

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4990439号
(P4990439)

(45) 発行日 平成24年8月1日 (2012.8.1)

(24) 登録日 平成24年5月11日 (2012.5.11)

(51) Int. Cl.	F I
B 0 6 B 1/06 (2006.01)	B 0 6 B 1/06 A
B 0 8 B 3/12 (2006.01)	B 0 8 B 3/12 Z
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	H 0 1 L 21/304 6 4 2 E

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2001-50575 (P2001-50575)	(73) 特許権者	000002428
(22) 出願日	平成13年2月26日 (2001.2.26)		芝浦メカトロニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2002-248429 (P2002-248429A)		神奈川県横浜市栄区笠間2丁目5番1号
(43) 公開日	平成14年9月3日 (2002.9.3)	(73) 特許権者	000003078
審査請求日	平成20年2月26日 (2008.2.26)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
特許法第30条第1項適用	2000年9月3日 (社)	(74) 代理人	100091351
応用物理学学会発行の「2000年 (平成12年) 秋季			弁理士 河野 哲
第61回応用物理学学会学術講演会 講演予稿集 第2		(74) 代理人	100088683
分冊」に発表			弁理士 中村 誠
前置審査		(74) 代理人	100084618
			弁理士 村松 貞男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波発振装置及び超音波発振方法、洗浄装置及び洗浄方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ異なる高周波信号を出力する複数の高周波発振手段と、
 前記複数の高周波信号から一つ或いは複数の高周波信号を選択する選択手段と、
 選択された高周波信号により振動子を振動させる高周波発振器を有し、
 前記複数の高周波発振手段は、所定周波数の信号を異なる周波数の高周波信号に変調する複数の変調手段であって、
 前記複数の高周波信号を上記選択手段により選択する際の変調速度を制御する制御手段を備え、

上記複数の高周波信号の変調幅は10kHz以上で、上記制御手段によって制御される変調速度は5kHz以上であることを特徴とする超音波発振装置。

【請求項 2】

前記複数の高周波発振手段から出力される高周波信号の振幅幅は、前記振動子の共振周波数から反共振周波数の範囲内とすることを特徴とする請求項1記載の超音波発振装置。

【請求項 3】

振動子を振動させるための複数の異なる周波数の高周波信号を発生する超音波発振方法において、

上記複数の高周波信号の変調幅は10kHz以上で、その周波数の変調速度は5kHz以上で制御することを特徴とする超音波発振方法。

【請求項 4】

10

20

被洗浄物を洗浄液によって洗浄する洗浄装置であって、
上記洗浄液に超音波振動を付与するための高周波信号を出力する超音波発振装置を備え

、
この超音波発振装置は請求項 1 に記載された構成であることを特徴とする洗浄装置。

【請求項 5】

被洗浄物を洗浄液によって洗浄する洗浄方法であって、

上記洗浄液に請求項 1 に記載された超音波発振装置から出力された高周波信号によって
超音波振動を付与することを特徴とする洗浄方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

この発明は振動子を高周波振動させるための超音波発振装置及び超音波発振方法、洗浄装置及び洗浄方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

たとえば、液晶表示装置や半導体装置の製造工程においては、ガラス基板や半導体ウエハなどの被洗浄物を高い清浄度で洗浄することが要求される工程がある。上記被洗浄物を洗浄する方式としては、洗浄液中に複数枚の被洗浄物を浸漬するデップ方式や被洗浄物に向けて洗浄液を噴射して一枚ずつ洗浄する枚葉方式があり、最近では高い清浄度が得られるとともに、コスト的に有利な枚葉方式が採用されることが多くなっている。

20

【0003】

枚葉方式の 1 つとして被洗浄物に噴射される洗浄液に超音波振動を付与し、その振動作用によって上記被洗浄物からパーティクルを効率よく除去するようにした洗浄方式が実用化されている。

【0004】

洗浄液に付与する振動は、従来は 20 ~ 400 kHz 程度の周波数が一般的であったが、ガラス基板や半導体ウエハなどの精密洗浄の分野では 600 ~ 3000 kHz 程度の周波数が用いられている。

【0005】

超音波洗浄装置は、上述した周波数の音波を発生させるための高周波信号を出力する高周波発振器を備えており、この高周波発振器から出力される高周波信号によって振動子が駆動されるようになっている。そして、振動子の振動は洗浄液に付与され、被洗浄物が超音波洗浄されるようになっている。

30

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、近年の精密洗浄においては、ガラス基板や半導体ウエハの被洗浄物に形成されるパターンの微細化などに伴い洗浄液に付与された超音波によって配線などのパターンがダメージを受けるという問題が発生している。

【0007】

配線などに与えるダメージを低減する対策として発振出力を低出力化することが考えられる。しかしながら、発振出力を低出力化すると、洗浄効果も低下するため、実用的でないということがある。

40

【0008】

この発明は、洗浄効果を低下させることなく、被洗浄物に与えるダメージを低減することができるようにした超音波発振装置及び超音波発振方法、洗浄装置及び洗浄方法を提供することにある。

【0009】

請求項 1 の発明は、それぞれ異なる高周波信号を出力する複数の高周波発振手段と、
前記複数の高周波信号から一つ或いは複数の高周波信号を選択する選択手段と、
選択された高周波信号により振動子を振動させる高周波発振器を有し、

50

前記複数の高周波発振手段は、所定周波数の信号を異なる周波数の高周波信号に変調する複数の変調手段であって、

前記複数の高周波信号を上記選択手段により選択する際の変調速度を制御する制御手段を備え、

上記複数の高周波信号の変調幅は10kHz以上で、上記制御手段によって制御される変調速度は5kHz以上であることを特徴とする超音波発振装置にある。

【0012】

請求項2の発明は、前記複数の高周波発振手段から出力される高周波信号の振幅幅は、前記振動子の共振周波数から反共振周波数の範囲内とすることを特徴とする請求項1記載の超音波発振装置にある。

10

【0014】

請求項3の発明は、振動子を振動させるための複数の異なる周波数の高周波信号を発生する超音波発振方法において、

上記複数の高周波信号の変調幅は10kHz以上で、その周波数の変調速度は5kHz以上で制御することを特徴とする超音波発振方法にある。

請求項4の発明は、被洗浄物を洗浄液によって洗浄する洗浄装置であって、

上記洗浄液に超音波振動を付与するための高周波信号を出力する超音波発振装置を備え、

この超音波発振装置は請求項1に記載された構成であることを特徴とする洗浄装置にある。

20

請求項5の発明は、被洗浄物を洗浄液によって洗浄する洗浄方法であって、

上記洗浄液に請求項1に記載された超音波発振装置から出力された高周波信号によって超音波振動を付与することを特徴とする洗浄方法にある。

【0015】

この発明によれば、予め所定の周波数に変調された複数の高周波信号を選択し、洗浄液に付与される超音波振動の周波数を変化させることで、洗浄効果を低下させずに被洗浄物に与えるダメージを低減することができ、しかも高周波信号の周波数の切り換えを高速度で行うことが可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】

30

以下、この発明の一実施の形態を図面を参照して説明する。

【0017】

図1と図2に示すこの発明の超音波発振装置は高周波発振器31を有し、この高周波発振器31にはマッチング回路部27を介して高周波洗浄機10が接続されている。

【0018】

図2に示すように、上記高周波洗浄機10は本体11を有する。この本体11は上面が開放した凹部12が長手方向に沿って形成された上部材13と、この上部材13の下面に第1のシール材14を介して液密に接合固定された下部材15とによって細長い角柱状に形成されている。

【0019】

40

上記上部材13の下部壁の幅方向中央部分には長手方向に沿って嵌合孔16が穿設され、上記下部材15の上面の幅方向中央部分には上記嵌合孔16に嵌合する凸部17が形成されている。

【0020】

上記下部材15の凸部17が形成された幅方向中央部分には、一端を上面に開口させ、他端を下面に開口させた空間部18が長手方向に沿って形成されている。この空間部18の断面形状は、一端(上端)から他端(下端)にゆくにつれて幅寸法が小さくなるテーパー状をなして、その下端開口は上端よりも狭幅となったノズル口19に形成されている。上記空間部18には、上記下部材15に形成された一对の供給路20から洗浄液が供給されるようになっている。

50

【 0 0 2 1 】

上記空間部 1 8 の開口した上端はタンタル、チタンあるいはそれらの合金や石英、サファイヤなどによって矩形板状に形成された振動板 2 1 によって液密に閉塞されている。つまり、この振動板 2 1 は、その下面周辺部が所定の厚さを有する枠状の第 2 のシ - ル材 2 2 を介して上記上部材 1 3 の凹部 1 2 の内底面に接合されている。

【 0 0 2 2 】

上記振動板 2 1 の上面には同じく枠状の押え板 2 3 が接合され、上記上部材 1 3 にねじ 2 0 a によって固定されている。それによって、上記空間部 1 8 の上端開口は液密に閉塞されている。

【 0 0 2 3 】

上記振動板 2 1 の上面の幅方向中央部分、つまり上記空間部 1 8 と対応する部位には振動子 2 4 が上記振動板 2 1 の長手方向に沿って取付されている。この振動子 2 4 には、たとえばインピーダンスが 5 0 の第 1 の同軸ケ - ブル 2 5 a の芯線の一端が電氣的に接続されている。この第 1 の同軸ケ - ブル 2 5 a の他端には第 1 のソケット 2 6 a が設けられ、この第 1 のソケット 2 6 a はマッチング回路部 2 7 の一端に設けられた第 1 のボ - ト 2 7 a に着脱自在に接続される。なお、第 1 の同軸ケ - ブル 2 5 a の被覆線はア - スされている。

【 0 0 2 4 】

上記マッチング回路部 2 7 の他端には第 2 のボ - ト 2 7 b が設けられ、この第 2 のボ - ト 2 7 b には第 2 の同軸ケ - ブル 2 5 b の一端に設けられた第 2 のソケット 2 6 b が着脱自在に接続される。この第 2 の同軸ケ - ブル 2 5 b の他端は上記高周波発振器 3 1 に接続される。この高周波発振器 3 1 は図 3 に示すように周波数シンセサイザ 3 2 を有する。この周波数シンセサイザ 3 2 からは所定の周波数の波形が出力されるようになっていて、その周波数は制御部としての C P U 3 3 によって変換制御されるようになっている。

【 0 0 2 5 】

上記周波数シンセサイザ 3 2 から出力された所定周波数の波形は、高周波パワ - アンプ 3 4 で増幅され、上記第 2 の同軸ケ - ブル 2 5 b の電圧、電流をモニタする C M カップラ - (通過形電力計) 3 5 で出力がモニタ - されて上記マッチング回路部 2 7 へ出力される。

【 0 0 2 6 】

図 4 に上記高周波発振器 3 1 の詳細な構成を示す。つまり、電源 4 1 からの交流 1 0 0 V はフィルタ 4 2 によって雑音を除去されてからヒューズ 4 3、電源スイッチ 4 4、ブレーカー 4 5 を介して交流 1 0 0 V を全波整流する整流器 4 6 に入力する。

【 0 0 2 7 】

整流器 4 6 で全波整流された信号は電解コンデンサ 4 7 に入力する。この電解コンデンサ 4 7 には第 1 のスイッチ 4 8 が設けられている。この第 1 のスイッチ 4 8 は上記 C P U 3 3 によって連続側とパルス側とに自動的に切り換え操作されるようになっていて、パルス側に切り換えると全波整流された信号は電解コンデンサ 4 7 をパスするため、パルス波形となって上記パワーアンプ 3 4 に入力し、連続側に切り換えると電解コンデンサ 4 7 によって連続波形に変換されて上記パワーアンプ 3 4 に入力するようになっている。

【 0 0 2 8 】

上記パワーアンプ 3 4 にはボリューム 3 4 a が接続されているとともに、高周波成分を作り出す複数、この実施の形態では第 1 の P L L 回路 5 1 A と第 2 の P L L 回路 5 1 B とが上記 C P U 3 3 によって切り換え制御される選択スイッチ 4 9 を介して接続されている。

【 0 0 2 9 】

上記第 1 の P L L 回路 5 1 A には第 2 のスイッチ 5 2 a が接続され、第 2 の P L L 回路 5 1 B には第 3 のスイッチ 5 2 b が接続されている。この第 2、第 3 のスイッチ 5 2 a、5 2 b は第 1、第 2 の P L L 回路 5 1 A、5 1 B から上記パワーアンプ 3 4 へ出力される高周波信号の発振周波数を設定するためのもので、この実施の形態では第 1 の P L L 回路 5 1 A から出力される発振周波数が 1 6 0 0 k H z、第 2 の P L L 回路 5 1 B から出力される発振周波数が 1 5 9 0 k H z に設定されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

上記選択スイッチ 4 9 は上記 C P U 3 3 によって切り換え制御されるようになっており、この選択スイッチ 4 9 が切り換えられるとともに、その信号が第 1 の P L L 回路 5 1 A または第 2 の P L L 回路 5 1 B に入力されると、上記第 1 の P L L 回路 5 1 A または第 2 の P L L 回路 5 1 B からは 1 6 0 0 k H z または 1 5 9 0 k H z の高周波信号がパワーアンプ 3 4 に即時に出力されるようになっている。このときの選択スイッチ 4 9 の切り換え速度が周波数の切り換え速度、つまり変調速度になる。後述する実験でも確認されているが、変調速度を早くする程、被洗浄物に生じる欠陥（クラック）が少なくなる。

【 0 0 3 1 】

各 P L L 回路 5 1 A , 5 1 B が接続された C P U 3 3 には、上記パワーアンプ 3 4 から出力される高周波信号の発振時間及び発振間隔（デューティ比）を制御する第 4 のスイッチ 5 3 が設けられている。この第 4 のスイッチ 5 3 によって高周波信号のデューティ比を制御することができる。

10

【 0 0 3 2 】

つまり、パワーアンプ 3 4 から連続波を出力するときに、第 4 のスイッチ 5 3 によって設定されるデューティ比が 0 であれば連続波となるが、デューティ比を所定の値に設定すれば、図 5 (f) に示すように連続波を所定の周期で分割したバースト波を得ることができる。また、パワーアンプ 3 4 からパルス波を出力するときに、第 4 のスイッチ 5 3 によってデューティ比を変化させれば、このパルス波のパワーレベルを調整することができるようになっている。

20

【 0 0 3 3 】

上記パワーアンプ 3 4 からの高周波信号は V S W R 回路 5 4 を通じて出力されるとともに、この高周波信号の進行波と反射波は上記 V S W R 検出器 5 4 によって検出される。この V S W R 検出器 5 4 からの検出信号は演算回路 5 5 で演算処理されて上記パワーアンプ 3 4 及び C P U 3 3 にフィードバックされる。パワーアンプ 3 4 では、演算回路 5 5 からの信号によってボリューム 3 4 a の設定に基づき上記パワーアンプ 3 4 から発振される高周波信号の強さを補正するようになっている。

【 0 0 3 4 】

さらに、各 P L L 回路 5 1 A , 5 1 B にはそれぞれ第 5 , 第 6 のスイッチ 5 6 a , 5 6 b を介して低周波発振回路 5 7 が接続されている。上記第 5 のスイッチ 5 6 a 又は第 6 のスイッチ 5 6 b のいずれかを選択的にオンすると、ポテンショメータ 5 8 によって上記低周波発振回路 5 7 で作られた所定の周波数の信号が上記第 1 又は第 2 の P L L 回路 5 1 A , 5 1 B に入力され、 1 6 0 0 k H z 又は 1 5 9 0 k H z の高周波信号に周波数変調されるようになっている。

30

【 0 0 3 5 】

この実施の形態では、第 1 の P L L 回路 5 1 a と第 2 の P L L 回路 5 1 b とにおける変調幅を 1 0 k H z としたが、この変調幅は上記振動子 2 4 の共振周波数と反共振周波数の範囲内である。

【 0 0 3 6 】

それによって、振動子 2 4 のインピーダンス特性が部分的に不均一であっても、この振動子 2 4 から出力される高周波振動の音圧を均一化できるようになっている。

40

【 0 0 3 7 】

つまり、振動子 2 4 は、通常、粉末のセラミック原料を圧縮成形してから焼成して製造されるため、その全領域においてインピーダンス特性が一定になりにくい。そのため、振動子 2 4 の全領域に所定の周波数の高周波信号を一樣に供給しても、出力が一定にならないということがある。

【 0 0 3 8 】

しかしながら、振動子 2 4 に供給する高周波信号を所定の周波数の範囲で周波数変調することで、振動子 2 4 の全領域におけるインピーダンス特性が一定でなくとも、各領域にインピーダンス特性に応じた周波数の高周波信号を供給することができる。それによって、

50

振動子 2 4 から出力される超音波の強さをほぼ均一化することができる。

【 0 0 3 9 】

図 4 に示すように、上記高周波発振器 3 1 には時間計 6 1 及びリレー回路 6 2 が設けられている。時間計 6 1 は発振時間を計測するとともに、その計測時間をリセットするリセットスイッチ 6 3 が設けられ、リレー回路 6 2 は複数のランプ 6 4 によって各種の表示を行うようになっている。

【 0 0 4 0 】

なお、上記第 1 乃至第 6 のスイッチ 4 8 , 5 2 a , 5 2 b , 5 3 , 5 6 a , 5 6 b の動作は、上記 C P U 3 3 によって自動的に動作させることができるようになっている。

【 0 0 4 1 】

また、上記電源 4 1 からの信号の一部は、高周波発振器 3 1 を冷却するためのファン 6 5 及び C P U 3 3 を駆動するために交流電圧を直流電圧に変換するコンバータ 6 6 に入力されるようになっている。

【 0 0 4 2 】

つぎに、上記超音波発振装置を用いて図 5 (a) ~ (f) に示す波形の高周波信号を発振出力する場合について説明する。

【 0 0 4 3 】

まず、図 5 (a) に示す第 1 の波形 7 1 の高周波信号を出力する場合には、電源スイッチ 4 4 をオンにして電源を入れたならば、C P U 3 3 によって第 1 の波形 7 1 が出力される状態に設定する。C P U 3 3 の設定に基づき、第 1 のスイッチ 4 8 は発振動作が開始される発振初期時にはパルス側に切り換わり、パルス発振（この実施の形態では 1 パルス発振）が終了すると同時に連続側に切り換わる。

【 0 0 4 4 】

それによって、第 1 のスイッチ 4 8 がパルス側に切り換わった発振初期時には整流器 4 6 で全波整流された信号が電解コンデンサー 4 7 をパスするため、パワーアンプ 3 4 からは第 2 のスイッチ 5 2 によって設定された周波数の高周波信号がパルス発振されることになる。

【 0 0 4 5 】

高周波信号のパルス発振が終了すると、第 1 のスイッチ 4 8 が連続側に切り換わるから、整流器 4 6 で全波整流された信号は電解コンデンサー 4 7 で平滑化されてパワーアンプ 3 4 に入力する。

【 0 0 4 6 】

それによって、電解コンデンサー 4 7 からの信号は、パルス発振よりも低いパワーレベルで連続発振することになる。つまり、第 1 の波形 7 1 は発振の初期にはパルス発振で、その後は連続発振となる。

【 0 0 4 7 】

このような第 1 の高周波信号の波形を振動子 2 4 に入力すれば、被洗浄物を最初は高いパワーのパルス発振で洗浄でき、その後はパワーの低い連続発振で所定時間洗浄することができる。

【 0 0 4 8 】

そのため、最初のパルス発振によって被洗浄物からは比較的強固に付着して落ち難い状態であったり、粒径が大きなパーティクルを除去することができ、次に連続発振を所定時間継続して行うことで、被洗浄物に通常の状態が付着したり、比較的粒径の小さなパーティクルなど、短時間で除去できなかったパーティクルを確実に除去することができる。

【 0 0 4 9 】

図 5 (b) に示す第 2 の波形 7 2 の高周波信号の波形を出力する場合には、C P U 3 3 によって第 2 の波形が出力される状態に設定する。C P U 3 3 の設定に基づき発振動作が開始されると、まず、第 1 のスイッチ 4 8 は発振動作が開始してから所定時間経過するまでは連続側に切り換えられる。

【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

それによって、整流器 4 6 で全波整流された信号は連続発振する。連続発振が所定時間行われると、第 1 のスイッチ 4 8 がパルス側に切り換えられるから、整流器 4 6 で全波整流された信号は電解コンデンサー 4 7 をパスして所定の周波数でパルス発振する。

【 0 0 5 1 】

したがって、このような発振波形によれば、所定時間の連続発振によって被洗浄物に付着したほとんどのパーティクルは除去されるものの、連続発振では除去されないパーティクルが最後のパルス発振によって除去されることになるから、この場合も第 1 の波形と同様、被洗浄物に付着したパーティクルの付着状態や大きさなどが一定でなくとも、十分な洗浄効果を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

図 5 (c) に示す第 3 の波形 7 3 の高周波信号の波形を出力する場合には、CPU 3 3 によって第 3 の波形 7 3 が出力される状態に設定する。CPU 3 3 の設定に基づき発振が開始されると、第 1 のスイッチ 4 8 は上記 CPU 3 3 からの制御信号によって所定時間ごとに連続側からパルス側に切り換えられる。

【 0 0 5 3 】

それによって、第 3 の高周波信号の波形 7 3 は、パルス発振と連続発振とが繰り返されることになるから、被洗浄物に比較的除去し難いパーティクルが多く付着している場合に、この第 3 の波形 7 3 を適用すれば、パルス発振だけで被洗浄物を洗浄する場合に比べて被洗浄物に衝撃を与え過ぎることなく、洗浄効果を高めることができる。

【 0 0 5 4 】

図 5 (d) に示す第 4 の波形 7 4 は連続波であって、この波形を出力するよう、CPU 3 3 を設定すると、第 1 のスイッチ 4 8 は連続側に切り換えられる。それによって、整流器 4 6 で全波整流された信号は電解コンデンサー 4 7 で平滑化されてパワーアンプ 3 4 に入力するから、所定の周波数によって連続発振が行われる。

【 0 0 5 5 】

第 4 の波形 7 4 である連続波を発振させる場合に、第 4 のスイッチ 5 3 によってデューティ比を 0 から所定の値に設定すれば、図 5 (f) に示すように、連続波が所定の周期で断されたバースト波を得ることができる。この周期はデューティ比によって任意に設定することができる。なお、図 5 (f) の波形を第 6 の波形 7 6 とする。

【 0 0 5 6 】

図 5 (e) に示す第 5 の波形 7 5 はパルス波であって、この波形を出力するよう、CPU 3 3 を設定すると、第 1 のスイッチ 4 8 はパルス側に切り換えられる。それによって、整流器 4 6 で全波整流された信号は電解コンデンサー 4 7 をパスしてパワーアンプ 3 4 に入力するから、所定の周波数によってパルス発振が行われる。

【 0 0 5 7 】

第 5 の波形 7 5 であるパルス波を発振させる場合に、第 4 のスイッチ 5 3 によってデューティ比を所定の値に設定すれば、パルス波の出力レベルを調整することができるから、被洗浄物の汚れ状態に適した出力レベルで被洗浄物を洗浄することができる。

【 0 0 5 8 】

このように、第 1 のスイッチ 4 8 の切り換えを CPU 3 3 によって制御することで、パルス波と連続波を組み合わせた発振波形を得ることができるから、被洗浄物に付着したパーティクルの種類や大きさなどに応じて発振波形を設定すれば、洗浄効果を向上させることができる。

【 0 0 5 9 】

しかも、パルス波と連続波とを組み合わせた第 1 乃至第 3 の波形 7 1 ~ 7 3 だけでなく、連続波だけの第 4 の波形 7 4 やパルス波だけの第 5 の波形 7 5 を発振させることができるから、第 1 乃至第 3 の波形で対応できない場合にも、対応することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

さらに、第 4 のスイッチ 5 3 によってデューティ比を設定すれば、連続波を発振させるときには、連続波からバースト波を得ることができ、パルス波を発振させるときには、その

10

20

30

40

50

パルス波の出力レベルを変ええることができるから、そのことによっても種々の洗浄条件に対応した発振波形を設定することができる。

【0061】

第1乃至第6の波形で高周波信号を発振させる場合、パワーアンプ34から発振出力される高周波信号を変調することができる。すなわち、この実施の形態の場合、CPU33によって第5のスイッチ56aと第6のスイッチ56bとをオンにしておくとともに、選択スイッチ49を所定の速度で切り換える。

【0062】

選択スイッチ49が第1のPLL回路51A側に切り換えられると、この第1のPLL回路51Aによって作られた1600kHzの高周波信号がパワーアンプ34を通じてVSWR検出器54から出力され、選択スイッチ49が第2のPLL回路51B側に切り換えられると、この第2のPLL回路51Bによって作られた1590kHzの高周波信号がパワーアンプ34を通じてVSWR検出器54から出力される。

【0063】

つまり、周波数が1600kHzの高周波信号と、1590kHzの高周波信号、すなわち変調幅が10kHzの2つの高周波信号を、切り換えスイッチ49の切り換え速度に応じた変調速度で出力することができる。切り換えスイッチ49の切り換えは、CPU33によって高速度で行うことが可能であり、それによって周波数の切り換えを連続的行えるため、被洗浄物に与えるダメージを低減することが可能となる。

【0064】

図6と図7とに洗浄液に与える変調幅、変調速度とを変化させたときに、半導体ウエハに生じるクラックなどの欠陥及び半導体ウエハに塗布されたPSL（ポリスチレン系ラテックス）の除去率を測定したこの発明の実験結果を示す。

【0065】

なお、実験条件としては、半導体ウエハ直径が200mm、MHz出力は60Wで固定した。また、洗浄液は純水である。

【0066】

図6は変調速度を10kHzに固定し、変調幅を0から、すなわち周波数1590kHzから徐々に増加した場合であって、同図に線Aで示すように、変調幅が0のとき、つまり1590kHzの高調波信号を変調させずに洗浄液に付与して半導体ウエハを洗浄した場合、この半導体ウエハには527個のクラックなどの欠陥が計測された。変調幅を1kHzとすると、欠陥数が17個となり、10kHz以上の変調幅となると、欠陥数は2～7個に低減した。

【0067】

同図において、線Bは半導体ウエハに塗布されたPSLの除去率で、この除去率は変調幅にほとんど影響を受けることなく、99.4%以上であった。

【0068】

図6に示す実験から明らかなように、洗浄液に付与する高周波信号の変調速度を10kHzで固定し、周波数を変調させると、半導体ウエハに生じる欠陥数を大幅に低減することができ、とくにその変調幅を10kHz以上にすると、欠陥数の減少が顕著になることが確認された。しかも、MHz出力を60Wで固定したことで、洗浄効果を低下させることなく、半導体ウエハに生じる欠陥数を低減することができた。

【0069】

図7は変調幅を10kHzに固定し、変調速度を0kHzから徐々に増加した場合であって、同図に線Cで示すように変調速度が0の場合は半導体ウエハに527個の欠陥が生じたが、変調速度を徐々に増加させることで、その欠陥数は激減し、0.5kHzでは95個、2.5kHzでは52個が計測され、5kHz以上では0～2個になった。

【0070】

同図において、線DはPSLの除去率で、この除去率は変調速度にほとんど影響を受けることなく、99.4%以上であった。

【 0 0 7 1 】

図 7 に示す実験から明らかなように、洗浄液に付与する高周波信号の変調幅を 1 0 k H z に固定して変調速度を変化させることで、半導体ウエハに生じる欠陥数を大幅に低減することができ、とくにその変調速度を 5 k H z 以上にすると、欠陥数の減少が顕著になることが確認された。しかも、M H z 出力を 6 0 W で固定したことで、洗浄効果を低下させることなく、半導体ウエハに生じる欠陥数を低減することができた。

【 0 0 7 2 】

これらの実験から明らかなように、洗浄液に付与する高周波信号の周波数を変調させるとともに、その周波数の変調速度を変化させることで、半導体ウエハに欠陥をほとんど生じさせることなく、高い洗浄効果を得ることができることが確認された。とくに、変調幅を 1 0 k H z 以上、変調速度を 5 k H z 以上とすることで、その効果が顕著になることがわかった。

10

【 0 0 7 3 】

このような洗浄効果を得られる理由としては、周波数を変調させると、半導体ウエハが不定周期の振動によって洗浄されることになるから、半導体ウエハが高周波信号の周波数と共振して欠陥が発生するのを防止することができる。

【 0 0 7 4 】

しかも、周波数の変調を第 1、第 2 の P L L 回路 5 1 A , 5 1 B の切り換えによって高速度で行えるから、そのことにより、周波数の切り換えが連続的になる。そのため、周波数の切り換え時に半導体ウエハに与える衝撃を減少させ、欠陥の発生を防止することができるためである考えられる。

20

【 0 0 7 5 】

この発明は上記一実施の形態に限定されず、種々変形可能である。たとえば、上記一実施の形態では第 1、第 2 の P L L 回路によって高周波信号を 1 5 9 0 k H z と 1 6 0 0 k H z とに変調したが、3 つ以上の P L L 回路を設けることで、1 5 9 0 k H z と 1 6 0 0 k H z 以外の高周波信号に変調して出力できるようにしてもよい。

【 0 0 7 6 】

なお、上記一実施の形態では半導体ウエハなどの被洗浄物を 1 枚ずつ洗浄する枚葉方式に本件の発明を適用する場合について説明したが、複数枚の被洗浄物を洗浄槽に入れて同時に洗浄するバッチ方式にも本件発明を適用することができる。

30

【 0 0 7 7 】

【発明の効果】

以上のようにこの発明は、予め所定の周波数に変調された複数の高周波信号を選択し、洗浄液に付与される高周波信号の周波数を変化させることができるようにした。

【 0 0 7 8 】

そのため、洗浄効果を低下させずに被洗浄物に与えるダメージを低減することができ、しかも高周波信号の周波数の切り換えを高速度で行うことが可能となる。

【 0 0 7 9 】

また、高周波信号の周波数の切り換えとともに、その周波数の切り換え速度を変調させれば、被洗浄物に生じる欠陥をより一層、低減することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の一実施の形態を示す超音波発振装置の構成図。

【図 2】超音波洗浄機の断面図。

【図 3】高周波発振器の概略図。

【図 4】高周波発振器の回路図。

【図 5】高周波発振器によって得られる波形の説明図。

【図 6】変調速度を一定にし、変調幅を変化させたときの半導体ウエハに生じる欠陥数と汚れの除去率を測定したグラフ。

【図 7】変調幅を一定にし、変調速度を変化させたときの半導体ウエハに生じる欠陥数と汚れの除去率を測定したグラフ。

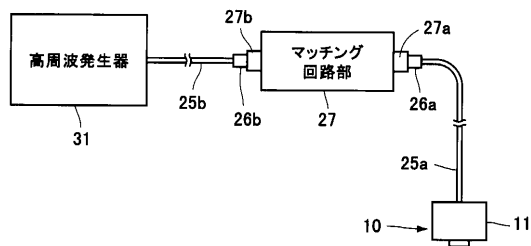
50

【符号の説明】

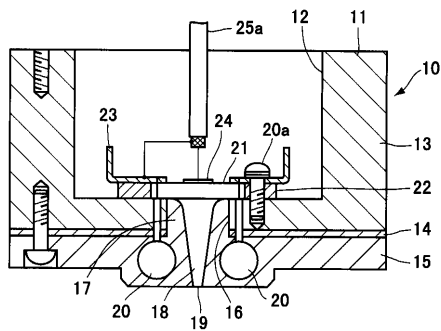
- 31 ... 高周波発振器
 33 ... CPU (制御部)
 48 ... 第1のスイッチ
 49 ... 選択スイッチ
 51A ... 第1のPLL回路
 52B ... 第2のPLL回路
 52a ... 第2のスイッチ
 52b ... 第3のスイッチ
 53 ... 第4のスイッチ
 56a ... 第5のスイッチ
 56b ... 第6のスイッチ

10

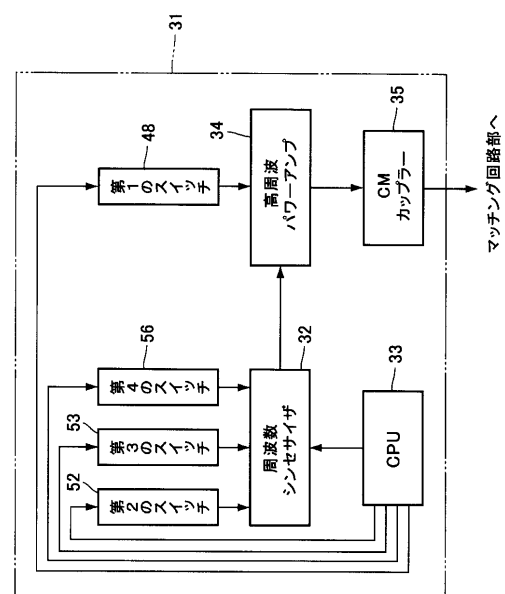
【図1】



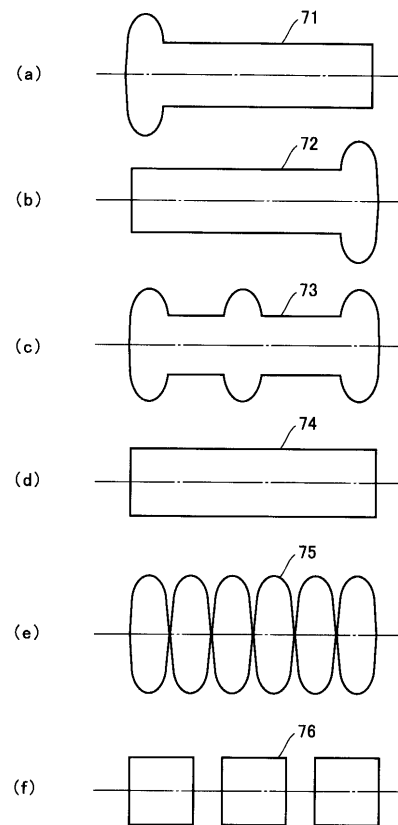
【図2】



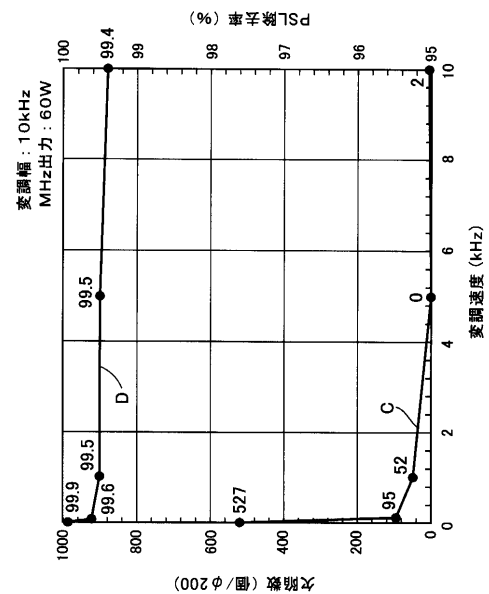
【図3】



【 図 5 】



【圖 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 松嶋 大輔
神奈川県横浜市栄区笠間町 1 0 0 0 番地 1 芝浦メカトロニクス株式会社横浜事業所内
- (72)発明者 佐藤 修
神奈川県横浜市栄区笠間町 1 0 0 0 番地 1 芝浦メカトロニクス株式会社横浜事業所内
- (72)発明者 速水 直哉
神奈川県横浜市磯子区新磯子町 3 3 番地 株式会社東芝生産技術センター内
- (72)発明者 樋口 晃一
神奈川県横浜市磯子区新磯子町 3 3 番地 株式会社東芝生産技術センター内

審査官 仲村 靖

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 2 9 6 9 4 2 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 8 0 2 0 4 (J P , A)
特表平 0 5 - 5 0 4 5 0 7 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 8 0 2 0 2 (J P , A)
特開昭 5 9 - 0 5 9 2 7 8 (J P , A)
特開平 0 2 - 0 6 3 5 8 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B06B 1/06
B08B 3/12
H01L 21/304