

# ドライエッチングによる微細加工技術とその応用

## —ガラスへの微細立体形状の作製—

勝又信行・山田博之・西村通喜・吉田善一

### Study on Micro Fabrication Technology by Dry Etching

—Processing of Micro Structure on Glass—

NOBUYUKI Katsumata, HIROYUKI Yamada,  
MICHYOSHI Nishimura and ZENICHI Yoshida

#### 要 旨

石英ガラスを対象物として、エッチング速度を約38nm/minとしてドライエッチングによる微細加工について検討し、次のような結果を得た。

- 1) エッチングマスクにはスパッタ成膜したアルミニウムを、加工ガスには $\text{CHF}_3$ ガスを用いた加工では、加工面にはマスクに由来すると思われる粒状のアルミニウムが付着し、加工壁面も凹凸の激しい形状を呈した。
- 2) 側面の形状を改善するためにアルミニウムをエッチングできる $\text{Cl}_2$ ガスを添加し加工した場合、 $\text{CHF}_3$ ガスの場合と比較し、壁面は滑らかになり、加工面へのアルミニウム付着物はほとんど認められなくなり、また加工面の表面粗さはおよそ $\text{Ra}2.0\text{nm}$ であった。

#### 1. はじめに

近年、環境、医療の分野における化学分析では、試料の削減、分析の高速化、多様化などが要求されるようになってきている。この取り組みの一例として、分析機器の小型化、集積化を目指した $\mu$ -TAS (micro total analysis system) と呼ばれる、微細流路による分析機器の開発が進められている。

この $\mu$ -TASを構成する材料は、主に各種樹脂やガラスであり、これらの材料に対する微細加工技術の研究が各方面で進められている。

そこで本研究では、ドライエッチング装置を用いて、化学分析機器で広く用いられている石英ガラスへの微細形状加工について検討を行った。

#### 2. 実験方法

加工試料には、 $\phi 50\text{mm}$ 、厚さ $1.2\text{mm}$ の石英ガラスを用いた。エッチングマスクは、Al膜を石英ガラス上にスパッタ装置で成膜した後、図1に示すパターンを図2に示す工程で、エッチングマスクを形成した。

ドライエッチングは、平行平板方式の反応性イオンエッチング装置 (サムコインターナショナル研究所製 RIE-200L) により行った。

ドライエッチングでは、印加する高周波出力、反応ガスとガス流量、処理圧力などがエッチング速度と加工面に影響を及ぼす主な要因である。そこで、予備実験の結

果をもとに、表1に示す加工条件を設定した。

また加工深さの測定は、表面粗さ計 (小坂研究所製) を、加工物の観察には、実体顕微鏡ならびに電子顕微鏡 (日本電子製 JXA-8900RL)、加工面の評価には光学式表面粗さ測定器 (WYKO製 TOPO3D) を使用した。

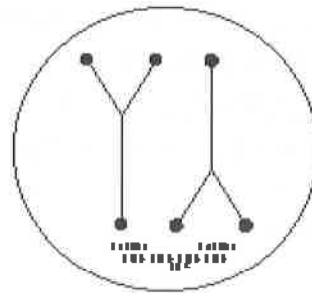


図1 パターン図案



図2 パターン作製の流れ

表1 エッチング条件

被加工物	石英ガラス ( $\phi$ 50mm, t1. 2mm)
加工ガス	CHF <sub>3</sub> : 40 (cc)
ガス流量	Cl <sub>2</sub> : 0,2,4,8 (cc)
マスク材料	Alマスク
高周波出力	200 (W)
処理圧力	2.5 (Pa)
加工時間	12時間

### 3. 結果および考察

#### 3-1 アルミ膜のエッチング方法について

アルミ膜をエッチングし、パターンを形成する方法には、ウェットエッチングとドライエッチングの二つの方法がある。このうちウェットエッチングでは、マスク材料であるAl膜のみを除去することは可能であるが、その場合、等方性エッチングの断面になるため、石英ガラスの加工断面も垂直な壁面が得られなくなってしまう。一方ドライエッチングでは、壁面をほぼ垂直に加工することが可能で、石英ガラスのエッチングにおいても、その形状が反映される。Al膜のエッチングには、Cl<sub>2</sub>ガスによるドライエッチングで行った。図4にAl膜エッチング後の石英ガラス表面を示す。図から分かるように、Al膜をエッチングした後では、石英ガラス表面が荒れた状態になる。このときの表面粗さは、Ra3nm前後、P-V50nm前後である。

#### 3-2 石英ガラスの加工

図5にCHF<sub>3</sub>ガスのみで加工したときの加工面を示す。加工面には、粒状の付着物が認められる。この付着物は、元素分析の結果、Alが主成分であることが判明した。CF系ガスの場合、Siを除去することはできるが、Alを除去することはできないため、エッチング残滓として表面に付着したと考えられる。

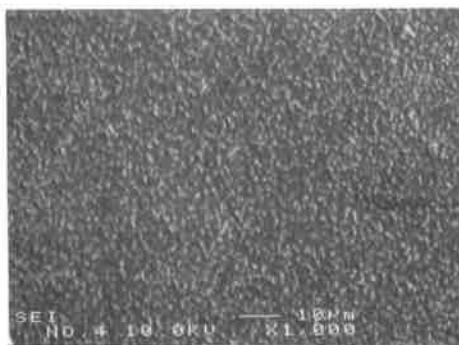


図4 マスク形成後の石英ガラス表面

また側面の状態もマスク部分の影響もあり、激しい凹凸の状態となった。

#### 3-3 加工ガス中へのCl<sub>2</sub>ガス添加の効果

アルミ膜をマスクとして、CHF<sub>3</sub>ガスで石英ガラスを加工した場合、マスク材料のスパッタもしくは再付着により、表面が荒れた状態となった。これを改善するために加工ガス中に、AlをエッチングすることができるCl<sub>2</sub>ガスを添加し、その効果について検討した。

図6に各添加量における加工後の表面を示す。

Cl<sub>2</sub>ガス添加量が2ccでは、一部に粒状の付着物が認められたが、4cc、8ccと添加量を増加させるに従い、付着物が少なくなった。また加工壁面の状態も比較的滑らかな状態へと変化した。

このときの表面粗さ測定結果を図7に示す。

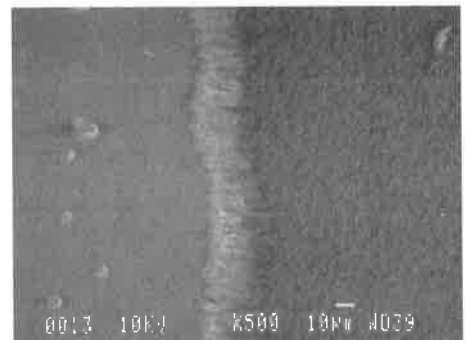
これらの結果Cl<sub>2</sub>ガス添加量を増加させるにしたい表面粗さは改善され、8cc添加した場合には、Ra2nm前後、P-V90nm程度の加工面を得られることが分かった。すなわち、加工ガス中へのCl<sub>2</sub>ガスの添加は、表面状態の改善に効果的であることが示唆された。

図8にCl<sub>2</sub>ガス添加量とエッチング速度の関係を示す。

図から分かるように、Cl<sub>2</sub>ガス添加量が0ccの時エッチング速度は約38nm/minであり、Cl<sub>2</sub>ガスを2cc添加した場



加工面



加工壁面

図5 CHF<sub>3</sub>ガスによる加工表面

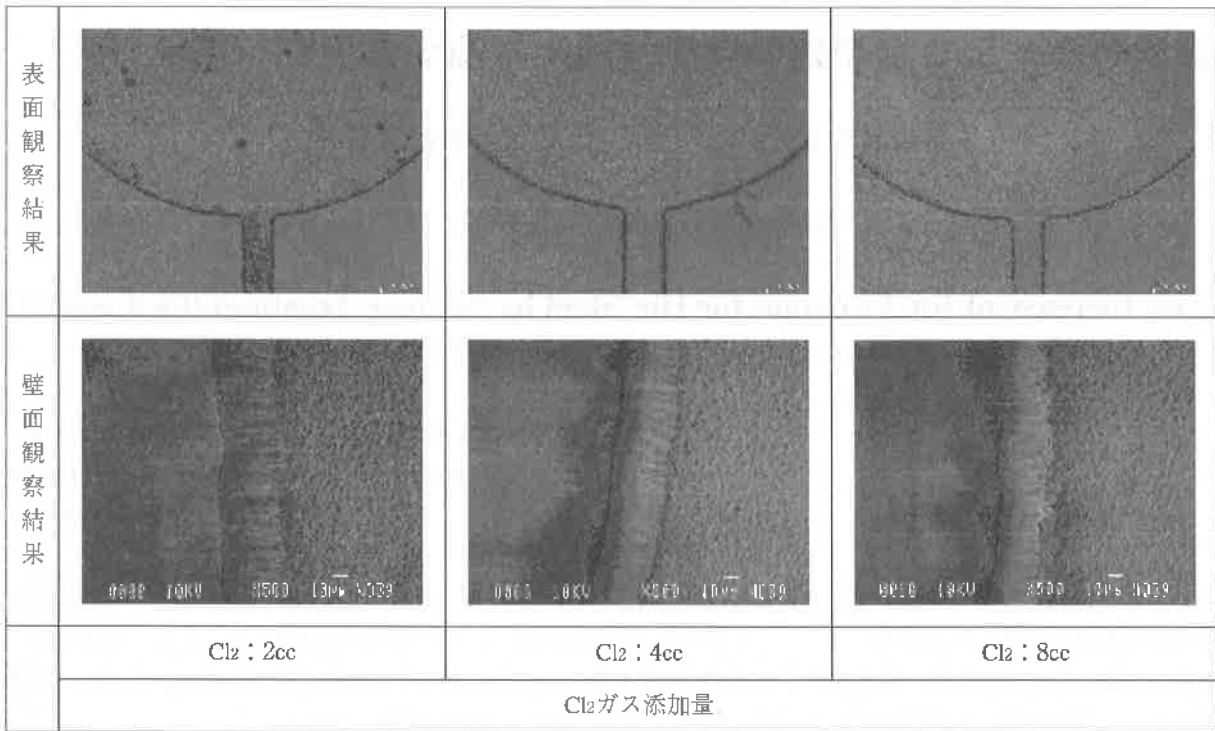


図4 マスク形成後の石英ガラス表面

合には、約42nm/minと高くなるが、それ以上の添加量では、エッチング速度は低下した。エッチング速度は、40nm/min前後であることから、目標加工量を30 $\mu$ mとした場合、加工時間は12時間程度必要である。

Cl<sub>2</sub>ガス添加量の増加に伴うエッチング速度の低下は、Cl<sub>2</sub>ガスが多くなるほど、プラズマ中でCHF<sub>3</sub>ガスが分解されて発生するFとClとが反応してFCIが生成するために、石英ガラス (SiO<sub>2</sub>) と反応するFラジカルが減少するためであると考えられる<sup>1)</sup>。

4. まとめ

エッチングマスクにAl膜を用いてドライエッチングにより石英ガラスの加工を行い、次の結果を得た。

- ・ CHF<sub>3</sub>ガスで加工した場合、加工表面にマスク材料由来するAlの残さが付着し、加工表面は荒れた状態になる。
- ・ 加工ガスにCl<sub>2</sub>ガスを添加することで、加工後の表面粗さを改善することができる。
- ・ エッチング速度はCl<sub>2</sub>ガスを過剰に添加すると低下する。

参考文献

1) 徳山 魏:半導体ドライエッチング技術, 産業図書株式会社, P127 (1992)

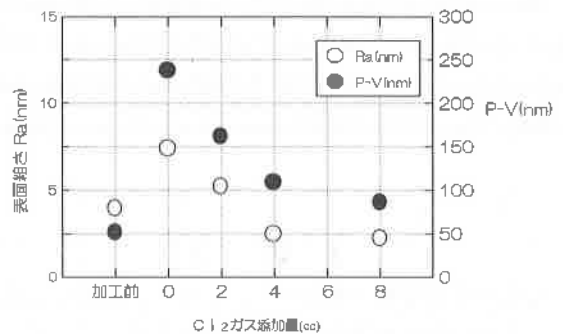


図7 Cl<sub>2</sub>ガス添加量と表面粗さの関係

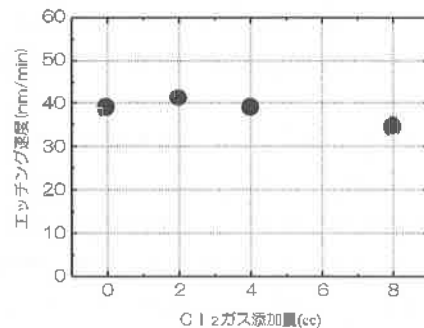


図8 Cl<sub>2</sub>ガス添加量とエッチング速度の関係