネティックスターラーを利用し、中心に渦ができない程度に調整し、一定とした。表面外観は、レーザ顕微鏡より観察した。

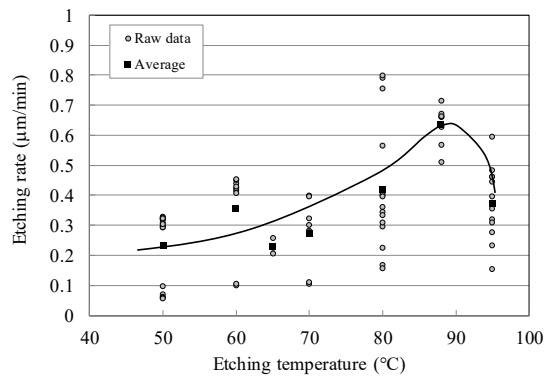
4. 研究成果

図 1 にマスクパターン寸法の一片が 200 μm および 1000 μm の時のエッチング速度のエッチング温度依存性を示す。まず、マスクパターン寸法が小さい時は各エッチング温度でのエッチング速度のばらつきは小さかったが、マスクパターンが mm オーダになると、同じ温度でも大きくばらつくことがわかった。次に、各エッチング温度でのエッチング速度の平均値をとり、エッチング速度の温度依

存性を見てみると、エッチング温度 88℃までは温度と共にエッチング速度は増加傾向にあるが、95℃にはエッチング速度が低下してしまう傾向となることがわかった。



(a) 正方形マスク 1 辺 200 μm でのエッチング速度



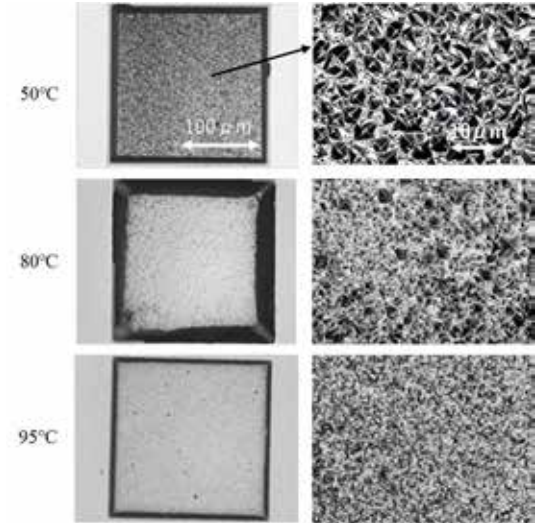
(b) 正方形マスク 1 辺 1000 μm でのエッチング速度

図 1 エッチング速度のエッチング温度依存性

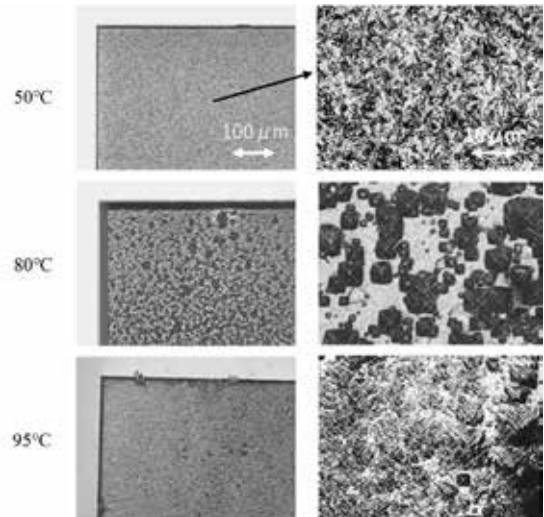
図 2 は、マスクパターン寸法の一片が 200 μm および 1000 μm の時のエッチング表面の外観写真(エッチング温度 50,80 および 95℃)である。すべてのエッチング表面で、マイクロピラミッドが発生した。拡大観察してみると、50 および 80℃のエッチング表面では、マイクロピラミッドの間に平らな部分が発生していたのに対し、95℃のエッチング表面ではマスク寸法に関わらず、マイクロピラミッドの密度が高く、平らな部分が観察されなかった。

上記原因を考察する。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る限り加工を行うことは可能であるが、マスク寸法が大きくなると局部的に反応種が不足して、エッチング速度にムラが生じるのではと考えられる。また、95℃の高温では、エッチング反応が激しいため、反応で発生する水素も大量に発生する。マイク

ロピラミッドは、発生した水素がマイクロマスクとなって生じると考えられており、95℃の高温ではマイクロピラミッドが密に生じ、平らな面が現れない。加えて、マイクロピラミッドの側面はエッチングが進みにくいために、95℃の高温ではエッチング速度が低下したと考えられる。



(a) 正方形マスク 1 辺 200 μm でのエッチング表面



(b) 正方形マスク 1 辺 1000 μm でのエッチング表面

図 2 エッチング表面外観

5. 本研究に関する発表

- (1) “2.38 wt.%TMAH 水溶液による Si {100} 異方性ウェットエッチング加工特性”, 表面技術協会第 143 回講演大会, オンライン, (2021.3)
- (2), “低濃度アルカリ水溶液の液滴を用いた局所・平滑エッチング”, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第 42 回研究会, オンライン, (2020.10)