

情報機器に用いられるガラス・水晶光学部品の鏡面研削加工の研究

南部洋平* 落合一裕* 八木 進** 宇都宮 康** 池野順一*** 澁谷秀雄***

Study on Mirror Grinding of Glass / Crystal Optical Parts Used for Information Instruments

NANBU Youhei*, OCHIAI Kazuhiro*,
YAGI Susumu**, UTSUNOMIYA Yasushi**, IKENO Junichi***, SHIBUTANI Hideo***

抄録

デジタルカメラなどの情報機器には多くの光学部品が使われている。これらの部品には傷のない表面と形状精度が求められるため、研削加工の後に研磨をする必要があり、加工時間がかかっている。また、これらの光学部品は主にガラス・水晶製のものであるため、ガラス・水晶を迅速、高精度に加工する手法が求められている。

本研究では電気泳動現象を利用して、加工対象物とメカノケミカル反応を起こす微粒砥石を均一に配した EPD 砥石の量産を考慮した作製方法を検討し、ラップ盤加工に必要な量の砥石を、今までよりも短時間で作製した。量産した砥石を用いて、水晶に対してラップ盤で加工実験を行ったところ、表面粗さ、形状精度ともに、実用可能な値を得ることができた。

キーワード：電気泳動現象，EPD 砥石，メカノケミカル反応，研磨，ラップ盤

1 はじめに

デジタルカメラ、カメラ付き携帯電話、液晶プロジェクタ等の情報機器は、市場規模も大きく、現在も成長が著しい分野である。これらの情報機器にはミラー、プリズム、及びフィルターといった光学部品が多数使われている。光学部品には傷のない表面と形状精度が求められるため、研削加工の後に研磨を行っており、加工時間がかかっている。また、これらの光学部品は主にガラス・水晶製のものであるため、ガラス・水晶を迅速、高精度に加工する手法が求められている。

そこで産学官連携（(株)タナカ技研、埼玉大学、産業技術総合センター）で水晶のドライ研磨加工に挑戦し、砥石形状や加工条件について検討した。

2 研究目的

水晶に対して、乾式加工で傷の無い平坦な加工面を実現するために、EPD 砥石を用いて片面ラップ盤での加工を検討した。既報¹⁾では、ロータリー研削盤を用いて加工を行い、実用可能な表面粗さを実現することができたが、形状精度が不足であった。そこで本研究では、ラップ盤を用いて研磨加工の検討を行った。76mm × 76mm × 0.7mm の水晶に対して、平面度で、前年の結果の 4 μm P V よりも向上することを目標とする。

* 生産技術部

** (株)タナカ技研

*** 埼玉大学大学院 理工学研究科

ラップ盤での加工は、定盤と同じ大きさの砥石が必要になるため、より大面積の砥石が必要となる。そこで、実用を考慮した大面積砥石を作る方法の検討を行った。

3 実験方法

3.1 砥石作製

3.1.1 電気泳動現象

砥石を作製する方法については、電気泳動現象 (Electro Phoretic Deposition) を用いた。これは、負に帯電している微粒子を含む液中で電場を与えると、微粒子が正極に移動する現象である。この方法を用いることで、微粒子が高密度かつ均一に分布した砥石が作製できる²⁾。

3.1.2 砥粒及び結合材

砥粒には、シリカ微粒子 (粒径 $1 \mu\text{m}$) を使用した。シリカは加工対象物とメカノケミカル反応を起こすことが期待されるため、ドライでの研削が可能である。また通常の砥石より砥粒が柔らかいため脱落砥粒による傷が発生しにくく、ダメージの少ない加工ができる。そのため、この砥粒は、シリコンウエハなどの最終仕上げ研磨等に用いられている。

結合剤には、アルギン酸ナトリウムを使用した。アルギン酸ナトリウムは、保護コロイドとして帯電粒子に吸着するため、均一な結合力を砥石中に形成できる。また、結合力はあまり強固でないため、優れた自生発刃作用が期待できる^{2)~5)}。

砥石を作製する溶液の濃度は、シリカ 16.7wt %、アルギン酸ナトリウム 3.0wt %、純水 80.3wt

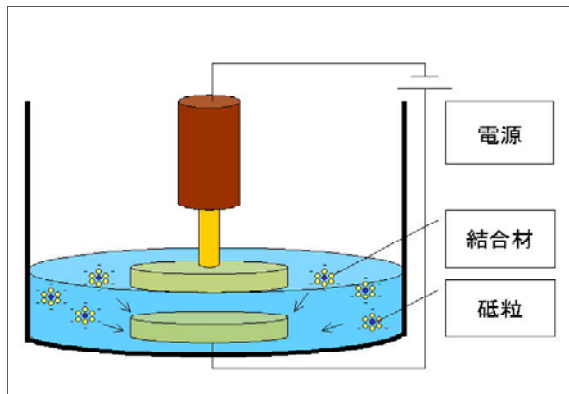


図1 電気泳動現象を利用した砥石作製方法

%として実験を行った。

3.1.3 砥石作製装置

砥石作製の構成を図1に示す。容器に、砥粒と結合材を攪拌した溶液を入れ、上側電極を負極、下側電極を正極として、円形の電極を平行に配置した。ここに電圧をかけると、正極に砥粒と結合材が集まり、堆積して砥石となる。

今年度は、砥石作製の為に、砥石作製装置を作製した。写真を図2に示す。

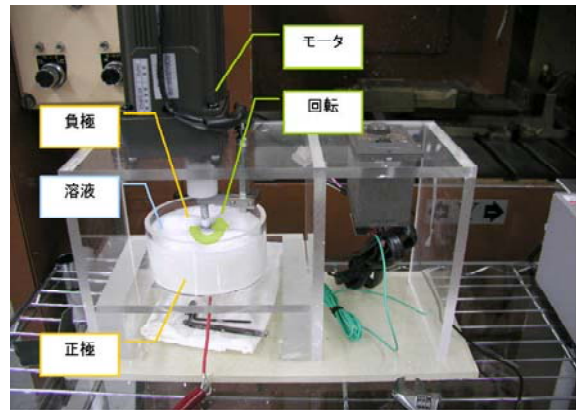


図2 砥石作製装置写真

今までは、マシニングセンタ上で溶液を攪拌し、その後砥石を作製していた。この装置を作製したことによって、小スペースで砥石が作製できるようになった。また、アクリルで作製したため、軽量化され、装置を可搬式にすることができた。

上側電極には、モーターを接続している。砥石作製時に、上側電極を回転させた。それによって、負極から発生した泡を、排除する効果が得られる。また、溶液を対流させる効果も得られる。

3.1.4 実験条件

砥石が大量に必要なため、砥石の量産化を検討する必要がある。そこで、砥石の大面積化と、砥石の複数個取りの、二つの方向で検討を進めた。

まず、砥石の大面積化の検討を行った。 $\phi 60\text{mm}$ の砥石を作製する電極を大きくし、 $\phi 80\text{mm}$ の電極を使用して砥石作製実験を行った。砥石作製条件を、表1に示す。砥石作製に電気泳動現象を用いているため、砥石作製条件として電流密度 (A / m^2) も影響することが考えられる。砥石作製条件をできるだけ同じにするため、 $\phi 60\text{mm}$ と

φ 80mm で電流密度をほぼ同じ程度になるように、条件を設定した。

表 1 砥石作製条件

電極径	φ 60mm	φ 80mm
電流	0.6A	1A
電圧	30V	30V
電流密度	212.2A/m ²	198.9A/m ²
荷電時間	40分	40分

電流密度と荷電時間を揃えたため、φ 60mm の砥石とほぼ同じ厚さの砥石ができた。作製した砥石の写真を図3に示す。また、このときの電流電圧値の変化を図4に示す。電圧値が時間に比例して上昇している。砥粒が電極に堆積し、電流が流れにくくなっているためと思われる。これは、砥石厚さと作製時間が比例していることから言える。⁵⁾



図 3 φ 80mm砥石写真

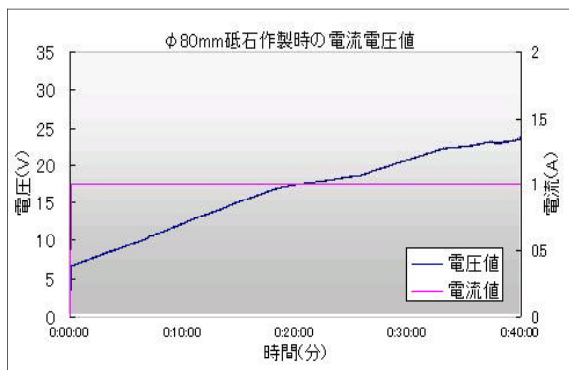


図 4 φ 80mm砥石作製時の電流電圧値

また、荷電時間 40 分の時の砥石厚さと電流密度の関係のグラフを図5に示す。電流密度が上がるとつれて、砥石の厚さが、厚くなる傾向が見られる。

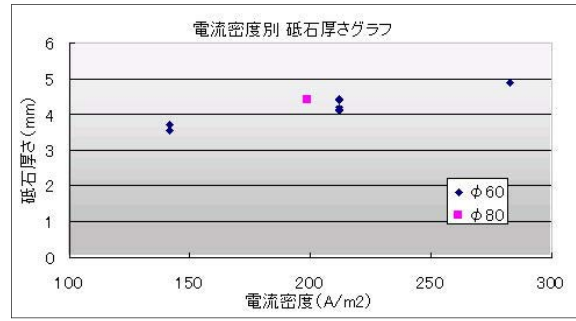


図 5 電流密度と砥石厚さの関係

続いて、φ 110mm の砥石を作製した。砥石を極力厚く作製するため、φ 80mm の作製時より高い電流値の 1.2 A で作製した。砥石作製条件を、表2に示す。電流密度を近づけることによって、φ 110mm の大きさの砥石が作製できた。作製した砥石の写真を図6に示す。また、このときの砥石作製時の電流電圧値の変化を、図7に示す。

表 2 砥石作製条件

電極径	φ 110mm
電流	1.2A
電圧	30V
電流密度	126.3A/m ²
荷電時間	60分



図 6 φ 110mm砥石写真

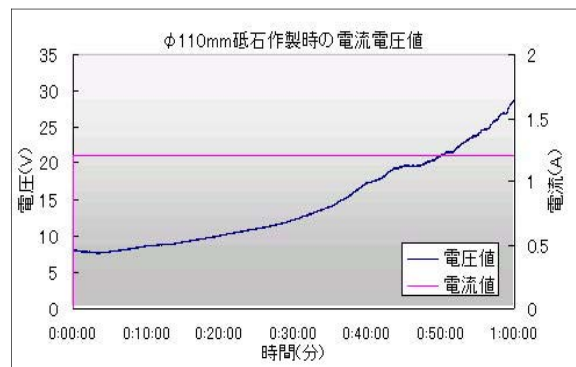


図 7 φ 110mm砥石作製時の電流電圧値

面積が大きくなると、電極から砥石が剥離しやすくなる傾向があるが、結果として、φ 110mm の大きさの砥石の作製に成功した。

次に、砥石の複数個取りの検討を行った。電流密度を考慮して、砥石作製条件は表3で行った。

表3 砥石作製条件

電極径	φ 80	φ 80
電流	1A	4A
電圧	30V	30V
電極数	1	4
電流密度	198.9A/m ²	198.9A/m ²
荷電時間	20分	20分

砥石を複数個取りをするために、砥石作製装置を改良し、容積を大きくした。写真を図8に示す。下側電極には、φ 80mm の電極を4つ配置した。電極は、直列に配置すると、それぞれで電圧降下が起こるため作製条件が異なり、同じ厚さの砥石ができないことが予想されるため、並列に配置した。その結果、φ 80mm の砥石を複数個取りすることに成功した。また、砥石1個取りの時と4個取りの時で、砥石厚さは同じになり、電流密度を同じにすることで、ほぼ同じ厚さの砥石ができることを確認した。

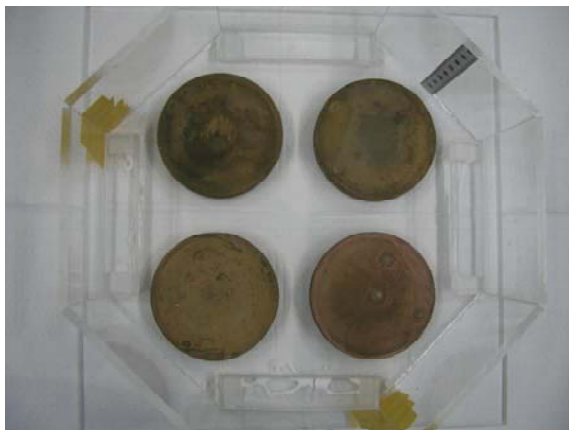


図8 砥石4個取り電極配置

3.2 加工実験

作製した EPD 砥石を用いて、加工を行った。実験には、片面ラップ盤を使用した。加工機の様子を、図9に示す。片面ラップ盤の定盤に砥石を敷き詰め、ワックスで治具に固定した水晶を、修

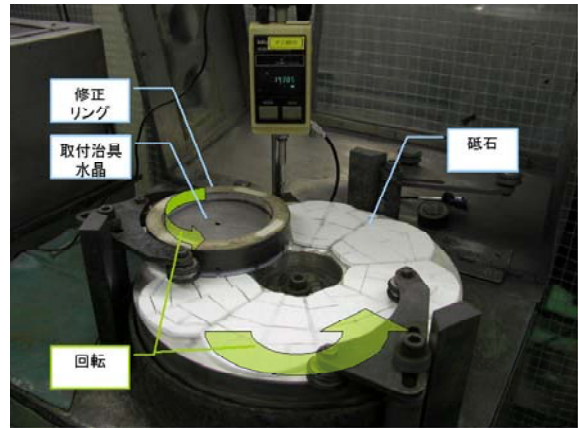


図9 ラップ盤加工機写真

正リングに入れて配置した。定盤を回転させることで、水晶も修正リングごと自転を始める。

全面が砥石とあたるため、接触面積が大きくなり、加工圧力が低下することが考えられるため、貼り付けた砥石に、溝加工を行って加工圧力を高めた。研磨条件は、表4で行った。

表4 研磨条件

砥石回転数	50rpm
加工圧力	8.630kPa
加工時間	30分
研削液	乾式

3.3 測定評価

3.3.1 表面粗さ測定

加工した水晶を、粗さ計（サーフコム 1400D-3DF、東京精密製）で測定した。結果の1例を図10に示す。加工面を13点測定し、平均で、表面粗さが 2.97nmRa の面を得ることができた。



図10 加工後の表面粗さ

3.3.1 形状測定

非接触三次元測定器 (NH-3SP、三鷹光器製) で形状を測定した。結果を図 1 1 に示す。ワークが四角なので四隅に多少のダレが生じているが、ほぼ全面でフラットな形状となった。平面度は全面で $2.09 \mu\text{mPV}$ となり目標値に収まった。

また、光学顕微鏡で観察したところ、幅 $5 \mu\text{m}$ 以上の傷のない面を、得ることができた。

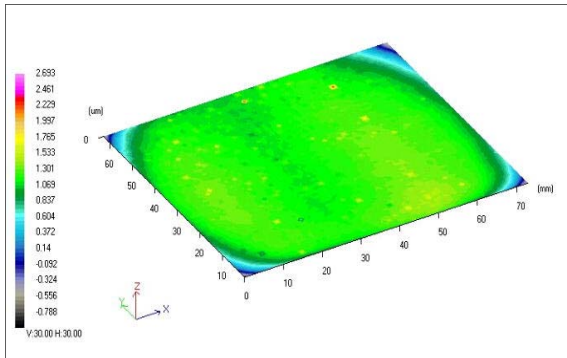


図 1 1 加工後の表面形状

4 まとめ

(1) EPD 砥石を作製するための、砥石作製装置を作製した。そしてこの装置を用いて、 $\phi 80\text{mm}$ と $\phi 110\text{mm}$ の砥石の作製に成功した。また、電流密度を一定にすることにより、均一な厚さの $\phi 80\text{mm}$ の砥石の複数個取りに成功した。その結果、一個あたりの砥石の作製時間が短縮されて、生産性が向上した。

(2) 砥石の加工については、性能の確認のため、既存の片面ラップ盤による、乾式での研磨加工を行った。作製した EPD 砥石を用いて加工した結果、13 点平均で、表面粗さが 2.97nmRa の面を得ることができた。また、光学顕微鏡で観察したところ、幅 $5 \mu\text{m}$ 以上の傷のない面を得ることができた。さらに、平面度も全面で $2.09 \mu\text{mPV}$ の面を得ることができた。

今後は、汎用性の高いガラス系材料への、本成果の水平展開を検討していく予定である。

参考文献

1) 南部洋平, 落合一裕, 大川 薫: 情報機器に

用いられる水晶光学部品の鏡面研削加工の研究, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **3**, (2005), 176

2) 池野順一, 谷 泰弘: 電気泳動現象を利用した超微粒砥石の開発とその応用, 日本機械学会論文集, **57**, 535 (1991-3)

3) 澁谷秀雄, 深沢 隆, 不破徳人, 池野順一, 鈴木浩文, 堀内 幸: 薄片状シリカEPDペレットによるシリコンウエハの研削特性, 日本機械学会論文集, **68**, 673 (2002-9)

4) 池野順一, 谷 泰弘: 電気泳動現象を利用した超微粒砥石の作成法に関する研究, 日本機械学会論文集, **59**, 562 (1993-6)

5) 藤木弘栄, 池野順一: 水晶ウエハの高速鏡面研削に関する研究, 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2004) L15