

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：82723

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760113

研究課題名(和文)無反り薄型基板創成技術の基礎研究

研究課題名(英文)Basic study of a fabrication technique of a nonwarped wafer

研究代表者

吉富 健一郎 (Yoshitomi, Kenichiro)

防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工・その他部局等・准教授)

研究者番号：40546149

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：薄型基板の反りは平坦性を劣化させるため、反りを除去する加工が必要である。本研究の目的は、石英ガラス基板を対象にした無反り基板創成技術の確立である。従来のチャックでは基板を固定するときに必ず変形し、取り外し時に変形が復元するので反りの除去が困難であった。そこで、 -17°C で凝固する冷凍液の凝固固着力を利用して基板を変形させずに固定する手法を確立した。新技術として、冷凍ピンチャック、霧状での冷凍液塗布、ピン間冷却水が挙げられる。実験により、 $100\mu\text{m}$ 以上反った基板を凝固時にほぼ変形なしに固定できること、凝固固着力は研磨に耐えうることを明らかにした。よって、無反り基板創成の基盤技術確立が達成された。

研究成果の概要(英文)：As the warpage of a substrate deteriorates the flatness of that, it is required to fabricate a nonwarped substrate. So we have proposed the new method to chuck a substrate without deforming during polishing that is realized by a freezing pin chuck. In this technique, freezing liquid is applied on the pins by a rotary spray type atomizer. And coolant water flows among pins to cool frozen freezing liquid. The substrate is chucked by coagulating the freezing liquid. We use MW-1(EMINENT supply Co. Ltd.) as freezing liquid, which has -17°C of freezing point. The possibility of fabricating a nonwarped substrate using a freezing pin chuck was investigated by experiments. It was clarified that this chuck had the ability to chuck without changing the profile of a substrate and was demonstrated experimentally to polish a quartz glass substrate without peeling.

研究分野：精密加工

キーワード：石英ガラス基板 反り 冷凍ピンチャック 平坦化研磨 冷凍液 凝固固着 マスク基板

1. 研究開始当初の背景

IT デバイス製造には多くの薄型基板が使用されている。大画面化が進む液晶ディスプレイの製造においては、液晶パネルへの微細パターン転写に石英ガラス基板のマスクが使用され、そのサイズは 0.85×1.2m に達している。このような薄型基板を製造工程で加工するさいには基板を高精度に保持するチャックが不可欠である。

薄型基板には基板サイズと厚みに依るが数十μm から数百μm の反りがあり、基板サイズが大型であるほど反りは大きくなる。反りは微細パターン転写や加工の精度に悪影響を及ぼすため、可能な限り小さくすることが要求される。

2. 研究の目的

薄型基板の保持には用途に応じて様々な方式のチャックが使用され、代表的なものとして、水貼り式、ワックス式、冷凍チャック、真空チャック、静電チャックなどがある。これらの従来方式の問題点は、反りを矯正するために取り外し時に反りが復元し、効率的に反りを除去する加工用チャックとして使用できないことである。このため反りのない基板を創成するためには、反りを残したまま、変形させることなく基板を保持するチャックが必要となるが、現状では存在しない。そこで、筆者らの研究グループで開発を進めている方式が、冷凍ピンチャックを用いた無変形保持技術である。極小ピン上に塗布した冷凍液の凝固固着力で基板保持することで、従来の冷凍チャックの変形要因を解決する。本方式の要素技術は実証済であり、実用化のための技術開発を進める段階にある。

本研究の目的は、無反り薄型基板を研磨加工で創成するための基盤技術を確立することであり、基板を変形させずに保持可能なチャックの開発とその特性の評価を行った。

3. 研究の方法

(1) 大面積の多数の極小ピン上に冷凍液を均一塗布するシステムの開発

回転霧化タイプの塗布装置を用いて、大面積に冷凍液を均一塗布するシステムの構築を行った。塗布対象は 300mm の試作冷凍ピンチャックとし、研磨機へ搭載した状態で機能するように設計した。塗布状態の評価のために、高速度カメラを用いた液滴形状測定システムの構築も行った。本システムを用いて、塗布条件を最適化した。

(2) 300mm 試料を用いた凝固固着実験による無変形保持特性およびはく離強さの評価

300mm 石英ガラス基板を用いて保持実験を行った。低温低湿チャンパー内で冷却台によるチャック冷却により基板を凝固固着し、凝固前後の変形量を評価した。冷凍液凝固条件であるチャックの温度制御とピン上の表面性状を最適化した。

(3) 高平坦化研磨装置搭載用の実用型冷凍

ピンチャックの製作と性能評価

冷凍ピンチャックを高平坦化研磨装置に搭載するためにチャック本体の冷却機構を設計した。冷却機構はチャック内部に温度制御可能なクーラント流す方式とし、クーラントの流路の最適設計を行い、実用型冷凍ピンチャックを製作した。

実用型冷凍ピンチャックを高平坦化研磨装置に搭載し、チャックの冷却系統の動作確認と温度分布特性の評価を行った。続いて、研磨機上での冷凍液塗布、凝固保持実験、研磨実験を行い、無変形保持冷凍ピンチャックとして機能することの確認を行った。

4. 研究成果

(1) 冷凍液の大流量霧化技術の検討

超音波式よりも大幅に霧化量を増大可能な回転霧化式ノズルを採用した。冷凍液は蒸発するために短時間で塗布を完了する必要があり、回転霧化式ノズルは、300mm のエリアを塗布するのに十分な量の霧状の冷凍液を 1min 程度で生成する能力があり、本研究の仕様を十分に満たすことを確認した。また、本霧化法は霧サイズや噴射範囲を調整できるので、最適な噴射条件での塗布が可能となった。

(2) 冷凍液均一塗布システムの開発

回転霧化式ノズルを用いた塗布システムを構築し、300mm の冷凍ピンチャックへの均一塗布を実現した。塗布対象である冷凍ピンチャックを揺動させてその速度を制御することにより塗布量を均一化する方法を開発した。これにより塗布エリアほぼ全面のピン上に高さ約 150μm の冷凍液の液滴を形成することを可能にした。

(3) 300mm 試料を用いた凝固固着実験による無変形保持特性とはく離強さの評価

試作冷凍ピンチャックに冷凍液塗布を行い、チャック冷却により 300mm の石英ウエハを凝固固着し、凝固前後の変形量を測定した結果、±1μm 以下を達成した。図 1 に基板を冷凍ピンチャックで凝固固着したさいの形状変化を示す。

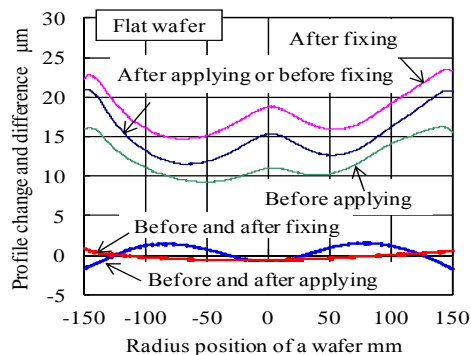


図 1 冷凍ピンチャック使用時の形状変化

また、ピン間冷却水の供給が、はく離強さの向上に大きく寄与することを明らかにした。図 2 に基板の保持手順を示す。

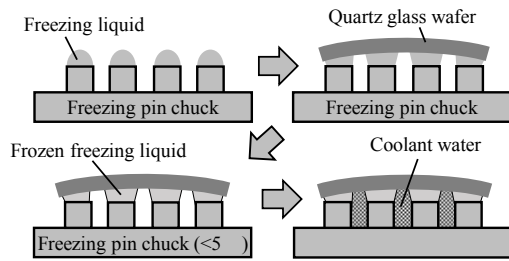


図2 基板の保持手順

(4) 高平坦化研磨装置搭載用の実用型冷凍ピンチャックの設計と製作

チャック内部のクーラント流路によって冷却する研磨用冷凍ピンチャックを設計・製作した(図3)。

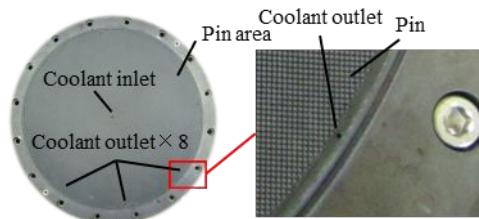


図3 冷凍ピンチャックの外観

構築したシステムによりチャック全体を5以下に冷却することが可能となり、300mmの石英ウエハをはく離せずに研磨可能であることを実証した。図4に研磨中の温度分布を示す。

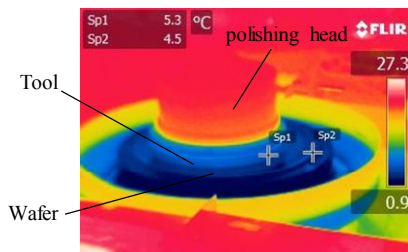


図4 研磨中の温度分布

(5) 冷凍ピンチャックのピン配置の最適化

試作冷凍ピンチャックはピンピッチを2mmであり、直径200mmの研磨パッドを用いた研磨圧5kPaでの研磨が可能であることを明らかにした(図5)。

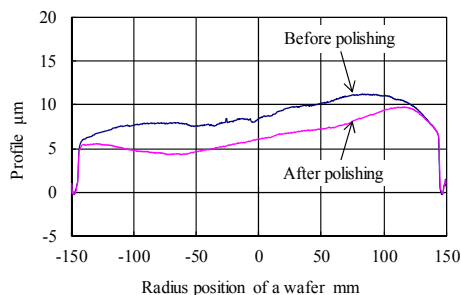


図5 研磨前後の形状変化

改良型の研磨用冷凍ピンチャックでは、研磨

圧10kPa以上の研磨を可能にするとともに、真空ピンチャックの機能をもたせ、さらに冷凍液塗布効率(ピン上への塗布量/冷凍液使用量)を上げるため、1mmピッチ、ピン直径0.6mmの設計とした。

(6) 研磨用冷凍ピンチャックの性能

基板保持の基礎実験により、ピンピッチ1mmにおいても塗布条件の最適化によりピン間に冷凍液が溜まりすぎることなくピン上に均一な液滴を形成でき、試作チャックに対してはく離強さを約4倍に向上させた基板保持を実現した。これにより、試作チャックでは困難であった10kPa以上の研磨圧に耐えられる加工の見通しを得た。

(7) 冷凍液塗布条件の最適化

冷凍液を霧化し、チャック上方から低速で堆積、およびチャックを回転させる方法により、冷凍ピンチャック全面に均一に液滴を形成することを可能にした。冷凍液の霧化状態は小サイズであるほど液滴高さのばらつきが小さくなること、チャック回転数に最適値があることを明らかにした。

(8) ピン上冷凍液の評価方法

300mmの冷凍ピンチャックには6万本以上のピンがあり、形成する液滴については、多数であることと冷凍液の蒸発のために、塗布状態の均一性について正確に評価する方法がなかった。そこで、微少な液滴の形状とサイズと液滴形成状態を観察する測定システムを構築した。本システムは、高倍率レンズを取り付けた高速度カメラにより液滴を連続撮影して画像処理する方式であり、半径方向のピン146本を5μmの精度で短時間に測定することを可能にした。図6に測定結果の一例を示す。

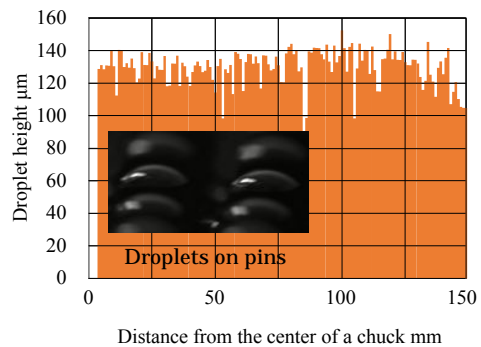


図6 冷凍液の液滴高さ分布と塗布例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

吉富 健一郎、竹鼻亮道、宇根 篤暢、小笠原 永久、餅田 正秋、研磨用冷凍ピンチャックの開発(第1報)、精密工学会誌、査読有り、80巻、2014、950 - 955
DOI : 10.2493/jjpe.80.950

〔学会発表〕(計 7 件)

K. Takehana, A. Une, N. Ogasawara, K. Yoshitomi, M. Mochida, Development of a freezing pin chuck for fabricating a nonwarped substrate: Peeling due to thermal stress during polishing and deformation during fixing, Proc. of 12th Euspen International Conference, (2012), 352-355

吉富 健一郎, 餅田 正秋, 冷凍ピンチャックを用いた石英ウエハの研磨加工(第1報), 2012年度砥粒加工学会学術講演会講演論文集, (2012), 86-87

竹鼻 亮道, 宇根 篤暢, 吉富 健一郎, 餅田 正秋, 冷凍ピンチャックを用いた石英ウエハの研磨加工(第2報), 2012年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2012), 69-70

吉富 健一郎, 竹鼻 亮道, 宇根 篤暢, 餅田 正秋, 冷凍ピンチャックを用いた石英ウエハの研磨加工(第3報), 2013年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2013), 647-648

K. Yoshitomi, A. Une, K. Takehana and M. Mochida, Development of a freezing pin chuck for polishing to fabricate a nonwarped substrate: Fixing characteristics to polish a quartz glass wafer: Peeling due to thermal stress during polishing and deformation during fixing, Proc. of 13th Euspen International Conference, (2013), 133-136

多田 一生, 吉富 健一郎, 餅田 正秋, 宇根 篤暢, 研磨用冷凍ピンチャックの基板保持特性, 2014年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2014), 599-600

多田 一生, 吉富 健一郎, 餅田 正秋, 宇根 篤暢, 冷凍ピンチャックにおける冷凍液の最適塗布特性, 2015年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2015), 999-1000

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:

権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉富 健一郎 (YOSHITOMI, Kenichiro)
防衛大学校・システム工学群機械工学科・
准教授

研究者番号: 40546149