

新しい鏡面加工法を用いたIT機器先端光学部品の製造技術開発

長谷川大刀夫** 宇都宮康** 池野順一*** 澁谷秀雄*** 南部洋平* 落合一裕*

Manufacture technical development of IT apparatus tip optical parts using the new specular surface processing method

HASEGAWA Tachio**, UTUNOMIYA Yasushi**, IKENO Junichi***,
SHIBUTANI Hideo***, NANBU Youhei*, OCHIAI Kazuhiro*

抄録

光学部品での鏡面研磨は長年遊離砥粒（湿式）研磨材でラップかポリシングのいずれかの方法で実施されている。しかし、近年装置の高画質化にともない、鏡面の高精度の要求が求められ、また環境面では廃液処理の改善が望まれてきている。

本研究では次世代先端光学部品用ガラス基材の鏡面加工を行い、最適な砥石成分、加工方法、加工条件の検討を行った。その結果、セリアEPD砥石を用いた両面研磨加工を行うことで、5mm×5mmの基板に対して短時間に $1/10\lambda$ ($0.6328\mu\text{m}\times 0.1=0.063\mu\text{m}$) 以内の形状精度、及び1nmRa以下の面粗さを実現することができ、実用的に加工する見通しが立った。

キーワード：光学部品，ガラス鏡面加工，EPD砥石

1 はじめに

光学部品での鏡面研磨は長年遊離砥粒（湿式）研磨材でラップかポリシングのいずれかの方法で実施されている。しかし、近年装置の高画質化にともない、高精度の鏡面への要求が強まっている。環境面では廃液処理の改善が望まれてきている。

本研究では、セリアEPD砥石を用いた次世代先端光学部品用ガラス基材の鏡面加工を実用化することを目的とし、検討を行った。

実際の次世代光学部品用ガラス基材に必要な精度として、5mm×5mm基板に対して、 $1/10\lambda$ ($0.6328\mu\text{m}\times 0.1=0.063\mu\text{m}$) 以内の形状精度、

及びスクラッチの幅が $10\mu\text{m}$ 以下、長さが $40\mu\text{m}$ 以下で、表面粗さ1nmRa以下を目標とした。

2 実験方法

2.1 EPD砥石

次世代光学部品用ガラス基材の鏡面研削用砥石としてEPD砥石を作製する^{1)~4)}。EPD砥石とは被加工物に対してメカノケミカル反応が有力なサブミクロン径の砥粒を、電気泳動現象を利用して固定化した砥石である。

EPD砥石では結合剤として高分子電解質を用い、水溶液中で保護コロイドとして砥粒表面に均一な吸着を実現している。さらに、電気泳動現象により結合剤が何処も満遍なく砥粒を保持した凝集体を形成するため、砥粒密度が高く均質な砥石となる。砥粒には酸化セリウム（セリア）微粒子（粒径 $1\mu\text{m}$ ）を使用した。

* 生産技術部

** (株)タナカ技研

*** 埼玉大学

セリアはガラスなどの被加工物とメカノケミカル反応を起こすことが知られている⁵⁾。また、一般砥粒 (SiO_2 や Al_2O_3) に比べて柔らかいため、引っ掻きによる残留応力が発生し難く、傷が発生しにくいものと考えられている。

結合剤には、アルギン酸ナトリウムを使用した。高分子電解質である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。そのため、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。

2.2 ロータリー研削装置による加工

作製したEPD砥石の次世代光学部品用ガラス基材に対する有効性を確認するため、基礎的な研削加工実験を行った。実験には主軸、テーブル回転軸に油静圧軸受を有するロータリー研削装置 (SG30、旧豊田工機、現ジェイテクト製) を使用した。φ76mmの次世代光学部品用ガラス基材を真空チャックでテーブルに固定した。また、EPD砥石をスティック状にカットし、基台の外周に貼り付けた。加工の様子を図1に示す。

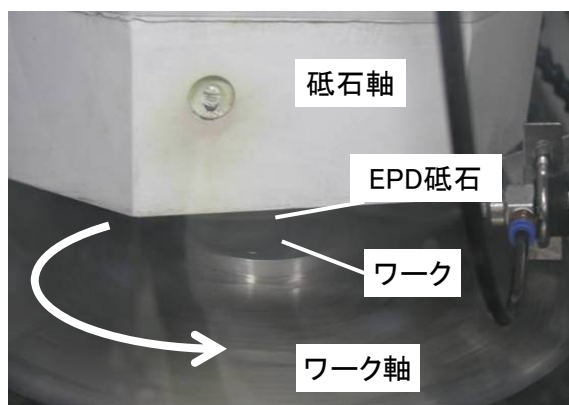


図1 ロータリー研削装置による加工

加工した次世代光学部品用ガラス基材の表面を、表面粗さ測定機 (サーフコム 1400D-3DF、東京精密製)、形状精度を非接触三次元測定機 (NH-3SP、三鷹光器製) で測定した。さらに、光学顕微鏡でスクラッチの有無を観察した。

2.3 片面ラップ装置による加工

片面ラップ装置を用いて加工を行った。実験には片面ラップ装置を使用した。ワークには□25mmの次世代光学部品用ガラス基材を治具に貼り付けたものを用いた。

定盤上の全面にセリア EPD 砥石を貼り付けた後、フェーシングを行い、スパイラル状の溝を入れた。その上にワックスで治具に固定したワークを乗せ、荷重して研削を行う。このような加工を行うことで、ワークと砥石が常に接触し、ワークと砥石の接触面積が一定となり、かつ荷重を一定にすることが実現できる。加工の様子を図2に示す。



図2 片面ラップ装置による加工

加工した次世代光学部品用ガラス基材の表面粗さを面粗さ測定機、形状精度をレーザー干渉計 (G102、フジノン製) と光干渉式非接触 3次元表面形状計測装置 (New View 100、ZYGO 製) で測定した。

2.4 両面研磨装置による加工

治具への貼り付け無く加工を行うために、両面研磨装置を用いて加工を行った。

実験には両面研磨装置（4BF, 浜井産業製）を使用した。上下定盤にEPD砥石を全面に貼り付け、その間に図3のようにキャリアに保持された、 25×25 mmのサイズの次世代光学部品用ガラス基材を10個まとめて配置した。その状態で上下定盤をそれぞれ回転させて研削加工を行った。

表1に示す条件で加工時間を変化させて研削を行った。加工の様子を図4に示す。

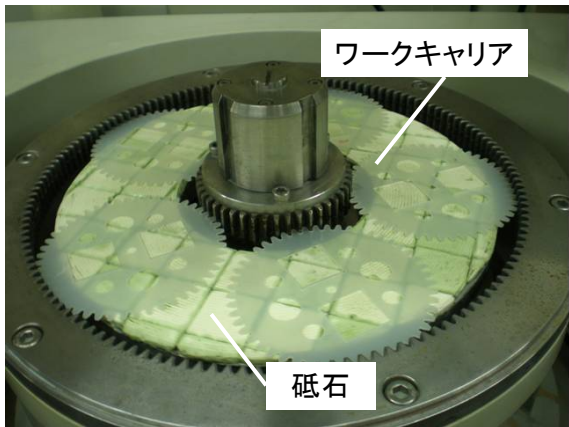


図3 ワークキャリアと砥石

表1 加工条件

	荷重	下定盤回転数	時間
実験1	1.57kPa	B標準	2分
実験2	1.57kPa	B標準	5分

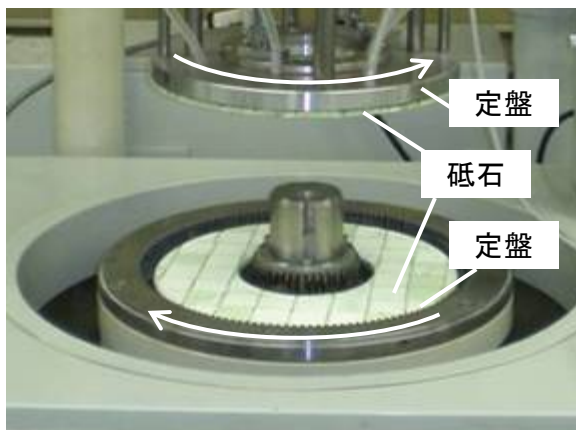


図4 両面研磨装置による加工

加工した次世代光学部品用ガラス基材の表面粗さを面粗さ測定機、表面の解析を光干渉式非接触3次元表面形状計測装置で測定した。

3 結果及び考察

3.1 ロータリー研削装置による加工結果

表面粗さは、加工前に9.78nmRaだったものが、1.46nmRaの粗さとなり、十分実用に耐えうる面粗度を得ることができた。

また、形状精度の測定結果は、平面度で $4.53 \mu\text{m}$ となり、目標に対して不十分であった。

さらに、光学顕微鏡で観察した結果を図5に示す。加工前に見られた傷が無くなり、良い面が得られた。

以上の表面粗さ、キズの状態から、セリアEPD砥石が次世代光学部品用ガラス基材の鏡面加工に対して有望であることが分かった。しかし、形状精度においては満足に行く状態ではなかった。

原因としては、砥石の滞留時間が中心部で長くなってしまふことなどが考えられる。

このことより、ワークと砥石が常に接触し、ワークと砥石の接触面積が一定となり、かつ荷重を一定にすることができる片面ラップ装置での加工が有効であると考えられる。

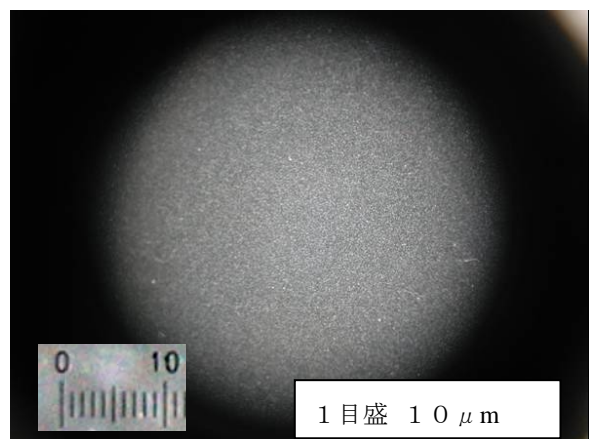


図5 加工後の光学顕微鏡観察

3.2 片面ラップ装置による加工結果

表面粗さと加工時間の関係を図6に示す。従来のポリッシングと比べて1/10程度の短い加工時間で、1nmRa以下の非常に良好な面を得ることができた。

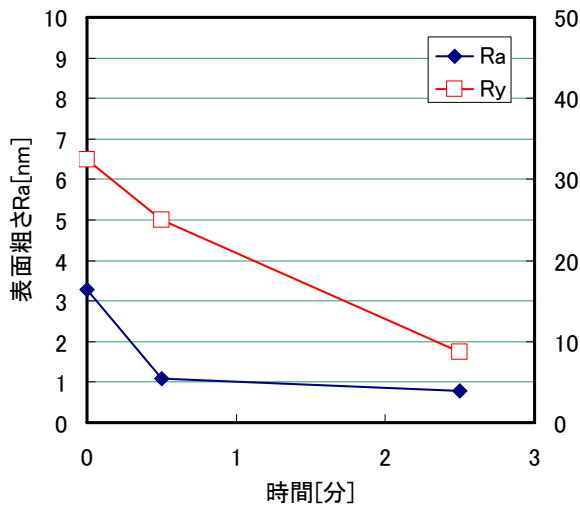


図6 表面粗さと加工時間の関係

また、形状精度は、前加工面の平面度をほぼ保っていることが分かった。

さらに、光学顕微鏡で観察したところ、幅10μm以上の傷のない、粗さの面が得られた。

以上のことよりワークと砥石が常に接触し、ワークと砥石の接触面積が一定となり、かつ荷重を一定にすることができる片面ラップ装置による加工を行えば、EPD砥石が次世代光学部品用ガラス基材の最終ポリッシング材として非常に有効であることが分かった。

但し、片面ラップ方式では、片面ずつ加工を行わなくてはならないため、加工に時間がかかり量産化が難しい。さらに、片面加工後に治具から次世代光学部品用ガラス基材を剥離すると面形状が不安定となる。

そこで治具への貼り付けの必要が無く、両面を同時にほぼ均一な面精度に大量に加工できる両面ラップ装置での研削が優れていると考えられる。

3.3 両面研磨装置による加工結果

表面粗さと加工時間の関係を図7に示す。加工時間が長くなるほど表面粗さは良くなり、1nmRa以下の鏡面となった。このことより、従来の両面ポリッシングの1/5~1/10という短時間で加工することができた。

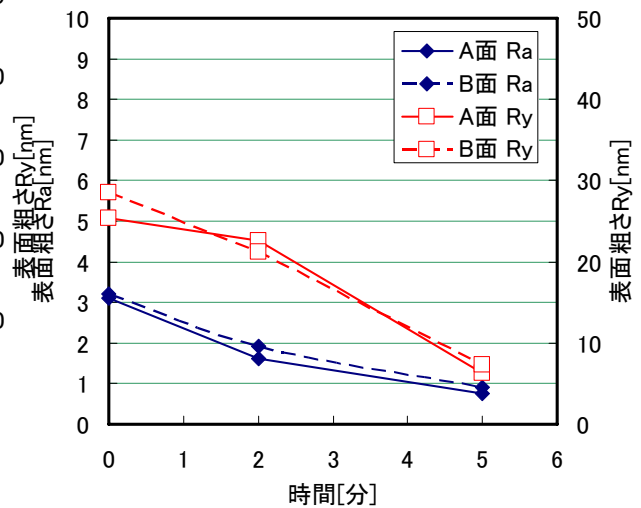


図7 表面粗さと加工時間の関係

また、光干渉式非接触3次元表面形状計測装置による、加工後のワーク表面の解析結果を図8に示す。前加工面の平面度を悪くしていないことが分かった。

さらに、研磨廃液が通常のポリッシング時の約1/100分の1程度と環境にやさしく、クリーンな環境で加工できた。

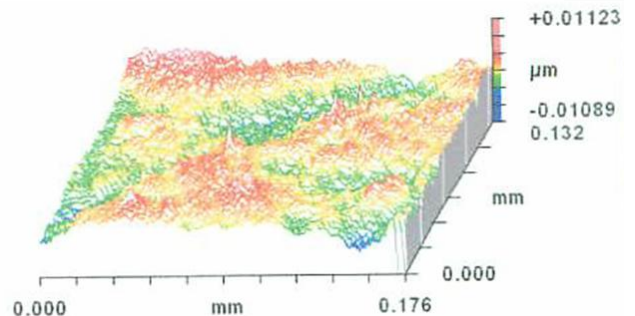


図8 加工後のワーク表面

4 まとめ

全体として得られた結論、企業に対しての波及効果、今後の展開等について記述する。

(1) EPD 砥石

ガラスなどの被加工物とメカノケミカル反応を起こすことが知られているセリア微粒子（粒径約 $1\mu\text{m}$ ）を使用したEPD砥石を作製した。

(2) ロータリー研削装置による加工

加工前に見られた傷が無くなり、十分実用に耐えうる面粗度を得ることができたが、平面度は目標に対して不十分であった。

原因としては、砥石の滞留時間が中心部で長くなってしまうことなどが考えられる。

(3) 片面ラップ装置による加工

従来のポリッシングと比べて $1/10$ 程度の短い加工時間で、 1nmRa 以下の非常に良好な面を得ることができた。また、形状精度は、前加工面の平面度をほぼ保っていることが分かった。

但し、片面ずつ加工を行わなくてはいけないため、加工に時間がかかり量産化が難しい。さらに、片面加工後に治具から次世代光学部品用ガラス基材を剥離すると面形状が不安定となる。

(4) 両面研磨装置による加工結果

従来の両面ポリッシングの $1/5\sim 1/10$ という短時間で、両面ともに 1nmRa 以下の鏡面となる加工をすることができた。

また、形状精度も、前加工面の平面度が保たれていることが分かった。

さらに、研磨廃液が通常のポリッシング時の約 $1/100$ 分の 1 程度と環境にやさしく、クリーンな環境で加工できた。

以上のことより、治具への貼り付け無く両面同時に研磨加工を行うことができる両面研磨装置を用いれば、EPD砥石による次世代光学部品用ガラス基材の最終ポリッシングが実行的に行える目処を立てることができた。

この研究は、平成17年度及び18年度の「彩の国コンソーシアム研究推進事業」として行われたものである。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 澁谷秀雄, 深沢 隆, 不破徳人, 池野順一, 鈴木浩文, 堀内 宰: 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)
- 3) 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
- 4) 南部洋平, 落合一裕, 八木 進, 宇都宮康, 池野順一, 澁谷秀雄: 情報機器に用いられる水晶光学部品の鏡面研削加工に関する研究, 2005 年度精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集, 333(2005)
- 5) 山根正之 他: ガラス工学ハンドブック, 朝倉書店, (1999)401