

ウエットエッチング加工のグリーンプロセス研究

[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。今回従来事例が少ない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把握されている。そこで、今回、特に、Si(100)結晶面のエッチング表面について、液の攪拌の影響を調査した。その結果、1wt%KOH 水溶液、70℃にて、攪拌回転数を変えてエッチング表面形態の変化を調べた結果、攪拌回転数が小さい時にはピラミッド状の凹凸がエッチング面全面に現れたが、攪拌回転数を大きくするとピラミッド状の凹凸が消滅する傾向となることが確認された。これら実験結果から低濃度液に特有なエッチング加工特性が現れることがわかってきた。

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。

今回従来事例が少ない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た。

特に、今回はエッチング時の攪拌の影響について調査した。低濃度では反応種が乏しくなり、エッチングが進まなくなってしまうことが考えられ、攪拌によるエッチング加工表面への影響を把握する必要があると考えた。

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。1 wt% KOH 水溶液を $70 \pm 1^\circ\text{C}$ とし、低回転～高回転によるエッチング加工表面外観について調査した。

攪拌はマグネティックスターラーを利用した。磁石入りの攪拌治具に、試料チップを取り付け、攪拌治具の回転数を変化させた。

表面外観は、レーザ顕微鏡・FE-SEM により観察した。

4. 研究成果

攪拌回転数を変えて、エッチング加工表面について観察した結果、攪拌回転数が小さい時にはピラミッド状の凹凸がエッチング面全面に現れた。ピラミッド状の凹凸の大きさは、大きいもので $10\mu\text{m}$ 程度、小さいものはサブミクロンのオーダーであった。図1にFE-SEMによる観察写真を示す。

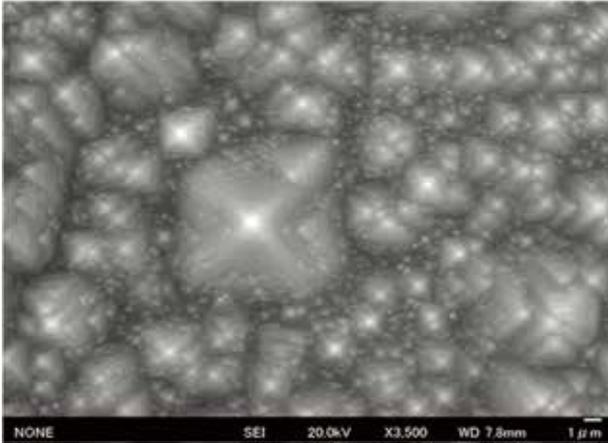


図1 低回転数（35 rpm）攪拌でのエッチング表面外観（3500倍で観察）

一方、攪拌回転数を大きくするとピラミッド状の凹凸が消滅する傾向となることが確認された。四角錘状の形状が崩れると共に、微小なだらかな凹凸の形態が観察された（図2）。

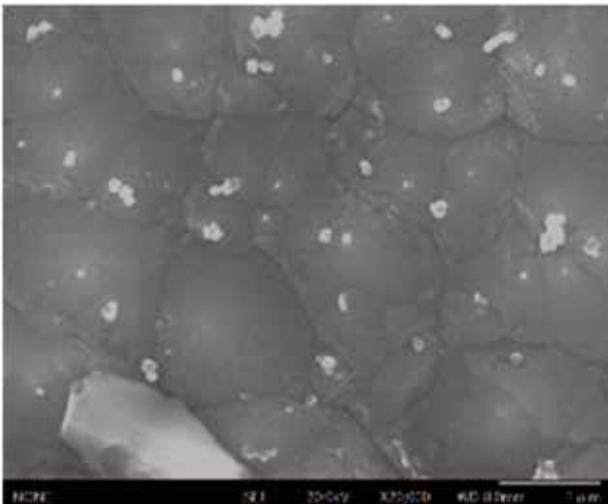


図2 高回転数（212 rpm）でのエッチング表面外観（20000倍で観察）

これら実験結果から低濃度液に特有なエッチング加工特性が現れることがわかってきた。更に、エッチング速度やエッチング形状に与える影響を把握し、極低濃度アルカリ液でのプロセス構築を行っていく。

5. 本研究に関する発表

- (1) “MEMS 製作のためのエッチング加工の動向（シリコンを例として）”, 表面技術, Vol. 68 Issue 7, (2017), p379-386.
- (2) “Si (100) and (110) etching properties in 5, 15, 30 and 48 wt% KOH aqueous solution containing Triton-X-100”, Microsystem Technologies, Vol. 23, Issue12, (2017), p.5343-5350.
- (3) “Si の減圧下による液滴ウエットエッチング加工特性”, 2017 年度精密工学会東北支部講演会,
- (4) “レーザーマーキングによるマスクパターンを使用した Si ウエットエッチング加工の検討”, 2017 年度精密工学会東北支部講演会