

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年11月18日(18.11.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/131509 A1

- (51) 国際特許分類:
B65G 27/22 (2006.01) H02N 2/00 (2006.01)
B65G 54/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/052853
- (22) 国際出願日: 2010年2月24日(24.02.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-117320 2009年5月14日(14.05.2009) JP
特願 2009-187475 2009年8月12日(12.08.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人 東京工業大学(TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山2-1-2-1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 小山 大介 (KOYAMA, Daisuke) [JP/JP]; 〒2268503 神奈川県

横浜市緑区長津田町4259 国立大学法人 東京工業大学内 Kanagawa (JP). 中村 健太郎 (NAKAMURA, Kentaro) [JP/JP]; 〒2268503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 国立大学法人 東京工業大学内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 小池 晃, 外(KOIKE, Akira et al.); 〒1040044 東京都中央区明石町8番1号 聖路加タワー32階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: CONTACTLESS CONVEYANCE DEVICE, CONTACTLESS CONVEYANCE METHOD, AND CONTACTLESS CONVEYANCE SYSTEM

(54) 発明の名称: 非接触搬送装置、非接触搬送方法及び非接触搬送システム

[図1]

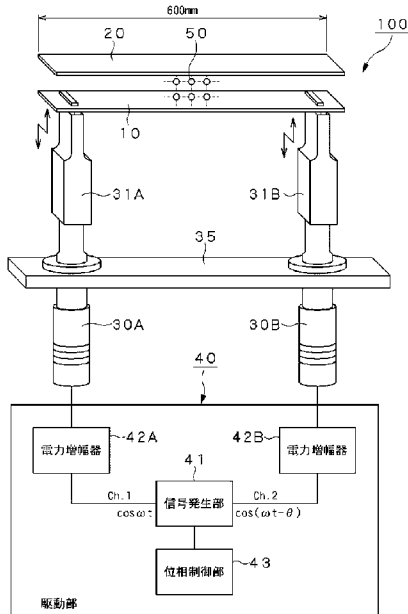


FIG. 1

40 DRIVE UNIT
42A, 42B ELECTRIC POWER AMPLIFIER
41 SIGNAL GENERATION UNIT
43 PHASE CONTROL UNIT

(57) Abstract: A flexurally vibrating plate (10) which is formed in a long flat plate-like shape is ultrasonically vibrated at two positions in the longitudinal direction thereof by exciting a pair of ultrasonic vibrators (30A, 30B) by means of an electric signal. A micro-object (50) to be conveyed is made to be caught at a node of an ultrasonic standing wave which is generated in the space sandwiched between the flexurally vibrating plate (10) and a reflection plate (20). The phase of the electric signal for exciting the pair of ultrasonic vibrators (30A, 30B) is controlled to vibrate the flexurally vibrating plate (10) so that a traveling wave is produced in the flexurally vibrating plate, and the micro-object (50) to be conveyed which is caught at the node of the ultrasonic standing wave is conveyed in the longitudinal direction of the flexurally vibrating plate (10).

(57) 要約: 本発明は、1対の超音波振動子(30A)、(30B)を電気信号により励振して、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板(10)を長手方向の2箇所において加振することにより超音波振動させ、上記たわみ振動板(10)と反射板(20)により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体(50)を捕捉し、上記1対の超音波振動子(30A)、(30B)を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記たわみ振動板(10)を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体(50)を上記たわみ振動板(10)の長手方向に搬送する。

WO 2010/131509 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

非接触搬送装置、非接触搬送方法及び非接触搬送システム

技術分野

[0001] 本発明は、超音波により微小部品や液滴などの被搬送微小物体を非接触で搬送する非接触搬送装置、非接触搬送方法及び非接触搬送システムに関する。

本出願は、日本国において2009年5月14日に出願された日本特許出願番号2009-117320、2009年8月12日に出願された日本特許出願番号2009-187475を基礎として優先権を主張するものであり、この出願は参照することにより、本出願に援用される。

背景技術

[0002] 従来、非接触搬送技術としては、圧縮空気により被搬送物体を空間に浮揚させて搬送したり、磁力により被搬送物体を空間に浮揚させて搬送したり、あるいは、超音波の放射圧により被搬送物体を空間に浮揚させて搬送する各種浮揚技術を利用した方法が知られている。

圧搾空気を用いる浮揚技術では、エアコンプレッサやエアホースなどを必要とし、装置は大型化したり煩雑化する。また、クリーンルームで使用する場合、大量の清浄な空気を必要とし、コストパフォーマンスが低下する。また、磁力による浮揚技術は、搬送対象物が磁性体に限られ、また、磁気が搬送対象物に影響を与える虞がある。

超音波の放射圧により被搬送物体を空間に浮揚させて搬送する浮揚技術では、例えば、超音波振動板を超音波振動させて、上記超音波振動板と搬送対象との間に厚さ数10マイクロメートルの薄い空気膜を作ることにより被搬送物体を空間に浮揚させる（例えば、特開平7-137824号公報参照）。

また、振動子と反射板の間に超音波定在波を発生させ、その音圧節部に、

音波に対して十分に小さい物体を捕捉し、振動子により放射される超音波の周波数を変えることにより、捕捉した物体を振動子の中心軸上を移動させるようにしたマニピュレーション方法が提案されている（例えば、特開平 9-193055 号公報参照）。

さらに、音軸が一点で交差するように所定の距離を保って同じ角度で傾斜させて配置した一对の超音波振動子を所定の電気信号で駆動し、放射される二つの超音波の交差区域に生成する定在波音場の音圧の節で微小物体を捕捉し、供給する電気信号を変化させて、捕捉した微小物体を移動するようにしたマニピュレーション方法が提案されている（例えば、特開平 11-262880 号公報参照）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] ところで、圧搾空気を用いる浮揚技術では、エアコンプレッサやエアホースなどを必要とし、装置は大型化したり煩雑化する。また、クリーンルームで使用する場合、大量の清浄な空気を必要とし、コストパフォーマンスが低下する。また、磁力による浮揚技術は、搬送対象物が磁性体に限られ、また、磁気が搬送対象物に影響を与える虞がある。

超音波の放射圧により被搬送物体を空間に浮揚させて搬送する浮揚技術は、圧縮空気や磁力による問題がないのであるが、通常、超音波振動板と搬送対象との間に厚さ数 10 マイクロメートルの薄い空気膜を作ることにより被搬送物体を空間に浮揚させるので、空気膜を発生しなければならないため微小物体の搬送は難しく、搬送対象が薄い平板に限定され、シリコンウエハや液晶ディスプレイ用ガラス板などの搬送に利用される。

また、振動子と反射板の間に超音波定在波を発生させ、その音圧節部に、音波に対して十分に小さい物体を捕捉し、振動子により放射される超音波の周波数を変えることにより、捕捉した物体を振動子の中心軸上を移動させるようにしたマニピュレーション方法や、音軸が一点で交差するように所定の距離を保って同じ角度で傾斜させて配置した一对の超音波振動子を所定の電

気信号で駆動し、放射される二つの超音波の交差区域に生成する定在波音場の音圧の節で微小物体を捕捉して移動させるようにしたマニピュレーション方法が提案されているが、超音波の媒質中における減衰が問題となり、捕捉した微小物体を長距離に亘り非接触移動させることは難しい。

そこで、本発明の目的は、超音波定在波により微小部品や液滴などの微小物体を捕捉し、捕捉した微小物体を非接触で長距離に亘って搬送可能な非接触搬送装置、非接触搬送方法及び非接触搬送システムを提供することにある。

また、本発明の目的は、超音波定在波により微小部品や液滴などの微小物体を捕捉し、捕捉した微小物体を非接触で長距離に亘って連続的に高速で搬送可能な非接触搬送装置、非接触搬送方法及び非接触搬送システムを提供することにある。

本発明の更に他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下に説明される実施の形態の説明から一層明らかにされる。

本発明の更に他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下に説明される実施例の説明から一層明らかにされる。

本発明に係る非接触搬送装置は、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、上記たわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子と、上記複数個の超音波振動子を異なる位相の電気信号により励振する駆動部とを備え、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御して、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送することを特徴とする。

本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、上記駆動部により上記たわみ振

動板を長手方向の2箇所において加振する1対の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記駆動部により上記1対の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御して、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送するものとすることができる。

本発明に係る非接触搬送装置において、上記1対の超音波振動子は、例えば、上記たわみ振動板の自由振動における腹の位置を上記たわみ振動板を長手方向の2箇所において加振するものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置において、上記1対の超音波振動子は、例えば、それぞれ超音波ホーンを介して上記たわみ振動板を長手方向の2箇所において加振するものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、上記たわみ振動板と上記反射板は、互いに対向する矩形形状に形成され、上記たわみ振動板と上記反射板で挟まれた直線状の空間を上記被搬送微小物体の搬送路とすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、上記たわみ振動板と上記反射板と上記1対の超音波振動子と上記駆動部とからなる搬送ユニットを複数連結してなるものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、上記駆動部は、上記1対の超音波振動子を励振する上記電気信号の周波数を変化させることにより、上記たわみ振動板と上記反射板に挟まれた空間において上記被搬送微小物体を捕捉する上記超音波定在波の節部の位置を制御するものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、上記たわみ振動板はリング形状に形成され、上記たわみ振動板と上記反射板で挟まれたリング状の空間を搬送路とし、上記リング形状のたわみ振動板の円周方向の対向する位置

において、上記駆動部により対をなす超音波振動子を逆位相の電気信号により励振して上記たわみ振動板の進行波超音波振動を周回させ、上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体を搬送するものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、上記駆動部により上記たわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御し、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記被搬送微小物体を順次捕捉して上記たわみ振動板の長手方向に搬送するものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、上記たわみ振動板はリング形状に形成され、上記たわみ振動板と上記反射板で挟まれたリング状の空間を搬送路とし、上記駆動部により上記リング形状のたわみ振動板の円周方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御し、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記被搬送微小物体を順次捕捉して上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体を搬送するものとすることができる。

本発明に係る非接触搬送システムは、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、上記たわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子と、上記複数個の超音波振動子を異なる位相の電気信号により励振する駆動部とを備え、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する非接触搬送部を複数連結してなることを

特徴とする。

また、本発明に係る非接触搬送システムは、例えば、たわみ振動板と反射板で挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした非接触搬送部を複数連結してなるものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送システムは、例えば、たわみ振動板と反射板で挟まれたリング状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした非接触搬送部に、たわみ振動板と反射板で挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした非接触搬送部を複数連結してなるものとすることができる。

本発明に係る非接触搬送方法は、複数個の超音波振動子を位相の異なる電気信号により励振して、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振することにより上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送することを特徴とする。

本発明に係る非接触搬送方法は、例えば、1対の超音波振動子によりたわみ振動板を長手方向の2箇所において加振することにより超音波振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記1対の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送するものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、例えば、複数個の超音波振動子によりたわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振することにより上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を順次捕捉し

て上記たわみ振動板の長手方向に搬送するものとすることができる。

また、本発明に係る非接触搬送装置は、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振する超音波振動子と、上記超音波振動子を電気信号により励振する駆動部と、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸収部とを備え、上記駆動部により上記超音波振動子を励振して、上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振することにより、上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸収部により上記たわみ振動板の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送することを特徴とする。

また、本発明に係る非接触搬送システムは、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振する超音波振動子と、上記超音波振動子を電気信号により励振する駆動部と、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸部とを備え、上記駆動部により上記超音波振動子を励振して、上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振することにより、上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸収部により上記たわみ振動板の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する非接触搬送部を複数連結してなることを特徴とする。

さらに、本発明に係る非接触搬送方法は、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板とにより挟まれた空間を被搬送微小物体の搬送路とし、上記たわみ振動板を長手方向の一端において超音波振動子により加振することにより、上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸収部により上記たわみ振動板の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送することを特徴とする。

本発明では、複数個の超音波振動子を位相の異なる電気信号により励振して、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振することにより上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送することができ、微小部品や液滴などの被搬送微小物体を超音波定在波により捕捉し、捕捉した微小物体を非接触で長距離に亘って搬送可能な非接触搬送装置及び非接触搬送方法を提供することができる。

また、本発明では、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板とにより挟まれた空間を被搬送微小物体の搬送路とし、上記たわみ振動板を長手方向の一端において超音波振動子により加振することにより、上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸収部により上記たわみ振動板の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板を進行波超音波

振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送することができ、微小部品や液滴などの被搬送微小物体を超音波定在波により捕捉し、捕捉した微小物体を非接触で連続的に高速で搬送可能な非接触搬送装置及び非接触搬送方法を提供することができる。

本発明によれば、大きさ1～数mm程度の物体であれば、特に被搬送物体の種類を選ぶことなく非接触で数10m以上の長距離を搬送可能であり、しかも、数10マイクロメートルオーダーの位置決め精度を確保することができる。また、被搬送物体は、小型の固体にとどまらず、液体の搬送も可能であることから、バイオテクノロジー分野において、純水や試薬などを不純物の混入なく搬送することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0004] [図1] 図1は、本発明を適用した非接触搬送装置の構成を模式的に示す図である。

[図2] 図2は、上記非接触搬送装置において、たわみ振動板と反射板により挟まれた直線状の空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉して搬送している状態を模式的に示す図である。

[図3] 図3は、上記非接触搬送装置を1つの搬送ユニットとして、複数の搬送ユニットを連結することにより構築した任意の搬送路長の非接触搬送装置の構成を模式的に示す図である。

[図4] 図4は、被搬送微小物体の捕捉位置を二次元方向に制御することができるようにした非接触搬送装置の構成を模式的に示す図である。

[図5] 図5は、リング状の搬送路に沿って被搬送微小物体を搬送するようにした非接触搬送装置の構成を模式的に示す図である。

[図6] 図6は、上記非接触搬送装置において、たわみ振動板と反射板により挟まれたリング状の空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉して搬送している状態を模式的に示す図である。

[図7] 図7は、リング状の搬送路に沿って被搬送微小物体を搬送するようにした非接触搬送装置の他の構成例を模式的に示す図である。

[図8] 図8は、円板の振動モードを有限要素解析（F E A）したモーダル解析による計算結果を示す図である。

[図9] 図9 A及び図9 Bは、本発明に係る非接触搬送装置のプロトタイプ of the constructionを模式的に示す図である。

[図10] 図10 A乃至図10 Cは、上記非接触搬送装置のプロトタイプにおけるリング状の圧電素子の駆動状況及び振動振幅分布の計算結果を模式的に示す図である。

[図11] 図11 A乃至図11 Cは、プロトタイプ of the non-contact transport deviceにより被搬送微小物体としてポリスチレン粒子を5個捕捉した様子を撮影した画像を示す図である。

[図12] 図12は、上記プロトタイプ of the non-contact transport deviceにおいて1個のポリスチレン粒子を捕捉してリング状の搬送路に沿って逆時計回り方向に非接触搬送する状態を撮影し重ね合わせた画像を示す図である。

[図13] 図13 A及び図13 Bは、リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部に直線状の非接触搬送路を有する非接触搬送部を複数連結した非接触搬送システムの構成例を模式的に示す図である。

[図14] 図14は、上記非接触搬送システムにおける搬送路入口部分及び搬送路出口部分の構造を模式的に示す図である。

[図15] 図15は、リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部と直線状の非接触搬送路を有する非接触搬送部をそれぞれ複数組み合わせることで連結した非接触搬送システムの構成例を模式的に示す図である。

[図16] 図16は、本発明を適用した非接触搬送装置の他の構成例を模式的に示す図である。

[図17] 図17は、図16に示した構成の非接触搬送装置におけるたわみ振動板の振動分布の測定結果を示す図である、

[図18] 図18は、図16に示した構成の非接触搬送装置におけるたわみ振動

板と反射板との間の音圧分布の測定結果を示す図である。

[図19]図19は、図18中の各場所A1～A3における搬送方向の音圧の位相分布を示す図である。

[図20]図20は、図18中の場所A4の垂直方向の位相分布を示す図である。

[図21]図21は、図16に示した構成の非接触搬送装置における粒子の搬送軌跡を音圧分布とともに示す図である。

[図22]図22は、図21より求めた粒子の搬送速度の時間変化を示す図である。

発明を実施するための形態

[0005] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、本発明は以下の例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、任意に変更可能であることは言うまでもない。

本発明は、例えば図1に示すように、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板10を長手方向の2箇所において加振する1対の超音波振動子30A、30Bを電気信号により励振して、上記たわみ振動板10を進行波超音波振動させて、上記たわみ振動板10上の被搬送微小物体50を上記たわみ振動板10の長手方向に搬送する非接触搬送装置100に適用される。

この非接触搬送装置100には、上記たわみ振動板10と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に反射板20が設置されている。上記たわみ振動板10と上記反射板20は、互いに対向する矩形形状に形成されている。

また、この非接触搬送装置100は、上記1対の超音波振動子30A、30Bを電気信号により励振する駆動部40を備える。

この非接触搬送装置100において、たわみ振動板10は、例えば、幅60mm、長さ600mm、厚み3mmのジュラルミン製の振動板であって、その長手方向の両端部分にそれぞれ超音波ホーン31A、31Bを介して連結板35に設けられた1対の超音波振動子30A、30Bが接続されている

。上記超音波ホーン31A, 31Bは、上記たわみ振動板10に対してその長手方向両端部において長手方向と直交する状態で取付けられている。

上記1対の超音波振動子30A, 30Bは、例えば、それぞれ図示しないボルトによって締め付け固定されるリング状のピエゾ素子を備えた所謂ボルト締めランジュバン型振動子が使用されており、駆動用の電気信号が駆動部40からピエゾ素子に印加されることにより励振されるようになっている。

上記駆動部40は、駆動用の電気信号として、周波数が20~50kHz程度の2相の高周波信号(第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$)を発生する信号発生器41と、上記第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ と第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ を増幅して上記1対の超音波振動子30A, 30Bに供給する2つの電力増幅器42A, 42Bと、上記第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の位相 θ を可変制御する位相制御部43からなる。

この非接触搬送装置100では、駆動用の電気信号として、周波数が20~50kHz程度の高周波信号(第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$)が駆動部40から上記1対の超音波振動子30A, 30Bに供給されることにより励振される上記1対の超音波振動子30A, 30Bの超音波振動がそれぞれ超音波ホーン31A, 31Bにより増幅されて上記たわみ振動板10に印加される。これにより、いくつかの共振周波数で上記たわみ振動板10にたわみ振動を励振することができる。

ここで、上記1対の超音波振動子30A, 30Bは、上記たわみ振動板10の自由振動における腹の位置を上記たわみ振動板10を長手方向の2箇所において加振するようにすると、効率よく上記たわみ振動板10にたわみ振動を励振することができる。

そして、この非接触搬送装置100では、上記たわみ振動板10と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に反射板20が設置されているので、上記駆動部40により上記1対の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板10を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板10と上記反射板20により挟まれた空間に超音波定在波

が形成され、図2に示すように、この超音波定在波の節部に被搬送微小物体50を捕捉することができる。また、上記駆動部40により上記1対の超音波振動子を励振させる電気信号、すなわち、周波数が20~50kHz程度の高周波信号（第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ ）の位相差を制御することにより、上記たわみ振動板10を伝搬するたわみ波の進む方向やその強さを制御することができ、この非接触搬送装置100では、上記第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の位相 θ を位相制御部43により可変制御することにより、上記たわみ振動板10と上記反射板20により挟まれた空間に形成される超音波定在波の節の位置を上記反射板20の長手方向の一次元上で任意の位置及び方向に変化させ、上記超音波定在波の節部に捕捉されている被搬送微小物体50の空間位置を制御することができ、上記位相制御部43により上記第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の位相 θ を連続的に変化させることにより、上記たわみ振動板10を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体50を上記たわみ振動板10の長手方向に非接触搬送することができる。上記たわみ振動板10と上記反射板20で挟まれた直線状の空間が上記被搬送微小物体50の搬送路となっている。

この非接触搬送装置100では、1対の超音波振動子30A、30Bを電気信号により励振して、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板10を長手方向の2箇所において加振することにより超音波振動させ、上記たわみ振動板10と反射板20により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体50を捕捉し、上記1対の超音波振動子30A、30Bを励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記たわみ振動板10を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体50を上記たわみ振動板10の長手方向に搬送する。

すなわち、この非接触搬送装置100は、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板10と、上記たわみ振動板10と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板20と

、上記たわみ振動板 10 を長手方向の 2 箇所において加振する 1 対の超音波振動子 30 A, 30 B と、上記 1 対の超音波振動子を電気信号により励振する駆動部 40 を備え、上記駆動部 40 により上記 1 対の超音波振動子 30 A, 30 B を励振して上記たわみ振動板 10 を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板 10 と上記反射板 20 により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体 50 を捕捉し、上記駆動部 40 により上記 1 対の超音波振動子 30 A, 30 B を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記たわみ振動板 10 を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体 50 を上記たわみ振動板 10 の長手方向に搬送するようになっている。

ここで、上記反射板 20 は、音波を十分に反射する材質であればよく、厚さ 1 mm 程度の一般的なアルミニウム板やアクリル板などを使用することができる。また、被搬送微小物体 50 は、音波の波長よりも十分小さいものであれば、比重の小さい材質ほど捕捉しやすい。また、非接触搬送可能な被搬送微小物体 50 の重量は、上記 1 対の超音波振動子 30 A, 30 B を励振させる電気信号の電力によって決定される。さらに、非接触搬送される被搬送微小物体 50 は、固体に限られることなく液体であってもよい。

この非接触搬送装置 100 では、上記たわみ振動板 10 と上記反射板 20 で挟まれた直線状の空間を搬送路として上記被搬送微小物体 50 を非接触搬送することができる。

上記非接触搬送装置 100 では、上記たわみ振動板 10 と上記反射板 20 で挟まれた長さ 600 mm の直線状の搬送路を全長に亘って、被搬送微小物体 50 として粒径が 3 mm 程度の発砲スチロール粒子を非接触搬送することができた。

ここで、上記たわみ振動板 10 と上記反射板 20 と上記 1 対の超音波振動子 30 A, 30 B と上記駆動部 40 とからなる搬送ユニットを複数連結することにより、数 10 m に亘る長距離の非接触搬送も可能である。

例えば、上記非接触搬送装置 100 を 1 つの搬送ユニットとして、図 3 に

示すように、複数の搬送ユニット100A, 100B・・・を連結することにより、任意の搬送路長の非接触搬送装置1000を構築することができる。

また、上記非接触搬送装置100では、上記駆動部40の位相制御部43により第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の位相 θ を可変制御することにより、上記たわみ振動板10と上記反射板20により挟まれた空間に形成される超音波定在波の節の位置を上記たわみ振動板10の長手方向の一次元上で任意の位置及び方向に変化させ、上記超音波定在波の節部に捕捉されている被搬送微小物体50の空間位置を制御するようにしたが、図4に示す非接触搬送装置200のように、上記信号発生器41で発生する上記高周波信号（第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ ）の周波数を可変制御する周波数制御部44を駆動部40に設けて、第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の周波数も制御するようにしてもよい。なお、この非接触搬送装置200において、駆動部40の周波数制御部44以外の構成要素については、上記非接触搬送装置100と同じなので、図4中に同一符号を付し、その詳細な説明を省略する。

この非接触搬送装置200では、上記第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の周波数を変化させることにより、上記たわみ振動板10と上記反射板20に挟まれた空間において、上記たわみ振動板10の長手方向（X方向）と直交するY方向で上記被搬送微小物体50を捕捉する上記超音波定在波の節部の位置を制御することができ、上記超音波定在波の節部に捕捉されている被搬送微小物体50の空間位置を、上記位相制御部43による第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の位相 θ の制御によりX方向で変化させ、また、上記周波数制御部44による第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \theta)$ の周波数の制御によりY方向で変化させ、二次元方向に制御することができる。

また、上記非接触搬送装置100では、上記たわみ振動板10と上記反射板20で挟まれた直線状の空間を搬送路として上記被搬送微小物体50を非

接触搬送するようにしたが、例えば、図5に示す非接触搬送装置300のように、たわみ振動板310をリング形状に形成し、上記たわみ振動板310と円盤状の反射板320で挟まれたリング状の空間を被搬送微小物体350の搬送路とし、上記リング形状のたわみ振動板310の円周方向の対向する位置において、駆動部340により対をなす超音波振動子331A・331B、332A・332Bを逆位相の電気信号により励振して上記たわみ振動板310の進行波超音波振動を周回させ、上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体350を搬送するように構成することもできる。

この非接触搬送装置300は、対をなす超音波振動子331A・331B、332A・332Bとして、それぞれ所謂ボルト締めランジュバン型振動子を使用した二対の超音波振動子を備える。上記駆動部340は、周波数が20～50kHz程度の4相の高周波信号（第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \pi)$ 、第3の駆動信号 $\sin(\omega t)$ 、第4の駆動信号 $\sin(\omega t + \pi)$ ）を駆動用の電気信号とし、上記リング形状のたわみ振動板310の円周方向の対向する位置において、超音波振動子331A・331Bを逆位相の高周波信号（第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \pi)$ ）にて励振するとともに、超音波振動子332A・332Bを逆位相の高周波信号（第3の駆動信号 $\sin(\omega t)$ 、第4の駆動信号 $\sin(\omega t + \pi)$ ）にて励振することにより、図6に示すように、上記たわみ振動板310の進行波超音波振動を周回させ、上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体350を搬送する。

なお、図7に示す非接触搬送装置300Aのように、円周方向に四分割した各領域に電極パターン331a・331、332a・332bを形成してなるリング形状の圧電素子330を二対の超音波振動子331A・331B、332A・332Bとして用い、上記円周方向に四分割した各領域に形成した電極パターン331a・331、332a・332bに駆動部340から逆位相の高周波信号（第1の駆動信号 $\cos(\omega t)$ 、第2の駆動信号 $\cos(\omega t + \pi)$ ）と逆位相の高周波信号（第3の駆動信号 $\sin(\omega t)$ 、第4の駆動信号 $\sin(\omega t + \pi)$ ）

$\omega t + \pi$) を供給して、上記二対の超音波振動子 331A・331B、332A・332B を励振することにより、上記非接触搬送装置 300 と同様に、上記たわみ振動板 310 の進行波超音波振動を周回させ、上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体 350 を搬送することもできる。なお、この非接触搬送装置 300A において、駆動部 40 の超音波振動子 331A・331B、332A・332B の構造、すなわち、上記二対の超音波振動子 331A・331B、332A・332B として、ボルト締めランジュバン型振動子に替えて、電極パターン 331a・331、332a・332b を形成したリング形状の圧電素子 330 を上記リング形状のたわみ振動板 310 に直接貼り付けた構造以外は、上記非接触搬送装置 300 と同じなので、共通構成要素については、図 7 中に同一符号を付し、その詳細な説明を省略する。

なお、直線搬送を行う非接触搬送装置においても、超音波振動子として、ボルト締めランジュバン型振動子に替えて、電極パターンを形成した圧電素子をたわみ振動板に直接貼り付けた構造を採用することもでき、また、複数個の超音波振動子によりたわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振することにより上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を順次捕捉して上記たわみ振動板の長手方向に搬送することができる。

ここで、直径 30 mm で厚さ 0.5 mm の 2 枚のアルミニウム円板をたわみ振動板と反射板として 5 mm の距離で平行に設けたプロトタイプの非接触搬送装置において、上記反射板と上記振動板と間の空気中で音響定在波を発生させるために、円板の振動モードを有限要素解析 (FEA) することにより得られた 18 ~ 100 kHz まで FEA のモーダル解析による計算結果を図 8 に示す。図 8 において、 m 及び n は各共振振動モードにおける節線及び節円の数を示す。

そして、図9Aに示すように、上記非接触搬送装置300Aのプロトタイプとして、直径30mmで厚さ0.5mmのアルミニウム円板を上記たわみ振動板310として使用し、上記リング状の圧電素子330として厚さ0.5mmの圧電ジルコン酸チタン酸塩（PZT）のリングをエポキシ化合物によって上記たわみ振動板310に付けるとともに、上記たわみ振動板310のセンターに支持ロッドを付け、上記直径30mmで厚さ0.5mmのアルミニウム円板を用いた反射板320を上記たわみ振動板310と5mmの距離で平行に設けたものを作成したところ、数ミリメートルの直径によるポリスチレン粒子を一定の間隔で定在波の節線で捕獲することができ、上記たわみ振動板310と反射板320により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記被搬送微小物体350としてポリスチレン粒子を順次捕捉して上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体350を非接触搬送することすることができた。

上記非接触搬送装置300Aのプロトタイプでは、上記有限要素解析（FEA）による計算結果から、リング状の圧電素子330の電極は、47.8kHzの共振周波数で1つの節円及び4つの節線でたわみの振動モードを生み出すために、図9Bに示すように、24の部分に分けた。

そして、プロトタイプの非接触搬送装置300AについてのFEAによる計算結果では、半波長が円周方向で45度と一致する（1、4）たわみモードの定在波が発生したので、リング状の圧電素子330の駆動信号を制御することによって円周方向で捕獲粒子の位置を制御するの（1、4）たわみモードの定在波を用いた。

上記リング状の圧電素子330の駆動状況及び振動振幅分布の計算結果を図10A、図10B、図10Cに示す。図10A、図10B、図10Cでは、分割された電極が $V = \cos \omega t$ と $-\cos \omega t$ の入力電圧で励起されたことを意味する「+」及び「-」により駆動状況が示され、たわみ振動板310は、電氣的に接地されている。

すなわち、図10Aに示すように、「+」及び「-」の入力電圧は、45

度、各々の3つの電極に印加した駆動状態（ここでは、この駆動状態を3-3ドライブと呼ぶ）から、図10Bに示すように、電極の入力駆動信号のうちの1つ「-」の入力電圧を「+」の入力電圧に変えた駆動状態（ここでは、この駆動状態を4-2ドライブと呼ぶ）としたときに、（1、4）モードが現れ、節線が逆時計回り方向で7.5度回転し、さらに、図10Cに示すように、電極の入力駆動信号のうちの1つ「+」の入力電圧を「-」の入力電圧に変えて再度3-3ドライブの駆動状態としたときに、（1、4）モードが現れ、節線が逆時計回り方向でさらに7.5度回転し、全体で15度回転する。

上記プロトタイプの実験装置300では、上記リング状の圧電素子330の駆動状態を3-3ドライブの駆動状態と4-2ドライブの駆動状態に交互に切り換えることにより、上記たわみ振動板310と反射板320により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記被搬送微小物体350としてポリスチレン粒子を順次捕捉し、駆動状態を1回切り換える毎に逆時計回り方向で7.5度ずつ、上記リング状の搬送路に沿って逆時計回り方向に上記被搬送微小物体350を非接触搬送することができる。

ここで、上記プロトタイプの実験装置300Aにおいて、反射板320に透明なアクリル板を用いて、上記たわみ振動板310と反射板320により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記被搬送微小物体350としてポリスチレン粒子を5個捕捉した様子を撮影した画像を図11A、図11Bに示すように、5個のポリスチレン粒子を円板のまわりで上記たわみ振動板310のたわみ振動の半波長と一致した一定の間隔で捕獲することができた。また、ポリスチレン粒子を捕獲することができる位置は、図11Cに示すように、スキャンLDVを使った観察によりFEAで予測した位置と一致することが確認された。

また、上記プロトタイプの実験装置300Aにより、上記被搬送微小物体350として1個のポリスチレン粒子を捕捉し、上記リング状の圧電素子330の駆動状態を3-3ドライブの駆動状態と4-2ドライブの駆動状

態に交互に切り換えることにより、上記たわみ振動板 310 と反射板 320 により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記ポリスチレン粒子を順次捕捉し、上記リング状の搬送路に沿って逆時計回り方向に非接触搬送する状態を撮影し重ね合わせた画像を図 12 に示す。

上述の如きたわみ振動板と反射板で挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした本発明に係る非接触搬送装置は、複数連結することにより、長距離の非接触搬送システムを構築することができ、また、たわみ振動板と反射板で挟まれたリング状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした非接触搬送装置と組み合わせることにより、例えば、図 13 に示すように、搬送元や搬送先を切り換えることのできる非接触搬送システム 500 を構築することができる。

この非接触搬送システム 500 は、図 13 A に示すように、リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部 510 に、それぞれ直線状の非接触搬送路を有する 3 個の非接触搬送部 520 A, 520 B, 520 C を連結してなる。

上記第 1 の非接触搬送部 520 A は、長尺な平板状に形成され直線状のたわみ振動板 521 A と、上記たわみ振動板 521 A と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板 522 A と、上記たわみ振動板 521 A を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子と、上記複数個の超音波振動子を異なる位相の電気信号により励振する駆動部とを備え、上記たわみ振動板 521 A と反射板 522 A で挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体の非接触搬送路としたもので、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板 521 A を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板 521 A と上記反射板 522 A により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板 521 A の長手方向に搬送

する。上記第1の非接触搬送部520Aには、図14に示すように、この非接触搬送システム500における被搬送微小物体550の搬送元となる上記たわみ振動板521Aと反射板522Aで挟まれた直線状の非接触搬送路の搬送路入口部分において、被搬送微小物体550を捕捉する超音波定在波の節部の上方に位置し、被搬送微小物体550を超音波定在波の節部に落下させて捕捉させるための複数の搬入管530が設けられている。上記搬入管530の先端位置は、搬送対象が捕捉される位置、すなわち空気中の音響定在波節線上に近い位置とすればよく、また、複数の搬入管530は、搬送方向の定在波の波長の間隔をもって設けられる。

上記搬入管530を通して第1の非接触搬送部520Aに投入された被搬送微小物体550は、自動的に音響定在波の節の位置に捕捉され、直線状の搬送路に沿って非接触搬送される。

そして、上記第1の非接触搬送部520Aは、搬送元から搬入された被搬送微小物体550を非接触搬送して上記リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部510に渡す。

また、上記非接触搬送部510は、長尺な平板状に形成されたリング状のたわみ振動板511と、上記たわみ振動板511と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板512と、上記たわみ振動板511を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子と、上記複数個の超音波振動子を異なる位相の電気信号により励振する駆動部とを備え、上記たわみ振動板511と反射板512で挟まれたリング状の空間を被搬送微小物体の非接触搬送路としたもので、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板511を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板511と上記反射板512により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体550を捕捉し、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体550を上記たわみ振動板511の長手方向すなわち上

記たわみ振動板 5 1 1 の円周方向に搬送する。この非接触搬送部 5 1 0 は、図 1 3 B に示すよう、上記搬送元から搬入され上記第 1 の非接触搬送部 5 2 0 A を介して受け渡された被搬送微小物体を非接触搬送して、第 2 の非接触搬送部 5 2 0 B、又は、第 3 の非接触搬送部 5 2 0 C に渡す。

この第 1 の非接触搬送部 5 2 0 A は、搬送元から搬入された被搬送微小物体 5 5 0 を非接触搬送して上記リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部 5 1 0 に渡す。

上記第 1 の非接触搬送部 5 2 0 A から非接触搬送部 5 1 0 に被搬送微小物体 5 5 0 を確実に受け渡すために、この非接触搬送システム 5 0 0 では、上記第 1 の非接触搬送部 5 2 0 A の振動板 5 2 1 A 及び反射板 5 2 2 A と上記非接触搬送部 5 1 0 の振動板 5 1 1 及び反射板 5 1 2 の一部を重ねて配置してある。この場合、上記第 1 の非接触搬送部 5 2 0 A における超音波の周波数と上記非接触搬送部 5 1 0 における超音波の周波数とに差を持たせることにより、各々の振動板 5 2 1 A、5 1 1 と反射板 5 2 2 A、5 1 2 間の距離に差が生じ、振動板 5 2 1 A、5 1 1 と反射板 5 2 2 A、5 1 2 を重ね合わせる配置とすることができる。

上記第 1 の非接触搬送部 5 2 0 A の直線状の搬送路を通過して運ばれてきた被搬送微小物体 5 5 0 は、上記非接触搬送部 5 1 0 に超音波定在波によって捕捉されることにより受け渡され、上記非接触搬送部 5 1 0 のリング状の搬送路に沿って非接触搬送され、上記非接触搬送部 5 1 0 から第 2 又は第 3 の非接触搬送部 5 2 0 B、5 2 0 C に受け渡される。

すなわち、上記リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部 5 1 0 は、被搬送微小物体 5 5 0 の搬送先を切り替える進路切替部として機能する。

上記第 2 の非接触搬送部 5 2 0 B は、長尺な平板状に形成され直線状のたわみ振動板 5 2 1 B と、上記たわみ振動板 5 2 1 B と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板 5 2 2 B と、上記たわみ振動板 5 2 1 B を長手方向の複数箇所において加振する複数の超音波振動子と、上記複数の超音波振動子を異なる位相

の電気信号により励振する駆動部とを備え、上記たわみ振動板 5 2 1 B と反射板 5 2 2 B で挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体 5 5 0 の非接触搬送路としたもので、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板 5 2 1 B を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板 5 2 1 B と上記反射板 5 2 2 B により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体 5 5 0 を上記たわみ振動板 5 2 1 B の長手方向に搬送する。この第 2 の非接触搬送部 5 2 0 B は、上記非接触搬送部 5 1 0 から受け渡された被搬送微小物体 5 5 0 を第 1 の搬送先まで非接触搬送する。

ここで、上記第 2 の非接触搬送部 5 2 0 B には、図 1 4 に示すように、この非接触搬送システム 5 0 0 における被搬送微小物体 5 5 0 の第 1 の搬送先となる上記たわみ振動板 5 2 1 B と反射板 5 2 2 B で挟まれた直線状の非接触搬送路の搬送路出口部分において、被搬送微小物体 5 5 0 を捕捉する超音波定在波の節部の下方に位置し、被搬送微小物体 5 5 0 を超音波定在波の節部から落下させて取り出すための複数の搬出管 5 4 0 が設けられている。そして、上記第 2 の非接触搬送部 5 2 0 B を介して第 1 の搬送先に非接触搬送された被搬送微小物体 5 5 0 は、上記非接触搬送路の搬送路出口部分において、当該被搬送微小物体 5 5 0 を節部に捕捉している超音波定在波の発生を停止させて捕捉をとくことにより、節部の下方に落下させて上記搬出管 5 4 0 を介して搬出される。

また、上記第 3 の非接触搬送部 5 2 0 C は、長尺な平板状に形成され直線状のたわみ振動板 5 2 1 C と、上記たわみ振動板 5 2 1 C と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板 5 2 2 C と、上記たわみ振動板 5 2 1 C を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子と、上記複数個の超音波振動子を異なる位相の電気信号により励振する駆動部とを備え、上記たわみ振動板 5 2 1

Cと反射板522Cで挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体550の非接触搬送路としたもので、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板521Cと上記反射板522Cにより挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体550を上記たわみ振動板521Cの長手方向に搬送する。この第3の非接触搬送部520Cは、上記非接触搬送部510から受け渡された被搬送微小物体550を第2の搬送先まで非接触搬送する。

なお、上記第3の非接触搬送部520Cでは、上記第2の非接触搬送部520Bと同様に、上記第3の非接触搬送部520Cを介して第2の搬送先に非接触搬送された被搬送微小物体550は、上記非接触搬送路の搬送路出口部分において、当該被搬送微小物体550を節部に捕捉している超音波定在波の発生を停止させて捕捉をとくことにより、節部の下方に落下させて搬出管を介して搬出される。

この非接触搬送システム500では、搬送元から搬入された被搬送微小物体550を直線状の非接触搬送路を有する第1の非接触搬送部520Aを介してリング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部510まで搬送し、被搬送微小物体を上記非接触搬送部510から第2又は第3の非接触搬送部520B、520Cを介して第1の搬送先又は第2の搬送先に搬送することができる。

なお、この非接触搬送システム500では、上記第2及び第3の非接触搬送部520B、520Cに備えられた上記たわみ振動板521B、521Cと反射板522B、522Cを上記第1の非接触搬送部520とは上下を反転した配置とし、上方側に位置する反射板522B、522Cに搬出管540を設けるようにしたが、上下を反転せずに、上方側に位置するたわみ振動板521B、521Cに搬出管540を設けるようにしてもよい。

また、上記非接触搬送システム500では、リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部510に、それぞれ直線状の非接触搬送路を有する3個の非接触搬送部520A、520B、520Cを連結したが、上記リング状の非接触搬送路を有する非接触搬送部510には、最大で上記リング状の非接触搬送路において同時に捕捉することのできる被搬送微小物体550の数に等しい数だけ、それぞれ直線状の非接触搬送路を有する非接触搬送部を連結することができ、また、複数の搬送元を有するものとすることもできる。

さらに、各非接触搬送部の反射板は、振動板と同形状である必要はなく、搬送路一式上に1枚存在する構造でもよく、例えば図15に示すように、1枚の大型反射板630を用いることができ、さらに、リング状の非接触搬送路を有する複数の非接触搬送部610A、610Bと直線状の非接触搬送路を有する複数の非接触搬送部620A～620Fを組み合わせることで連結した非接触搬送システム600を構築することもできる。

また、上記非接触搬送装置100、200、300では、複数の超音波振動子により、たわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振してたわみ振動板を超音波振動させるようにしたが、図16に示す非接触搬送装置700のように、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板710と、上記たわみ振動板710と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板720とにより挟まれた空間を被搬送微小物体760の搬送路とし、上記たわみ振動板710を長手方向の一端において超音波振動子730により加振することにより、上記たわみ振動板710を超音波振動させ、上記たわみ振動板710を長手方向の他端に取り付けられた超音波吸収材740A、740Bからなる超音波吸収部740により上記たわみ振動板710の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板710を進行波超音波振動させ、上記たわみ振動板710と反射板720により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体760を捕捉し、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体760を上記たわみ振動板710の長手方向に搬送することもできる。

この非接触搬送装置 700 では、超音波振動子 730 には、1本のエクスパーネンシャルホーン付ボルト締めランジュバン振動子を用いた。また、長さ 400 mm、幅 30 mm、厚さ 1 mm のアルミニウム製板をたわみ振動板 710 とし、その一端から 30 mm の位置に超音波振動子 730 をネジ締結し、もう片端に超音波吸収材 740 A, 740 B として鉛板(長さ 4 mm、幅 30 mm、厚さ 1 mm)を表裏両面に万力で固定して超音波吸収部 740 を設けた。そして、たわみ振動板 710 と反射板 720 の間の空中に、垂直方向(z 方向)に音圧の節が 2 つの空中音場が励振されるようにたわみ振動板 710 から 13.5 mm の位置に平行にアルミニウム製板(長さ 220 mm、幅 60 mm、厚さ 3 mm)を反射板 720 として設置した。

なお、上記超音波吸収部 740 は、鉛以外の金属やプラスチックなど超音波吸収材 740 A, 740 B を用いて構成することもできる。

そして、駆動部 750 により上記超音波振動子 730 を励振して、上記たわみ振動板 710 を長手方向の一端において加振することにより、上記たわみ振動板 710 を超音波振動させ、上記たわみ振動板 710 の長手方向の他端に設けられた超音波吸収部 740 により上記たわみ振動板 710 の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板 710 を進行波超音波振動させ、上記たわみ振動板 710 と上記反射板 720 により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体 760 を捕捉し、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体 760 を上記たわみ振動板 710 の長手方向に搬送する。

この非接触搬送装置 700 では、超音波振動子 730 の縦振動がたわみ振動板 710 のたわみ進行波に変換されて超音波吸収部 740 によって吸収される。

このような構成の非接触搬送装置 700 では、駆動周波数 31.6 kHz でたわみ振動板 710 を超音波振動させると、振動板幅方向中央部の長手方向(x 方向)の振動分布を LDV (GLV-1000&700, PI Polytec)で測定した結果を図 17 に示すように、定在波比はおよそ 3 であり、たわみ振動板 710 に

沿って伝播速度約 570 m/s のたわみ進行波が発生する。

また、たわみ振動板 710 と反射板 720 との間の音圧分布をプローブマイクロホン (Type 5935, Bruel & Kjar) を使い測定した結果を図 18 に示す。さらに、上記図 18 中の各場所 A1 ~ A3 における搬送方向の音圧の位相分布を図 19 に示すとともに、場所 A4 の垂直方向の位相分布を図 20 に示す。

図 19 に示すように、搬送方向へは位相が直線的に変化しており、波長 19.0 mm の進行波が伝搬している。また、図 20 に示すように、垂直方向へは節数 2 の定在波となっている。

したがって、たわみ振動板 710 のたわみ振動の伝播速度、空気中の音速からたわみ振動板 710 と反射板 720 の間の距離は上記の値とすることによって、垂直方向の定在波により被搬送微小物体 760 を浮揚し、水平方向の進行波により搬送することができる。

上記非接触搬送装置 700 において、たわみ振動板 710 と反射板 720 の間に上述の進行波音場を発生することで被搬送微小物体 760 として直径 2 mm のポリスチレン粒子を用いて距離約 100 mm 非接触直線搬送することができた。粒子の搬送軌跡を音圧分布とともに図 21 に示す。

図 21 は、 0.1 秒毎の粒子の位置を表している。粒子は音圧分布の節線に沿って移動していることがわかる。また、搬送方向に進むにつれて粒子の搬送軌跡が節線から上下にあばれている。

ここで、図 21 より求めた粒子の搬送速度の時間変化を図 22 示す。

粒子には x 正方向の搬送力とそれと逆向きの速度と比例する空気抵抗が作用すると考えると、粒子の搬送速度 $v(t)$ は $v(t) = v_0 (1 - \exp(-t/\tau))$ で表される。

ここで、 v_0 は終端速度であり、 τ は時定数である。およそ 0.2 秒後に終端速度 410 mm/秒 に達している。図 22 の時刻 $t = 0.08$ 秒における加速度は、速度の傾きより 11.7 m/秒^2 と算出される。よって、ポリスチレン粒子 (0.3 mg) を押す搬送方向への力は $9.0 \times 10^{-7} \text{ N}$ と見積もられる。節線から上下方向への位置ずれは音場分布の乱れによるものと思わ

れる。

上記非接触搬送装置700のように、たわみ振動板710と反射板720の間に、垂直方向へは超音波定在波を、水平方向（搬送方向）へは超音波進行波を用いることにより被搬送微小物体760を非接触で秒速数百ミリメートル程度の高速で長距離に亘って直線搬送できる。

また、上記非接触搬送装置700を1つの搬送ユニットとして、複数の搬送ユニットを連結することにより、任意の搬送路長の非接触搬送システムを構築してもよい。

すなわち、長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振する超音波振動子と、上記超音波振動子を電気信号により励振する駆動部と、上記たわみ振動板を長手方向の他端に取り付けられた超音波吸収材とを備え、上記駆動部により上記超音波振動子を励振して、上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振することにより、上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板を長手方向の他端に取り付けられた超音波吸収材により上記たわみ振動板の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する非接触搬送部を複数連結してなる非接触搬送システムを構築することもできる。

上記非接触搬送装置700を1つの搬送ユニットとして、複数の搬送ユニットを連結してなる非接触搬送システムでは、1つの搬送ユニットにより連続的に高速で非接触搬送された被搬送物体は、慣性により次の搬送ユニットに順次移動する。

請求の範囲

[請求項1]

長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、

上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、

上記たわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子と、

上記複数個の超音波振動子を異なる位相の電気信号により励振する駆動部と

を備え、

上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、

上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御して、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する非接触搬送装置。

[請求項2]

上記駆動部により上記たわみ振動板を長手方向の2箇所において加振する1対の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、

上記駆動部により上記1対の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御して、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する

ことを特徴とする請求項1記載の非接触搬送装置。

[請求項3]

上記1対の超音波振動子は、上記たわみ振動板の自由振動における腹の位置を上記たわみ振動板を長手方向の2箇所において加振することを特徴とする請求項2記載の非接触搬送装置。

- [請求項4] 上記1対の超音波振動子は、それぞれ超音波ホーンを介して上記たわみ振動板を長手方向の2箇所において加振することを特徴とする請求項2記載の非接触搬送装置。
- [請求項5] 上記たわみ振動板と上記反射板は、互いに対向する矩形形状に形成され、上記たわみ振動板と上記反射板で挟まれた直線状の空間を上記被搬送微小物体の搬送路としたことを特徴とする請求項2記載の非接触搬送装置。
- [請求項6] 上記たわみ振動板と上記反射板と上記1対の超音波振動子と上記駆動部とからなる搬送ユニットを複数連結してなることを特徴とする請求項1記載の非接触搬送装置。
- [請求項7] 上記駆動部は、上記1対の超音波振動子を励振する上記電気信号の周波数を変化させることにより、上記たわみ振動板と上記反射板に挟まれた空間において上記被搬送微小物体を捕捉する上記超音波定在波の節部の位置を制御することを特徴とする請求項2記載の非接触搬送装置。
- [請求項8] 上記たわみ振動板はリング形状に形成され、上記たわみ振動板と上記反射板で挟まれたリング状の空間を搬送路とし、上記リング形状のたわみ振動板の円周方向の対向する位置において、上記駆動部により対をなす超音波振動子を逆位相の電気信号により励振して上記たわみ振動板の進行波超音波振動を周回させ、上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体を搬送することを特徴とする請求項1記載の非接触搬送装置。
- [請求項9] 上記駆動部により上記たわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御し、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記被搬送微小物体を順次捕捉して上記たわみ振動板の長手方向に搬送することを特徴とする請求項1記載の非接触搬送装置。

- [請求項10] 上記たわみ振動板はリング形状に形成され、上記たわみ振動板と上記反射板で挟まれたリング状の空間を搬送路とし、
- 上記駆動部により上記リング形状のたわみ振動板の円周方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御し、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に上記被搬送微小物体を順次捕捉して上記リング状の搬送路に沿って上記被搬送微小物体を搬送することを特徴とする請求項9記載の非接触搬送装置。
- [請求項11] 長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、上記たわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振する複数個の超音波振動子と、上記複数個の超音波振動子を異なる位相の電気信号により励振する駆動部とを備え、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振して上記たわみ振動板を超音波振動させることにより、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記駆動部により上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する非接触搬送部を複数連結してなる非接触搬送システム。
- [請求項12] たわみ振動板と反射板で挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした非接触搬送部を複数連結してなることを特徴とする請求項11記載の非接触搬送システム。
- [請求項13] たわみ振動板と反射板で挟まれたリング状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした非接触搬送部に、たわみ振動板と反射板で挟まれた直線状の空間を被搬送微小物体の搬送路とした非接触搬送部を複数連結してなることを特徴とする請求項12記載の非接触搬送システム。
- [請求項14] 複数個の超音波振動子を位相の異なる電気信号により励振して、長尺

な平板状に形成されたたわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振することにより上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、

上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する非接触搬送方法。

[請求項15]

1対の超音波振動子によりたわみ振動板を長手方向の2箇所において加振することにより超音波振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、

上記1対の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する

ことを特徴とする請求項14記載の非接触搬送方法。

[請求項16]

複数個の超音波振動子によりたわみ振動板を長手方向の複数箇所において加振することにより上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記複数個の超音波振動子を励振させる電気信号の位相を制御することにより、たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に隣接して発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を順次捕捉して上記たわみ振動板の長手方向に搬送する

ことを特徴とする請求項14記載の非接触搬送方法。

[請求項17]

長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、

上記たわみ振動板と対向して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板と、

上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振する超音波振動子と、

上記超音波振動子を電気信号により励振する駆動部と、
上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸部と
を備え、

上記駆動部により上記超音波振動子を励振して、上記たわみ振動板
を長手方向の一端において加振することにより、上記たわみ振動板を
超音波振動させ、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超
音波吸部により上記たわみ振動板の超音波振動を吸収することによっ
て、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、

上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生される超
音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記超音波定在波の節
部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送す
る

ことを特徴とする非接触搬送装置。

[請求項18] 長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向
して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持
した状態に設置された反射板と、上記たわみ振動板を長手方向の一端
において加振する超音波振動子と、上記超音波振動子を電気信号によ
り励振する駆動部と、上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられ
た超音波吸収部とを備え、上記駆動部により上記超音波振動子を励振
して、上記たわみ振動板を長手方向の一端において加振することによ
り、上記たわみ振動板を超音波振動させ、上記たわみ振動板を長手方
向の他端に設けられた超音波吸収部により上記たわみ振動板の超音波
振動を吸収することによって、上記たわみ振動板を進行波超音波振動
させ、上記たわみ振動板と上記反射板により挟まれた空間に発生され
る超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、上記超音波定在波
の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬
送する非接触搬送部を複数連結してなる非接触搬送システム。

[請求項19] 長尺な平板状に形成されたたわみ振動板と、上記たわみ振動板と対向

して空気中における音波の半波長の整数倍と等しい所定の間隔を保持した状態に設置された反射板とにより挟まれた空間を被搬送微小物体の搬送路とし、

上記たわみ振動板を長手方向の一端において超音波振動子により加振することにより、上記たわみ振動板を超音波振動させ、

上記たわみ振動板を長手方向の他端に設けられた超音波吸部により上記たわみ振動板の超音波振動を吸収することによって、上記たわみ振動板を進行波超音波振動させ、上記たわみ振動板と反射板により挟まれた空間に発生される超音波定在波の節部に被搬送微小物体を捕捉し、

上記超音波定在波の節部に捕捉した被搬送微小物体を上記たわみ振動板の長手方向に搬送する非接触搬送方法。

[図1]

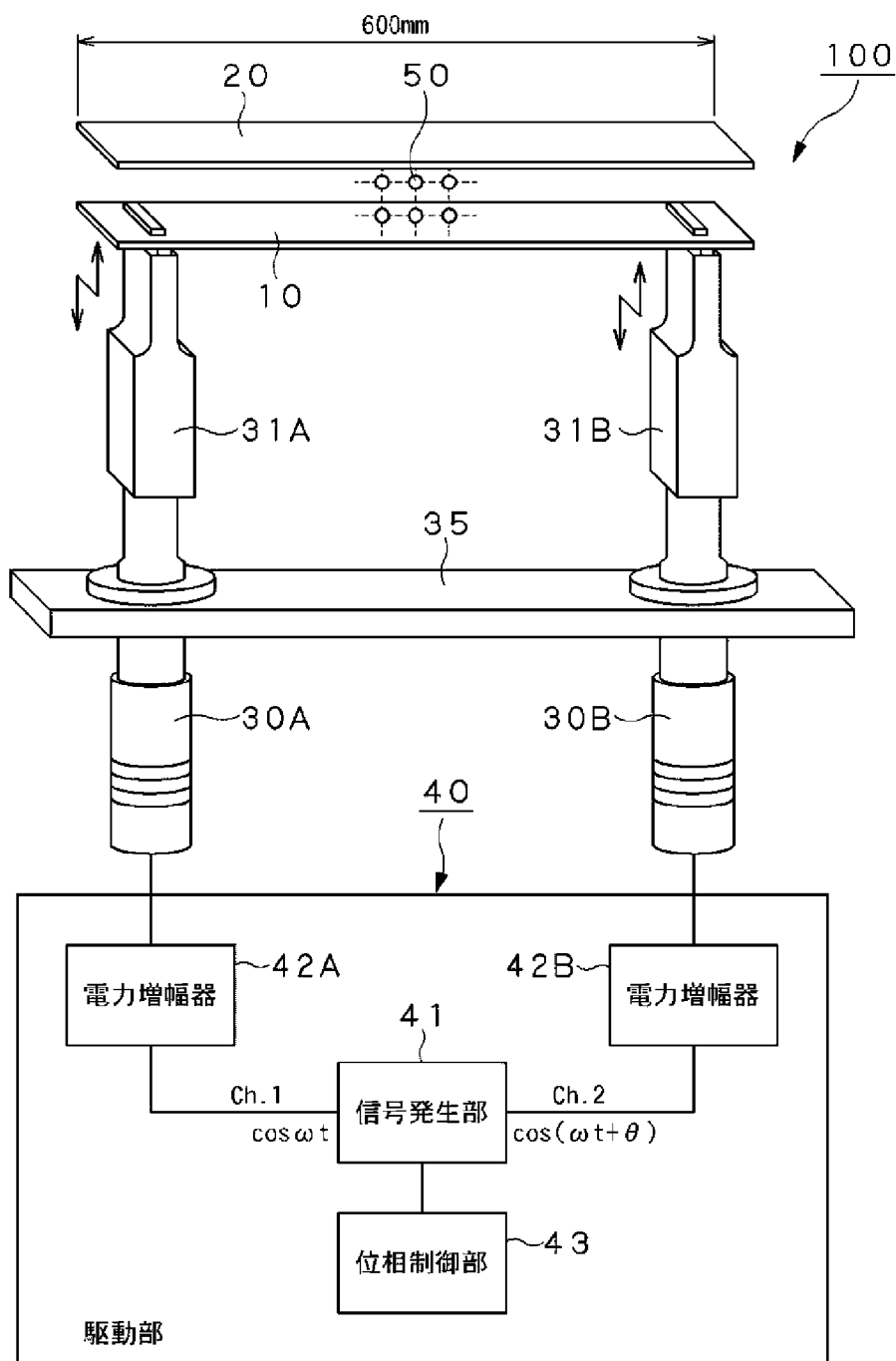


FIG. 1

[図2]

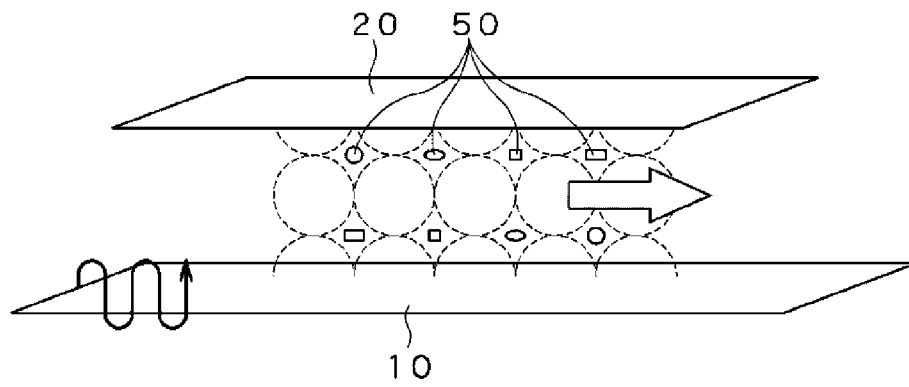


FIG.2

[図3]

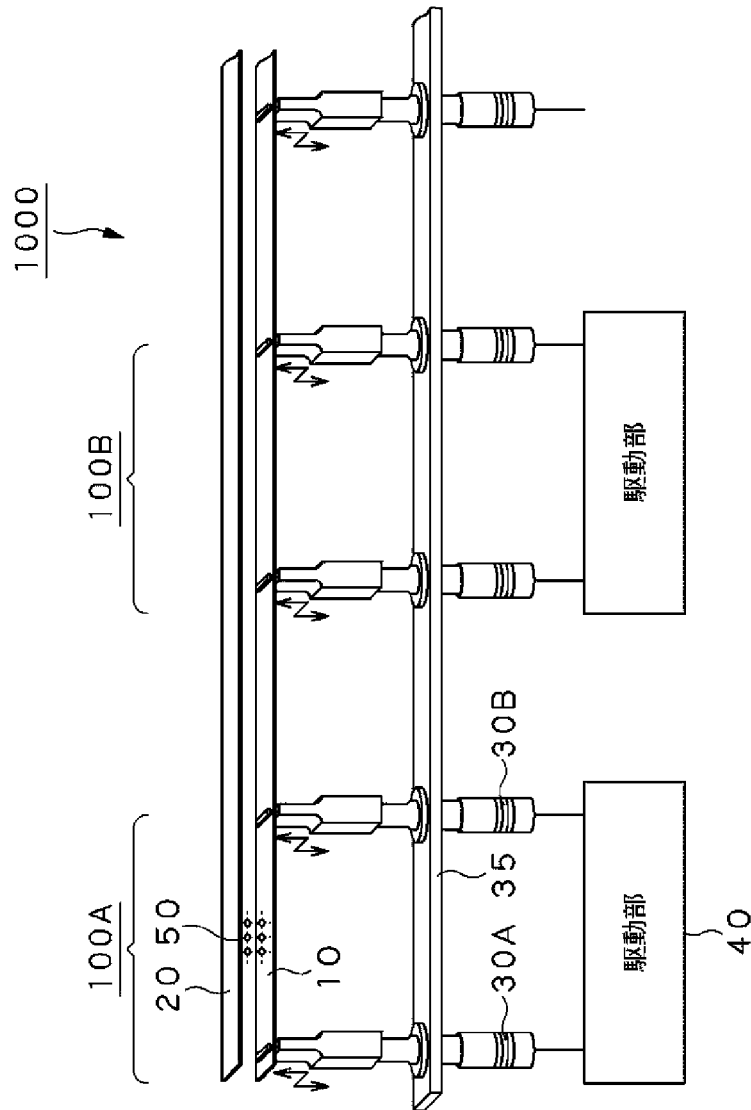


FIG.3

[図4]

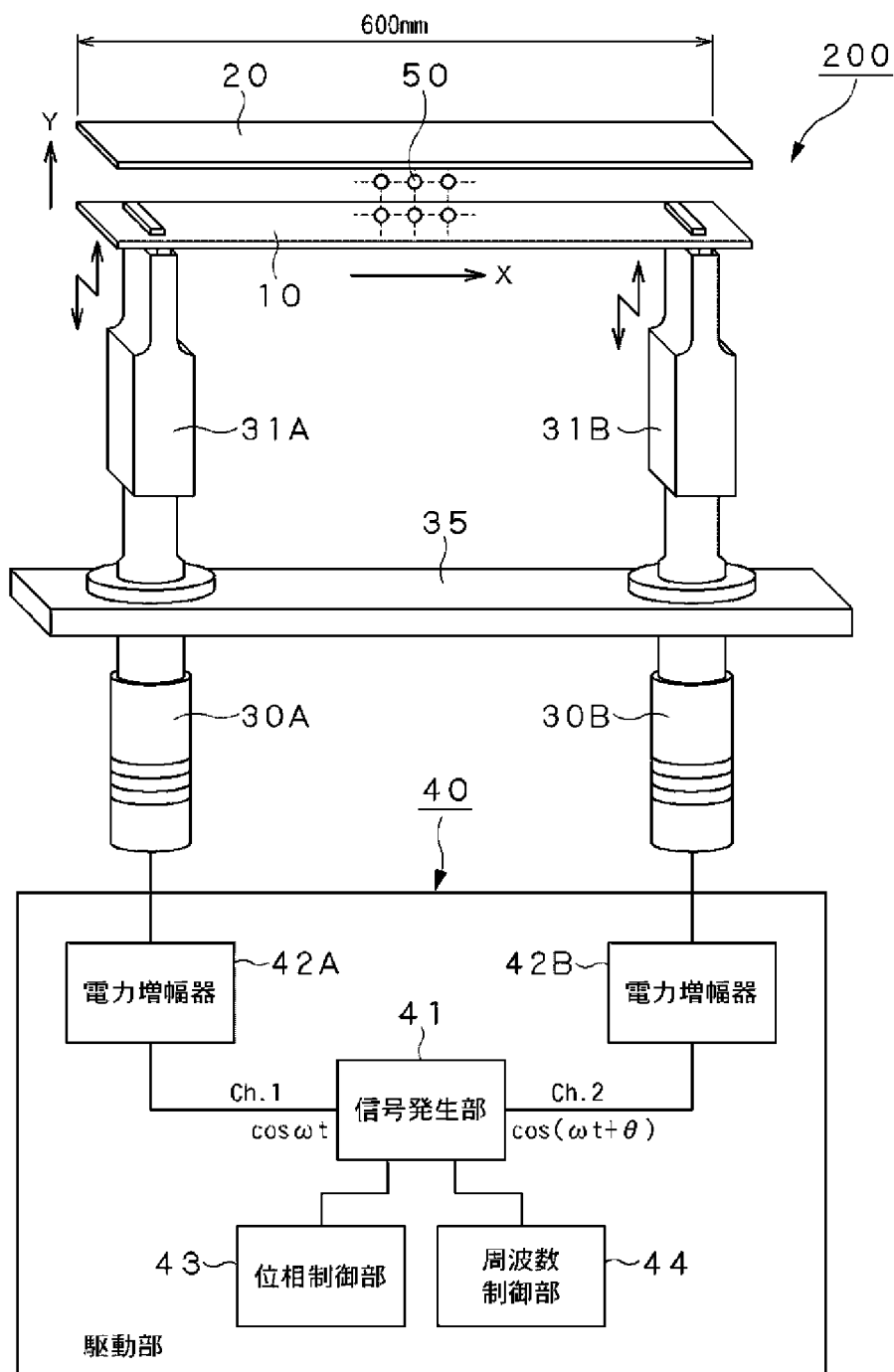


FIG. 4

[図5]

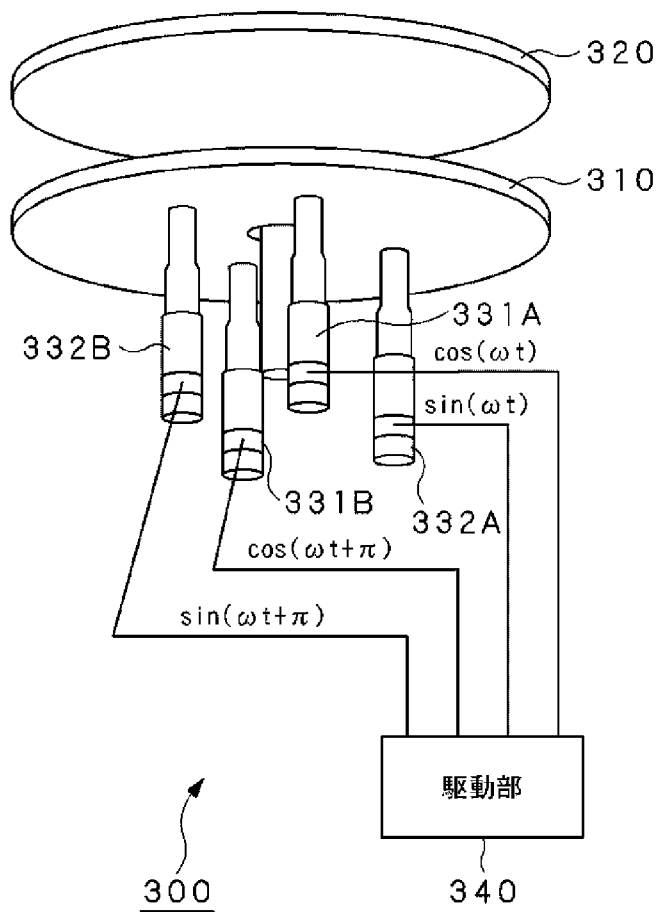


FIG.5

[圖6]

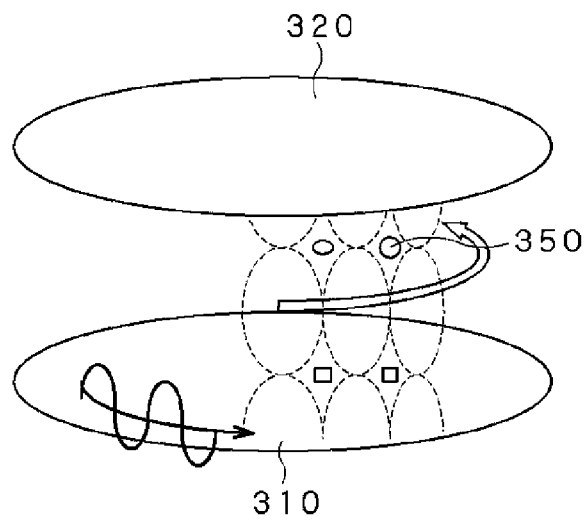


FIG.6

[図7]

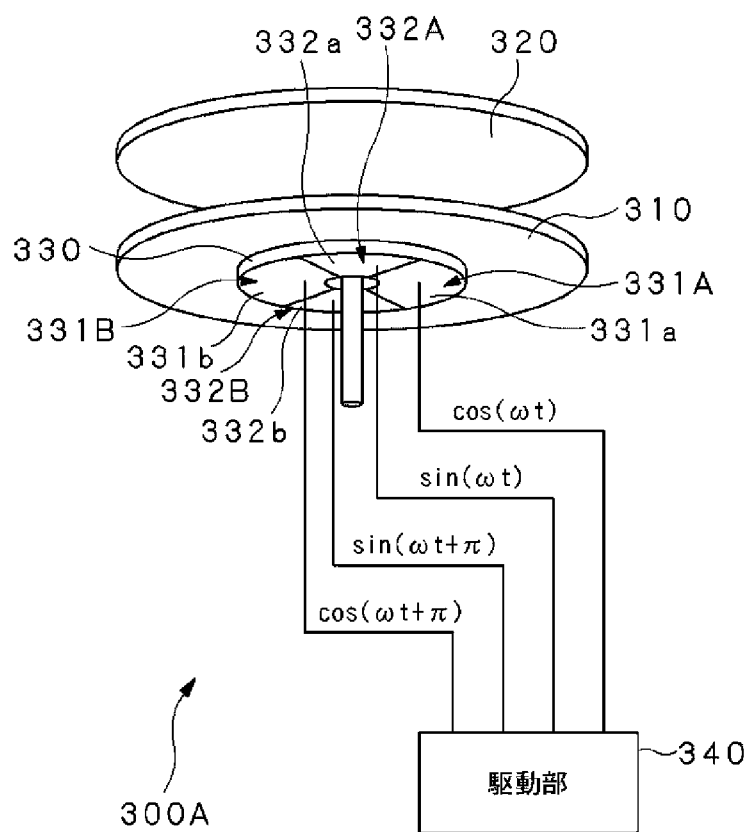
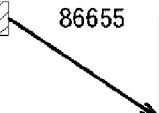


FIG. 7

[図8]

m/n	0	1	2	3	4
0			26383	54522	92944
1			37906	69779	
2		20226	50402	97521	
3		34228	64917		
4		47817	86655		
5	18762	60366			
6	26273	73588			
7	35171	88358			
8	45429				
9	57048				
10	70065				
11	84500				



$(n, m) = (1, 4)$

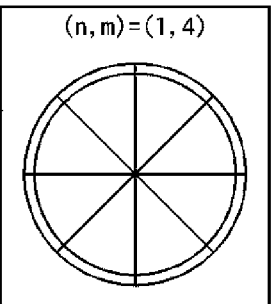


FIG.8

[図9]

FIG.9A

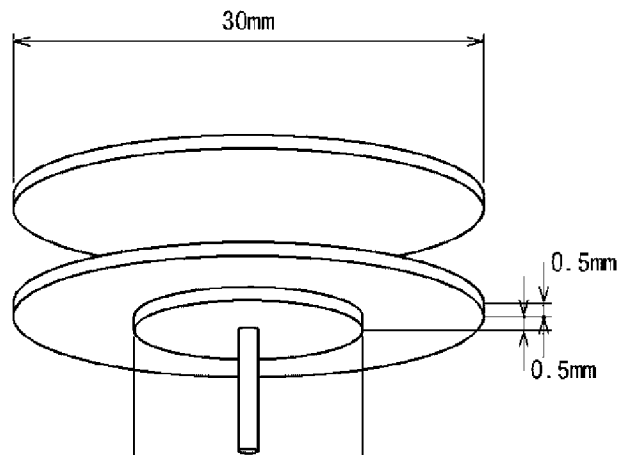
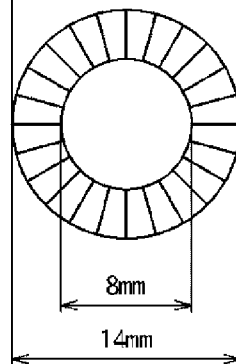
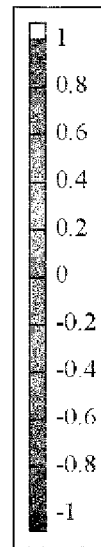
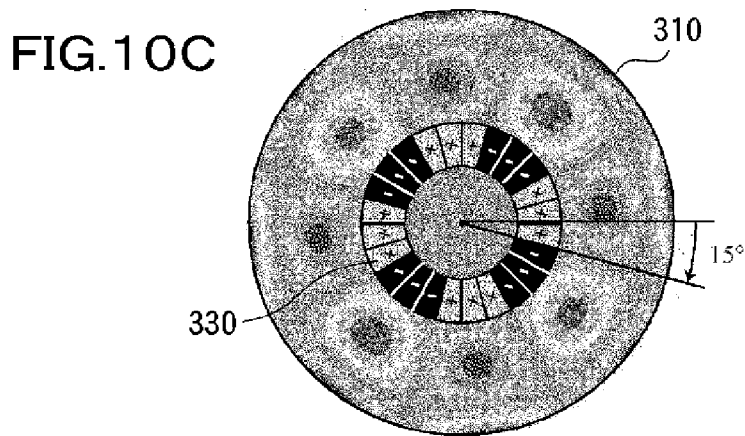
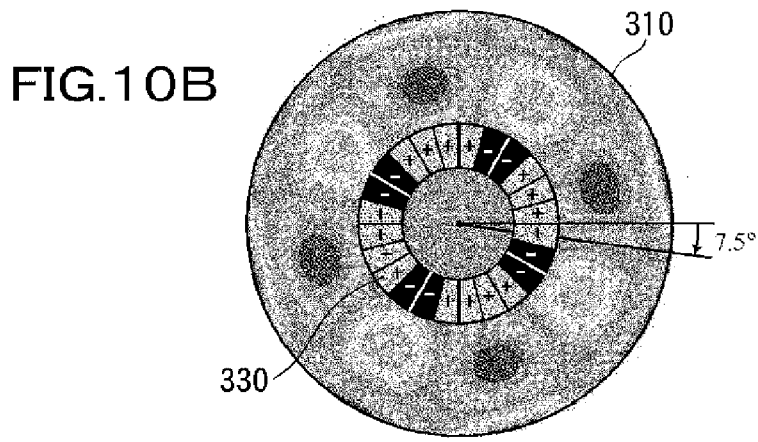
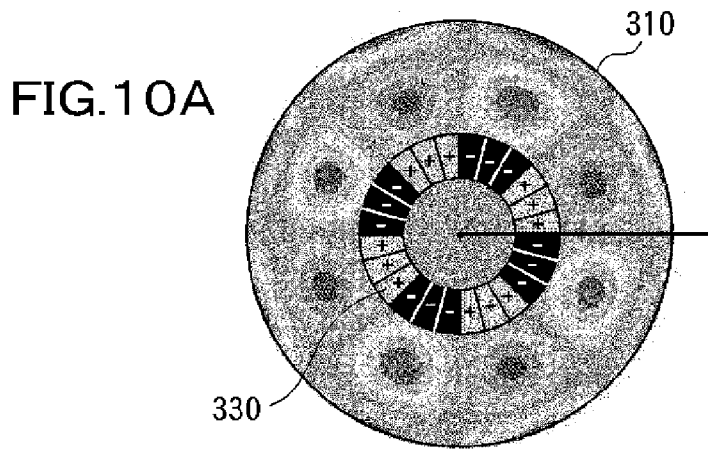


FIG.9B



[図10]



[図11]

FIG. 11A

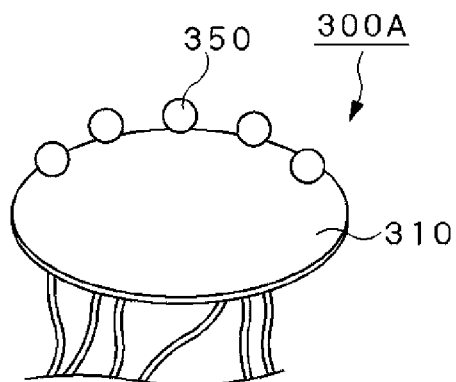


FIG. 11B

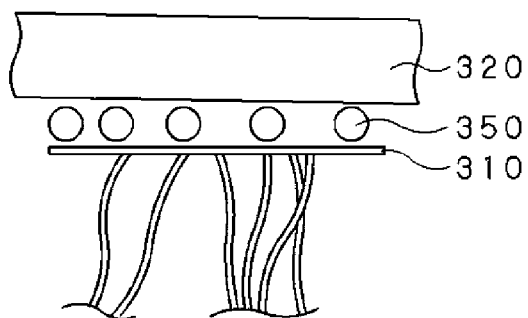
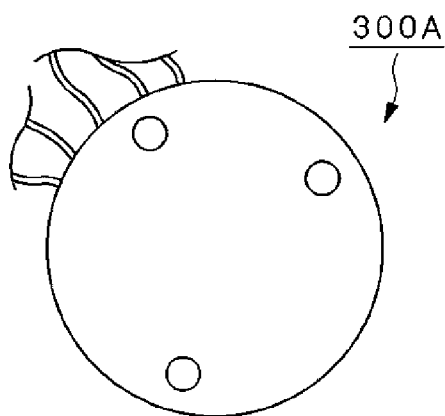


FIG. 11C



[圖12]

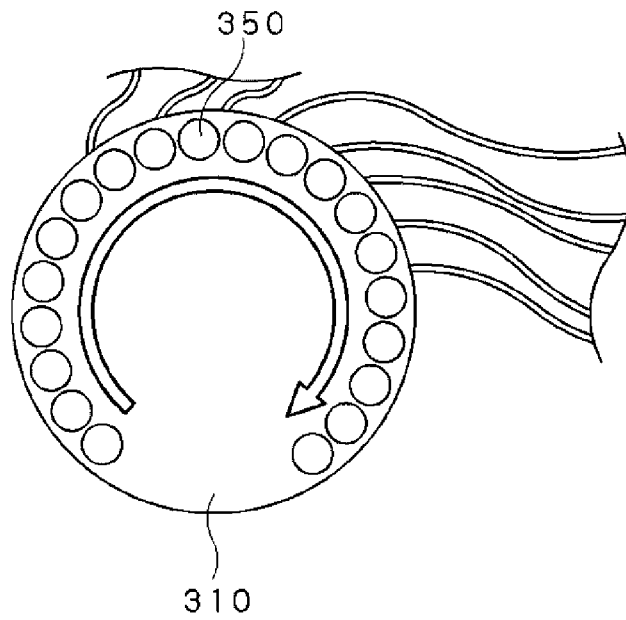


FIG. 12

[圖13]

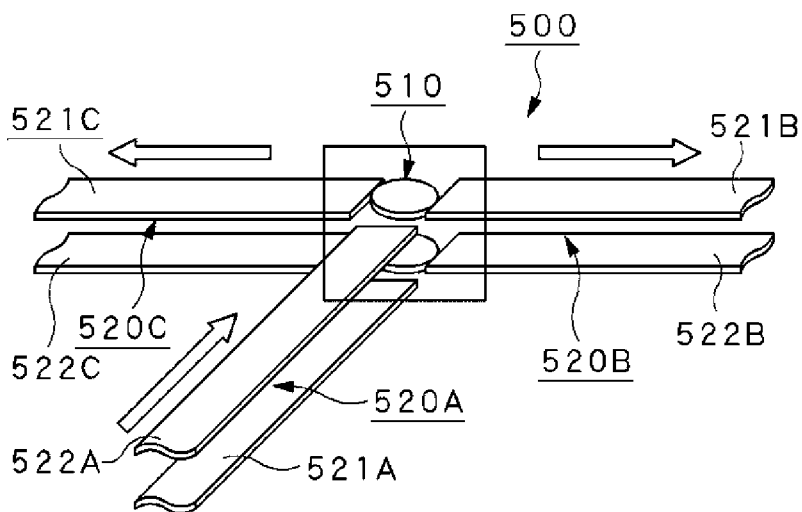


FIG. 13A

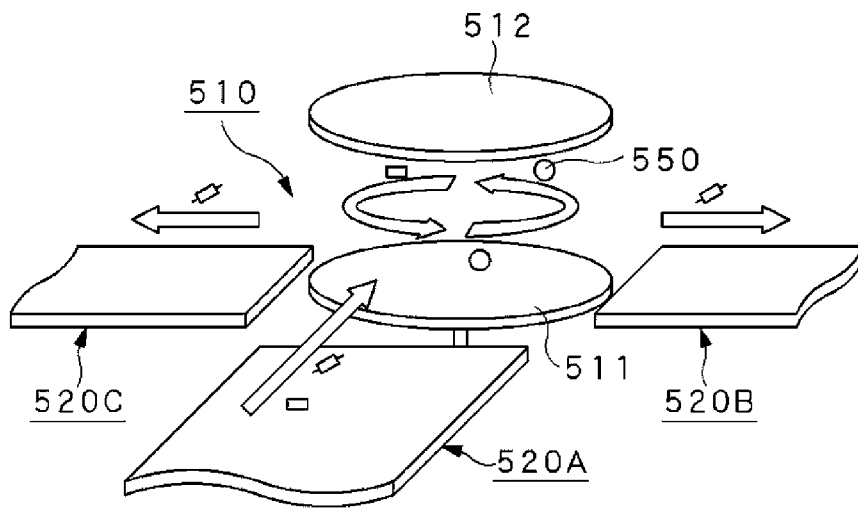


FIG. 13B

[図14]

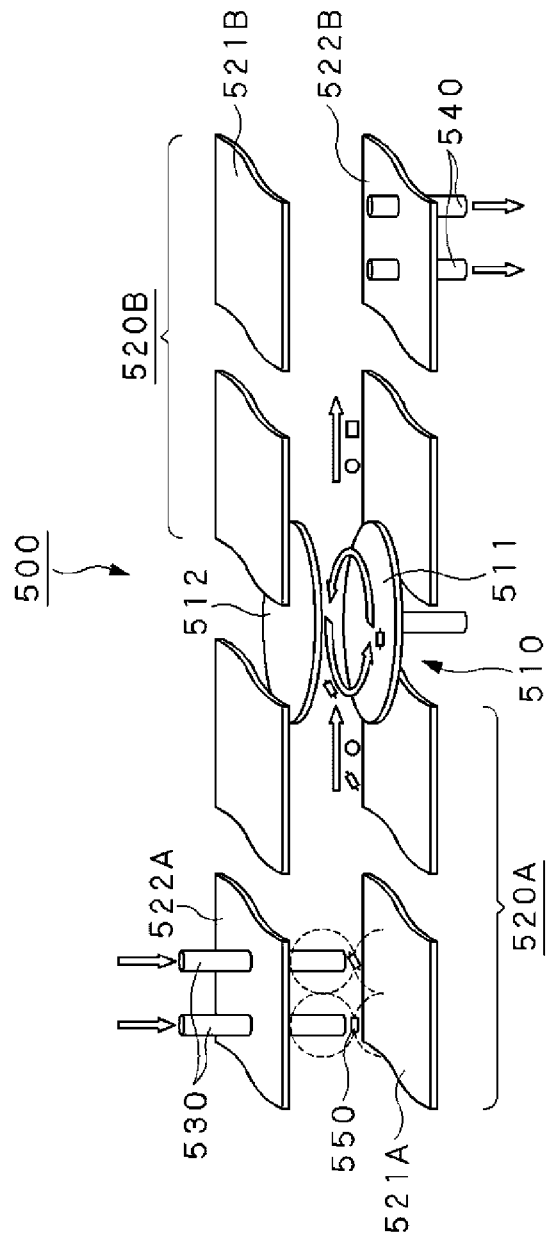


FIG. 14

[図15]

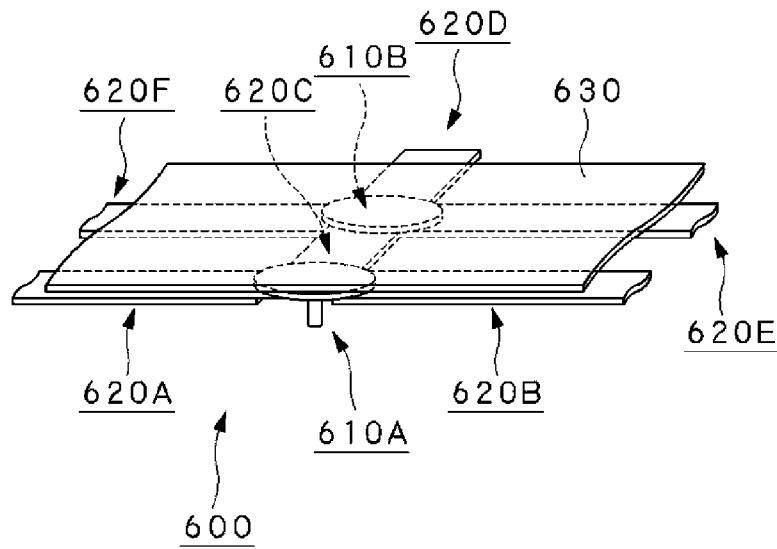


FIG. 15

[図16]

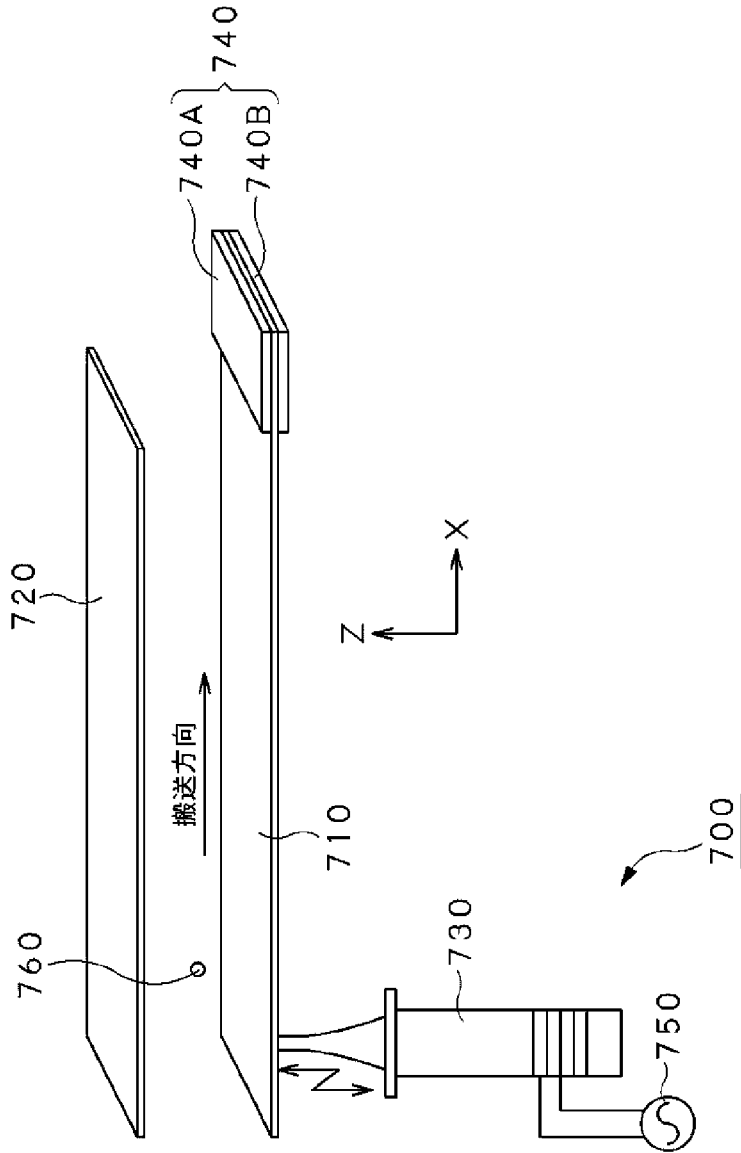


FIG.16

[17]

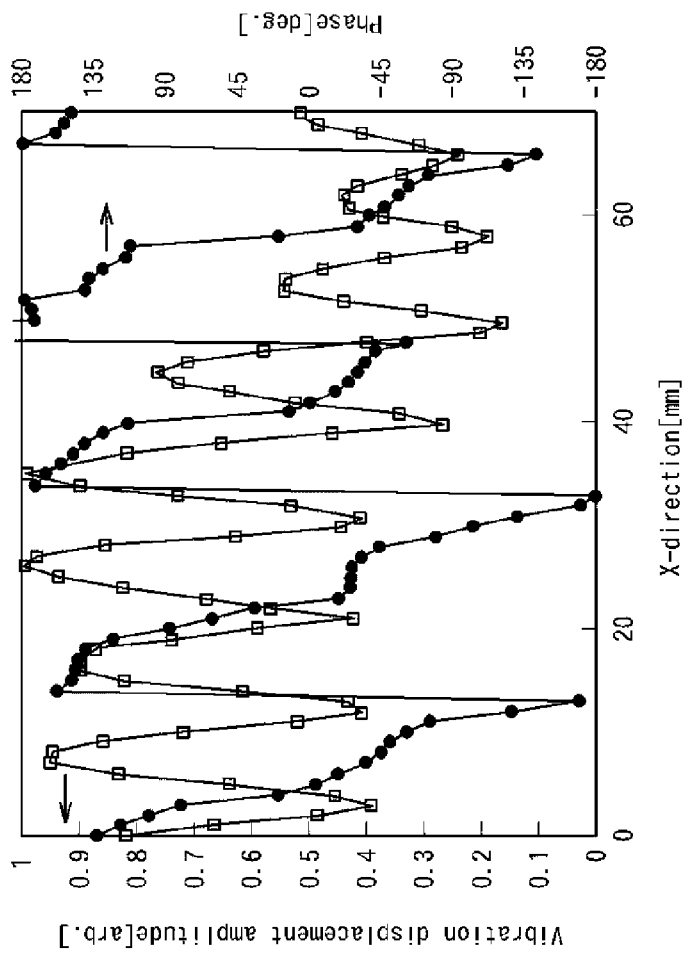


FIG. 17

[圖18]

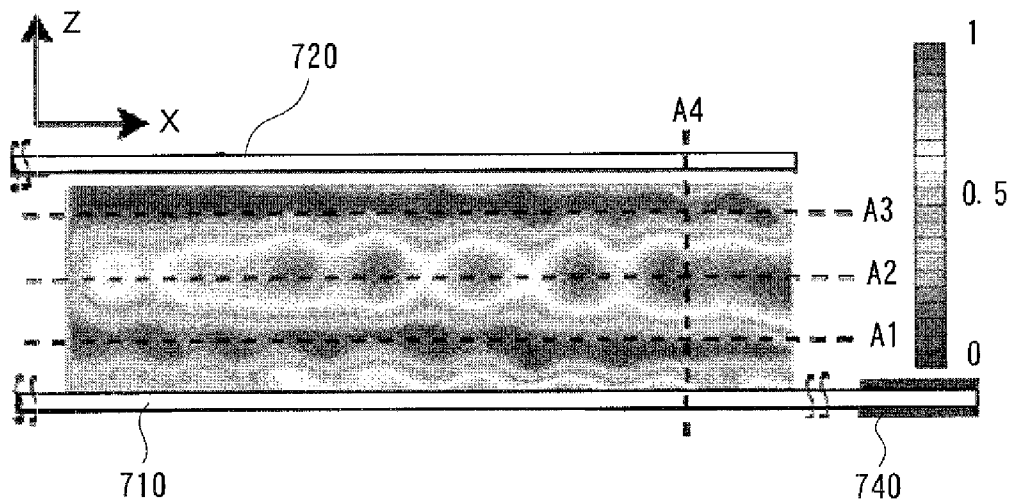


FIG.18

[圖19]

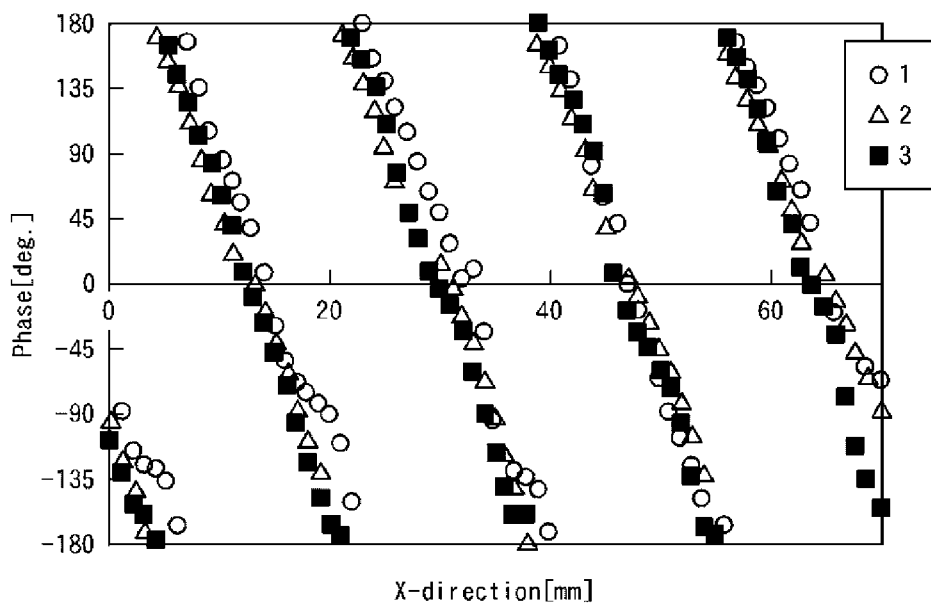


FIG.19

[図20]

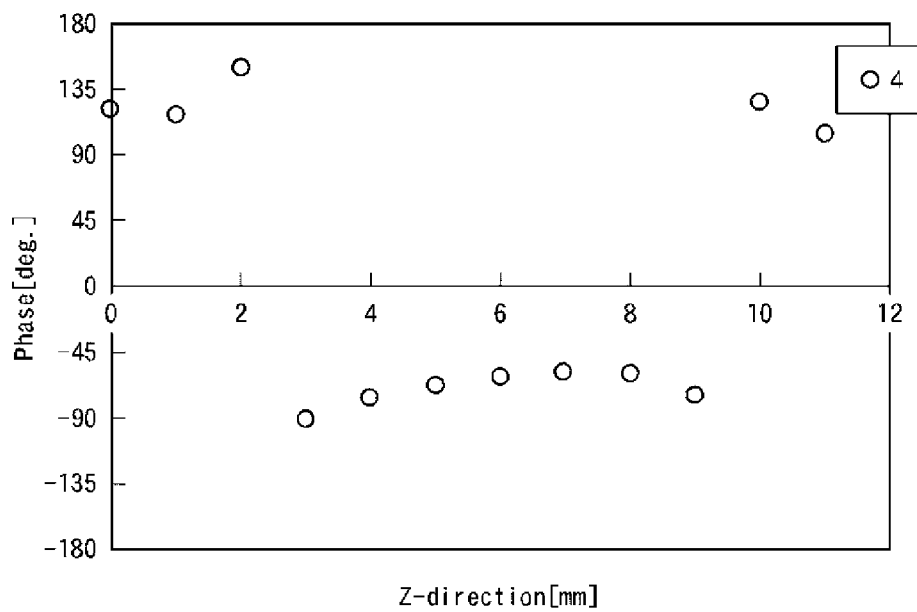


FIG.20

[図21]

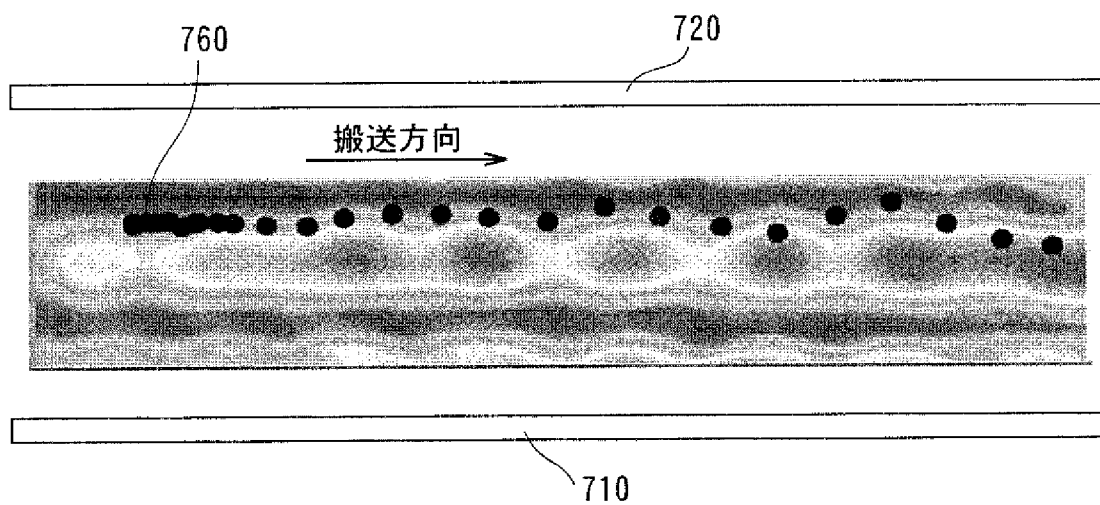


FIG.21

[22]

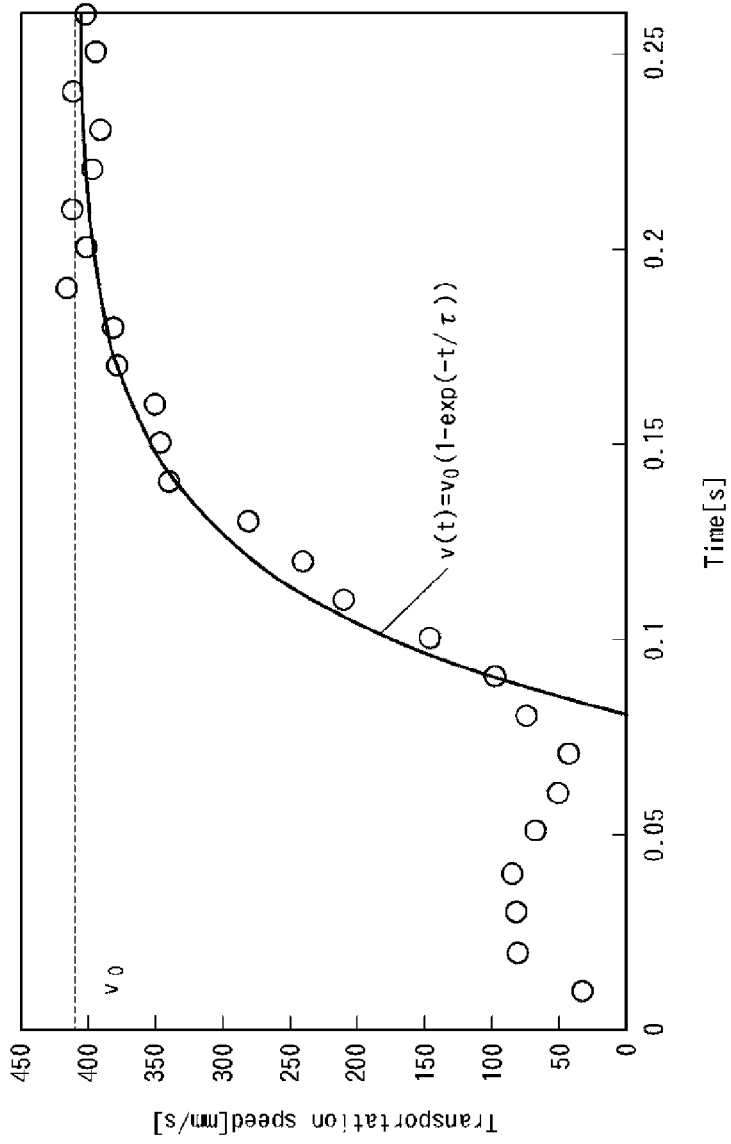


FIG.22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/052853

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B65G27/22(2006.01) i, B65G54/00(2006.01) i, H02N2/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B65G27/22, B65G54/00, H02N2/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 3-223874 A (Canon Inc.),	1-16
X	02 October 1991 (02.10.1991), page 3, upper left column, line 19 to page 4, upper right column, line 19; fig. 1 (Family: none)	17-19
Y	JP 2005-112517 A (Toyota Industries Corp.), 28 April 2005 (28.04.2005), paragraphs [0012] to [0030]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-16
Y	JP 7-2336 A (Yukio SEKISAWA), 06 January 1995 (06.01.1995), paragraph [0012]; fig. 2 to 3 (Family: none)	8, 10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 April, 2010 (16.04.10)

Date of mailing of the international search report
27 April, 2010 (27.04.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/052853

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

- 2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

- 3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The matter common to the inventions in claim 1-19 is that "a flexurally vibrating plate formed in a long flat plate-like shape is ultrasonically vibrated to generate an ultrasonic standing wave between the flexurally vibrating plate and a reflecting plate, and a micro-object to be transported which is captured at a node of the ultrasonic standing wave is conveyed in the longitudinal direction of the flexurally vibrating plate."

(continued to extra sheet)

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/052853

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

However, the search has revealed that such a matter is disclosed in JP 3-223874 A (Canon Inc.), 2 October 1991 (02.10.1991), page 3, upper left column, line 19-page 4, upper right column, line 19; fig. 1, and therefore the matter is not novel.

Since the common matter makes no contribution over the prior art, the common matter is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.

Accordingly, there is no matter common to the inventions in claims 1-19.

Since there is no other matter which can be considered as a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, no technical relationship, within the meaning of PCT Rule 13, between the different inventions can be seen.

As a consequence, it is clear that the inventions in claims 1-19 do not satisfy the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B65G27/22(2006.01)i, B65G54/00(2006.01)i, H02N2/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B65G27/22, B65G54/00, H02N2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 3-223874 A (キヤノン株式会社) 1991.10.02, 第3頁左上欄第19行-第4頁右上欄第19行, 第1図 (ファミリーなし)	1-16
X		17-19
Y	JP 2005-112517 A (株式会社豊田自動織機) 2005.04.28, 段落【0012】-【0030】, 図1-図2 (ファミリーなし)	1-16
Y	JP 7-2336 A (関沢 行夫) 1995.01.06, 段落【0012】, 図2-図3 (ファミリーなし)	8, 10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
 16.04.2010

国際調査報告の発送日
 27.04.2010

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 目下部 由泰
 電話番号 03-3581-1101 内線 3351

3 F 4481

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1-19に係る発明の共通の事項は、「長尺な平板状に形成されたたわみ振動板を超音波振動することにより、該たわみ振動板と反射板との間に超音波定在波を発生させ、この超音波定在波の節部に捕捉させた被搬送微小物体をたわみ振動板の長手方向に搬送する」との事項である。

しかしながら、調査の結果、かかる事項については、文献JP 3-223874 A(キヤノン株式会社) 1991.10.02, 第3頁左上欄第19行-第4頁右上欄第19行, 第1図に開示されているから、新規でないことが明らかとなった。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

(第Ⅲ欄の続き)

結果として、前記事項は、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、この共通事項は、特別な技術的特徴ではない。

それ故、請求項1-19に係る発明全てに共通の事項はない。

PCT規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通の事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にPCT規則13の意味における技術的な関連を見いだすことはできない。

よって、請求項1-19に係る発明は発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。