(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4493675号
(P4493675)
(45)発行日　平成22年6月30日(2010.6.30)　(24)登録日　平成22年4月16日(2010.4.16)

(51)Int.Cl.　　F I
H01L 21/304 (2006.01)　　H01L 21/304 642E
B08B 3/12 (2006.01)　　B08B 3/12 B

請求項の数 4　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2007-65620(P2007-65620)
(22)出願日　平成19年3月14日(2007.3.14)
(65)公開番号　特開2008-227300(P2008-227300A)
(43)公開日　平成20年9月25日(2008.9.25)
審査請求日　平成19年10月22日(2007.10.22)

(73)特許権者　000124959
株式会社カイジョー
東京都羽村市栄町３丁目１番地の５
(74)代理人　100081318
弁理士　羽切　正治
(74)代理人　100007983
弁理士　笹川　拓
(74)代理人　100122541
弁理士　小野　友彰
(74)代理人　100132458
弁理士　仲村　圭代
(72)発明者　長谷川　浩史
東京都羽村市栄町３－１－５　株式会社カイジョー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】超音波洗浄装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
超音波振動により被洗浄物を洗浄する超音波洗浄装置であって、
周波数変調された信号を生成し超音波振動を発生する超音波振動発生手段と、
前記被洗浄物が浸漬される洗浄液を内部に貯留し、前記超音波振動発生手段により発生した超音波振動により前記被洗浄物を洗浄するための洗浄槽とを備え、
前記信号は、単一の周波数を中心周波数として変調幅が異なる少なくとも２つの周波数変調部を有し、前記少なくとも２つの周波数変調部の内、大きい変調幅を有する周波数変調部が中心周波数に到達するタイミングで、小さい変調幅を有する周波数変調部が生成されることを特徴とする超音波洗浄装置。
【請求項２】
前記変調幅が異なる少なくとも２つの周波数変調部は、それぞれの周波数変調部の発振時間を変化可能に構成されていることを特徴とする請求項１に記載の超音波洗浄装置。
【請求項３】
前記大きい変調幅を有する周波数変調部は、前記中心周波数から最大周波数又は最小周波数を経て中心周波数まで連続して変調を行うことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の超音波洗浄装置。
【請求項４】
前記洗浄槽は、前記超音波振動発生手段が装着され、前記超音波振動を伝達する伝達媒体を貯留するための外槽と、前記外槽の内部に配置され、内部に貯留される洗浄液内に浸

漬される前記被洗浄物を、前記伝達媒体を介して伝達される超音波振動により洗浄するための内槽とを有し、
前記内槽の底板は前記外槽の底板に対して所定角度で傾斜していることを特徴とする請求項１乃至請求項３の何れか１に記載の超音波洗浄装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、周波数を変化させた信号を利用して、電子部品に付着した微細な塵埃（パーティクル）等を除去するための超音波洗浄装置に関し、特には１００ｋＨｚ以上の高周波信号を利用する超音波洗浄装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来より、電子部品の製造工程において、半導体ウエハ、ハードディスク、ガラス基板等の電子部品に付着した微細なごみやちり等の塵埃を除去する手段として、被洗浄物である電子部品の表面を洗浄するために超音波振動を利用した種々の超音波洗浄装置が提案されている。
【０００３】
超音波洗浄装置の一例として、洗浄槽が、外槽と、外槽内に配置される内槽から構成される２槽構造の装置がある。この装置は、洗浄槽に金属を使用した場合に、溶出する金属イオンが被洗浄物に付着することを防止するため、石英などから作製される内槽と、ステンレスなどの金属材料又は樹脂材料等から作製され、振動板が装着される外槽とを設ける構成である。
【０００４】
また、超音波振動子を駆動することで発生する超音波振動を、内槽に貯留される洗浄液に浸漬した被洗浄部材に伝達するための媒体液が外槽に貯留されている。内槽はその底板が媒体液に浸された状態で外槽内に配置される。このような構成の超音波洗浄装置において、所定の信号により振動板を振動させることで発生する超音波振動を用い、内槽内の洗浄液内に浸漬されている被洗浄物を洗浄する。
【０００５】
また、超音波振動を生じさせるため、単一周波数の信号もしくは周波数変調された信号が一般的に利用されている。単一周波数の高周波信号は、常に一定の周波数の信号を振動板に付与し超音波振動を生じさせる構成である。
【０００６】
上記した２槽構造の洗浄槽ではないが、特許文献１、２に、周波数変調した高周波信号を適用した超音波洗浄装置を開示する。図８は、特許文献１の超音波洗浄装置を正面から見た断面図である。この超音波洗浄装置３０１は、複数の振動子３０９が固定されている底板３０７を有する１層構造の洗浄槽３０９を備える。複数の振動子３０９間における振動性能のばらつきを解消するため、各振動子３０９に所定の変調幅で周波数変調した高周波信号を付与する構成である。
【０００７】
特許文献２は、超音波振動を発生するための２つの発振器を備える超音波洗浄装置である。各発振器は、それぞれ異なる周波数で、かつ、周波数変調された高周波信号で超音波振動を発生し、洗浄槽内の音圧むらを解消させる構成である。
【０００８】
【特許文献１】特開昭６３－３６５３４号公報
【特許文献２】特開平８－１３１９７８号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００９】
上述した単一周波数を用い２槽構造の超音波洗浄装置で洗浄作業を行った場合には、洗

浄に適した周波数での洗浄を効率よくできる。しかし、外槽の底板と内槽の底板との位置関係、底板の形状、振動子の振動特性のばらつきや振動子の取り付け精度によっては、内槽内の領域により音圧にばらつきが生じる恐れがある。結果として、洗浄工程の歩留まりが悪くなる。

【００１０】

単一周波数の信号に基づく不具合を解消するため、特許文献１や特許文献２に開示される周波数変調に係る高周波信号を利用した２槽構造の超音波洗浄装置も考えられる。周波数変調を行うことにより、振動子が装着されている外槽の底板に対して、外槽内の気泡を抜くべく内槽の底板を傾けて配置した場合や、外槽の底板（振動板）もしくは内槽の底板にゆがみが生じることにより、底板同士が平行に配置されていない場合、そして、振動子の取り付け精度がそれほど高くない場合であっても、所定の中心周波数で周波数変調した信号を利用することにより、内槽内の音圧の不均一性を防止できる。

【００１１】

しかし、上記の周波数変調された高周波信号を利用した場合には、中心周波数での駆動時間が、単位時間当たりで短くなり、被洗浄物に対する単位時間当たりの平均音圧が低下してしまう。結果として、被洗浄物の洗浄効果が単一周波数に比べ低いものとなってしまう。そこで、単位時間当たりの平均音圧を高めるため、信号の振幅（パワー）を大きくすることが考えられる。しかし、信号の振幅を大きくする前でも十分に洗浄されていた被洗浄物の部分には過度の音圧が加わることとなり、被洗浄物が破損することも考えられる。

【００１２】

そこで、本発明は、洗浄槽内全域における音圧の均一化を確保しつつ、単位時間当たりに被洗浄物に加わる音圧の低下を抑え、洗浄効率の良い超音波洗浄装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

上記課題を解決するため、本発明の超音波洗浄装置は、周波数変調された信号を生成し超音波振動を発生する超音波振動発生手段と、前記被洗浄物が浸漬される洗浄液を内部に貯留し、前記超音波振動発生手段により発生した超音波振動により前記被洗浄物を洗浄するための洗浄槽とを備え、前記信号は、単一の周波数を中心周波数として変調幅が異なる少なくとも２つの周波数変調部を有し、前記少なくとも２つの周波数変調部の内、大きい変調幅を有する周波数変調部が中心周波数に到達するタイミングで、小さい変調幅を有する周波数変調部が生成されることを特徴とする。

【００１４】

また、本発明の超音波洗浄装置によれば、前記変調幅が異なる少なくとも２つの周波数変調部は、それぞれの周波数変調部の発振時間を変化可能に構成されていることを特徴とする。

【００１５】

さらに、本発明の超音波洗浄装置によれば、前記大きい変調幅を有する周波数変調部は、前記中心周波数から最大周波数又は最小周波数を経て中心周波数まで連続して変調を行うことを特徴とする。

【００１６】

本発明の超音波洗浄装置によれば、前記洗浄槽は、前記超音波振動発生手段が装着され、前記超音波振動を伝達する伝達媒体を貯留するための外槽と、前記外槽の内部に配置され、内部に貯留される洗浄液内に浸漬される前記被洗浄物を、前記伝達媒体を介して伝達される超音波振動により洗浄するための内槽とを有し、前記内槽の底板は前記外槽の底板に対して所定角度で傾斜していることを特徴とする。

【００２１】

本発明において、１槽構造の洗浄槽の場合には、洗浄槽は石英ガラスを使用することが好ましい。２槽構造の洗浄槽の場合には、外槽の材料としては、ステンレスやプラスチック等を、内槽の材料としては、熱や薬剤に耐久性のある石英ガラス、ポリプロピレン、フ

ッ素系樹脂、アルミナ等を使用できる。洗浄液としては、過酸化水素、アンモニウム、純水、過酸化水素－塩酸－純水からなるもの、フッ化水素－硝酸－純水等を使用できる。振動板の材料としては、ＳＵＳ、タンタル、モリブテン、チタン、タングステン等を使用できる。

【発明の効果】

【００２２】

本発明では２つの周波数変調部を有する信号を用いる。したがって、変調幅の大きい周波数変調部により、洗浄槽内の全領域において音圧を均一化することができる。結果として、洗浄槽内に配置される被洗浄物に関し洗浄むらが生じることを防止できる。

【００２３】

さらに、大きい周波数変調部を設けることで洗浄効率がよい中心周波数での洗浄時間が減少し、時間当たりの平均音圧が低下することを、変調幅の小さい周波数変調部を設けることで抑えることができる。

【００２４】

このように、本発明は、洗浄槽内全域における音圧の均一化を図りつつ、単位時間内に被洗浄物に加わる音圧の低下を抑え、洗浄効率のよい超音波洗浄装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２５】

以下、本発明による超音波洗浄装置の実施形態を、図面を参照しつつ説明する。

図１は、実施形態に係る超音波洗浄装置の正面から見た断面図である。図２（ａ）は、所定の周波数（単一周波数）により生じる定在波を模式的に示す図であり、図２（ｂ）は、周波数変調で定在波が移動する状態を示す模式図である。図３は、縦軸に周波数、横軸に時間をとった周波数変化を示す図であり、（ａ）は本発明の周波数変化を示す図、（ｂ）はＦＭ変調の周波数変化を示す図、（ｃ）は、単一周波数の場合を示す図である。図４は、図３に示す各信号をスペクトルアナライザにより測定した信号成分の分布を示すグラフであり、（ａ）は本発明の周波数の分布、（ｂ）は従来の周波数の分布、（ｃ）は単一周波数の分布である。図５は、内槽の開口部からの所定の深さにおける音圧強度を示すグラフである。

【００２６】

本実施形態の超音波洗浄装置１は、図1に示すように内槽３と外槽５とを備える２槽構造である。内槽３は被洗浄物を洗浄するための洗浄槽であり、上端が開口し、傾斜する底板３ａを有する。内槽３の内部には被洗浄物ｗを洗浄するための洗浄液が貯留される。

【００２７】

なお、後述する外槽５内の純水等に超音波振動が付与されると、純水等に溶存している気体成分が気泡となって発現し、内槽３の底板３ａに気泡が付着することがある。気泡が付着すると、超音波が内槽３内に伝搬しづらくなる。そのため、この底板３ａを傾斜させ、底板３ａに付着した気泡の泡切れをよくしている。

【００２８】

外槽５は、超音波振動発生手段からの超音波振動を内槽３に間接的に伝達する間接槽である。外槽５は、上端が開口し、その内部に純水、薬液等を伝達媒体として貯留する。外槽５の底板５ａには、超音波振動を発生する超音波振動発生手段が連結されている。なお、外槽５の底板５ａは、ほぼ水平な面である。よって、内槽の底板３ａは、水平方向に対して所定角度で傾斜しているので、外槽５の底板５ａに対して内槽３の底板３ａは所定角度を形成して配置される。

【００２９】

超音波振動発生手段は、外槽５の底板５ａに固定される振動板７と、振動板７に超音波振動９を伝達する振動子９と、超音波振動を発生する発振器１１と、を備える。発振器１１は、発振部１３とパワーアンプ１５を有する。発振部１３は、単一の所定周波数を中心周波数として変調幅が異なる少なくとも２つの周波数変調部を有する高周波信号を生成する。高周波信号はパワーアンプ１５により増幅され、振動子９に入力する。

【００３０】
振動子９に入力した超音波振動が振動板７を介して伝達媒体としての純水等に付与されると、内槽３の底板３ａと、振動子９との間で定在波が形成される。定在波は、振動板７からの入射波と、外槽５内の伝達媒体を伝搬し、内槽３の底板３ａに当たり反射した反射波とが、重なりあって形成される音波である。本実施形態のように内槽３の底板３ａと外槽５の底板５ａとが傾斜していると、その傾斜している内槽３の底板３ａに沿って、外槽５の底板５ａからの距離が変わり、内槽３の底板３ａに入射する音圧が内槽３の底板３ａの位置に応じて変化する。
【００３１】
図２（ａ）（ｂ）を参照して、超音波洗浄装置に生じる定在波について説明する。内槽３の底板３ａが、水平方向に延在する外槽５の底板５ａに対して傾斜している。この場合の、定在波の間隔ｅは、
ｅ＝ｖ／（２・ｆ・ｔａｎθ）・・・式（１）
で表される。
ここで、　ｖは音速、ｆは中心周波数、θは内槽３の底板３ａの傾斜角度（傾き）である。
【００３２】
また、定在波の音圧縞を解消するために、定在波を周波数変調することにより定在波を移動させ音圧の高低を相殺すればよい。そこで定在波をどの程度移動させればよいか検討する必要がある。なお、定在波の移動幅は、
Δｄ＝（２・Δｆ・Ｌ）／{（ｆ－Δｆ）ｔａｎθ}・・・式（２）
で表される。
ここで、Δｆは変調幅、Ｌは外槽５の底板５ａの所定位置における、内槽３の底板３ａからの鉛直方向距離である。
【００３３】
例えば、周波数が２ＭＨｚ、傾斜角度が２度の場合、式（１）より定在波が発生する間隔ｅは、外槽５の底板５ａ上で１０．７ｍｍとなる。
従って、定在波の間隔ｅと同じか、それより大きく定在波を移動させることができれば、内槽の底板が傾斜していることに起因する音圧不均一（音圧縞）を解消することができる。仮に、変調幅を２０ｋＨｚで周波数変調すると、定在波の移動幅Δｄは、式（２）より内槽３の底板３ａ上で１７．４ｍｍとなる。すなわち、音圧不均一（音圧縞）を解消させることができる。
【００３４】
次に本実施形態で使用する周波数変調に係る高周波信号について説明する。図３（ａ）に示されるように、実施形態の高周波信号は、中心周波数f_0であって、周波数偏移が±ａ（すなわち変調幅が２ａ）の第１の変調部と、中心周波数f_0であって、周波数偏移が±ｂ（変調幅が２ｂ）の第２の変調部と、を有する。ここで、周波数偏移ａは周波数偏移ｂより大きい。
【００３５】
従来のいわゆるＦＭ変調をした信号は、図３（ｂ）に示されるように、所定周波数を中心周波数f_0とし、周波数偏移が±ａである。したがって、図３（ａ）に示す本発明の信号は、図３（ｂ）の信号に、変調幅が異なるもう一つ周波数変調部を加えた波形となる。なお、実施形態に係る高周波信号の特徴をより理解するため、図３（ｃ）に従来の単一周波数の信号を示した。当然のことながら、単一周波数の信号は、周波数変調は行わないので、中心周波数f_0を通る直線で表される。
【００３６】
さらに、図３（ａ）に示されるように、本実施形態の高周波信号は、周波数偏移が±ａの第１の変調部と、周波数偏移±ｂの第２の変調部を連続的に組合わせた信号である。なお、図３（ａ）においては、例として、ある時点を基準とすると、t_0からt_1まで（所定時間間隔τ１）は、中心周波数f_0から最大周波数f_0＋ａ、そして中心周波数f_0ま

で変調される。また、t_1からt_2まで（所定時間間隔τ２）は、第２の変調部の信号である。さらに、t_2からt_3まで（所定時間間隔τ１）は、中心周波数f_0から最小周波数f_0-a、そして中心周波数f_0まで変調される。

【００３７】

この場合、所定間隔時間τ１乃至τ３は同間隔とすることも可能であるし、被洗浄物や、洗浄条件に適合させて第１の変調部と第２の変調部の発振時間を変化させることも可能である。例えば、中心周波数f_0における音圧を上げる場合においては、第２の変調部に係る発振時間を長くし、洗浄槽内全域における音圧の均一性を向上させる場合は、逆に第１の変調部に係る発振時間を長くする等である。そのため、図３（ａ）と異なり最大周波数f_0+aからそのまま最小周波数f_0-a、または、最小周波数f_0-aから最大周波数f_0+aまで連続的に変調した後に、中心周波数へと連続して変調し（第１の変調部）、第２の変調部へ移行する等種々の組合せが考慮される。

【００３８】

また、図３（ａ）においては、中心周波数f_0に到達した時点で、第１の変調部から第２の変調部もしくは第２の変調部から第１の変調部へと移行している。仮にこの構成を採用した場合は、現在の被洗浄物であれば無視できる程度の周波数変調による周波数の変化であっても、将来の電子部品のさらなる微小化、薄板化に伴い、第１の変調部の変調幅２ａによって被洗浄物が周波数の急激な変化の繰り返しに耐えられなくなることを防止可能である。即ち、第１の変調部の変調幅２ａによる急激な周波数変化によって被洗浄物がダメージを受けることを変調幅２ｂのみの第２の変調部を挟むことによって、急激な周波数変化を避け、被洗浄物へのダメージを防止することができる。

【００３９】

次に、洗浄装置１で使用する高周波信号の信号成分の分布について、従来の高周波信号及び単一周波数の信号と比較しつつ説明する。なお、図４のグラフ中、縦軸は信号成分の大きさである入力エネルギーを示し、横軸は周波数を示す。

【００４０】

まず、図４（ｃ）に示す単一周波数の信号は、中心周波数f_0成分のみであるため、ピークは中心周波数にあり、その他の周波数成分は存在しない分布となる。よって、超音波洗浄装置１のように、内槽３の底板３ａが外槽５の底板５aに対して所定角度で傾斜している場合には、内槽３内の音圧が不均一になる。

【００４１】

また、従来の周波数変調の信号成分は、図４（ｂ）に示されるとおり、変調幅全域にわたり信号成分が存在し、信号成分のむらが比較的少ないが、特定の信号成分のピークは存在しない。このことから、洗浄に最も適した中心周波数f_0の信号成分での振動が十分に確保できていないことがわかる。

【００４２】

図４（ａ）に示す実施形態の高周波信号は、図４（ｂ）のように周波数変調部の変調幅全域において周波数成分を確保しつつ、図４（a）にように中心周波数f_0の成分がその他の周波数成分に比較して非常に大きくとれることがわかる。よって、超音波洗浄装置１のように、内槽３の底板３ａが外槽５の底板５aに対して所定角度で傾斜している場合であっても、内槽３内の音圧を均一にできるとともに、中心周波数f_0にピークがあるので、最適な周波数成分を十分に確保できていることがわかる。

【００４３】

なお、図４（a）と（ｂ）のグラフにおける中心周波数f_0の信号成分の大きさは、グラフ上は大差なく見えるが、これは、図４（ａ）と（ｂ）における縦軸のスケールを変更しているためである。よって、図４（a）（ｂ）の中心周波数f_0の実際の信号成分が同じことを意味するものではない。これは、図４（ａ）と（ｂ）の縦軸のスケールを同じにすると、図４（ｂ）の場合に周波数ごとの信号成分の差異を表せず、分布の特性が明確にならない。従って、分布の特性が明確となる程度にスケールを変えて示してある。

【００４４】

次に、洗浄装置１の内槽３内の音圧強度分布について従来例と比較して説明する。図５のグラフは、縦軸に音圧強度をとり、横軸に、所定の水深での内槽３の水平方向位置をとる。また、ｘは実施形態の周波数変調をした信号、ｙは従来の周波数変調をした信号、ｚは単一周波数の信号のグラフである。

【００４５】

図から明らかなように、洗浄液内における水平方向の同一面内において、単一周波数ｚの場合には、音圧むらが非常に大きいことがわかる。他方、従来の周波数ｙでは、音圧を均一化できているものの、相対的に音圧が低いことがわかる。実施形態の周波数ｘでは、音圧むらを従来の周波数ｙと同レベルにすることが可能であり、単一周波数ｚに比べるとはるかに音圧の均一化が実現されていることがわかる。さらに、本実施形態の周波数変調をした信号ｘでは、単一周波数の信号ｚに比べると音圧が低いものの、従来の周波数変調をした信号ｙに比べると、はるかに大きくなっており、音圧低下を抑えることができている。

【００４６】

次に、実際に塵埃が付着したウエハを内槽内に浸漬して洗浄した場合の結果を示す。図６は超音波洗浄装置を用いて洗浄したウエハ表面を示し、（ａ）は本実施形態の周波数変調をした信号を用いた結果であり、（ｂ）は、単一周波数の信号を用いた結果である。図６中、黒い部分が洗浄後にウエハ表面に付着していた塵埃を示す。

【００４７】

図６（ｂ）のウエハに比べ、図６（ａ）のウエハは、その全域にわたりほぼ均一に塵埃が除去されていることがわかる。さらに、図６（ｂ）には、縦縞状に塵埃が付着している。すなわち、内槽内において音圧が不均一であったことがわかる。一方、図６（ａ）に示すように、周波数変調を行った場合には、図６（ａ）と比べ縦縞状に付着する塵埃が少なくなっている。

【００４８】

なお、上記実施形態では、２槽構造の超音波洗浄装置について説明したが、本発明は本構成に限定されるものではない。変形例としては、図７に示すように単一の洗浄槽１０３に単一の超音波振動発生手段を備える構成の超音波洗浄装置１０１が挙げられる。振動発生手段は、洗浄槽１０３の底板１０３ａに直貼りされた振動子１０７と、本実施形態と同一の高周波信号を振動子１０７に付与する発振器１１１と、を有する。発振器１１１は、実施形態と同様に、発振部１１３とパワーアンプ１１５により構成される。

【００４９】

さらに、この変形例では、洗浄槽１０３の底板１０３ａが歪み、洗浄液の液面と底板１０３ａとが平行でない場合や、振動子１０７の接着誤差が生じている場合であっても、変調幅の大きい第１の変調部により洗浄槽１０３内全域の音圧を均一にし、さらに、変調幅の小さい第２の変調部により中心周波数における時間当たりの音圧低下を防止することができる。

【００５０】

また、上記実施形態の高周波信号は、異なる変調幅を有する２つの周波数変調部を有する波形としたが、変調幅が互いに異なる３つ以上の周波数変調部を有する波形とすることもできる。

【００５１】

なお、実施形態や変形例では、中心周波数を具体的に述べていないが、中心周波数を数ＭＨｚとした場合には、第１の変調部の変調幅は数十ｋＨｚオーダであり、第２の変調部の変調幅は１ｋＨｚ以下程度とすることが好ましい。

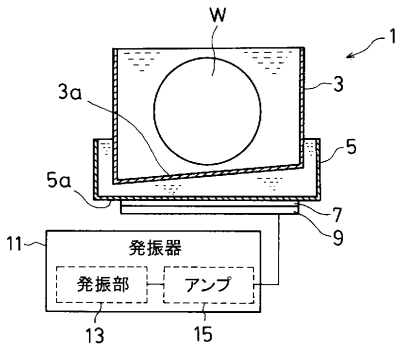
【００５２】

この発明は、その本質的特性から逸脱することなく数多くの形式のものとして具体化することができる。よって、上述した実施形態は専ら説明上のものであり、本発明を制限するものではないことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

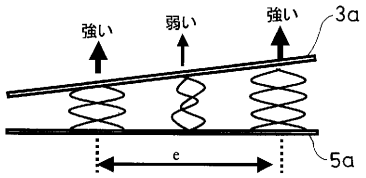
【００５３】
【図１】実施形態に係る超音波洗浄装置の正面から見た断面図である。
【図２】（ａ）は、所定の周波数により生じる定常波を模式的に示す図であり、（ｂ）は、周波数変調で定在波が移動する状態を示す模式図である。
【図３】縦軸に周波数、横軸に時間をとった周波数変化図であり、（ａ）は本発明の周波数変化を示す図、（ｂ）はＦＭ変調の周波数変化を示す図、（ｃ）は、単一周波数の場合を示す図である。
【図４】図３に示す各信号をスペクトルアナライザにより測定した信号成分の分布を示すグラフであり、（ａ）は本発明の周波数の分布、（ｂ）はＦＭ変調の周波数の分布、（ｃ）は単一周波数の分布である。
【図５】内槽の開口部からの所定の深さにおける音圧強度を示すグラフである。
【図６】超音波洗浄装置を用いて洗浄した被洗浄物（ウエハ）の表面を示し、（ａ）は本実施形態の周波数変調をした信号を用いた結果であり、（ｂ）は、単一周波数の信号を用いた結果である。
【図７】変形例に係る超音波洗浄装置１０１を正面から見た断面図である。
【図８】従来の超音波洗浄装置の正面から見た断面図である。
【符号の説明】
【００５４】
１　超音波洗浄装置
３　内槽
３ａ　内槽の底板
５　外槽
５ａ　外槽の底板
７　振動板
９　振動子
１１　発振器
１３　発振部
１５　パワーアンプ
ｗ　被洗浄物（ウエハ）

【図１】

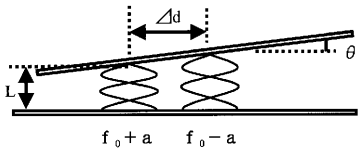


【図２】

(a)

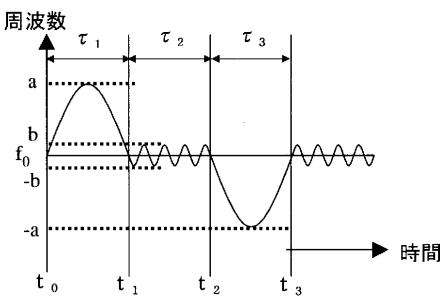


(b)

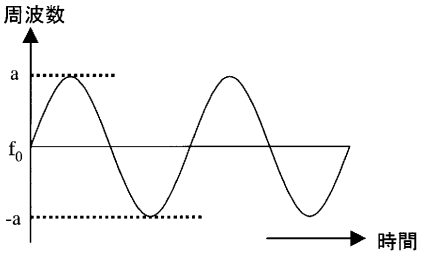


【図３】

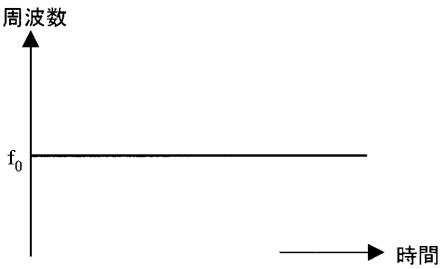
(a)



(b)

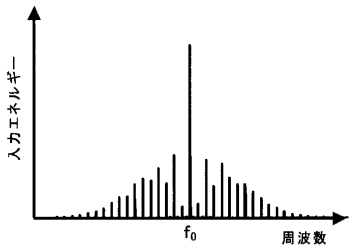


(c)

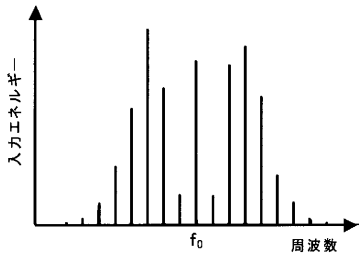


【図４】

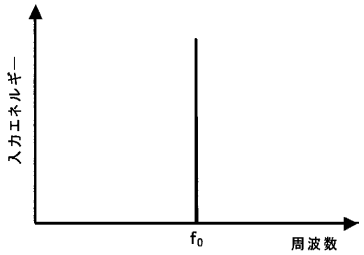
(a)



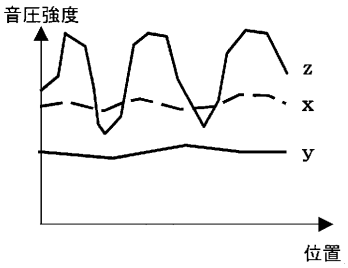
(b)



(c)



【図５】



【図６】

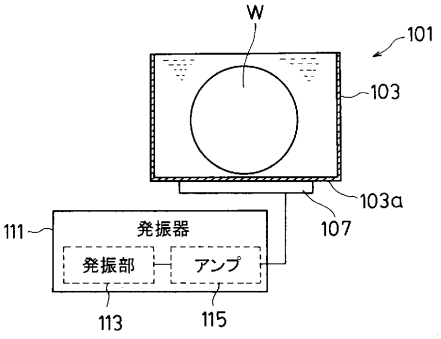
(a)



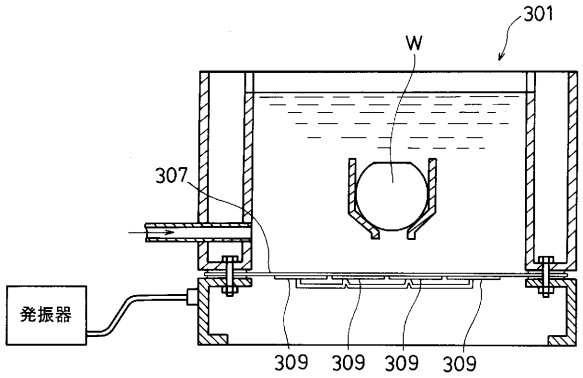
(b)



【図７】


W
101
103
103a
107
111
発振器
発振部
アンプ
113
115

【図８】


301
W
307
発振器
309
309
309
309

フロントページの続き

(72)発明者　釜村　智治
東京都羽村市栄町３－１－５　株式会社カイジョー内
(72)発明者　今関　康博
東京都羽村市栄町３－１－５　株式会社カイジョー内

審査官　長谷井　雅昭

(56)参考文献　特開平０９－０４７７３３（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１２８２５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２４８４２９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／３０４
Ｂ０８Ｂ　３／００－３／１４
Ｂ０８Ｂ　１／００－１／０４
Ｂ０８Ｂ　５／００－１３／００