硬脆性材料のドライエッチングに関する調査研究

丸山　英樹*　山田　敏浩*　小林　泰則*　宮口　孝司*

Report of Market and Technology Trends of Dry Etching of Brittle Materials

MARUYAMA Hideki*, YAMADA Toshihiro*, KOBAYASHI Yasunori* and MIYAGUCHI Takashi*

1. 緒　言

近年，ガラスやセラミックなどの硬脆性材料の用途が広がっている。水晶も硬脆性材料の一つであり，電子産業界ではシリコンと共に広く利用されている。水晶の代表的な用途は水晶振動子などの発振デバイスで，正確な信号のやり取りを行う電子機器には必要不可欠なものである。一方で電子機器は年々高速化し，水晶振動子の発振周波数はより高くなり，正確さが要求されている。このため水晶振動子内部の水晶の素板（ブランク）を薄くすることが要求され，機械加工では困難な薄さとなりつつある。業界では水晶ブランクの周囲を厚く，中央部を薄く加工した逆メサ形状を採用することが増えている。逆メサ形状は従来の機械加工で作ることが難しく，ドライエッチングやウエットエッチングで製作していると考えられる。本研究では逆メサ形状を加工する方法の一つとして水晶のドライエッチング加工に関する調査研究を行い，県内企業に技術提供を行った。

2. 活動概要

2.1 セミナーの開催

実際に水晶などの硬脆性材料のドライエッチング装置を製作している企業から講師を招いてセミナーを開催し，県内企業に技術動向などの情報提供を行った。講演テーマ及び講演者は以下のとおりで，講演会の様子を図1に示す。参加者は10企業，2団体，計22名であった。

開催日：平成 30 年 11 月 21 日（水）

会場：中越技術支援センター研修会議室

（講演 1）「プラズマドライプロセスの加工とその応用技術」

立山マシン（株）事業推進室　人母　岳　氏

概要　MEMS 市場の拡大とプラズマエッチング装置の原理説明，同社が開発した圧電材料やプラスチック用ドライエッチング装置の加工事例の紹介

（講演 2）「IoT と微細加工技術の応用」

（株）エリオニクス　営業部 清野　悠太 氏

概要　IoTの様々な事例や必要となるセンサーの紹介，同社が供給するICPイオンエッチング装置，電子線描画装置などの紹介

聴講者のアンケート結果では金型への応用ができないか興味がある等の意見があった。

2.2 調査

2.2.1 技術動向調査

電子部品業界では，2019年にも始まる次世

図 1　講演会の様子

*　研究開発センター
レーザー・ナノテク研究室

代通信規格5Gの実現に向けて活発な動きが見られる。発振デバイスでは水晶を使わないMEMS発振器が精度を高め，存在感を高めている。水晶デバイスはMEMS発信器に対抗し小型化，高精度化，低コスト化が要求されている。

2.2.2　県内企業調査

新潟県内では水晶ブランクを自社で加工する中小企業が複数あったが，その数は減少傾向にある。年々厳しくなっている水晶の加工には設備投資が必要だが，既存設備で対応できる範囲の製品だけにするか，外注加工で対応している企業もあった。また水晶ブランクを逆メサ形状で薄くする要求を受け，対応できずに今後の製造方法を模索している企業もあった。

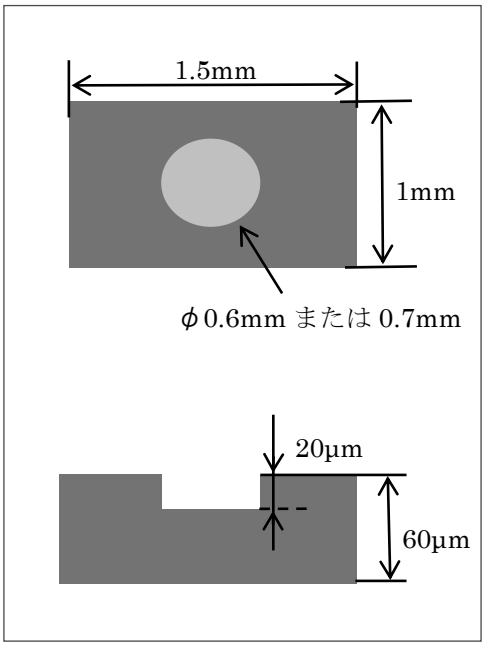

図 2　目標とした水晶ブランク形状

2.3　工業技術総合研究所の取り組み

2.3.1　水晶ブランクの加工について

水晶の逆メサ形状加工のためにフォトリソグラフィによりマスクを作製した。水晶をドライエッチングする為にはマスクに高い耐久性が必要で，1.2μmのニッケルの金属マスクをリフトオフ法により形成した。また加工形状は県内企業と打ち合わせ，図2に示す形状を作製することとし，水晶をドライエッチングで20μm加工することを目標とした。

2.3.2　水晶のドライエッチング実験

（公財)にいがた産業創造機構（NICO）のナノテク研究センターが保有するドライエッチング装置を利用して水晶のドライエッチング実験を行った。

エッチング条件について検討を重ねた結果，水晶を20μm以上加工することが出来た。

加工した水晶は下越技術支援センターの白色光干渉式非接触表面性状測定機Ametek Tarysurf CCI を用いて測定し，エッチングレート，エッチング面の表面粗さを測定した。また他機関の保有するドライエッチング装置でも同様の実験を行った。各機関で加工したウェハーの測定結果を表1に示す。表のエッチング所要時間は各装置の連続運転を考慮したもので冷却時間を含む。NICOの装置はメーカー指定のクリーニ

表 1　各機関のドライエッチングの結果

保有機関	NICO	機関A	機関B	
装置の方式	ICP 誘導結合放電方式	CCP 容量結合型誘導方式	ICP 誘導結合放電方式	
エッチングガス	CF_4,Ar,O_2	SF_6,Ar	CHF_3	CF_4
エッチングレート　(μm/min)	0.10	0.17	0.29	0.30
表面粗さRa（nm）	3	5	11	1
20μmエッチング所要時間(min)	400	150	84	82

ング時間も含む。

2.3.3　ダイシング装置による切断実験

ドライエッチングした水晶ウェハーは熱可塑性樹脂を用いてシリコンウェハーに接着し，ナノテクセンターのダイシング装置　東京精密（株）製 A-WD-110A によって水晶部を切断した。

切断後，溶剤で熱可塑性樹脂を溶かしシリコンウェハーから分離，回収した。切断後の水晶ブランクを図 3 に示す。

2.3.4　水晶ブランクの評価

作製した水晶ブランクを県内企業の協力により測定した。測定の結果，いずれの水晶ブランクの波形も振幅が小さく，スプリアスと呼ばれる目的周波数以外の発振[1)]が見られた。ドライエッチング加工自体か，あるいは作製した逆メサ形状に問題があると考えられる。そこでマスクをつけずに直径φ14mmの水晶ウェハーの全面をドライエッチングし，再度測定を行った。

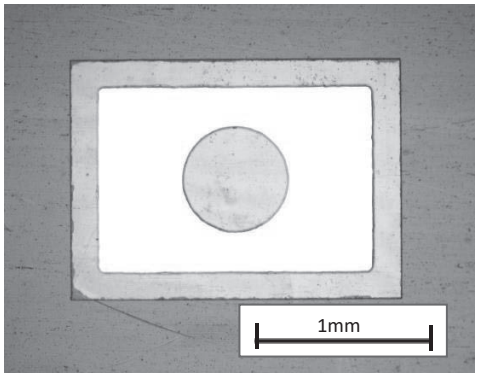

図 3　切断した水晶ブランク

この結果，全面エッチングを行った水晶では発振周波数34.75MHz で30dB以上の振幅が得られ，企業から使用できるレベルであるとの評価を得た。

これによりドライエッチング加工した水晶自体に問題が無いことを確認した。作製した水晶ブランクの発振の振幅が小さい原因は，主に振動する面が小さい為と考えられるが，実用化するためにはスプリアス発生の原因について調査し，形状や加工条件などの検討が必要である。

3.　結　　言

（1）にいがた産業創造機構ナノテク研究センターのドライエッチング装置を用いて水晶のドライエッチング加工条件を検討し，目標とした深さ20μmの加工を行った。また水晶ウェハーから切り出して水晶ブランク形状を作製した。

（2）他機関の設備でも水晶のドライエッチング加工を行い，装置による特性の違いや生産性の違いを把握した。

（3）全面をドライエッチングした水晶ウェハーでは，良好な発振を確認した。しかし逆メサ形状の水晶ブランクは振幅が小さく，スプリアスが見られた。

参考文献

1）勝亦徹, 松本健　“水晶振動子の外形加工の研究”, 工業技術, 39巻, 2017, pp55-56