

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3778204号
(P3778204)

(45) 発行日 平成18年5月24日(2006.5.24)

(24) 登録日 平成18年3月10日(2006.3.10)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 6 7
 HO 1 L 21/683 (2006.01) HO 1 L 21/68 N

請求項の数 16 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2004-250570 (P2004-250570)	(73) 特許権者	000002853
(22) 出願日	平成16年8月30日(2004.8.30)		ダイキン工業株式会社
(65) 公開番号	特開2005-236255 (P2005-236255A)		大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号
(43) 公開日	平成17年9月2日(2005.9.2)		梅田センタービル
審査請求日	平成17年8月5日(2005.8.5)	(74) 代理人	100089233
(31) 優先権主張番号	特願2004-15778 (P2004-15778)		弁理士 吉田 茂明
(32) 優先日	平成16年1月23日(2004.1.23)	(74) 代理人	100088672
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 吉竹 英俊
		(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(74) 代理人	100103229
			弁理士 福市 朋弘
		(72) 発明者	原田 浩一
			滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の
			2 株式会社ダイキン空調技術研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

平面(3c)と、
 前記平面を所定の温度に設定する温度設定部(1,2)と、
 前記平面において設けられて流体(F10, F11, F12:F1)を供給する少なくとも一つの吹き出し口(3a)と、
 前記平面において前記流体を排出する少なくとも一つの吸い込み口(3b)と
 を備え、前記平面の上方でウェハ(W)を浮上させるウェハ温度調整装置(10A, 10B, 10C, 10D, 10E)。

【請求項2】

前記吹き出し口(3a)と吸い込み口(3b)とは複数設けられ、相互に対となって配置される、請求項1記載のウェハ温度調整装置(10E)。

【請求項3】

前記流体を送出する元圧よりも前記吹き出し口における前記流体の圧力が小さい、請求項1又は請求項2のいずれか一つに記載のウェハ温度調整装置(10A, 10B)。

【請求項4】

前記元圧と前記吹き出し口における前記流体の圧力との差圧(P)で前記流体の流量(Q)を除いた値(1/R)に前記流体の粘性率(μ)を乗じて得られるパラメタ(μ/R)が 1.0×10^{-12} よりも小さい、請求項3記載のウェハ温度調整装置(10A, 10B)。

10

20

【請求項 5】

前記平面(3c)において設けられて、前記ウェハの端部の移動を制限する突起(44、45)を更に備える、請求項1乃至請求項4のいずれか一つに記載のウェハ温度調整装置(10A)。

【請求項 6】

前記吹き出し口(3a)は複数設けられ、

前記吹き出し口の少なくとも二つは、前記平面の中心に向けて前記流体を供給する、請求項1乃至請求項4のいずれか一つに記載のウェハ温度調整装置(10B)。

【請求項 7】

前記流体としてヘリウム、ネオンから少なくとも一つのガスを選択して採用する、請求項1乃至請求項6のいずれか一つに記載のウェハ温度調整装置。 10

【請求項 8】

前記流体として、水、フルオロ化合物から少なくとも一つの液体を選択して使用する、請求項1乃至請求項6のいずれか一つに記載のウェハ温度調整装置。

【請求項 9】

ウェハ(W)を、その下方側の主面に対向して所定の温度に設定された平面(3c)によって温度調整する方法であって、

前記平面は、少なくとも一つの吹き出し口(3a)と少なくとも一つの吸い込み口(3b)とを有し、

前記吹き出し口から前記主面へ流体(F10, F11, F12: F1)を供給しつつ、前記吸い込み口から前記流体(F2)を排出して前記平面の上方で前記ウェハを浮上させる、ウェハ温度調整方法(10A, 10B, 10C, 10D, 10E)。 20

【請求項 10】

前記吹き出し口(3a)と吸い込み口(3b)とは複数設けられ、相互に対となって配置される、請求項9記載のウェハ温度調整方法。

【請求項 11】

前記流体を送出する元圧よりも前記吹き出し口における前記流体の圧力が小さい、請求項9又は請求項10のいずれか一つに記載のウェハ温度調整方法(10A, 10B)。

【請求項 12】

前記元圧と前記吹き出し口における前記流体の圧力との差圧(P)で前記流体の流量(Q)を除した値(1/R)に前記流体の粘性率(μ)を乗じて得られるパラメタ(μ/R)が 1.0×10^{-12} よりも小さい、請求項11記載のウェハ温度調整方法(10A, 10B)。 30

【請求項 13】

前記ウェハの端部は、平面(3c)に設けられた突起(44、45)によって移動が制限される、請求項9乃至請求項12のいずれか一つに記載のウェハ温度調整方法(10A)。

【請求項 14】

前記吹き出し口(3a)は複数設けられ、

前記吹き出し口の少なくとも二つは、前記平面の中心に向けて前記流体を供給する、請求項9乃至請求項12のいずれか一つに記載のウェハ温度調整方法(10B)。 40

【請求項 15】

前記流体としてヘリウム、ネオンから少なくとも一つのガスを選択して採用する、請求項9乃至請求項14のいずれか一つに記載のウェハ温度調整方法。

【請求項 16】

前記流体として、水、フルオロ化合物から少なくとも一つの液体を選択して使用する、請求項9乃至請求項14のいずれか一つに記載のウェハ温度調整方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は温度調整技術に関し、特にウェハ（例えば半導体ウェハ）を加熱、冷却する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウェハの処理の一工程である、リソグラフィ工程において、薬液の塗布、加熱、温度調整が繰り返される。そしてこれら加熱、冷却工程では温度管理が厳しく要求される。また、生産性向上のため、冷却、加熱に要する時間を短縮することも要求されている。

【0003】

半導体ウェハの温度を調整する際、温度調整された平面を有する温調プレートに接触させると、半導体ウェハの微少な破片が発生したり、温調プレート上のゴミが半導体ウェハに付着したりする。あるいは更に、半導体ウェハのゴミが温調プレートに付着して他の半導体ウェハに付着して汚染が拡大する可能性がある。

10

【0004】

また、半導体ウェハは極く僅かながら歪んでいるので、温調プレートと接触する部分と接触しない部分との間で温度むらが発生する。

【0005】

かかる問題を回避するため、温調プレート上に突起を設け、これで半導体ウェハを支持する技術が、例えば特許文献1～3に記載されている。このように支持する技術により、温調プレートと半導体ウェハとの間に僅かな、例えば100 μm程度の隙間を設け、半導体ウェハの温度調整を行っていた。

20

【0006】

なお、温調プレート以外の保持板の上方で、半導体ウェハをガスの噴出によって浮揚させる技術が特許文献4において提案されている。

【0007】

【特許文献1】特開平11-312637号公報

【特許文献2】特開平11-329922号公報

【特許文献3】特開平11-330212号公報

【特許文献4】特開昭59-215718号公報

【発明の開示】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

温調プレート上に突起を設け、これで半導体ウェハを支持する場合、半導体ウェハの歪みを考慮すると、突起の高さを顕著に低くすることはできない。温調プレートと半導体ウェハとの接触はできるだけ回避されなければならないからである。しかし突起の高さを高くすると、温調プレートと半導体ウェハとの間のギャップを大きくしてしまい、温調プレートによる半導体ウェハの温度調整を迅速に行うことが困難となる。

【0009】

本発明はかかる課題を解決しようとするものであり、温調プレートと半導体ウェハとの接触を回避しつつ、両者間のギャップを小さくし、以て温調プレートによる半導体ウェハの温度調整を迅速にすることを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第1の態様(10A, 10B, 10C, 10D, 10E)は、平面(3c)と、前記平面を所定の温度に設定する温度設定部(1, 2)と、前記平面において設けられて流体(F10, F11, F12: F1)を供給する少なくとも一つの吹き出し口(3a)と、前記平面において前記流体を排出する少なくとも一つの吸い込み口(3b)とを備え、前記平面の上方でウェハ(W)を浮上させる。

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第2の態様(10E)は、第1の態様にかかるウェハ温度調整装置であって、前記吹き出し口(3a)と吸い込み口(3b)とは複数設

50

けられ、相互に対となって配置される。

【0011】

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第3の態様(10A, 10B)は、第1の態様又は第2の態様にかかるウェハ温度調整装置であって、前記流体を送出する元圧よりも前記吹き出し口における前記流体の圧力が小さい。

【0012】

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第4の態様(10A, 10B)は、第3の態様にかかるウェハ温度調整装置であって、前記元圧と前記吹き出し口における前記流体の圧力との差圧(P)で前記流体の流量(Q)を除した値($1/R$)に前記流体の粘性率(μ)を乗じて得られるパラメタ(μ/R)が 1.0×10^{-12} よりも小さい。

10

【0013】

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第5の態様(10A)は、第1乃至第4の態様のいずれかにかかるウェハ温度調整装置であって、前記平面(3c)において設けられて、前記ウェハの端部の移動を制限する突起(44, 45)を更に備える。

【0014】

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第6の態様(10B)は、第1乃至第4の態様のいずれかにかかるウェハ温度調整装置であって、前記吹き出し口(3a)は複数設けられ、前記吹き出し口の少なくとも二つは、前記平面の中心に向けて前記流体を供給する。

【0017】

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第7の態様は、第1乃至第6の態様のいずれかにかかるウェハ温度調整装置であって、前記流体としてヘリウム、ネオンから少なくとも一つのガスを選択して採用する。

20

【0018】

この発明にかかるウェハ温度調整装置の第8の態様は、第1乃至第6の態様のいずれかにかかるウェハ温度調整装置であって、前記流体として、水、フルオロ化合物から少なくとも一つの液体を選択して使用する。

【0020】

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第1の態様(10A, 10B, 10C, 10D, 10E)は、ウェハ(W)を、その下方側の主面に対向して所定の温度に設定された平面(3c)によって温度調整する方法であって、前記平面は、少なくとも一つの吹き出し口(3a)と少なくとも一つの吸い込み口(3b)とを有し、前記吹き出し口から前記主面へ流体(F10, F11, F12: F1)を供給しつつ、前記吸い込み口から前記流体(F2)を排出して前記平面の上方で前記ウェハを浮上させる。

30

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第2の態様(10E)は、第1の態様にかかるウェハ温度調整方法であって、前記吹き出し口(3a)と吸い込み口(3b)とは複数設けられ、相互に対となって配置される。

【0021】

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第3の態様(10A, 10B)は、第1の態様又は第2の態様にかかるウェハ温度調整方法であって、前記流体を送出する元圧よりも前記吹き出し口における前記流体の圧力が小さい。

40

【0022】

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第4の態様(10A, 10B)は、第3の態様にかかるウェハ温度調整方法であって、前記元圧と前記吹き出し口における前記流体の圧力との差圧(P)で前記流体の流量(Q)を除した値($1/R$)に前記流体の粘性率(μ)を乗じて得られるパラメタ(μ/R)が 1.0×10^{-12} よりも小さい。

【0023】

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第5の態様(10A)は、第1乃至第4の態様にかかるウェハ温度調整方法であって、前記ウェハの端部は、平面(3c)に設けられた突起(44, 45)によって移動が制限される。

【0024】

50

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第6の態様(10B)は、第1乃至第4の態様にかかるウェハ温度調整方法であって、前記吹き出し口(3a)は複数設けられ、前記吹き出し口の少なくとも二つは、前記平面の中心に向けて前記流体を供給する。

【0027】

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第7の態様は、第1乃至第6の態様のいずれかにかかるウェハ温度調整方法であって、前記流体としてヘリウム、ネオンから少なくとも一つのガスを選択して採用する。

【0028】

この発明にかかるウェハ温度調整方法の第8の態様は、第1乃至第6の態様のいずれかにかかるウェハ温度調整方法であって、前記流体として、水、フルオロ化合物から少なくとも一つの液体を選択して使用する。

10

【発明の効果】

【0030】

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第1の態様によれば、流体がウェハと平面との間に介在するので、平面とウェハとの接触を回避しつつ、両者の間の距離を小さくすることができる。よってウェハの温度調整効率を高め、温度調整に必要な時間を短縮できる。しかも、平面とウェハの下方側主面との間で流体が移動するのでその効果は高められる。

また、吸い込み口から流体を排出することによって、平面と反対側のウェハの表面に触れることなく、吹き出し口から供給された流体によってウェハが過剰に浮上することを防止できる。また吹き出し口での差圧を高めることができるので、流体による支持の剛性を高めることができる。

20

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第2の態様によれば、ウェハの温度分布を均一にしやすい。

【0031】

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第3の態様によれば、吹き出し口に流体の抵抗を持たせることにより、ウェハを流体で支持する際の剛性を高めることができる。

【0032】

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第4の態様によれば、ウェハを流体で支持する際の剛性を高めることにより、平面とウェハとの接触を回避できる。

30

【0033】

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第5の態様によれば、ウェハを安定して保持することができる。

【0034】

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第6の態様によれば、ウェハに対して非接触でウェハを安定して保持することができる。

【0037】

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第7の態様によれば、熱伝導率が高いガスを流体として採用するので、更にウェハの温度調整効率を高め、温度調整に必要な時間をより短縮できる。

40

【0038】

この発明にかかるウェハ温度調整装置及びウェハ温度調整方法の第8の態様によれば、熱伝導率が高い液体を流体として採用するので、更にウェハの温度調整効率を高め、温度調整に必要な時間をより短縮できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

第1の実施の形態。

図1は本発明の第1の実施の形態にかかるウェハ温度調整装置10Aの構成を、温度調

50

整の対象となる半導体ウェハWと共に例示する、概念的な断面図である。ウェハ温度調整装置10Aは、冷却部1、熱電素子群2、温調プレート3を備えており、この順に積層されている。

【0041】

熱電素子群2は少なくとも一つの熱電素子を有しており、ここでは4個の熱電素子21, 22, 23, 24で構成されている場合が例示されている。熱電素子21~24は図示されない電源に接続されており、その冷却部1側の面を放熱面とし、温調プレート3側の面を吸熱面として機能する。

【0042】

冷却部1は熱電素子群2の放熱面を冷却する機能を果たす。冷却部1は冷媒の供給口1aと、排出口1bとを有している。冷媒としては例えば水が採用され、供給口1aには矢印M1で示されるように入水し、排出口1bからは矢印M2で示されるように入水する。

10

【0043】

温調プレート3は、その上側に平面3cと、平面3cから突出する突起44, 45を有している。半導体ウェハWは、平面3cの上方で後述する流体F10によって支持される。突起44, 45は、平面3cの上方において半導体ウェハWの端部が平面3cに平行な移動を制限する。

【0044】

温調プレート3はまた、平面3cにおいて設けられて流体を供給する少なくとも一つの吹き出し口3aを有する。図1では吹き出し口3aが温調プレート3の中央部に一つ設けられる場合が例示されている。吹き出し口3aは、流体流入口310から矢印の方向に向かって冷却部1及び温調プレート3を貫通して導入された流体F10を吹き出すことにより、平面3cにおいて流体F10を供給する。

20

【0045】

上記の説明では半導体ウェハWを水冷する場合を例示した。しかし半導体ウェハWを加熱する場合にも、上記流体の供給を適用することができる。半導体ウェハWを加熱するには、例えば、熱電素子群2の放熱面を温調プレート3側に、吸熱面を反対側に設け、当該吸熱面を加熱する機構を冷却部1の代わりに設ける。

【0046】

図2は平面3cにおいて供給された流体F10により、半導体ウェハWが平面3cから浮上する距離をシミュレーションした結果を示すグラフである。横軸に採用された差圧とは、平面3cにおける流体F10の圧力と、吹き出し口3aとは反対側で流体F10に印加された流体流入口310側の圧力(ここでは「元圧」と称す)との圧力差を示す。縦軸に採用されたギャップとは、半導体ウェハWと平面3cとの間の距離、即ち半導体ウェハWの平面3cからの浮上量を示す。但しシミュレーションにおいては、半導体ウェハWとしてシリコン基板を用い、その直径及び厚さをそれぞれ200mm及び0.8mmとした。また流体として空気を採用した。

30

【0047】

図2から理解されるように、半導体ウェハWの平面3cからの距離が100μm以下であっても、差圧によって、従って元圧によって制御可能である。しかも、半導体ウェハWは流体によって支持されるので、これに歪みが生じていても、その最も平面3cに近い位置までもが浮上し、両者が接触することを回避できる。

40

【0048】

温調プレート3cは熱伝導性の良好な材料、例えば金属で形成されており、平面3cと反対側から熱電素子群2によって吸熱される。上述のように熱電素子群2の放熱面は冷却部1によって冷却される。従って、冷却部1と熱電素子群2とを温度設定部として把握して、当該温度設定部によって温調プレート3の平面3cが所定の温度に設定されると把握することができる。

【0049】

温度センサ7は温度調整プレート3の温度を測定する。温度センサ7によって測定され

50

た温度に基づき、図示されない制御装置によって熱電素子群 2 に与えられる電圧が制御される。これにより温度調整プレート 3 の、特に平面 3 c の温度を所定の温度に設定することができる。

【0050】

上述のように、流体 F 10 が半導体ウェハ W に与える力で半導体ウェハ W が支持される。これにより、平面 3 c と半導体ウェハ W との間に流体 F 10 が介在し、両者間の接触を回避しつつ両者の間の距離を小さくすることができる。よって半導体ウェハ W の温度調整効率を高め、温度調整に必要な時間を短縮できる。しかも、平面 3 c と半導体ウェハ W の下方側主面との間では流体が移動するので、温度調整に必要な時間を短縮できる効果が高められる。

10

【0051】

図 3 は本実施の形態の効果を示すグラフであり、半導体ウェハ W の初期温度を 150 とした場合の半導体ウェハ W の温度低下をシミュレーションした結果を示す。縦軸は半導体ウェハ W の温度を、横軸は半導体ウェハ W を平面 3 c の上方に載置した時点から 0 とする時間の経過を示す。

【0052】

但しシミュレーションにおいては、半導体ウェハ W としてシリコン基板を用い、その直径及び厚さをそれぞれ 200 mm 及び 0.8 mm とした。シミュレーション結果としては、半導体ウェハ W の温度の平均値を示している。また吹き出し口 3 a の直径は 0.2 mm として平面 3 c の中央に露出しており、空気を吹き出している。平面 3 c の設定温度は 23 である。平面 3 c と半導体ウェハ W との間のギャップを 50 μ m に設定した (グラフ L101)。

20

【0053】

なお、比較のために、半導体ウェハ W を、平面 3 c から突出する突起によって支持した場合についても併記した (グラフ L102)。但し、突起によって支持した場合、上述のように半導体ウェハ W の歪みによる平面 3 c との接触を回避するために、両者の間のギャップは 120 μ m に設定した。

【0054】

流体によって半導体ウェハ W を支持する場合 (グラフ L101) の方が、突起によって半導体ウェハ W を支持する場合 (グラフ L102) と比較して、冷却時間が顕著に短縮されていることが示されている。例えば 23.2 まで冷却されるのに必要な時間は、約 1.2 秒短縮されている。これは半導体ウェハ W と平面 3 c との間のギャップが小さいこと、あるいは更に流体が両者の間を流れることによる冷却の効果であると考えられる。

30

【0055】

図 3 では流体として気体たる空気を採用した場合を説明したが、流体として液体を採用してもよい。その場合の特有の効果については第 4 の実施の形態で後述する。

【0056】

第 2 の実施の形態。

半導体ウェハ W を平面 3 c の上方で安定して支持するためには、半導体ウェハ W に対して働く力に対するギャップの変化を小さくすることが望ましい。換言すれば、流体によるガスバネの剛性を高めることが望ましい。

40

【0057】

例えば半導体ウェハ W を平面 3 c の上方から降下させて流体によって支持させる場合、当該剛性が不足していれば、降下する半導体ウェハ W の慣性力を流体による浮上力が支持しきれない。このような剛性の不足は、半導体ウェハ W が平面 3 c に接触することを許してしまうことになる。つまり半導体ウェハ W と平面 3 c との間のギャップを として支持したい場合、両者の間の接触を回避するためには半導体ウェハ W の位置のアンダーシュートは よりも小さく抑える必要がある。

【0058】

そこで本実施の形態では当該剛性を高めるため、第 1 の実施の形態において、吹き出し

50

口 3 a の流体 F 1 0 に対する抵抗を高めることを提案する。但し図 1 においても、当該剛性を高めるために吹き出し口 3 a の近傍においてその径が流体流入口 3 1 0 の径よりも細くなることが図示されている。

【 0 0 5 9 】

剛性は流体の粘性率 μ を吹き出し口 3 a の抵抗 R で除した値 μ / R をパラメータとして変化する。また剛性はもちろん、半導体ウェハ W と平面 3 c との間のギャップの大きさにも依存する。ここで吹き出し口 3 a の抵抗 R の逆数 ($1 / R$) は、元圧と吹き出し口 3 a における流体 F 1 0 の圧力との差圧 P で流体 F 1 0 の流量 Q を除した値である。

【 0 0 6 0 】

第 1 の実施の形態において元圧を、流体流入口 3 1 0 側の圧力を例に採って説明していたが、吹き出し口 3 a よりも流体 F 1 0 の上流側の圧力であればよい。そしてパラメータ μ / R の値が小さいほど、吹き出し口 3 a の抵抗は大きいことになる。これにより、流体 F 1 0 を送出する元圧よりも吹き出し口 3 a における流体 F 1 0 の圧力はより小さくなる。

10

【 0 0 6 1 】

図 4 は半導体ウェハ W として直径 2 0 0 mm、厚さ 0 . 8 μ m のシリコンからなる半導体ウェハ W を流体 F 1 0 で支持する場合の、ギャップと剛性との関係を示すグラフである。グラフ L 2 0 1 , L 2 0 2 , L 2 0 3 , L 2 0 4 , L 2 0 5 , L 2 0 6 はそれぞれ、パラメータ μ / R が $5 . 0 \times 1 0^{-14}$, $1 . 0 \times 1 0^{-13}$, $2 . 0 \times 1 0^{-13}$, $5 . 0 \times 1 0^{-13}$, $1 . 0 \times 1 0^{-12}$, $2 . 0 \times 1 0^{-12}$ の場合を示している。

20

【 0 0 6 2 】

半導体ウェハ W を 1 0 mm / s で平面 3 c へ向けて下降させた場合、半導体ウェハ W の位置のアンダーシュート を 5 0 μ m 未満とするために要求される剛性は $2 . 3 \times 1 0^3$ N / m 以上となる。従来技術に対して顕著に有利なギャップは 1 0 0 μ m 程度と考えられるので、ギャップが 1 0 0 μ m 以下において $2 . 3 \times 1 0^3$ N / m 以上の剛性を得るためには、パラメータ μ / R が $1 . 0 \times 1 0^{-12}$ よりも小さいことが必要となる。

【 0 0 6 3 】

図 5 は半導体ウェハ W として直径 3 0 0 mm、厚さ 0 . 8 μ m のシリコンからなる半導体ウェハ W を流体 F 1 0 で支持する場合の、ギャップと剛性との関係を示すグラフである。グラフ L 3 0 1 , L 3 0 2 , L 3 0 3 , L 3 0 4 , L 3 0 5 , L 3 0 6 はそれぞれ、パラメータ μ / R が $5 . 0 \times 1 0^{-14}$, $1 . 0 \times 1 0^{-13}$, $2 . 0 \times 1 0^{-13}$, $5 . 0 \times 1 0^{-13}$, $1 . 0 \times 1 0^{-12}$, $2 . 0 \times 1 0^{-12}$ の場合を示している。

30

【 0 0 6 4 】

半導体ウェハ W を 1 0 mm / s で平面 3 c へ向けて下降させた場合、半導体ウェハ W の位置のアンダーシュート を 5 0 μ m 未満とするために要求される剛性は $5 . 0 \times 1 0^3$ N / m 以上となる。よってギャップが 1 0 0 μ m 程度以下においてかかる剛性を得るためには、パラメータ μ / R がやはり $1 . 0 \times 1 0^{-12}$ よりも小さくしなければならない。

【 0 0 6 5 】

以上のように、流体 F 1 0 を送出する元圧よりも吹き出し口 3 a における流体 F 1 0 の圧力を小さくし、流体 F 1 0 によるガスバネの剛性を高めることができる。特に、パラメータ μ / R を $1 . 0 \times 1 0^{-12}$ よりも小さくすることにより、半導体ウェハ W を 1 0 mm / s で平面 3 c へ向けて下降させる際でも、半導体ウェハ W の位置のアンダーシュートを 5 0 μ m 以下に抑えることができる。これは半導体ウェハ W と平面 3 c との間のギャップを 1 0 0 μ m 程度以下にして、半導体ウェハ W の温度調節を迅速に行う場合に好適である。

40

【 0 0 6 6 】

第 3 の実施の形態 .

本実施の形態では平面 3 c に平行な方向での半導体ウェハ W の安定性を、突起 4 4 , 4 5 を設けずに改善する技術を提案する。

【 0 0 6 7 】

50

図6は本発明の第3の実施の形態にかかるウェハ温度調整装置10Bの構成を、温度調整の対象となる半導体ウェハWと共に例示する、概念的な断面図である。ウェハ温度調整装置10Aに対し、吹き出し口3aを複数設けた点で異なっている。

【0068】

ここでは吹き出し口3aの二つが平面3cの中心に向けて流体F11, F12を供給しており、これらの流体はそれぞれ流体流入口311, 312から矢印の方向に向かって温調プレート3を貫通して導入されている。またウェハ温度調整装置10Aと同様に、平面3cの中央で流体F10を供給する吹き出し口3aも図示されているが、これは省略しても構わない。

【0069】

流体F11, F12は半導体ウェハWの位置が中央から外へと移動することを妨げる。従って、平面3cに平行な方向での半導体ウェハWの安定性を、非接触で改善することができる。

【0070】

このような複数の流体による半導体ウェハの浮揚自体は、特許文献4等により公知であるので、詳細は割愛する。但し、本実施の形態では温調プレート3において吹き出し口3aを設けているので、流体が支持する半導体ウェハWの温度調節を行うべく、平面3cと半導体ウェハWとの間のギャップを小さくする場合に特に好適となる。

【0071】

第4の実施の形態。

半導体ウェハWを支持する流体として、気体のみならず液体を採用することができる。時に液体は、その熱伝導率が気体よりも高いため、温調プレート3による半導体ウェハWの温度調整をより迅速にできる。あるいは両者間のギャップを広げても温度調整を迅速にできる。

【0072】

図7は流体として水を採用した場合の、差圧とギャップとの関係をシミュレーションした結果を示すグラフである。但しシミュレーションにおいては、半導体ウェハWとしてシリコン基板を用い、その直径及び厚さをそれぞれ200mm及び0.8mmとした。また吹き出し口3aの直径は0.4mmとして平面3cに4個設けた場合についてシミュレーションした。

【0073】

第1の実施の形態において示したシミュレーションの条件と比較して、吹き出し口3aの直径を二倍にし、また個数を4倍にしたので、差圧に対するギャップも大きくなっている。しかしながら水の熱伝導率(0.61W/mK)は空気のそれ(0.026W/mK)と比較して約23倍程度大きい。従って、流体として空気を採用した場合と比較して、ギャップを大きくしても、半導体ウェハWの温度調整を迅速に行うことができる。

【0074】

図8は本実施の形態の効果を示すグラフであり、半導体ウェハWの初期温度を150とした場合の半導体ウェハWの温度低下をシミュレーションした結果を示す。縦軸及び横軸は図3と同様に採用した。

【0075】

シミュレーションの条件は図7について示したとおりであり、平面3cの設定温度は23に設定した。また平面3cと半導体ウェハWとの間のギャップを400μmに設定した(グラフL401)。

【0076】

なお、比較のために、半導体ウェハWを、平面3cから突出する突起によって支持した場合についても併記した(グラフL402)。但し、この場合の条件は、図3に示されたグラフL102と同一であり、従って半導体ウェハWと平面3cとの間のギャップは120μmに設定し、かつ両者の間は空気が存在している。

【0077】

10

20

30

40

50

水によって半導体ウェハWを支持する場合（グラフL401）の方が、突起によって半導体ウェハWを支持する場合（グラフL402）と比較して、冷却時間が顕著に短縮されていることが示されている。例えば23.2まで冷却されるのに必要な時間は、約14秒短縮されている。これは半導体ウェハWと平面3cとの間のギャップが3倍以上大きくても、熱伝導率が高い液体を流体として採用することで温度調整効率を高められたためと考えられる。

【0078】

流体としては水の外、半導体ウェハWに対して悪影響を与えない液体が望ましい。例えば半導体ウェハWを腐食させず、また半導体の導電性に影響を与えないことが望まれる。具体例としては、パーフルオロトリペンチラミン、パーフルオロポリエーテル、パーフルオロポリエステル等のフルオロ化合物から少なくとも一つを選択して採用することが望ましい。

10

【0079】

第5の実施の形態。

図9は本発明の第5の実施の形態にかかるウェハ温度調整装置10Cの構成を、温度調整の対象となる半導体ウェハWと共に例示する、概念的な断面図である。ウェハ温度調整装置10Aと比較して吹き出し口3aが複数設けられている。また平面3c上に突起41, 42, 43が追加して設けられている。更にリフトピン53が追加して設けられている。

【0080】

液体は流体流入口310から吹き出し口3aによって平面3cへと導入され、半導体ウェハWと平面3cとの間に介在する。突起41, 42, 43は半導体ウェハWを平面3cの上方で支持する。

20

【0081】

液体は流体流入口310から吹き出し口3aによって平面3cへと導入され、半導体ウェハWと平面3cとの間に介在する。換言すれば、吹き出し口3aによって平面3cは所定量の液体を、流出入はあるものの、確保されることになる。半導体ウェハWと平面3cとの間は液体で充満されることが望ましい。

【0082】

リフトピン53は冷却部1及び温調プレート3を貫通して上下可能である。リフトピン53が上方に移動することによって半導体ウェハWを突起41, 42, 43から離して上方に挙げる。リフトピン53が下方に移動することによって半導体ウェハWを下降させ、突起41, 42, 43に載せる。

30

【0083】

第6の実施の形態。

第4の実施の形態で説明したように、液体が介在することにより、半導体ウェハWと平面3cとの間のギャップが大きくても両者間の熱伝導は良好となる。よって必ずしも、液体が半導体ウェハWに与える力で半導体ウェハWを支持せず、本実施の形態のように突起41, 42, 43で支持しても、半導体ウェハWの温度調整効率を高めることができる。

【0084】

図10は本発明の第6の実施の形態にかかるウェハ温度調整装置10Dの構成を、温度調整の対象となる半導体ウェハWと共に例示する、概念的な断面図である。ウェハ温度調整装置10Cと比較して吹き出し口3aが削除されている一方、平面3cの周辺には環状の突起46が設けられている。

40

【0085】

突起46は環状であるので平面3cにおいて所定量の液体を確保することができる。しかも突起41, 42, 43によって半導体ウェハWを支持できるので、液体を平面3cへと吹き出す必要もない。このように単に平面3cにおいて所定量の液体を溜めるだけでも、その上の半導体ウェハWの温度調整効率を高めることができる。

【0086】

50

特に突起 4 6 は環状であるので、半導体ウェハ W が平面 3 c に平行な方向に移動することの防止もできる。

【 0 0 8 7 】

第 4 乃至第 6 の実施の形態に記載された技術は、液体を介して平面 3 c に半導体ウェハ W を載置する、と把握することもできる。

【 0 0 8 8 】

また第 5 の実施の形態及び第 6 の実施の形態において、液体として表面張力の大きいもの、例えば水を採用した場合、突起 4 1 , 4 2 , 4 3 を省略することもできる。半導体ウェハ W が当該液面の表面張力により、その上に浮かぶからである。

【 0 0 8 9 】

第 7 の実施の形態 .

図 1 1 は本発明の第 7 の実施の形態にかかるウェハ温度調整装置 1 0 E の構成を、温度調整の対象となる半導体ウェハ W と共に例示する、概念的な断面図である。ウェハ温度調整装置 1 0 E は、ウェハ温度調整装置 1 0 A と同様に冷却部 1、熱電素子群 2、温調プレート 3 を備えている。

【 0 0 9 0 】

熱電素子群 2 はここでは 3 個の熱電素子 2 1 , 2 2 , 2 3 で構成されている場合が例示されている。熱電素子 2 1 は配線対 2 4 によって図示されない電源に接続されており、その冷却部 1 側の面を放熱面とし、温調プレート 3 側の面を吸熱面として機能する。熱電素子 2 2 , 2 3 についても同様に、配線対 (図示を省略) を介して電源が接続され、それら

10

20

【 0 0 9 1 】

温調プレート 3 の平面 3 c には、ここから突出する少なくとも一つの突起、ここでは 3 個の突起 4 1 , 4 2 , 4 3 を有している。これらの突起 4 1 , 4 2 , 4 3 は、平面 3 c から僅かに隙間を設けて半導体ウェハ W を下方から支持する。

【 0 0 9 2 】

温調プレート 3 は吹き出し口 3 a に加え、平面 3 c において上記流体を排出する少なくとも一つの吸い込み口 3 b を有する。ここでは吹き出し口 3 a、吸い込み口 3 b のいずれもが複数設けられる場合が例示されている。吹き出し口 3 a は流体流入口 3 1 から導入された流体を平面 3 c において供給する。吸い込み口 3 b は当該流体を平面 3 c において排

30

【 0 0 9 3 】

但し、本実施の形態では突起 4 1 , 4 2 , 4 3 が半導体ウェハ W を下方から支持するため、吹き出し口 3 a の近傍で、その径を細める必要はない。

【 0 0 9 4 】

図 1 2 はウェハ温度調整装置 1 0 E の構成を、ウェハリフト機構 5 と共に例示する概念的な斜視図である。ウェハリフト機構 5 はリフトピン 5 1 , 5 2 , 5 3 とこれらを支持する台座 5 0 とを有しており、ウェハ温度調整装置 1 0 に対してほぼ垂直な方向、即ちほぼ鉛直方向に沿って上下する。ウェハ温度調整装置 1 0 には熱電素子 2 1 , 2 2 , 2 3 を避けて貫通孔 6 1 , 6 2 , 6 3 が設けられており、それぞれリフトピン 5 1 , 5 2 , 5 3 が

40

【 0 0 9 5 】

図 1 3 は貫通孔 6 3 の近傍を概念的に例示する断面図である。貫通孔 6 3 は冷却部 1 に設けられた貫通孔 6 3 1 及び温調プレート 3 に設けられた貫通孔 6 3 2 を有している。リフトピン 5 3 は、その先端が平面 3 c よりも下方に下がることが可能であり、この場合には突起 4 1 , 4 2 , 4 3 によって半導体ウェハ W が支持される。リフトピン 5 3 は、その先端が突起 4 1 , 4 2 , 4 3 よりも上方に上がることが可能であり、この場合にはリフトピン 5 1 , 5 2 , 5 3 によって半導体ウェハ W が持ち上げられる (鎖線参照) 。

【 0 0 9 6 】

まずリフトピン 5 1 , 5 2 , 5 3 を、それらの先端が突起 4 1 , 4 2 , 4 3 よりも上方

50

に上げられた状態において半導体ウェハWをウェハ温度調整装置10の上方、即ち平面3cの上方に、より詳細には突起41, 42, 43上に載置する。

【0097】

突起41, 42, 43で半導体ウェハWを支持しつつ、吹き出し口3aから流体を吹き出し、吸い込み口3bから流体を吸い込む。これにより平面3cと半導体ウェハWの下方側主面との間で流体が移動する。従って平面3cと半導体ウェハWとの隙間において流体の温度が上昇する等の、冷却効率を下げる事態を回避できる。つまり半導体ウェハWの冷却効率を高め、冷却に必要な時間を短縮できる。

【0098】

しかも吸い込み口3bから流体を排出することによって、ウェハWの上面に触れることもなく、吹き出し口3aから供給された流体によってウェハが過剰に浮上することを防止できる。特に半導体処理工程において、半導体ウェハWの上面、即ち平面3cと反対側の半導体ウェハWの表面にはリソグラフィ処理が為されていることに鑑みれば、当該上面に触れないことは好適である。

10

【0099】

上記の説明では半導体ウェハWを冷却する場合を例示した。しかし半導体ウェハWを加熱する場合にも、突起41, 42, 43で半導体ウェハWを支持しつつ、吹き出し口3aから流体を吹き出し、吸い込み口3bから流体を吸い込むことにより、加熱効率を下げる事態を回避できる。つまり半導体ウェハWの加熱効率を高め、加熱に必要な時間を短縮できる。

20

【0100】

以上のように、本実施の形態においても、温度調整の対象となるウェハと、所定の温度に設定された平面との間に隙間を設けつつも、両者間の熱伝導を向上させる冷却や加熱などの温度調整効率を高め、温度調整に必要な時間を短縮することができる。

【0101】

図14は平面3cにおける吹き出し口3a、吸い込み口3bの配置を例示する平面図である。貫通孔61, 62, 63と突起41, 42, 43はほぼ等角度に配置されているが、かかる配置は例示であって、限定的ではない。

【0102】

温調プレート3内には連通管33及びこれを介して相互に連通する連通管331~336が設けられており、連通管331~336は部分的に平面3cにおいて開口して吹き出し口3aを形成している。温調プレート3内には連通管34及びこれを介して相互に連通する連通管341~346が設けられており、連通管341~346は部分的に平面3cにおいて開口して吸い込み口3bを形成している。

30

【0103】

連通管331~336と連通管341~346とは連通しておらず、相互にほぼ噛み合ったインターデジタルな配置を呈している。

【0104】

流体流入口31は流入口31a, 31b, 1cを有しており、これらのそれぞれから連通管33へ流体が流入する。流体流入口31は流入口31a, 31b, 31cを有しており、これらのそれぞれから連通管33へ流体が流入する。流体流出口32は流出口32a, 32b, 32cを有しており、これらのそれぞれへと連通管34から流体が流出する。

40

【0105】

上記流体としては気体、例えば空気を採用してもよいし、第4の実施の形態で紹介されたように液体を採用してもよい。

【0106】

図15は本実施の形態の効果を示すグラフであり、半導体ウェハWの初期温度を種々変えた場合の半導体ウェハWの温度低下をシミュレーションした結果を示す。縦軸は半導体ウェハWの温度を、横軸は半導体ウェハWを平面3cの上方に載置した時点から0とする時間の経過を示す。

50

【0107】

但しシミュレーションにおいては、半導体ウェハWの直径を200mmとし、その初期温度が130、150、170の三つの場合について行った。吹き出し口3a、吸い込み口3bは相互に対となるように、平面3cにそれぞれ1対1の割合で設け、それらが1cmの等間隔でほぼ市松模様状に配置された場合を想定している。このように吹き出し口3a、吸い込み口3bを相互に対とすることで、温度分布を均一にしやすくなる。シミュレーション結果としては、半導体ウェハWの温度の平均値を示している。平面3cの設定温度は23である。流体として空気を採用し、吹き出し口3aから空気を0.01MPaの差圧で吹き出し、吸い込み口3bから空気を0.03MPaの差圧(平面3cにおける流体F2の圧力と、吸い込み口3bとは反対側で流体F2に印加された流体流出口32側の圧力との圧力差)で吸い込んだ場合が例示されている。半導体ウェハWとして厚さ800 μ mのシリコンを想定し、これと平面3cとの間の隙間を80 μ mに設定した。

10

【0108】

なお、比較のために、空気の流入を行わない場合も併記した。グラフL1、L2、L3は空気の流入がある場合を、グラフL4、L5、L6は空気の流入がない場合を、それぞれ示している。またグラフL1、L4は半導体ウェハWの初期温度が130の場合を、グラフL2、L5は半導体ウェハWの初期温度が150の場合を、グラフL3、L6は半導体ウェハWの初期温度が170の場合を、それぞれ示している。いずれの場合も空気の流入を行うことの効果は、冷却時間の短縮として顕著に現れている。

【0109】

例えば23.2まで冷却されるのに必要な時間は、初期温度が130の場合には約6秒短縮され、初期温度が150の場合には約4秒短縮され、初期温度が170の場合には約3.5秒短縮されている。

20

【0110】

図16も本実施の形態の効果を示すグラフであり、半導体ウェハWの初期温度を150とした場合の半導体ウェハWの温度低下をシミュレーションした結果を示す。吹き出し口3aから空気を0.03MPaで吹き出し、吸い込み口3bから0.03MPaで吸い込んだ場合であり、それ以外の条件は図5のシミュレーションと同一である。23.2に達するのに要する時間は15秒となっており、図15のグラフL2に示した場合よりも更に0.5秒程度、冷却に必要な時間が短縮されていることがわかる。

30

【0111】

第8の実施の形態。

第7の実施の形態に示されたように、吹き出し口3aのみならず、吸い込み口3bをも設けた場合には、突起41、42、43を設けることなく、半導体ウェハWを平面3cの上方に支持することも可能である。

【0112】

図17は本発明の第8の実施の形態にかかるウェハ温度調整装置10Bの構成を、温度調整の対象となる半導体ウェハWと共に例示する、概念的な断面図である。ウェハ温度調整装置10Aに対し、その先端に吸い込み口3bを有する流体流出口32を設け、その周囲に吹き出し口3aを複数設けた点で異なっている。

40

【0113】

但し、第7の実施の形態とは異なり、第1乃至第6の実施の形態と同様に、吹き出し口3aの径は、流体流入口310の径よりも細くなる事が望ましい。

【0114】

吸い込み口3bを設けることにより、吹き出し口3aでの差圧を大きくしても、半導体ウェハWの浮上量を抑えることができる。よって浮上量を小さくしつつも半導体ウェハWを流体で支持する際の剛性を高めることができる。

【0115】

図18は、図4と同様に半導体ウェハWとして直径200mm、厚さ0.8 μ mのシリコンからなる半導体ウェハWを流体たる空気で支持する場合の、ギャップと剛性との関係

50

を示すグラフである。但しグラフ L 4 0 1 , L 4 0 2 はそれぞれ吸い込み口 3 b が無い場合と一つ設けた場合を示しており、いずれも直径 0 . 2 mm の吹き出し口 3 a を 3 個設けた場合を示している。吸い込み口 3 b の直径を 0 . 5 mm とした。

【 0 1 1 6 】

同じ浮上量を得る場合、吸い込み口 3 b から流体を吸い込むことにより、吹き出し口 3 a からの吹き出す流体の差圧を大きくすることができるので、これらのグラフから判るように、剛性が高められる。

【 0 1 1 7 】

例えば半導体ウェハ W を 6 0 μ m で平面 3 c から浮上させる場合、グラフ L 4 0 1 で示される場合には、吹き出し口 3 a での差圧を 1 5 0 P a とする必要があった。一方、グラフ L 4 0 2 で示される場合には、吸い込み口 3 b での差圧を 2 0 0 P a として流体 F 2 を吸い込むことにより、吹き出し口 3 a での差圧を 3 0 0 P a まで高めることができた。この場合、図 1 8 から、剛性はほぼ $1 . 3 \times 1 0 ^ 4 \text{ N / m}$ から $2 . 5 \times 1 0 ^ 4 \text{ N / m}$ へと、ほぼ倍増することができる。

【 0 1 1 8 】

なお、上記各実施の形態において、流体として気体を採用する場合、更に冷却に必要な時間を短縮するには、ヘリウム、ネオンから少なくとも一つのガスを選択して採用することが望ましい。これらの気体は空気と比較して、その熱伝導性が良好だからである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 1 9 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態にかかる構成を例示する概念的な断面図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 4 】 本発明の第 2 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 5 】 本発明の第 2 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 6 】 本発明の第 3 の実施の形態にかかる構成を例示する概念的な断面図である。

【 図 7 】 本発明の第 4 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 8 】 本発明の第 4 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 9 】 本発明の第 5 の実施の形態にかかる構成を例示する概念的な断面図である。

【 図 1 0 】 本発明の第 6 の実施の形態にかかる構成を例示する概念的な断面図である。

【 図 1 1 】 本発明の第 7 の実施の形態にかかる構成を例示する概念的な断面図である。

【 図 1 2 】 本発明の第 7 の実施の形態にかかる構成を例示する概念的な斜視図である。

【 図 1 3 】 貫通孔の近傍を概念的に例示する断面図である。

【 図 1 4 】 吹き出し口、吸い込み口の配置を例示する平面図である。

【 図 1 5 】 本発明の第 7 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 1 6 】 本発明の第 7 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 図 1 7 】 本発明の第 8 の実施の形態にかかる構成を例示する概念的な断面図である。

【 図 1 8 】 本発明の第 8 の実施の形態の効果を示すグラフである。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 0 】

1 冷却部

2 熱電素子群

3 a 吹き出し口

3 b 吸い込み口

3 c 平面

1 0 A , 1 0 B , 1 0 C , 1 0 D , 1 0 E ウェハ温度調整装置

2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 熱電素子

4 1 , 4 2 , 4 3 突起

W 半導体ウェハ

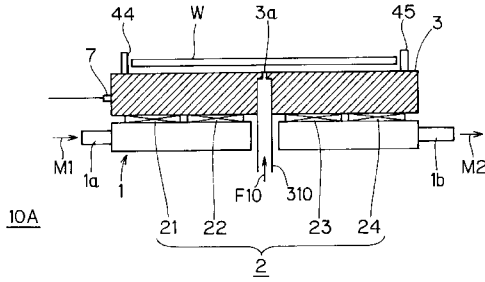
10

20

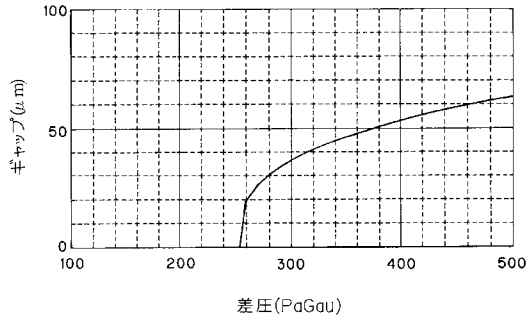
30

40

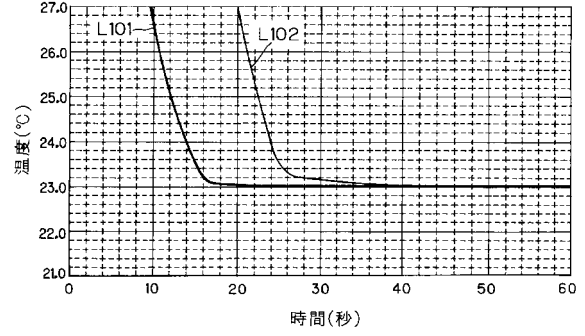
【 図 1 】



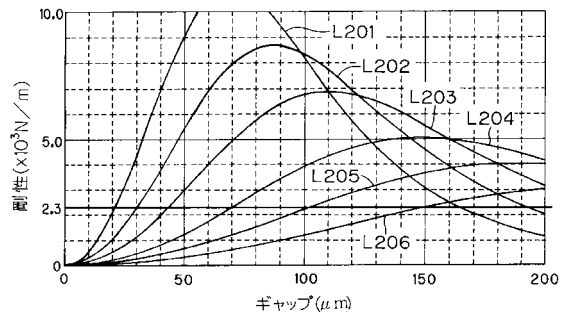
【 図 2 】



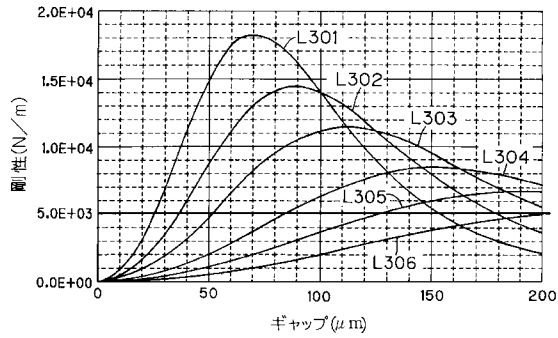
【 図 3 】



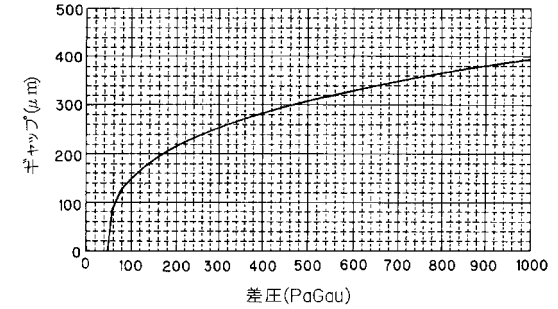
【 図 4 】



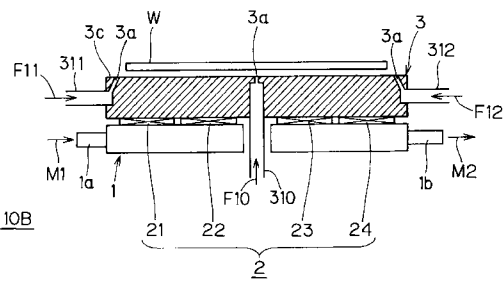
【 図 5 】



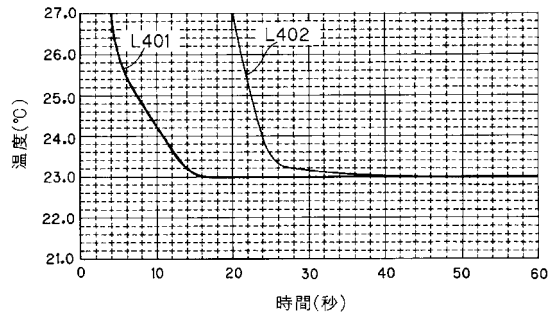
【 図 7 】



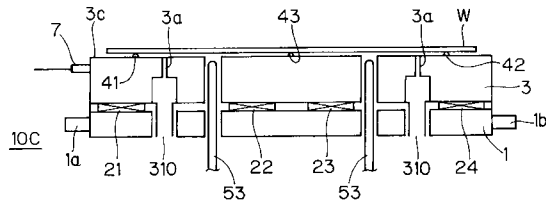
【 図 6 】



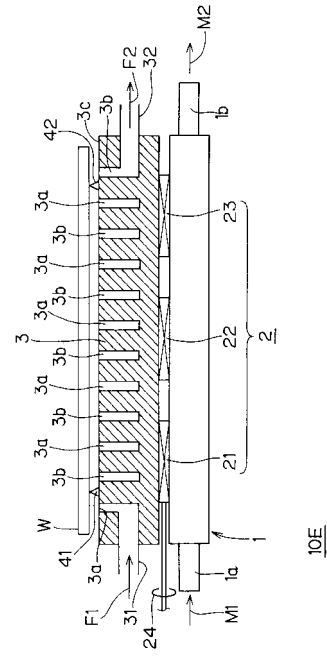
【 図 8 】



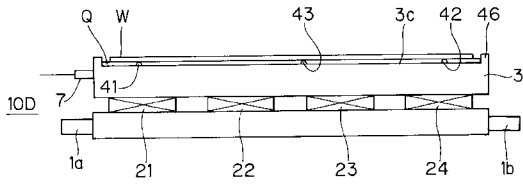
【 図 9 】



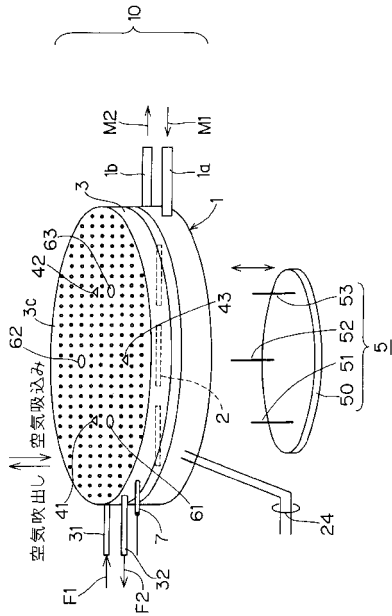
【 図 1 1 】



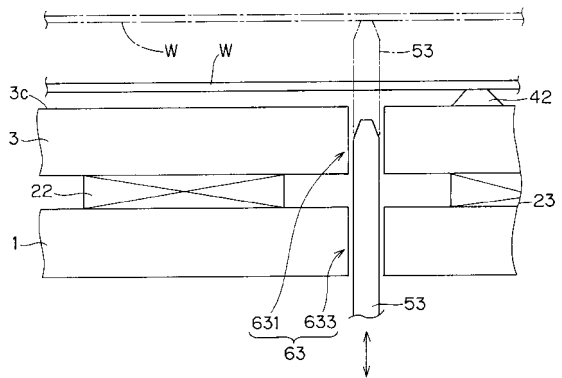
【 図 1 0 】



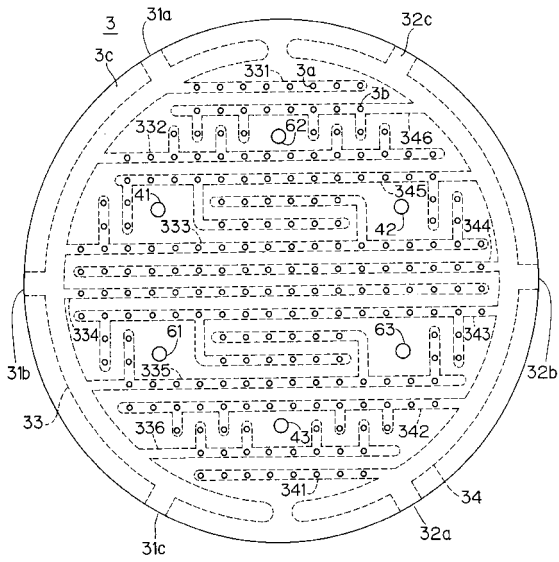
【 図 1 2 】



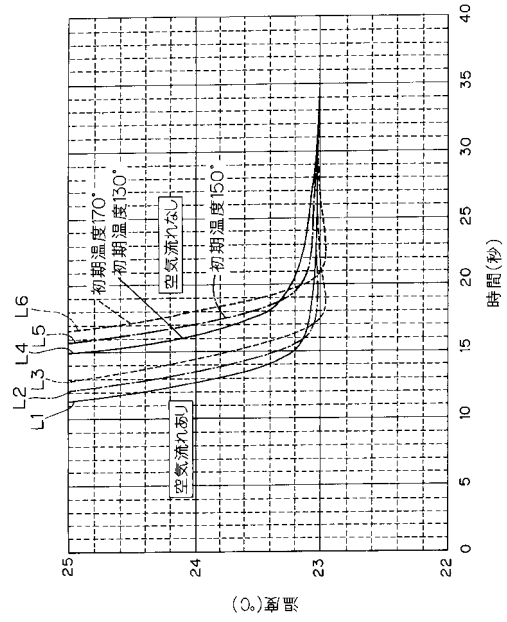
【 図 1 3 】



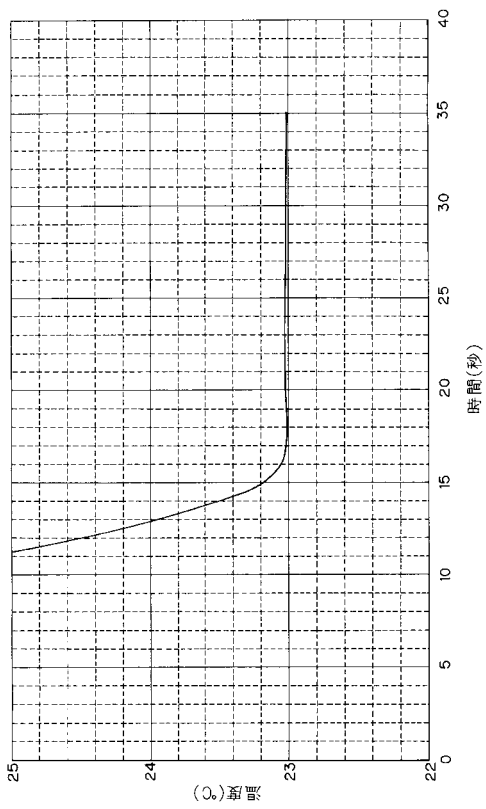
【 図 1 4 】



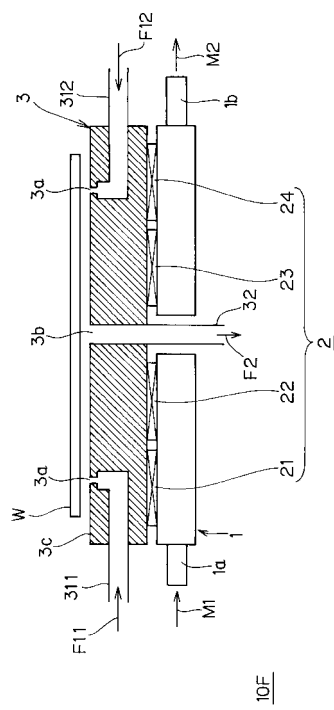
【 図 1 5 】



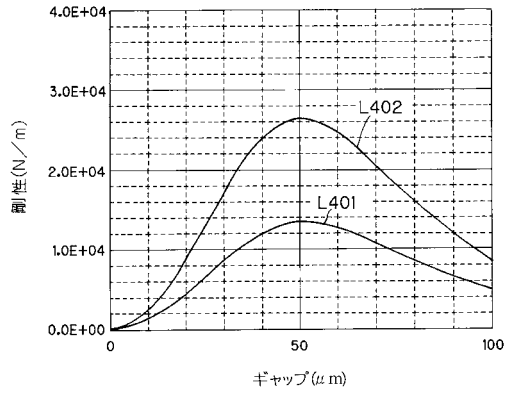
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 18 】



フロントページの続き

- (72)発明者 寺木 潤一
滋賀県草津市岡本町字大谷 1 0 0 0 番地の 2 株式会社ダイキン空調技術研究所内
- (72)発明者 田中 三博
滋賀県草津市岡本町字大谷 1 0 0 0 番地の 2 株式会社ダイキン空調技術研究所内

審査官 渡戸 正義

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

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7