

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 23 日現在

機関番号：33924

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560171

研究課題名(和文)非共振型フラットパネル非接触搬送法の開発

研究課題名(英文)Development of Non-contact Conveyance Method of Thin Plate by Using Non-resonance Multiple-Phase Airflow

研究代表者

古谷 克司(FURUTANI, Katsushi)

豊田工業大学・工学部・教授

研究者番号：00238685

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：液晶ディスプレイなどのガラス基板や半導体ウエハを清浄に保ちつつ搬送するためには、非接触搬送法が必要となる。そこで本研究では、多相の空気流路から空気を吐出・吸引することで被搬送物をわずかに傾けるとともに、空気流を裏面に当てることで駆動力を発生させる。被搬送物の位置に応じて空気流を与えるパターンをシフトすることで、連続的に搬送できた。15mmピッチで配置した48相のオリフィス絞りから空気流を供給した。寸法90mm×100mm×2mmで139gのステンレス板に対する加速度は15mm/s/sであった。

研究成果の概要(英文)：Non-contact transfer methods are required for glass plates and semiconductor wafers while keeping them clean. In the proposed transfer method, a thin plate was slightly tilted by blowing and sucking air from orifice restrictors and airflow is blown against the lower side of the plate so that the driving force is generated. Two patterns were found experimentally. The plate was continuously carried by shifting the airflow pattern in accordance with the plate position. Forty eight slots to supply airflow were arranged with an interval of 15 mm. A stainless steel plate with dimensions of 90 mm × 100 mm × 2 mm and 139 g was transferred at an acceleration of 15 mm/s/s.

研究分野：機械工学

キーワード：空気流 非接触 薄板 搬送 多相

1. 研究開始当初の背景

液晶ディスプレイなどに用いられるガラス基板や半導体ウエハは清浄な状態を保ちつつ搬送されることが望ましい。また、傷がつくことも避ける必要がある。そのため、非接触で搬送されることが望ましい。

橋本らにより超音波浮上および搬送が実現されている。この方法では弾性板の両端にランジュバン型超音波振動子を配置し、弾性板に音響粘性流（一種の空気の流れ）の進行波を発生させる。それにより、弾性板上に置いた板状の物体を浮上させたまま搬送することができる。著者らはこれを2次元に拡張し、xy方向に駆動する装置を試作した。しかし、振動板端からの反射波の影響や、超音波振動子と空気との音響インピーダンスの大きな違いにより、エネルギー効率が低かった。このように超音波振動により浮上と搬送の両方を行うことと、ひとつのユニットの長さには限界があるため、全体では非常に大きなエネルギーが必要となる。そこで磯部らは、浮上は従来の空気で行い、搬送のみを超音波により発生させた音響粘性流を用いる方法を提案している。この方法により150mm角のシリコン基板を搬送できることも報告されている。駆動力を与える超音波発生源は円環状であり、一方は前向きのみを発生できるが反対側は反対向きの力を発生する。そのため、ガラス基板側面の端にしか配置できない。また、圧縮空気ですり上げる場合には中央部に空気がたまることで湾曲し、破損に至ることもある。

Wesselinghらは、搬送面に10mm×10mm×10μmの非常に浅いポケットを6×6個均一に配置し、圧縮空気と真空を用いてその中で空気流を発生させることで搬送する方法を提案している。ポケット内の流路抵抗と、境界壁上の流路抵抗の差を利用して流れの方向を決めるため、搬送を安定させるためにはポケットの加工精度が要求される。大面積板を搬送するためには、それよりはるかに広い搬送面にポケットを精密に製作する必要がある。搬送面に斜めに穴を設け、そこから空気を吹き出すことで比較的小さい板を搬送する方法では、搬送方向が限定される。

2. 研究の目的

本研究では、多相空気流を用いた薄板の非接触搬送法を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

搬送力の発生原理を図1に示す。搬送台に設けた多相の空気流路から供給する空気流を正圧、負圧、なしの3段階で切り替える。被搬送物が浮上していても搬送台と平行な場合には、空気の粘性により働く力は左右でつりあうため、一方向への駆動力が働かない。しかし、わずかに傾くように空気流を供給するパターンを設定すると、被搬送物の下面に吹き付けられる空気流により低い方へ駆動

する力が発生する。被搬送物の位置に合わせて空気流供給パターンをずらすことで、連続的に駆動力を与えることができる。加速後は、被搬送物下部の平均圧力をわずかに正にすることで一定速度で搬送できる。減速する場合には進行方向の端がわずかに下がるように空気流供給パターンを与える。これらにより、加減速および一定速度の搬送が可能となる。

本方式では、被搬送物の下側から空気を吐出、吸引するため、吐出口の配置が制限されることはない。超音波を利用して被搬送物をわずかに傾ける方法が磯部らにより提案されているが、本法では浮上させるための空気流供給パターンにより傾ける点が異なっている。搬送するための空気にも用いるため、省エネルギー化が期待できる。

4. 研究成果

(1) 実験装置

搬送台は750mm×170mmである。10mmピッチで直径0.38mmの穴を14個あけた断面15mm×15mm、長さ170mmのアルミニウムパイプを48本並べた。さらにその上に、直径2.5mmの穴をあけた厚さ2mmのアルミニウム合金板をかぶせて、搬送面の高さを均一にするとともに、オリフィス絞りを構成した。

コンプレッサ出力をレギュレータで0.3MPaに減圧した後、正、負圧の発生部へ分岐した。正圧はレギュレータを通してさらに減圧した。負圧はベンチュリポンプ(定格吸引真空圧60kPa、定格吸引流量10L/min)により発生した。これらの空気流を供給するためにY字コネクタで接続し、相ごとに応答時間30msの電磁バルブを用いてオンオフ制御した。

タフト法を用いて実験的に求めた空気流供給パターンの例を図2に示す。被搬送物左側の浮上量が小さくなり、左側へ移動する。図で示した範囲の外側の相には空気を供給しなかった。このほかにもう1つ搬送が可能なパターンがあった。

被搬送物は、90mm×100mm×2mm、質量139gのステンレス板とした。

被搬送物の位置は、相のピッチに合わせて15mm間隔で配置した反射型フォトインタラ

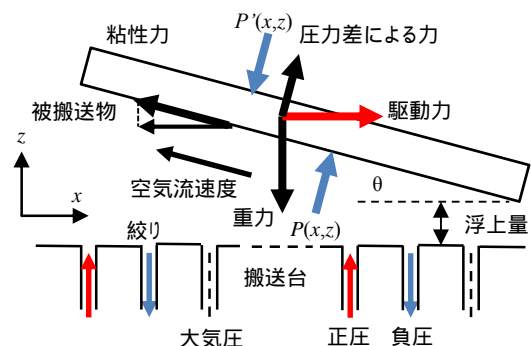


図1 搬送力の発生原理

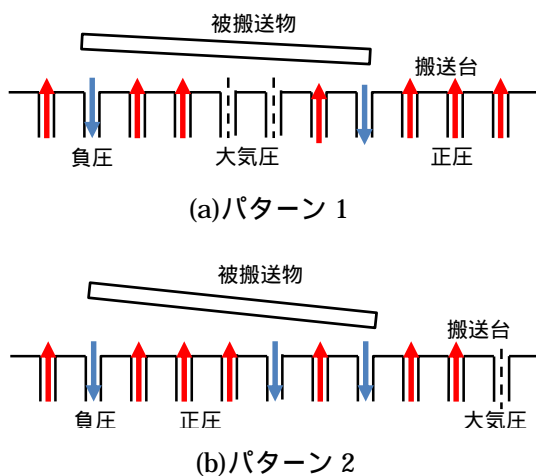


図2 空気流供給パターン

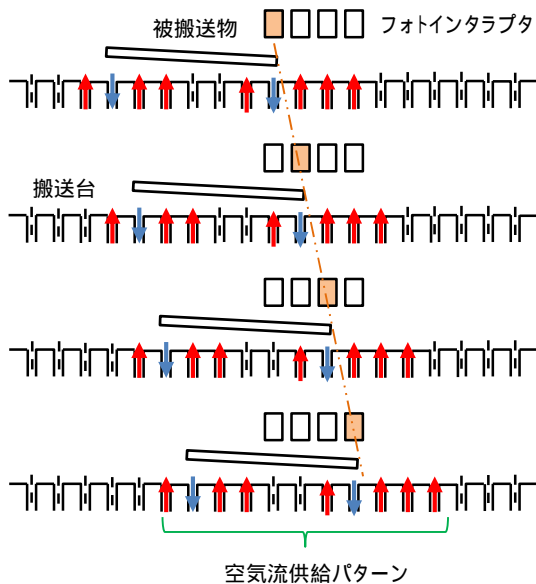


図3 空気流切り替えシーケンス

プタ(反射率 90%の白紙では 7mm で最大出力)で検出した。搬送台の上 5mm に設置し、その下に入った時に信号が出力されるようにした。

ビデオカメラで撮影し、2次元 PTV ソフトで処理した。フレームレートは 29.97fps である。トラッキングのためのマーカは直径 3mm の黒い点とした。被搬送物の端から 10mm 離れた点に 1 辺が 30mm の L 字形になるよう 3 点つけた。

実験前には、すべての相から正圧空気流を供給し、被搬送物が運動しないように搬送台の四隅に取り付けたボルトで水平を調整した。

(2)搬送実験

パターン 1 で駆動する場合の空気流切替シーケンスを図 3 に示す。フォトインタラプタで被搬送物を検出した時にパターンのみをずらし、その外側の相は空気を供給しなかった。絞りの真上にセンサを設置したため、絞

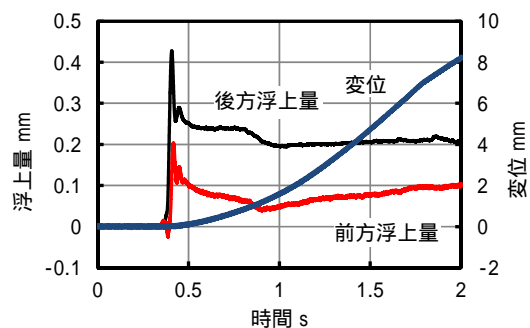


図4 被搬送物の浮上量

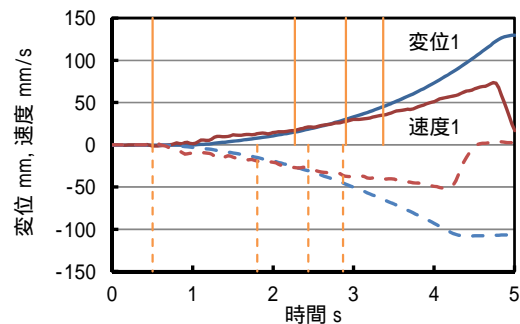


図5 パターン 1 による搬送例

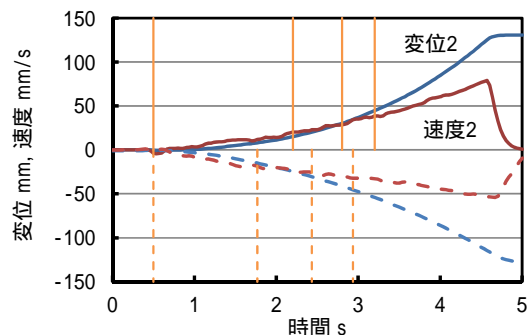


図6 パターン 2 による搬送例

りが被搬送物でふさがれた時に空気流が切り替わる。

空気圧力は、正が 7.0kPa、負が -3.0kPa と実験的に決定した。この時の流量はそれぞれ 6.0L/min と、表示分解能の 0.1L/min 以下であった。うず電流式変位計で浮上量を測定した結果では、パターン 1 で供給した場合には低い側で 0.13mm、高い側で 0.28mm であった。パターン 2 ではそれぞれ 0.08mm、0.24mm であった。

静止状態から空気流を供給した時の浮上量をうず電流式変位計で測定した結果を図 4 に示す。移動時前方で 0.13mm、後方で 0.28mm であった。

パターン 1 および 2 による変位をそれぞれ図 5, 6 に示す。縦線は、センサの間隔である 15mm ピッチである。等加速度運動と仮定して変位から求めた加速度は、パターン 1 の

右向きとパターン 2 の左向きの場合で、 15.1mm/s^2 であった。シフトさせない場合でも 2 相分の幅である 30mm 程度は加速された。またシフトさせた場合には加速の範囲である 45mm を超えてもさらに加速された。パターンの外側に空気を供給していないため、進行方向の端が下がったことが原因であると考えられる。したがって、初期位置が決まっているならば、各相に検出器を設ける必要はないと考えられる。

(3)まとめ

本研究では、多相空気流を用いた薄板の非接触搬送法を提案した。さらに、駆動力の発生を実験的に確認した結果について述べた。空気流供給パターンを被搬送物の位置に合わせてシフトさせることで、連続的に駆動することができた。

今後は、相数を減らすことを検討する予定である。

<引用文献>

橋本芳樹ほか:超音波を利用した非接触搬送技術,精密工学会誌,63,7,pp. 947-950 (1999).

K. Furutani et al.: Fundamental experiments of transfer device using ultrasonic levitation, Proc. 14th European Conf. Power Electron. Appl., Birmingham, UK, 0090, 10 p. (2011).

磯部浩己ほか:超音波音響粘性力と空気静圧を組み合わせた非接触基板搬送路の試作,精密工学会誌,74,5,pp. 520-524 (2008).

J. Wesselingh et al.: Actuator for contactless transport and positioning of large flat substrates, Proc. 10th euspen Int. Conf., Zurich, Switzerland, pp. 145-149 (2008).

磯部浩己,渡邊拓:スクイーズ圧力と空気静圧を組み合わせたガラス基板の非接触搬送方法の開発(第一報)傾斜する基板に作用する搬送力の数値解析,精密工学会誌,79,9,pp. 868-872 (2013).

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)

[学会発表](計2件)

古谷克司, 中村祐介:多相空気流を用いた薄板の非接触搬送(第1報)基本構想, 2015年度精密工学会春季大会学術講演会, 2015年3月19日, 東洋大学(東京都文京区).

古谷克司, 中村祐介:多相空気流を用いた薄板の非接触搬送法の基本構想, 第27回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, 2015年5月14日, ハウステンボス(長崎県佐世保市).

6. 研究組織

(1)研究代表者

古谷克司 (FURUTANI, Katsushi)

豊田工業大学・工学部・教授

研究者番号:00238685

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし