

○正 峠 陸 (熊本大学大学院)

中村銀河 (熊本大学大学院)

渡邊純二 (熊本大学大学院)

1. 緒言

水晶やニオブ酸リチウムなどの誘電体は基板の共振周波数や感度が板厚に逆比例して増加するため、性能向上を目指した超薄型化加工技術が注目されている。超薄型化加工はラッピングなどの砥粒加工により行われるが、基板外周部に端面だれやクラックが発生すると、そこから破損するため超薄型化加工は実現できない。そのため、本研究では定盤の機械的性質や硬さ、また変形能(クッション性)の大きさから判断して塩化ビニール樹脂をポリッシャに選定した。その結果、基板平面度は $0.9\mu\text{m}$ 以内であり、だれやクラックの発生はほとんど認められなかった。これは定盤上に固定化された固定砥粒が軟らかく基板に作用したためであり、AFMを用いた加工面性状の詳細な観察により確認した。この塩ビ定盤を用いたポリッシングにおける被削材除去機構について報告する。

2. 実験方法

供試材はニオブ酸リチウム(直径 76.2 mm 、初期厚さ $550\mu\text{m}$)であり、加速度センサーやSAWフィルターなどに広く用いられている。超薄型化加工はラッピング・ポリッシングにより行い、加工後ダイシング加工により $5\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ あるいは $2\text{ mm}\times 0.4\text{ mm}$ のチップに切り出し、ダイシング加工終了後に接着剤を溶かしてチップとして回収した。

ラッピングおよびポリッシングにおける加工条件をTable 1に示す。使用したラップ盤は修正リング式片面ラップ盤である。なお、最終仕上げは不織布と SiO_2 を用いて、短時間に行っている。基板の厚さはデジタルマイクロメータやレーザー顕微鏡の膜厚計測機能を用いて測定した。仕上げ面粗さはWYKOを用いて測定し、表面の微細構造はAFMにより観察した。

Table 1 Lapping and polishing conditions

Lap	Cast Iron (380 mm)
Abrasive grain	GC800, GC2000, GC4000
Polisher	Polyvinyl chloride resin Nonwoven fabric
Slurry	Diamond ($0.5\mu\text{m}$, $3\mu\text{m}$) SiO_2 ($0.5\mu\text{m}$)
Oscillation stroke	35 mm (13 sec/stroke)
Lapping fluid	Grinding fluid
Rotation of Lap	$N = 60\text{ rpm}$, 90 rpm
Rotation of work	$n = 60\text{ rpm}$
Supply volume of slurry	$2.2\text{ cm}^3/\text{min}$
Pressure	11.6 kPa, 21.3 kPa

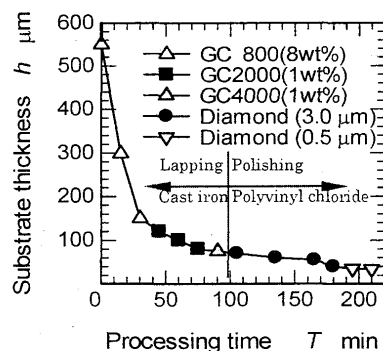


Fig. 1 Change of thickness with increasing processing time during lapping and polishing.

3. 実験結果

3.1 ラッピング・ポリッシング

Fig. 1にラッピングおよびポリッシングにおける加工時間ごとの基板厚さ変化の一例を示す。鋳鉄を用いたラッピングでは、GC砥粒による90minの加工により、厚さ $75\mu\text{m}$ とした。その後、塩化ビニール樹脂製ポリッシャによるポリッシングにより、最終的に厚さ $17\mu\text{m}$ まで加工した。Fig. 2に示すように、基板外周部近傍にはだれや欠け、割れなどが全く認められず、ニオブ酸リチウムのポリッシングには塩化ビニール樹脂の硬さや弾性率などが適していることを示している。基板全体の平面度は $0.9\mu\text{m}$ 以内である。その後、不織布とシリカ $0.5\mu\text{m}$ により5min~10min仕上げポリッシングを行い、Raを $0.3\sim 0.4\text{ nm}$ の鏡面とした。なお、塩ビより少し硬いエポキシ樹脂製ポリッシャでポリッシングすると、Fig. 3に示すように、基板外周部に細かいキズの発生が認められ、割れの起点となる。

3.2 塩ビのポリッシング加工特性

不織布や発泡ポリウレタンなどの柔らかいポリッシャは基板外周部における加工圧力が高く、長時間の加工ではだれを起こす。逆に、硬いポリッシャでは外周部に細かいキズが発生する頻度が高く、欠けの原因となる。このため、これら

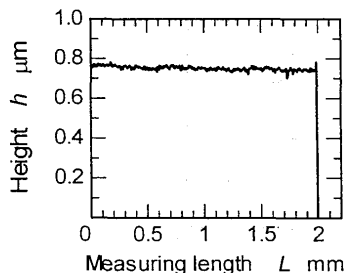


Fig. 2 Detailed profile near substrate edge after polishing.

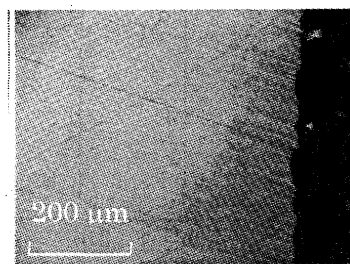


Fig. 3 Optical photograph of fine scratches around substrate

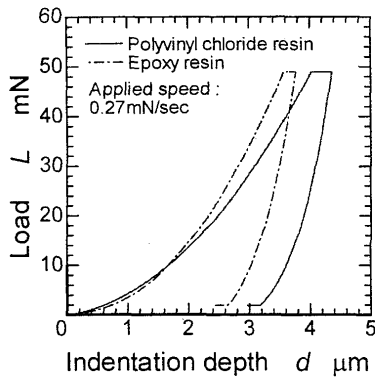


Fig. 4 Typical results of dynamic ultra micro hardness of both polishers.

の中間的な硬さを有するポリッシャの選定が望まれている。また、基板平面度の向上には、供給した砥粒が固定砥粒として被削材除去を行うことが有利であり、逆に遊離砥粒の割合が高い場合にはだれを引き起こしやすいため、そこで、上述の3.1節では砥粒を柔らかく保持できる能力、すなわちクッション性から判断して塩化ビニール樹脂をポリッシャに選定した。この塩ビのポリシング特性を、ガラス基板のポリシングに用いられているエポキシ樹脂系ポリッシャの加工特性と比較しながら調べた。

なお、Fig. 4に示す超微小膜厚硬度計の結果より、塩化ビニール樹脂の弾性率は約10%小さく、圧子保持時間内(40sec)における押し込み量(変位量)は20%大きい。すなわち、静的試験の結果からは、塩ビの方が若干軟らかいことがわかる。

Fig. 5は被削材除去に関与する固定砥粒および遊離砥粒の割合を明確にする目的で、ポリシング加工中に遊離砥粒の供給を停止し、削除率の時間変化を示したものである。砥粒は平均粒径3μmのダイヤモンド砥粒であり、いずれのポリッシャもフェーシング後30min間修正リングを用いて砥粒の固定化作業を行っている。図より、固定および遊離砥粒による削除率は約2.5 μm/minといずれのポリッシャもほぼ同じ値を示している。加工時間20minより、遊離砥粒を含まないラップ液を加えて固定砥粒のみによるポリシングを行うと、塩ビの削除率はきわめて速く減少する。一方、エポキシ樹脂系ポリッシャの削除率は漸減している。加工時間

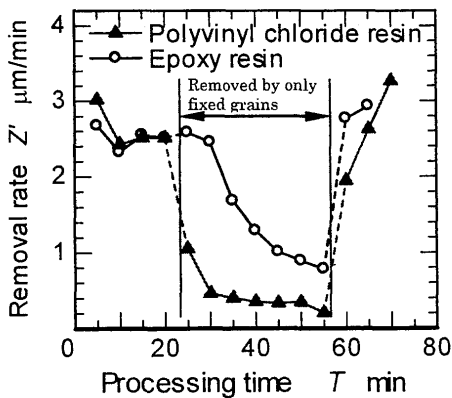


Fig. 5 Effects of fixed and loose grains on removal rate in both polishers.

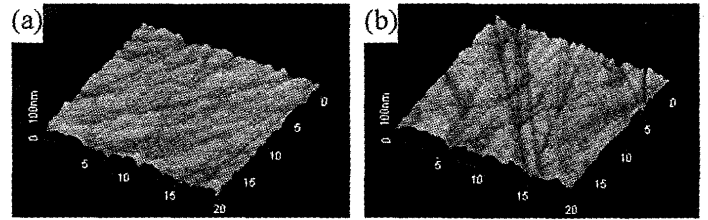


Fig. 6 Typical AFM images of substrate surface removed by fixed grains (observed area: 20 μm×20 μm)

- (a) Surface of polyvinyl chloride resin (Ra = 6.69 nm, Rz = 66.44 nm)
- (b) Surface of epoxy resin (Ra = 8.18 nm, Rz = 93.3 nm)

55minにおける仕上げ面粗さ Ra は塩ビポリッシャでは1.6 nmであり、エポキシ樹脂ポリッシャの2.2 nmに比較して小さい。これらのことから、塩ビの固定砥粒の寿命は短く、固定砥粒を保持力が弱く、軟らかく保持されていると推察される。これらのことはFig. 6に示すAFMの結果からも確認できる。

Fig. 6(a)および(b)は固定砥粒のみでの加工表面である。(a)の塩ビ製ポリッシャにおける微小な溝は浅く、Rzも小さい。これは固定砥粒が定盤に押し込まれ、砥粒突出し高さが減少したことを示している。したがって、固定砥粒周辺の塩化ビニール樹脂は大きく弾性変形し、砥粒保持力や砥粒作用力は小さいと推察できる。以上の考察をまとめたのがFig. 7である。塩化ビニールポリッシャは比較的柔らかい弾性率を生かし、高い固定砥粒密度や小さい砥粒作用力により、平面度の高い超薄型化加工が実現したと結論付けられる。

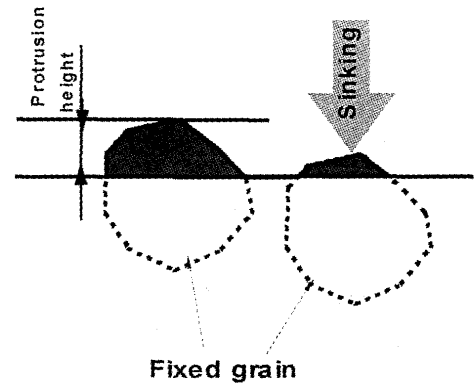


Fig. 7 Schematic drawing of fixed grain on polyvinyl chloride resin

4. 結言

精密研削およびラッピング/ポリシングにより大型誘電体基板の薄型化加工を行い、以下の結論が得られた。

- (1) 研削では厚さ50 μm、ポリシングでは厚さ17 μmまで薄く加工ができた。
- (2) 塩化ビニール樹脂ポリッシャは、高い固定砥粒密度と柔らかい弾性率により、ニオブ酸リチウムの高い平面度の実現に効果があった。
- (3) 精密ダイシング加工により、2 mm×0.4 mmおよび5 mm×5 mmのチップに切り出すことができた。