

明 細 書

発明の名称：超音波洗浄方法

技術分野

[0001] 本発明は、超音波を用いて洗浄対象物の表面を洗浄する超音波洗浄方法に関する。

背景技術

[0002] イメージセンサ等の半導体デバイスの表面に付着した異物の除去が求められている。このような異物除去の方法として、液体の二酸化炭素（ CO_2 ）を用いて半導体デバイスの異物を除去する技術が利用されている。この方法は、液体の二酸化炭素を噴射ノズルから洗浄対象物の表面に噴射させ、噴射時の断熱膨張により凍結してドライアイスとなったドライアイス粒子を洗浄対象物に衝突させて表面の異物の除去を行うものである（例えば、特許文献 1 参照）。

[0003] また、洗浄槽に洗浄液を満たし、洗浄液の中に洗浄対象物を浸漬させ、洗浄液に超音波を照射して洗浄対象物の洗浄を行う超音波洗浄機も多く用いられている（例えば、特許文献 2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2000-117201 号公報

特許文献 2：特許第 6307684 号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献 1 に記載されたような方法では、高純度のドライアイスを氷結させる機構部が必要であり装置が大型で複雑になってしまう。また、ドライアイスの粒子を吹き付ける際に半導体デバイスを損傷させてしまう場合があった。また、特許文献 2 に記載されたような洗浄槽を用いる超音波洗浄機は、洗浄対象物を洗浄槽に出し入れする必要があることから、ボンディ

ング装置等の半導体製造装置に組み込むことが難しかった。

[0006] そこで、本発明は、洗浄対象物の損傷を抑制すると共に簡便な構成で洗浄対象物の洗浄を行うことを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の超音波洗浄方法は、洗浄対象物の表面を洗浄する超音波洗浄方法であって、保持面に洗浄対象物を保持する洗浄ステージと、洗浄ステージと離間して配置され、指向性を有する複数の超音波発生器と複数の超音波発生器から発生した複数の超音波が集中するように複数の超音波発生器が取付けられるケーシングとを有する音響ヘッドと、を備える音響式洗浄装置を準備する準備工程と、洗浄ステージに保持された洗浄対象物の表面に洗浄液を塗布する洗浄液塗布工程と、洗浄液塗布工程の後、音響ヘッドに取付けられた複数の超音波発生器から発生した複数の超音波を洗浄液が塗布された洗浄対象物の表面に照射して、表面に付着している異物を表面から剥離させる剥離工程と、音響ヘッドに取付けられた複数の超音波発生器から発生した複数の超音波をケーシングと洗浄ステージの保持面との間の空隙で集中させて空隙に大気圧よりも圧力が低い低圧領域を形成し、洗浄対象物の表面から剥離した異物と表面に塗布された洗浄液とを低圧領域に吸引する吸引工程と、を有することを特徴とする。

[0008] このように、超音波発生器から発生した複数の超音波を洗浄液が塗布された洗浄対象物の表面に照射することにより、洗浄液にキャビテーションを発生させて、泡の圧壊の際の圧力、振動により洗浄対象物の表面に付着している異物を表面から剥離させることができる。そして、ケーシングと洗浄ステージとの間の空隙に低圧領域を形成し、洗浄対象物の表面から剥離した異物と表面に塗布された洗浄液とを低圧領域に吸引することにより、洗浄対象物の表面から異物と洗浄液とを除去して洗浄対象物の表面を清浄状態とすることができる。本発明の超音波洗浄方法は、洗浄対象物の表面に非接触で異物の除去を行うことができ、洗浄対象物の損傷を抑制することができる。簡便な構成で洗浄対象物の表面の洗浄を行うことができる。

- [0009] 本発明の超音波洗浄方法において、準備工程で準備する音響式洗浄装置は、音響ヘッドを洗浄ステージに保持された洗浄対象物に対して相対的に移動させる移動機構を備え、剥離工程は、音響ヘッドを洗浄ステージに保持された洗浄対象物と空隙を介して表面に沿って相対的に移動させながら、複数の超音波を洗浄対象物の表面に照射し、吸引工程は、低圧領域を洗浄ステージに保持された洗浄対象物の表面の上方で表面に沿って相対的に移動させながら、洗浄対象物の表面から剥離した異物と表面に塗布された洗浄液とを低圧領域に吸引してもよい。
- [0010] これにより、洗浄対象物の表面を連続的に洗浄することができる。
- [0011] 本発明の超音波洗浄方法において、剥離工程は、表面からの低圧領域の高さが超音波の半波長よりも高くなるように音響ヘッドを移動させ、吸引工程は、表面からの低圧領域の高さが超音波の半波長以下となるように音響ヘッドを移動させ、剥離工程の後に吸引工程を実行してもよい。
- [0012] 洗浄対象物からの超音波の反射により、低圧領域は、洗浄対象物の表面から $1/4$ 波長から半波長の高さに定在する。低圧領域は圧力が大気圧よりも低い低圧状態に保持される領域で超音波の振動による圧力の変化が少ない領域である。そこで、剥離工程では、表面からの低圧領域の高さが超音波の半波長よりも高くなるように音響ヘッドを移動させることによって、超音波による圧力変動が大きい領域を洗浄対象物の表面に到達させて、洗浄液に効果的にキャビテーションを発生させ、異物の剥離を促進することができる。そして、異物の剥離が終わった後、表面からの低圧領域の高さが超音波の半波長以下となるようにして洗浄対象物の表面が低圧領域に近接するように音響ヘッドを移動させることにより、洗浄対象物の表面から剥離した異物と洗浄液とを効果的に低圧領域に吸引させることができる。
- [0013] 本発明の超音波洗浄方法において、表面からの低圧領域の高さを超音波の半波長よりも高く、1波長よりも低くなるように音響ヘッドを移動させ、剥離工程と吸引工程とを同時に実行してもよい。
- [0014] これにより、洗浄対象物の表面に塗布された洗浄液にキャビテーションを

発生させると同時に表面から剥離した異物を低圧領域に吸引することができるので、洗浄速度を上げることができる。

発明の効果

[0015] 本発明は、洗浄対象物の損傷を抑制すると共に簡便な構成で洗浄対象物の洗浄を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]実施形態の超音波洗浄方法を実行する音響式洗浄装置の構成を示す立面図である。

[図2]図1に示す音響式洗浄装置を用いて実施形態の超音波洗浄方法を実行した場合の各工程を示すフローチャートである。

[図3]実施形態の超音波洗浄方法の洗浄液塗布工程を実行中の音響式洗浄装置を示す立面図である。

[図4]実施形態の超音波洗浄方法の剥離工程を実行中の音響式洗浄装置を示す立面図である。

[図5]実施形態の超音波洗浄方法の吸引工程を実行中の音響式洗浄装置を示す立面図である。

[図6]実施形態の超音波洗浄方法の廃棄工程を実行中の音響式洗浄装置を示す立面図である。

[図7]実施形態の超音波洗浄方法の廃棄工程を実行中の音響式洗浄装置を示す立面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、図面を参照しながら実施形態の超音波洗浄方法について説明する。最初に図1を参照しながら実施形態の超音波洗浄方法を実行する音響式洗浄装置100の構成について説明する。図1に示すように、音響式洗浄装置100は、洗浄ステージ10と、音響ヘッド20と、移動機構30と、異物廃棄部16と、洗浄液吐出ノズル60とを備えている。なお、以下の説明では、図1の紙面に対して垂直方向をX方向、水平面でX方向と直交する方向をY方向、上下方向をZ方向として説明する。

- [0018] 洗浄ステージ10は、図示しないベースに取付けられている。洗浄ステージ10は、上側の保持面10aに洗浄対象物である電子部品13を吸着保持する。電子部品13は、例えば、サブスレート11の上に取付けられたイメージセンサ12であってもよい。洗浄ステージ10は、電子部品13をX方向に搬送可能である。また、洗浄ステージ10の横には、異物廃棄部16が配置されている。異物廃棄部16は、例えば、下方向への真空吸引機構を含んでいる。
- [0019] 洗浄ステージ10の上方には、洗浄ステージ10と離間して音響ヘッド20が配置されている。音響ヘッド20は、ケーシング22と、ケーシング22に取付けられた複数の超音波スピーカ21とで構成されている。音響ヘッド20のケーシング22は、音響ヘッド20を洗浄ステージ10の上に吸着保持された電子部品13に対して相対的に移動させる移動機構30に接続されている。
- [0020] 移動機構30は、図示しないベースにX方向に移動可能に取付けられたガイドレール31と、ガイドレール31に沿ってY方向に移動するスライダ33とで構成されている。ガイドレール31は、X方向移動機構32によってX方向に移動可能に構成されている。スライダ33は、内部にY方向移動機構34を備えておりガイドレール31にガイドされてY方向に移動可能に構成されている。音響ヘッド20のケーシング22はZ方向に延びるアーム36でスライダ33に接続されている。スライダ33は、内部にアーム36をZ方向に駆動するZ方向移動機構35を備えており、音響ヘッド20をZ方向に移動可能に構成されている。従って、移動機構30は、音響ヘッド20を洗浄ステージ10の上に吸着保持された電子部品13に対してXYZ方向に相対的に移動可能に構成されている。また、移動機構30は、音響ヘッド20を異物廃棄部16の上方まで移動可能に構成されている。
- [0021] 音響ヘッド20のケーシング22は、球形のドーム状で下方の洗浄ステージ側が開放されている。ケーシング22を構成する球面の球中心26は、下側の開放面25よりも下方のケーシング22の中央下部で、ケーシング22

と洗浄ステージ10の保持面10aとの間の空隙14に位置している。超音波スピーカー21は、指向性を有する超音波発生器であり、軸21aの方向で軸21aを中心とした指向角度 θ の範囲に超音波24が伝播するように超音波24を発生させる。複数の超音波スピーカー21は、各軸21aがケーシング22の球面の球中心26で交差するようにケーシング22に取付けられている。このため、複数の超音波スピーカー21から発生された各超音波24は、球中心26の位置するケーシング22の中央下部で交差する。球中心26は、洗浄ステージ10の保持面10aとの間の空隙14に位置するので、各超音波24は空隙14で集中する。

[0022] 各超音波スピーカー21には、それぞれ超音波スピーカー21を駆動する駆動ユニット23が接続されている。各駆動ユニット23は、接続されている超音波スピーカー21が発生する超音波24の位相を調整可能となっている。また、複数の駆動ユニット23は、複数の超音波スピーカー21で構成される超音波スピーカー群を駆動する駆動回路を構成する。

[0023] 洗浄ステージ10の横には、洗浄ステージ10の上に載置された電子部品13の表面15の上に進退可能な洗浄液吐出ノズル60が配置されている。洗浄液吐出ノズル60は、図示しない駆動機構に支持されてイメージセンサ12の表面15上方をXY方向にスキャンするように移動して先端から洗浄液61をイメージセンサ12の表面15に塗布する。

[0024] 移動機構30のX方向移動機構32と、Y方向移動機構34と、Z方向移動機構35と、各超音波スピーカー21を駆動する駆動ユニット23と、洗浄液吐出ノズル60の駆動機構とは、制御部50に接続されて制御部50の指令によって駆動する。制御部50は、内部に情報処理を行うプロセッサであるCPU51と制御プログラムや制御用データを格納する記憶部52とを備えるコンピュータである。

[0025] 次に図2から図7を参照しながら以上のように構成された音響式洗浄装置100の動作について説明する。最初に先に説明した音響式洗浄装置100を準備しておく（準備工程）。

- [0026] 図2のステップS101、図3に示すように、制御部50は、移動機構30によって音響ヘッド20を洗浄ステージ10の横に移動させ、図示しない洗浄液吐出ノズル60の駆動機構を駆動して先端から洗浄液61を吐出させながら洗浄液吐出ノズル60の先端をイメージセンサ12の表面15の上方でXY方向にスキャン移動させてイメージセンサ12の表面15に洗浄液61を塗布する。洗浄液61としては様々な液体を使用可能であるが、例えば、界面活性剤の溶液を用いてもよい（洗浄液塗布工程）。
- [0027] 図4に示すように制御部50は、図示しない洗浄液吐出ノズル60の駆動機構を駆動して洗浄液吐出ノズル60を洗浄ステージ10の横に移動させると共に、音響ヘッド20を洗浄ステージ10の上に移動させる。そして、制御部50は、図2のステップS102に示すように駆動ユニット23によって各超音波スピーカ21からそれぞれ所定の周波数の超音波24を発生させる。各超音波スピーカ21は、指向性が有り、各軸21aの方向で軸21aを中心とした指向角度 θ の範囲に伝播していく。各超音波スピーカ21は、各軸21aがケーシング22の中央下部に位置する球中心26で交差するようにケーシング22に取付けられているので、各超音波スピーカ21から発生した超音波24は、ケーシング22の中央下部、或いは、空隙14で交差、集中して重ね合わされる。この超音波24の重ね合わせにより、ケーシング22の中央下部には、大気圧よりも圧力が低い低圧領域40が形成される。低圧領域40は、直径が超音波24の半波長程度の大きさである。
- [0028] 次に、制御部50は、図2のステップS103、図4に示すように、音響ヘッド20を洗浄ステージ10の上に保持されたイメージセンサ12の表面15の上方で表面15に沿って移動させながら、音響ヘッド20に取付けられた複数の超音波スピーカ21から発生した複数の超音波24を洗浄液61が塗布されたイメージセンサ12の表面15に照射して、表面15に付着している異物90を表面15から剥離させる剥離工程を実行する。
- [0029] イメージセンサ12の表面15からの超音波24の反射により、低圧領域

40は、イメージセンサ12の表面15から1/4波長から半波長の高さに定在する。低圧領域40は圧力が大気圧よりも低い低圧状態に保持される領域で超音波24の振動による圧力の変化が少ない領域である。そこで、制御部50は、イメージセンサ12の表面15からの低圧領域40の高さh1が超音波24の半波長よりも高くなるように音響ヘッド20を保持することによって、超音波24による圧力変動が大きい領域をイメージセンサ12の表面15に到達させて、洗浄液61に効果的にキャビテーションを発生させ、異物90の剥離を促進する。

[0030] 例えば、超音波24の周波数が40kHzの場合、半波長は4.25mm、1/4波長は2.125mmであるから、制御部50は、剥離工程では、低圧領域40の高さh1がイメージセンサ12の表面15から5mm以上上方となるように、音響ヘッド20を保持してXY方向にスキャン移動させる。

[0031] このように、各超音波24をイメージセンサ12の表面15に照射すると、図4に示すように、超音波24によって洗浄液61の中でキャビテーションによる気泡62が発生する。そして、この気泡62が圧壊する際の圧力変動、温度により、イメージセンサ12の表面15に付着している異物90を表面15から剥離させることができる。また、キャビテーションによりイメージセンサ12の表面15に付着している有機物を除去し、表面15を洗浄状態とすることができる。

[0032] 次に制御部50は、図2のステップS104、図5に示すように吸引工程を実行する。

吸引工程では、低圧領域40を洗浄ステージ10の上に保持されたイメージセンサ12の表面15の上方で表面15に沿って相対的に移動させながらケーシング22の中央下部に低圧領域40を形成し、イメージセンサ12の表面15から剥離した異物90と表面15に塗布された洗浄液61とを低圧領域40に吸引する。

[0033] この際、制御部50は、イメージセンサ12の表面15からの低圧領域4

0の高さ h_2 が超音波24の半波長以下となるように移動機構30を動作させて、音響ヘッド20をイメージセンサ12の上方でXY方向にスキャン移動させる。先に述べたように、超音波24の周波数が40kHzの場合、半波長は4.25mmであるから、制御部50は、低圧領域40の高さがイメージセンサ12の表面15から1~5mm程度の位置となるように保持して音響ヘッド20をXY方向にスキャンする。これにより、低圧領域40がイメージセンサ12の表面15に近接するので、図5の白抜き矢印91に示すように、イメージセンサ12の表面15から剥離した異物90と洗浄液61とを一体として低圧領域40に吸引して表面15から除去することができる。低圧領域40に吸引された異物90と洗浄液61とは、低圧領域40の中に捕捉されて浮遊した状態で音響ヘッド20と共に移動する。

[0034] 制御部50は、イメージセンサ12の上方で音響ヘッド20をXY方向にスキャンしたら、図2のステップS105、図6に示すように、音響ヘッド20を異物廃棄部16の上方に移動させる。そして、制御部50は図2のステップS106に示すように異物廃棄部16の下方向への真空吸引機構を動作させ、図2のステップS107に示すように、駆動ユニット23による超音波スピーカ21の駆動を停止する。すると、図7に示すように、低圧領域40が消失し、低圧領域40に捕捉されていた異物90と洗浄液61とは、下側の異物廃棄部16に真空吸引されて外部に廃棄される（廃棄工程）。

[0035] 以上説明したように、実施形態の超音波洗浄方法は、イメージセンサ12の表面15に非接触で異物90の除去を行うことができ、イメージセンサ12の損傷を抑制することができると共に、簡便な構成でイメージセンサ12の表面15の洗浄を行うことができるので、ボンディング装置等に組み込むことが可能となる。

[0036] 以上説明では、剥離工程では、イメージセンサ12の表面15からの低圧領域40の高さ h_1 が超音波24の半波長よりも高くなるように音響ヘッド20を保持してXY方向にスキャンさせ、吸引工程では、イメージセンサ12の表面15からの低圧領域40の高さ h_2 が超音波24の半波長以下とな

るように音響ヘッド20を保持してXY方向にスキャンさせることとして説明したが、これに限らない。

[0037] 例えば、イメージセンサ12の表面15からの低圧領域40の高さを超音波24の半波長よりも高く、1波長よりも低くなるように音響ヘッド20を保持してXY方向にスキャンするようにしてもよい。

[0038] 先に述べたように、低圧領域40は、イメージセンサ12の表面15から1/4波長から半波長の高さに定在する。そこで、イメージセンサ12の表面15からの低圧領域40の高さを超音波24の半波長よりも高く、1波長よりも低くなるように音響ヘッド20を保持する。これにより、低圧領域40が表面15から少し遠くなり、先に説明した実施形態よりも吸引力が低下するものの、半波長よりも高くすることにより表面15に付着している異物90の剥離を促進できる。これにより、剥離工程と吸引工程とを同時に実行することができ、電子部品13の表面15の洗浄を短時間で行うことができる。

符号の説明

[0039] 10 洗浄ステージ、10a 保持面、11 サブスレート、12 イメージセンサ、13 電子部品、14 空隙、15 表面、16 異物廃棄部、20 音響ヘッド、21 超音波スピーカ、21a 軸、22 ケーシング、23 駆動ユニット、24 超音波、25 開放面、26 球中心、30 移動機構、31 ガイドレール、32 X方向移動機構、33 スライダ、34 Y方向移動機構、35 Z方向移動機構、36 アーム、40 低圧領域、50 制御部、51 CPU、52 記憶部、60 洗浄液吐出ノズル、61 洗浄液、90 異物、100 音響式洗浄装置。

請求の範囲

[請求項1]

洗浄対象物の表面を洗浄する超音波洗浄方法であって、

保持面に前記洗浄対象物を保持する洗浄ステージと、前記洗浄ステージと離間して配置され、指向性を有する複数の超音波発生器と複数の前記超音波発生器から発生した複数の超音波が集中するように複数の前記超音波発生器が取付けられるケーシングとを有する音響ヘッドと、を備える音響式洗浄装置を準備する準備工程と、

前記洗浄ステージに保持された前記洗浄対象物の前記表面に洗浄液を塗布する洗浄液塗布工程と、

前記洗浄液塗布工程の後、前記音響ヘッドに取付けられた複数の前記超音波発生器から発生した複数の超音波を前記洗浄液が塗布された前記洗浄対象物の前記表面に照射して、前記表面に付着している異物を前記表面から剥離させる剥離工程と、

前記音響ヘッドに取付けられた複数の前記超音波発生器から発生した複数の超音波を前記ケーシングと前記洗浄ステージの前記保持面との間の空隙で集中させて前記空隙に大気圧よりも圧力が低い低圧領域を形成し、前記洗浄対象物の前記表面から剥離した前記異物と前記表面に塗布された前記洗浄液とを前記低圧領域に吸引する吸引工程と、を有する超音波洗浄方法。

[請求項2]

請求項1に記載の超音波洗浄方法であって、

前記準備工程で準備する前記音響式洗浄装置は、前記音響ヘッドを前記洗浄ステージに保持された前記洗浄対象物に対して相対的に移動させる移動機構を備え、

前記剥離工程は、前記音響ヘッドを前記洗浄ステージに保持された前記洗浄対象物と前記空隙を介して前記表面に沿って相対的に移動させながら、複数の前記超音波を前記洗浄対象物の前記表面に照射し、

前記吸引工程は、前記低圧領域を前記洗浄ステージに保持された前記洗浄対象物の前記表面の上方で前記表面に沿って相対的に移動させ

ながら、前記洗浄対象物の前記表面から剥離した前記異物と前記表面に塗布された前記洗浄液とを前記低圧領域に吸引すること、
を特徴とする超音波洗浄方法。

[請求項3]

請求項2に記載の超音波洗浄方法であって、
前記剥離工程は、前記表面からの前記低圧領域の高さが前記超音波の半波長よりも高くなるように前記音響ヘッドを移動させ、
前記吸引工程は、前記表面からの前記低圧領域の高さが前記超音波の半波長以下となるように前記音響ヘッドを移動させ、
前記剥離工程の後に前記吸引工程を実行すること、
を特徴とする超音波洗浄方法。

[請求項4]

請求項2に記載の超音波洗浄方法であって、
前記表面からの前記低圧領域の高さを前記超音波の半波長よりも高く、1波長よりも低くなるように前記音響ヘッドを移動させ、
前記剥離工程と前記吸引工程とを同時に実行すること、
を特徴とする超音波洗浄方法。