

高機能ガラスの鏡面加工に関する研究

落合一裕* 南部洋平* 田中文夫** 宇都宮康** 池野順一*** 澁谷秀雄***

Study on Mirror Grinding of High-performance Glass

OCHIAI Kazuhiro *, NANBU Youhei *,
TANAKA Fumio**, UTSUNOMIYA Yasushi**, IKENO Junichi***, SHIBUTANI Hideo***

抄録

カメラ付携帯電話用 I R カットフィルターは、光学特性をコントロールするために、鏡面に加工したガラス材に対して何十層もの薄膜を蒸着しており、大変コストがかかっている。それに比べて、光学特性に優れたガラス材を用いると、薄膜の蒸着数を大幅に少なくすることができる。しかし、高機能ガラスは加工実績が少なく、加工技術が確立されていない。本研究では電気泳動現象を用いて、加工対象物とメカノケミカル反応を起こす砥粒を均一に配したEPD砥石を用いて加工を行った。シリカや酸化セリウムを用いたEPD砥石を作製して片面研磨装置で加工することで、高機能ガラスを鏡面にすることができた。

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，片面研磨装置

1 はじめに

カメラ付き携帯電話、液晶プロジェクタ等の情報機器市場は、今後も更に拡大が期待される分野である。特にカメラ付携帯電話の出荷台数は、国内の高機能機種への買い換え需要や、海外での携帯電話へのカメラ搭載率の急増といった背景から出荷台数が伸びており、数年後には世界で10億台にのぼる携帯電話が出荷され、そのほとんどにカメラが搭載されると言われている。

携帯電話のカメラ部分にはIRカットフィルターという赤外域の波長をカットする光学部品が必ず使用されている。IRカットフィルターは、光学特性をコントロールするために蒸着膜を何十層も重ねており、大変コストがかかっている。

そこに、光学特性の優れた高機能ガラスを用いることができれば、成膜数を大幅に減らすことができる。しかし、高機能ガラスは加工が難しく、加工実績も少ない。そのため、高機能ガラスを鏡面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）の体制で、高機能ガラスの鏡面研磨に挑戦し、砥粒や加工条件について検討を行った。

高機能ガラスに対して、傷の無い鏡面を実現するために、電気泳動現象を用いて遊離砥粒を固定化したEPD砥石を作製して加工を行った^{1)~5)}。水晶に対して加工能力が高いシリカ砥粒を用いたEPD砥石と、ガラス材に対して加工能力が高い酸化セリウム^{6), 7)}を用いたEPD砥石を作製して、加工を行った。砥石は既報の砥石作製方法によって作製した^{8), 9)}。鏡面加工能力の確認を行うことが目的であるので、ラップ盤を用いて片面研磨加工の検討を行った。

* 生産技術部

** (株)タナカ技研

*** 埼玉大学大学院 理工学研究科

加工後の表面粗さは、10nmRa以下にすることを目標とした。以下に研究結果を報告する。

2 実験方法

2.1 砥石作製方法

2.1.1 電気泳動現象

砥石を作製する方法として、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。この方法を用いると、微粒子を均一かつ高密度に堆積させることができ、高精度加工に適した砥石を作製することができる。砥石作製の概念図を図1に示す。

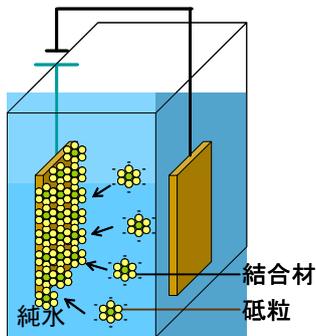


図1 電気泳動現象を利用した砥石作製方法

2.1.2 砥粒及び結合材

砥粒は、シリカ微粒子と酸化セリウム微粒子を使用した。シリカ微粒子は、CMP（化学的機械研磨）のスラリーや、シリコンウエハの最終研磨用に使われている微粒子である。酸化セリウムは、スラリーを用いた湿式研磨等でガラスの仕上げ加工等に用いられている砥粒である。

結合材は、高分子電解質の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。

2.1.3 砥石作製装置

電気泳動現象を用いて砥石を作製するにあたって、砥石作製のための装置を作製した。アクリル製の容器に、電極を両側に垂直に立て、対向に配

置した。電極材には真鍮を使用した。また、電流値、電圧値を測定できるようにした。

2.1.4 砥石作製

砥粒と結合材と水を攪拌し、砥石の作製時に使用する溶液を作製する。溶液の成分を表1に示す。溶液を砥石作製装置の容器に入れて荷電を行うと、正極に砥粒と結合材が堆積する。砥石作製時の条件を表2に示す。堆積した砥石を取り出して塩化カルシウム水溶液に浸してカルシウム置換を行い、その後乾燥機で乾燥を行う。作製した砥石を図2に示す。

表1 砥石成分

成分	質量(g)	重量比(wt%)
砥粒	84	16.7
アルギン酸ナトリウム	15	3.0
水	401	80.3

表2 砥石作製条件

電流密度	400(A/m ²)
印加電圧	30(V)
通電時間	40(min)
電極間距離	50(mm)

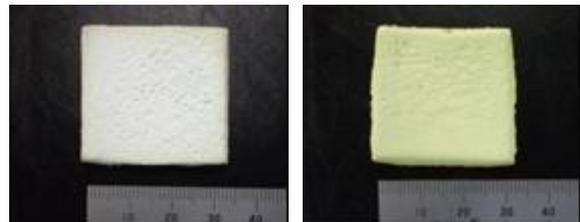


図2 シリカ EPD 砥石(左)と酸化セリウム EPD 砥石(右)

2.1.5 片面研磨装置

加工機は、片面研磨装置 (FACT-200 (株) ナノファクター) を使用した。加工機を図3に示す。

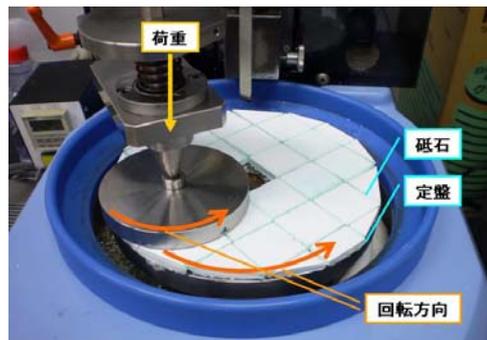


図3 片面研磨装置

高機能ガラスを治具に貼り付け、加工の準備を行った。ワークサイズは、50mm 角で、厚さが1.5mm のものを使用した。

作製した砥石を、片面研磨盤の加工定盤に接着剤で貼り付ける。乾燥して接着した後、片面研磨装置に定盤をセットし、砥石表面を平坦にするためにダイヤモンドバイトでツルーイングを行った。

2.2 加工実験

作製した砥石を用いて、加工実験を行った。使用砥石は、シリカ EPD 砥石と酸化セリウム EPD 砥石を使用した。加工条件は、加工速度と加工時間と加湿の有無について検討した。加工条件を表3に示す。

表3 加工条件

使用砥石	シリカ、酸化セリウム
主軸回転数	100, 200 (rpm)
ワーク回転数	60 (rpm)
加工圧力	3.53 (kPa)
加工時間	1, 2, 3, 4, 5 (min)
加湿	有、無

2.3 測定観察評価

加工後の評価は、ガラスの表面粗さについて行った。表面粗さの測定には、表面粗さ測定機（サーフコム 1400D-3DF、㈱東京精密製）を用いて測定した。ワーク上の3点について測定を行った。

3 結果及び考察

3.1 加工結果

シリカ EPD 砥石で加工を行った。乾式で加工を行った場合、高機能ガラス表面が黒く変色し、砥石の摩耗が激しく、正常な加工にならなかった。また、高機能ガラスの表面に接着力の強い黒い付着物が発生し、鏡面にならなかった。黒い付着物の成分分析を行ったところ、ガラスの成分と砥粒の成分等が析出された。ガラスの焼けが発生したと思われる。

次に、酸化セリウム EPD 砥石で加工を行った。乾式で加工を行った場合、シリカと同様に高機能ガラスの表面が黒くなり、鏡面にならなかった。高機能ガラスの表面が全体的に変質し、こちらも焼けが発生したと思われる。

焼けの原因として摩擦速度が早すぎることが考えられたので、加工速度を下げ、摩擦による熱の発生を減らすことで、焼けを防ぐことを試みた。主軸回転数を 100rpm に落とし、同様にして加工を行った。しかし、シリカ EPD 砥石、酸化セリウム EPD 砥石ともに焼けが発生し、加工速度を落とすことでは焼けを防ぐことができなかった。

そこで、冷却効果と加工面との潤滑効果の両方が期待できるので、加湿を試みた。シリカ EPD 砥石で加湿をしながら加工を行うと、黒い付着物の発生を抑えることができ、加工面の傷や曇りを除去することができた。また、酸化セリウム EPD 砥石で加湿をしながら加工を行うと、こちらも黒い付着物の発生を抑えることができ、加工面の傷や曇りを除去することができた。

3.2 測定結果

加工後のガラスを、表面粗さ測定機で測定した。シリカ EPD 砥石や酸化セリウム EPD 砥石で乾式加工して焼けの発生した高機能ガラスの表面粗さは 144.83nmRa となった。加工速度を半分にした場合も、同様の値となった。

加湿して加工した場合の表面粗さは、シリカ EPD 砥石で加湿加工した後は 1.40nmRa となった。酸化セリウム EPD 砥石で加湿加工した後は 1.29nmRa となった。加湿することによって、鏡面を得ることができた。その時の測定結果を図4に示す。



図4 加工後の表面粗さ

また、加湿加工した場合の加工時間と表面粗さの関係を、シリカ EPD 砥石と酸化セリウム EPD 砥石に関して、図5と図6に示す。

いずれの砥石での加工も、加工開始から1分で表面粗さが大幅に減少し、3分から5分程度で鏡面になった。湿式のスラリー研磨に比べて、短時間で鏡面になることが確認できた。

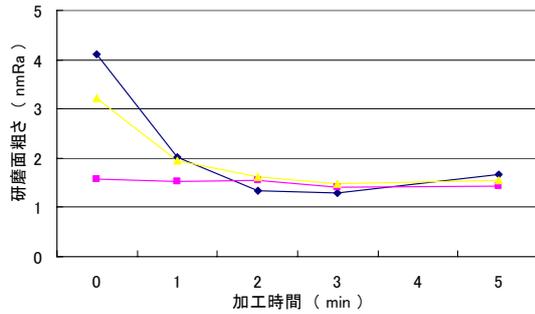


図5 シリカ EPD 砥石による
研磨面粗さの経時変化

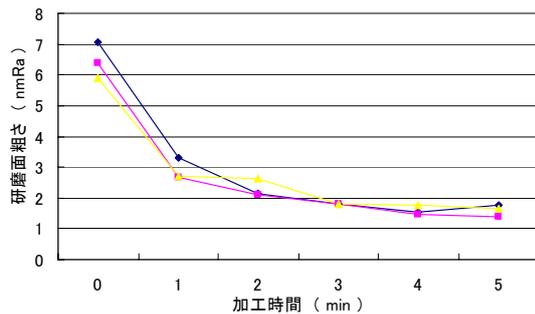


図6 酸化セリウム EPD 砥石による
研磨面粗さの経時変化

4 まとめ

- (1) シリカ微粒子を用いた EPD 砥石と、酸化セリウムを用いた EPD 砥石を作製し、片面研磨装置を用いて、高機能ガラスの加工を行った。
- (2) シリカ EPD 砥石、酸化セリウム EPD 砥石を用いて乾式加工を行うと、ガラスに焼けが発生して鏡面にならなかった。また、主軸回転数を半分にして加工を行っても、ガラスに焼けが発生して鏡面にならなかった。
- (3) シリカ EPD 砥石、酸化セリウム EPD 砥石を用いて加湿加工を行うと、ガラスの焼けの発生を防ぐことができた。
- (4) 加湿を行って片面研磨加工を行った結果、加工後の表面粗さの値が、シリカ EPD 砥石で

1.40nmRa、酸化セリウム EPD 砥石で 1.29nmRa の鏡面を得ることができた。いずれの砥石も、3分から5分程度の短時間で鏡面になることが確認できた。

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，深澤 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)
- 3) 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)
- 4) 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
- 5) 池野順一，矢野克行，不破徳人，渋谷秀雄，深澤 隆，堀内 幸，河西敏雄：環境に優しい鏡面研削砥石の作製に関する一考察，精密工学会誌，**67**，3 (2001)
- 6) 河西敏雄：機能性難加工材料の物性と加工特性，機械と工具，**50-7** (2006) 82
- 7) 山根正之 他：ガラス工学ハンドブック，朝倉書店，(1999)401
- 8) 南部洋平，落合一裕，八木 進，宇都宮康，池野順一，渋谷秀雄：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)
- 9) 落合，南部，池野，澁谷，長谷川，宇都宮：研削加工用砥石の製造装置及び製造方法，特願 2007-158686