

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 10 月 14 日現在

機関番号：81406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560151

研究課題名(和文) 電界高速CMP技術による革新的高効率・高品位仕上げ方法の開発

研究課題名(英文) Development of innovative high-efficiency, high-quality finishing method due to the electric field high speed CMP technology

研究代表者

赤上 陽一 (Akagami, Yoichi)

秋田県産業技術センター・その他部局等・その他

研究者番号：00373217

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究よりLEDの基板に用いられ高脆材料である単結晶サファイア基板の研磨加工において、電界を研磨環境下に提供することで、研磨定盤の回転数を高速回転にしてもなお、用いるスラリーの配置制御を可能にし、優れた研磨品位を保ち、かつ、研磨レートは31.7%向上することが得られる研磨メカニズムを実験を通して解明に成功し、これより有用な研磨技術であることを量産の6インチウエハーでも明らかにしたことにある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we obtained new polishing technologies for a high brittle material single crystal sapphire substrate used to LED. We provided high electric field under the polishing environment, during high-speed rotation polishing platen, we obtained the results to the excellent polishing quality and polishing rate that it is improved 31.7% using the sample of 6 inch size wafer for mass production, to be better than the conventional polishing method.

研究分野：工学

キーワード：研磨 スラリー サファイア

1. 研究開始当初の背景

LED 照明は、地球温暖化問題や 3.11 以降、日本はエネルギーパニックに陥り、原子力発電所の見直しによる停止、これらを補う化石燃料への緊急シフトにより経済環境も悪化するという最悪のシナリオのもとに在ったが、これを救ったのが日本人の気質と知恵であった。特に一丸となって、省エネルギー運動と、ものづくり分野でも液晶テレビ等のバックライト、をさらに LED に変更や照明機器への普及が鍵である。本研究開発では、LED 照明の特徴である長寿命を果たすためその品位維持と普及加速を図るためコスト削減を実現する単結晶サファイア向け迅速な高品位加工技術を創出するシステム開発にて基礎となる問題の解決を図るものである。はじめに以下に特徴・市場、問題点をまとめた。

○LED の特徴：長寿命、省消費電力、低発熱により搭載機器の小型化可能、輝度制御が容易。

○LED 市場：2010 年 6000 億円を超え、2015 年には 2 兆円を超えると予測される。

●問題点 単結晶サファイア基板が高価なため飛躍的な普及の妨げになっている。従って品質を維持し、新たな加工技術を開発し低コスト化を図る。

2. 研究の目的

LED 照明は電力消費量の削減に貢献することからグリーンデバイスとして注目されている。一方、用いる基板は高硬度な単結晶サファイアが用いられているため、現行の加工技術では製造に長時間を要し、価格が高いことが知られている。今後、当該基板は大口径化し、基板一枚当たりの取り数を増やし、材料費率の抑制を図る。本研究では我々が独自に開発している電界砥粒制御研磨技術のさらなる高効率化を目指して、高速研磨技術に適用し、スラリーには、導電性スラリーを適用して化学機械研磨技術 (CMP) を開発した。

①電界を外部より印加することにより高速回転によって飛散しやすいスラリーを研磨界面へ誘引させることが可能であるか否か、②機械的な研磨作用性が維持され、研磨加工に用いられる砥粒や加工屑の排出が進展するものかどうかを検証する必要がある。

③高回転に作用することによる砥粒と試料との界面に生じる化学的な研磨作用性の向上などを明らかにすることにある。

これらを通して、生産性が高く、優れた試料界面が得られる技術開発の機序を明らかにしてグリーンイノベーションに貢献することが目的となる。

3. 研究の方法

研究計画・方法について、研究期間並びに平成 24 から 26 年度まで研究代表者は 赤上 (秋田産技セ) と研究分担者 久住孝幸 (秋田産技セ) と 中村竜太 (秋田産技セ) にて研究を進行した。

CMP 効果を想定し、電気伝導性が良好なスラリーに高電圧の電界を印加可能にするために電界を供給するために図 1 に示す電界制御装置を構成した。尚、本研究で新たに導入したオシロスコープを本装置に導入した。

はじめに、シンセサイザーで基本波形と周波数並びに、電圧を設定し、その情報オシロスコープで観測し、高電圧アンプを通して昇圧し与える。

高速回転下で研磨界面にスラリーが誘引される現象を明らかにするために、はじめに静的な環境つまり電界下で研磨スラリーがどのような挙動を示すものかスラリーの挙動を観測した。図 2 に用いた装置概要を示す。次に、回転定盤が通常の 10 倍高速回転させることによって、例えば、回転定盤は通常 80rpm 程度のものを 800rpm にて回転動作を与えた時、スラリーが研磨環境下に侵入できるか否かについての挙動を観察実験する装置である。スムーズに研磨界面に導き入れられるのか、それともはじかれ飛散してしまうのか否かについて動的な環境下におけるスラリー挙動観察実験を試みた。本挙動を解析するためには、ハイスピード CCD を導入し、高速回転下における研磨界面のスラリー挙動を明らかにした。さらにこの時の印加電界条件との影響についても深めた。このような基礎実験を 赤上 と 中村 が可視化実験装置を開発し、通常速度の回転速度の定盤を用いて単結晶サファイアを研磨し、その後、電界を印加し研磨挙動の検討を行う。高速回転定盤対応の研磨装置の開発を行う。平成 25 年度から 26 年度にかけてプロトタイプ研磨装置の開発を実施する。開発した電界高速研磨装置を用いて、スラリー溶媒に与える電界周波数に対する着目点を明らかにすると伴

に溶媒の化学反応性など加工を加速化する実験を試みた。

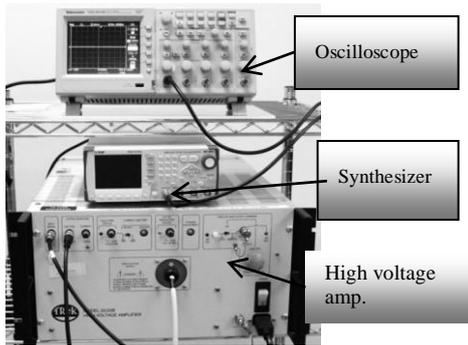


図1 電界制御装置

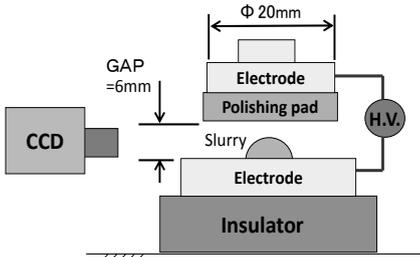


図2 電界環境下における静的スラリー挙動下における観察実験装置

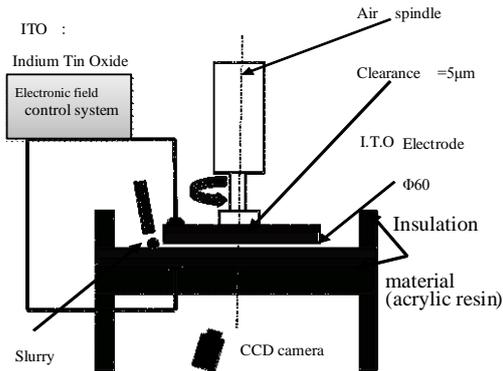


図3 電界環境下における動的スラリー挙動下における観察実験装置

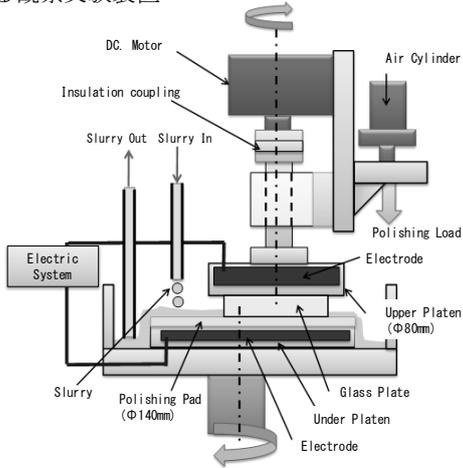


図4 電界環境下における高速スラリー挙動下における観察実験装置

4. 研究成果

静止定盤において、電極間距離を一定に保ち、上下定盤間に滴下したスラリーに電界を与え、その挙動観察実験を行った。印加した電圧の波形は矩形波を用い、与える電界はプラス側にオフセットさせ、下部電極は接地した。図5(a)は無電界下のスラリーである。図5(b)はスラリーの上下に+4kVの高電圧を印加した時にスラリーが上電極方向に吸引される様子である。これよりスラリーに作用する力は吸引力であることが明らかとなった。すなわち、スラリーの溶媒として用いた水は、負の極性を有し、上電極にプラス電圧を与えることでクーロン力によってスラリーは上電極方向へ吸引された。また、図5(a)のように無電界下の滴下後のスラリーは、表面張力の作用によってドーム形状を呈することも確認した。したがって、図5(b)に示すような円錐状を示し、上部電極とスラリーとの間隔が狭くなる中央部が、電界の強度として最も高くなり、作用するクーロン力も最大となる。

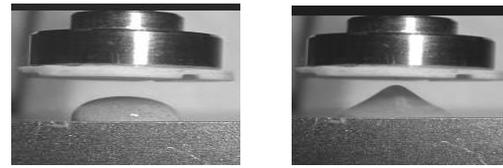


図5 静的環境下における印加電界有無におけるスラリー挙動

次に、回転定盤におけるスラリー挙動観察実験を行った。この実験は、電界下における研磨界面にスラリーが容易に供給される否かについてその可能性を明らかにすることである。実験手順は、100 rpmの回転定盤外周部にスラリーを滴下し、電界を与えた時の研磨界面への流入状況をCCDカメラで撮影した。

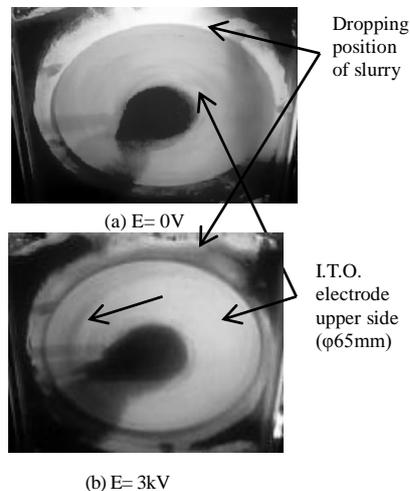


図6 電界有無下における回転環境下のスラリー挙動について

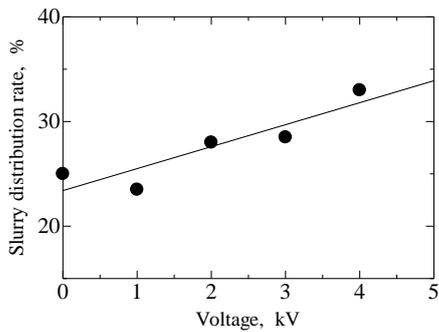


図7 電界有無下におけるITO定盤を用いた時の回転環境下のスラリー分布挙動について

電界環境下における研磨スラリーの挙動観察実験を通して以下のような結論を得た。

1) 電界を研磨定盤と試料間に印加することにより、図6より、スラリーが研磨界面に容易に供給可能になることを明らかにした。これにより、本技術の有用性が明らかになった。

2) スラリー分布については研磨領域内に偏在することを確認できた。さらに電界を印加することによって、スラリー分布が均一な状態に近づくことも得た。

これらの結果より、研磨効率の向上並びに得られる試料品位が良好化するメカニズムが明らかになった。

3) 6inch 単結晶サファイア基板を用いての電界高速CMP実験について

既存の研磨定盤の回転速度は通常 35rpm であるところを表1に示す研磨条件にて実験した結果を図8に示す。電界を研磨装置に与えることによって、研磨定盤の回転速度を60rpmまで研磨追従性を得て、その研磨レートは31.7%向上することも得た。加えて良好な平坦性が得られることも判った。すなわち電界高速CMP技術の基礎的な開発に成功したと言える。

Lap conditions	
Work piece	6inch Sapphire wafer
Polishing slurry	Silicon oil 10cst+ polycrystalline diamond abrasive(2-4μm) 0.5wt. %
Polishing pad	FXA15HBNP-HMI FJBOU EHIME
Lower platen diameter /rotational speed	φ110mm / 35,40,50,60rpm
Carrier plate diameter /rotational speed	φ360mm / Free rotation
Load	330g/cm ²
Polishing time	1 hour

表1 電界高速CMP実験条件

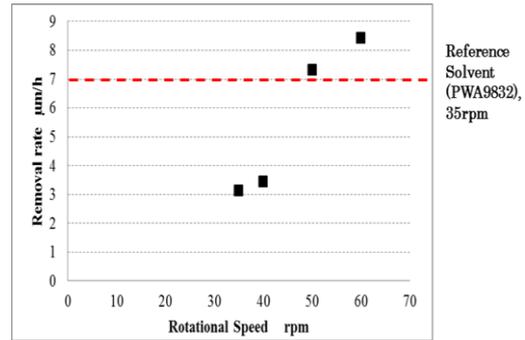


図8 電界高速CMP研磨の研磨レートと定盤回転数について

今後、単結晶サファイア向け電界高速CMP技術の最適性の可能性を見出し、更なる高脆材への適用を探り日本のオリジナル技術とする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 6件)

①電界スラリー制御技術を適用した硬脆材料向け高効率研磨技術の開発

池田 洋, 久住孝幸, 中村竜太, 佐藤安弘, 赤上陽一

2014年度砥粒加工学会 (岩手大学)

H26.9.13

②炭化ケイ素研磨材を用いた電界砥粒制御技術の基礎検討 - 第3報-

久住孝幸, 中村竜太, 池田 洋, 佐藤安弘, 赤上陽一

2014年度砥粒加工学会 (岩手大学)

H26.9.13

③電界砥粒制御技術における研磨下の砥粒挙動の基礎検討

久住孝幸, 池田 洋, 中村竜太, 佐藤安弘, 赤上陽一

H26.9.16

④電界砥粒制御技術を適用した硬脆材料向け高効率CMP技術の開発

池田 洋, 中村竜太, 久住孝幸, 赤上陽一

2014年度精密工学会秋季大会 (鳥取大学)

H26.9.16

⑤電界砥粒制御技術を用いた単結晶サファイア基板の高効率研磨加工—第1報—

久住孝幸, 池田洋, 中村竜太, 赤上陽一, 千葉翔梧, 伊賀美里

第10回 日本機械学会 生産加工・工作機械部門講演会 (徳島大学)

H26.11.16

⑥電界砥粒制御技術を用いた単結晶サファイア基板の高効率研磨加工—第2報—

池田洋, 久住孝幸, 中村竜太, 赤上陽一, 千葉翔梧, 伊賀美里

第10回 生産加工・工作機械部門講演会 (徳島大学)

H26.11.16

〔図書〕（計 0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：研磨装置および研磨装置に用いられる
アタッチメント

発明者：赤上陽一、久住孝幸、斉藤伸英

権利者：秋田県、斉藤光学製作所

種類：特許

番号：出願番号 2013-052876

出願年月日：

国内外の別： 国内

○取得状況（計 0件）

〔その他〕

ホームページ

<http://www.rdc.pref.akita.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

赤上陽一 (Yoichi Akagami)

秋田県産業技術センター・その他部局等・

副所長

研究者番号：00373217

(2) 研究分担者

久住 孝幸 (Takayuki Kusumi)

秋田県産業技術センター・素形材プロセス

開発部・主任研究員

研究者番号：40370233

(3) 連携研究者

中村 竜太 (Ryuta Nakmura)

秋田県産業技術センター・素形材プロセス

開発部・研究員

研究者番号：00634213