ガラスのナノ・マイクロ加工における表面特性への加工方法の影響

Effect of micro/nano fabrication processes on glass surface characteristics

○古賀 洋介 (慶大) 正 佐藤 洋平 (慶大) 正 菱田 公一 (慶大) 正 三木 則尚 (慶大)

Yosuke Koga, Keio University
Yohei Sato, Keio University
Koichi Hishida, Keio University
Norihsa Miki, Keio University

Research of biochemical analysis system using micro/nano flow channel and fluid device has been ongoing actively. In micro/nano flow channel, effect of surface condition is larger than that of normal scale. Thus, physical or chemical characteristics such as surface roughness, zeta potential largely affect a system. In this paper, we used hydrofluoric acid to etch glass surface. We measured the relation between time and etching depth, and successfully indicated the relation between etching depth and surface roughness or zeta potential.

Key Words: Liquid Solid Interface, Surface Roughness, Etching, Zeta Potential

1. 緒言

近年、ナノ・マイクロ流路・流体素子を用いた生化学分析システムの研究が盛んに行われている。ナノ・マイクロ流路においては、従来のスケールと比較し表面の影響が大きくなる。そのため、表面粗さやゼータ電位など、表面の物理的、化学的な特性が系に大きく影響する。このようなマイクロ流体デバイスの材料としては主にガラスが使われている。フッ酸を用いた化学ウェットエッチングが主な手法であったが、プラズマドライエッチングや、機械加工なども適応されてきている。ウェットエッチングの最たるものはフォトリソグラフィである。フォトリソグラフィは、半導体デバイスやMEMS分野などで現在最も利用されている微細加工技術である。この方法は、マスク作製、露光、現像プロセスによってレジスト上に微細なパターンニングを行った後、ウェットエッチングによって微細構造を形成するもので、大面積を一括でパターンニングできることから、量産性に優れた加工方法であるといえる。最小加工寸法は数百 nm と小さく、加工速度も高いが、アスペクト比 (穴径と深さ) は低く、三次元加工は不可である。ウェットエッチングの特性である等方的エッチングに対して、ドライエッチングは異方性をもつエッチング特性を得やすい。プラズマドライエッチングの一つである反応性イオンエッチングでは、試料に負電位を与え、エッチングガスをプラズマ化し、試料上に引き込むことでエッチングを行うものである。加工精度もアスペクト比も高いが、反応室内の金属電極がエッチングされて汚染や加工特性に影響を与える可能性がある。文献[1]にあるように、機械加工は古典的な加工方法ではあるが、多様な材料に対して極めて能率が良い。三次元加工が可能など自由度の高い加工を行うこともできる。しかし、固体工具による力学的加工であるため、工作物が小さくなると相対的に加工精度が低下する。よって最少加工寸法としては数 μm 程度である。本研究では、ガラスをフッ酸によってエッチングした際の時間と深度の関係を実験により求め、一定深さエッチングしたときの表面粗さとゼータ電位の関係を測定した。

2. 原理

文献[2]にあるように、ゼータ電位とは、電気的に中性な領域の電位をゼロと定義した時の、電気二重層に存在する拡散層と固定相の境界であるすべり面での電位のことを云う。固液界面に形成された電気二重層において、界面に沿った方向に電界を印加すると、電気二重層内のイオンが移動し、巨視的には溶液の移動が起こる。この流れを電気浸透流と呼ぶ。ガラス表面のゼータ電位測定では、ガラス表面の電位によって接する液体に生じる電気浸透流を利用して、Helmholtz-Smoluchowski の式を用い、ガラス表面のゼータ電位を求めた。デバイスの概略図を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 Zeta potential measurement system

3. フッ酸によるエッチング深度の検討

本研究では、ガラスのエッチング状況に応じた表面性状を評価するため、時間に応じたフッ酸のエッチング深度を求める必要がある。1.5%に希釈したフッ酸を用いて実験的に求めた結果を Fig. 2 に示す。おおよそ比例関係になることがわかった。次章で述べる表面性状の評価については、1 μm および 10 μm の深度にエッチングしたガラスを用いた。

Fig. 2 Plot of time vs. depth

4. 表面粗さとゼータ電位測定

ガラス表面に何も加工しない $0\mu\text{m}$ の深度のもの、 $1\mu\text{m}$ の深度で加工したもの、 $10\mu\text{m}$ の深度で加工したものの三種類についてそれぞれの表面粗さ（最大高さ R_z ）およびゼータ電位を計測した。その結果を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。表面粗さ、ゼータ電位ともに増加していることがわかった。尚、2 章で述べたように、ゼータ電位は電気浸透流により評価している。すなわち、表面粗さの影響により、見かけ上ゼータ電位が変化したとも考えられる。この点は今後検討をする必要があるが、電気浸透流の変化は確実に起こっているために、ナノサイズのチャネル設計において、考慮しなくてはならない。プラズマエッチング、機械加工においても表面粗さの影響があると考えられ、また特に機械加工においては残留応力の影響も予測される。

Fig. 3 Etching depth vs. R_z

Fig. 4 Etching depth vs. zeta potential

5. 結論

フッ酸エッチングした時間増加に応じて、表面粗さおよびゼータ電位はともに増加することが確認できた。今後の展望としては、ドライエッチングであるプラズマエッチングや機械加工で同様の実験を行い、表面性状の変化を評価する。評価方法もゼータ電位の他に内部残留応力の計測も行う。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(S)(21226006)の助成を受けたものである。

文献

- [1] 超精密加工編集委員会, 千野俊猛, 日刊工業新聞社, 「超精密加工の基礎と実際」, 2006.
- [2] Y. Kazoe, S. Miyakawa, N. Miki, and Y. Sato, "Fluorescence Imaging Technique of Surface Electrostatic Potential Using Evanescent Wave Illumination," Applied Physics Letters, 95 (23) 234104, 2009.