

(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
2012 年 2 月 16 日(16.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/020652 A1

- (51) 国際特許分類:
H05B 6/10 (2006.01) H01L 21/324 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01) H05B 6/44 (2006.01)
H01L 21/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/067346
- (22) 国際出願日: 2011 年 7 月 28 日(28.07.2011)
- (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 2010-178725 2010 年 8 月 9 日(09.08.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三井造船株式会社(MITSUI ENGINEERING & SHIP-BUILDING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1048439 東京都中央区築地 5 丁目 6 番 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 内田 直喜(UCHIDA, Naoki) [JP/JP]; 〒7068651 岡山県玉野市玉 3 丁目 1 番 1 号 三井造船玉野事業所 Okayama (JP). 岡崎 良弘(OKAZAKI, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒7068651 岡山県玉野市玉 3 丁目 1 番 1

号 三井造船玉野事業所 Okayama (JP). 尾崎一博(OZAKI, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒7068651 岡山県玉野市玉 3 丁目 1 番 1 号 三井造船玉野事業所 Okayama (JP).

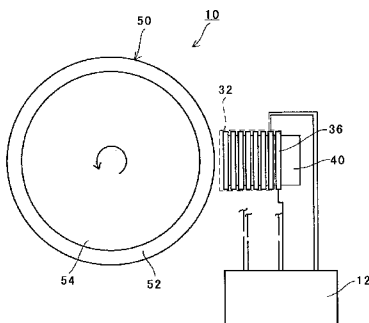
- (74) 代理人: 村上 友一(MURAKAMI, Tomokazu); 〒1710022 東京都豊島区南池袋 2 丁目 2 7 番 1 7 号 C O I 南池袋ビル 9 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, 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.
- (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, LR, 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

[続葉有]

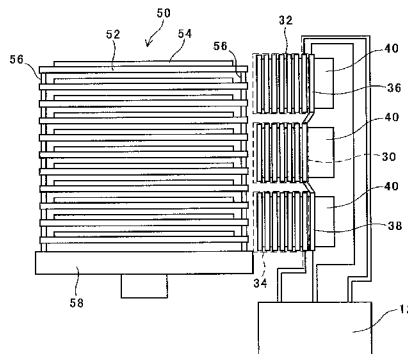
(54) Title: INDUCTION HEATING APPARATUS AND INDUCTION HEATING METHOD

(54) 発明の名称: 誘導加熱装置および誘導加熱方法

[図1-1]



[図1-2]



(57) Abstract: [Objective] To provide a semiconductor-substrate heating apparatus, wherein, even when horizontal magnetic fluxes are given to susceptors, and a plurality of induction heating coils are arranged in the vertical direction, influence of mutual induction between the induction heating coils can be inhibited, and a favorable heating control can be enabled. [Solution] Provided is a heating apparatus (10) that indirectly heats wafers (54) placed on susceptors (52) arranged in horizontal orientation, and that comprises: induction heating coils arranged at the outer circumference side of the susceptors (52), and that form AC magnetic fluxes in a direction parallel to the faces of the susceptors (52) upon which the wafers (54) are to be placed. The heating apparatus (10) is characterized in that the induction heating coils are composed of at least one main heating coil (30) and subordinate heating coils (32, 34) that couple electromagnetically with the main heating coil (30), and the main heating coil (30) is provided with inverse coupling coils (36, 38) that inversely couples electromagnetically with the subordinate heating coils (32, 34). The heating apparatus (10) is also characterized in being provided with a zone controlling means (22) for synchronizing the frequency and current waveform of the currents to be fed to the main heating coil (30) and the subordinate heating coils (32, 34), which are arranged to be adjacent to each other, and controlling the ratio of the powers to be fed thereto, individually.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/020652 A1



(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, 添付公開書類:

GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】サセプタに対して水平磁束を与えつつ誘導加熱コイルを垂直方向に複数配置した場合であっても、誘導加熱コイル間における相互誘導の影響を抑制し、良好な加熱制御を可能とすることのできる半導体基板熱処理装置を提供する。 【解決手段】水平配置されたサセプタ（５２）上に載置されたウエハ（５４）を間接加熱する熱処理装置（１０）であって、サセプタ（５２）の外周側に配置され、サセプタ（５２）におけるウエハ（５４）の載置面と平行な方向に交流磁束を形成する誘導加熱コイルを有し、前記誘導加熱コイルは、少なくとも１つの主加熱コイル（３０）と、主加熱コイル（３０）に電磁的に結合する従属加熱コイル（３２，３４）とから成り、主加熱コイル（３０）には、従属加熱コイル（３２，３４）に対して電磁的に逆結合する逆結合コイル（３６，３８）が備えられ、隣接して配置される主加熱コイル（３０）と従属加熱コイル（３２，３４）に投入する電流の周波数、電流波形を同期させつつ電力割合を個別に制御するゾーンコントロール手段（２２）を設けたことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：誘導加熱装置および誘導加熱方法

技術分野

[0001] 本発明は、誘導加熱装置、および方法に係り、特に大径のウエハ等の基板を処理する場合に、被加熱物の温度制御を行う際に好適な半導体基板熱処理用の装置および方法に関する。

背景技術

[0002] 誘導加熱を利用して半導体ウエハ等の基板を熱処理する装置としては、特許文献 1 や特許文献 2 に開示されているようなものが知られている。特許文献 1 に開示されている熱処理装置は図 5 に示すように、バッチ型の熱処理装置であり、多段積みされたウエハ 2 を石英のプロセスチューブ 3 に入れ、このプロセスチューブ 3 の外周にグラファイト等の導電性部材で形成した加熱塔 4 を配置し、その外周にソレノイド状の誘導加熱コイル 5 を配置するというものである。このような構成の熱処理装置 1 によれば、誘導加熱コイル 5 によって生じた磁束の影響により加熱塔 4 が加熱され、加熱塔 4 からの輻射熱によりプロセスチューブ 3 内に配置されたウエハ 2 が加熱される。

[0003] また、特許文献 2 に開示されている熱処理装置は図 6 に示すように、枚葉型の熱処理装置であり、同心円状に多分割されたサセプタ 7 をグラファイト等で形成し、このサセプタ 7 の上面側にウエハ 8 を載置、下面側に複数の円環状の誘導加熱コイル 9 を同心円上に配置しこれら複数の誘導加熱コイル 9 に対する個別電力制御を可能としたものである。このような構成の熱処理装置 6 によれば、各誘導加熱コイル 9 による加熱範囲に位置するサセプタ 7 と、他の誘導加熱コイル 9 により加熱されるサセプタ 7 との間の熱伝達が抑制されるため、誘導加熱コイル 9 に対する電力制御によるウエハ 8 の温度分布制御性が向上する。

[0004] また、特許文献 2 においては、ウエハ 8 を載置するサセプタ 7 を分割する事で発熱分布を良好に制御する旨記載されているが、特許文献 3 には、サセ

プタの断面形状を工夫することで、発熱分布を改善することが開示されている。特許文献3に開示されている熱処理装置は、円環状に形成される誘導加熱コイルの径が小さい内側において発熱量が小さくなる事に注目し、サセプタにおける内側部分の厚みを厚くすることで、外側部分よりも内側部分の方が誘導加熱コイルからの距離が近くなるようにし、発熱量の増大と熱容量の増大を図ったものである。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2004-71596号公報

特許文献2：特開2009-87703号公報

特許文献3：特開2006-100067号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、上記のような構成の熱処理装置ではいずれも、グラファイトに対して磁束が垂直に作用することとなる。このため、被加熱物としてのウエハ表面に金属膜等を形成していた場合にはウエハが直接加熱されてしまう場合があり、温度分布制御が乱れることが生じ得る。

[0007] これに対し、グラファイト（サセプタ）に対して水平方向の磁束を与えることで加熱を促すようにした場合、多数のサセプタを積層配置して加熱することが困難となる。これを解消するために誘導加熱コイルを複数、積層方向（垂直方向）に近接配置した場合には、誘導加熱コイル間における相互誘導の影響により、加熱制御が不安定になるといった問題が生ずる。

[0008] そこで本発明では、上記問題点を解消し、サセプタに対して水平磁束を与えつつ誘導加熱コイルを垂直方向に複数配置した場合であっても、誘導加熱コイル間における相互誘導の影響を抑制し、良好な加熱制御を可能とすることのできる誘導加熱装置、および方法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

- [0009] 上記目的を達成するための本発明に係る誘導加熱装置は、水平配置され、かつ垂直方向に複数積層配置されたサセプタの外周側に配置され、前記サセプタにおける被加熱物載置面と巻回を中心軸を平行とし、前記サセプタの配置方向に沿って隣接して段積みされた複数の誘導加熱コイルと、隣接配置された前記誘導加熱コイルが互いに減極性となるように電流を投入するインバータと、隣接配置される前記複数の誘導加熱コイルに投入する電力割合を個別に制御するゾーンコントロール手段と、を有することを特徴とする。
- [0010] また、上記のような特徴を有する誘導加熱装置において、前記誘導加熱コイルは、少なくとも1つの主加熱コイルと、前記主加熱コイルに電磁的に結合する従属加熱コイルとから成り、前記主加熱コイルには、前記従属加熱コイルとの間に生ずる相互インダクタンスと逆極性の相互インダクタンスを生じさせる逆結合コイルを接続すると良い。
- [0011] このような構成とすることにより、逆結合コイルの作用により、主加熱コイルと従属加熱コイルとの間に生ずる相互誘導起電力を相殺または一部相殺することができる。
- [0012] また、上記のような特徴を有する誘導加熱装置では、前記主加熱コイルと前記従属加熱コイルを巻回させるコアを有し、前記逆結合コイルは、前記コアに巻回される前記従属加熱コイルに対して、加極性の関係を持つように配置すると良い。
- [0013] このような構成とすることにより、主加熱コイルと従属加熱コイルに投入する電流の周波数を一致させ、電流波形を同期させることで、逆結合コイルは、従属加熱コイルと主加熱コイルとの間に生ずる相互インダクタンスに対し、逆極性の相互インダクタンスを生じさせることとなる。よって、主加熱コイルと従属加熱コイルとの間で生ずる相互誘導起電力を相殺または一部相殺することができる。
- [0014] また、上記目的を達成するための誘導加熱方法は、水平配置され、かつ垂直方向に複数積層配置されたサセプタに配置された被加熱物を誘導加熱する方法であって、前記サセプタにおける被加熱物載置面に対して水平な磁束を

生じさせる複数の誘導加熱コイルを前記サセプタの積層方向に沿って隣接して段積みした上で、隣接する前記誘導加熱コイルが互いに減極性となるように電流を投入し、前記誘導加熱コイルに投入する電力割合を個別に制御することを特徴とする。

[0015] また、上記のような特徴を有する誘導加熱方法では、隣接する前記誘導加熱コイル間に生ずる相互インダクタンスと逆極性の相互インダクタンスを生じさせ、前記誘導加熱コイル間に生ずる相互インダクタンスを相殺、または一部相殺することが望ましい。

このような方法を採用することにより、主加熱コイルと従属加熱コイルとの間に生ずる相互誘導起電力を相殺または一部相殺することができる。

[0016] さらに、上記のような特徴を有する誘導加熱方法において、前記逆極性の相互インダクタンスは、前記誘導加熱コイルを巻回させるコアと同一の前記コアに対して巻回形成される逆結合コイルにより生じさせることが望ましい。

このような方法を採用することにより、逆結合コイルをコンパクトに配置することができる。

発明の効果

[0017] 上記のような特徴を有する誘導加熱装置、および方法によれば、サセプタに対して水平磁束を与えつつ誘導加熱コイルを垂直方向に複数配置した場合であっても、誘導加熱コイル間における相互誘導の影響を抑制することができ、良好な加熱制御を可能とする。

図面の簡単な説明

[0018] [図1-1]第1の実施形態に係る熱処理装置の平面構成を示すブロック図である。

[図1-2]第1の実施形態に係る熱処理装置の側面構成を示すブロック図である。

[図2]第1の実施形態に係る熱処理装置における電源部の構成を説明するためのブロック図である。

[図3]段積みした誘導加熱コイル間における磁束の打ち消しの様子を説明するためのブロック図である。

[図4-1]第2の実施形態に係る熱処理装置の平面構成を示すブロック図である。

[図4-2]第2の実施形態に係る熱処理装置に用いられるコアの平面構成を示すブロック図である。

[図5]従来のバッチ式誘導加熱装置の構成を示す図である。

[図6]従来の枚葉式誘導加熱装置の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の誘導加熱装置、および誘導加熱方法に係る実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。まず、図1-1、図1-2、および図2を参照して、第1の実施形態に係る誘導加熱装置（以下、単に熱処理装置と称す）の概要構成について説明する。なお、図1-1は熱処理装置の平面構成を示すブロック図であり、図1-2は熱処理装置の側面構成を示すブロック図である。また、図2は、電源部の構成を説明するための図である。

[0020] 本実施形態に係る熱処理装置10は、被加熱物としてのウエハ54と発熱体としてのサセプタ52を多段に重ねて熱処理を行うバッチ式のものとする。

熱処理装置10は、ウエハ54と水平配置されたサセプタ52を垂直方向に多段に積層配置したポート50と、サセプタ52を加熱する誘導加熱コイル（詳細を後述する主加熱コイル30、従属加熱コイル32、34、逆結合コイル36、38）、および誘導加熱コイルに電力を供給する電源部12とを基本として構成される。

[0021] サセプタ52は、導電性部材で構成されれば良く、例えばグラファイト、SiC、SiCコートグラファイト、および耐熱金属等により構成すれば良い。本実施形態におけるサセプタ52は、平面形状を円形としている。

[0022] ポート50を構成するサセプタ52は、それぞれ支持部材56を介して積層配置される。なお、支持部材56は電磁誘導による加熱の影響を受けない

石英などで構成すると良い。

[0023] また、本実施形態におけるボート50は、図示しないモータを備えた回転テーブル58に載置されており、熱処理工程中のサセプタ52及びウエハ54を回転させることができる。このような構成とすることにより、サセプタ52を加熱する際の発熱分布の偏りを抑制することができる。また、詳細を後述するように、加熱源である誘導加熱コイルの配置形態をサセプタ52の中心から偏らせた場合であっても、サセプタ52を均一加熱することが可能となる。

[0024] 実施形態に係る誘導加熱コイルは、1つの主加熱コイル30と、主加熱コイル30に対して電磁的に結合するように隣接配置された2つの従属加熱コイル32、34から成り、それぞれ、サセプタ52の外周側における円周上に配置されている。主加熱コイル30と従属加熱コイル32、34はそれぞれ、サセプタ52の積層方向と同一方向に隣接して段積みされている。また、実施形態に係る主加熱コイル30には、2つの従属加熱コイル32、34に対して電磁的に逆結合する逆結合コイル36、38が備えられる。ここで、電磁的結合とは、例えば、主加熱コイル30に供給する電流の変化に基づいて、従属加熱コイル32、34に、主加熱コイル30によって生ずる磁束を打ち消す方向の誘導起電力を生じさせるような、相互誘導関係にある状態、すなわち相互インダクタンスを生じさせる状態をいう。また、電磁的に逆結合とは、主加熱コイル30を一次巻線（一次コイル）、従属加熱コイル32、34をそれぞれ二次巻線（二次コイル）として見た場合に、主加熱コイル30と従属加熱コイル32、34間との間に生ずる相互インダクタンスと逆極性の相互インダクタンスを生じさせる結合状態をいう。

[0025] 各誘導加熱コイル（主加熱コイル30、および従属加熱コイル32、34）は、ボート50の外周側に配置されたコア40に銅線を巻回されて構成される。コア40は、フェライト系セラミックなどにより構成すると良く、粘土状の原料を形状形成した上で焼成して成るようにすれば良い。このような部材によりコア40を構成すれば、形状形成を自由に行うことが可能となる。

からである。また、コア40を用いることにより、誘導加熱コイル単体の場合に比べて磁束の拡散を防止することができ、磁束を集中させた高効率な誘導加熱を実現することができる。

[0026] 本実施形態では、主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34のコア40に対する巻回方向は同一としている。また、逆結合コイル36, 38は、従属加熱コイル32, 34を先端側（サセプタ52配置側）に配置したコア40の後端側に、巻回方向を従属加熱コイル32, 34と逆にした状態で配置される。このような構成とすることにより、主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34に供給する電流の向きを一致させることで、主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34との間に生ずる相互インダクタンスと、逆結合コイル36, 38と従属加熱コイル32, 34との間に生ずる相互インダクタンスとが逆極性となり、相互誘導電力の影響を互いに打ち消しあうこととなる。このため、互いに隣接配置された主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34との間で生ずる相互誘導の影響が小さくなり、個別の電力制御性を向上させることができる。なお、従属加熱コイル32, 34と、逆結合コイル36, 38との巻回割合は、7:1程度とすることが望ましい。なおこの場合、主加熱コイル30の巻回数は、従属加熱コイル32, 34の巻回数と合わせるようにすると良い。

[0027] 例えば図2に示す形態の場合において、従属加熱コイル32に投入される電流を I_1 、電流の電圧を V_1 とし、主加熱コイル30に投入される電流を I_2 、電流の電圧を V_2 とし、従属加熱コイル34に投入される電流を I_3 、電流の電圧を V_3 としたとき、逆結合コイル36と従属加熱コイル32との間に生ずる相互インダクタンス $+M_{12}$ ($+M_{21}$)と従属加熱コイル32と主加熱コイル30との間に生ずる相互インダクタンス $-M_{12}$ ($-M_{21}$)とが等しく、逆結合コイル38と従属加熱コイル34との間に生ずる相互インダクタンス $+M_{23}$ ($+M_{32}$)と、従属加熱コイル34と主加熱コイル30との間に生ずる相互インダクタンス $-M_{23}$ ($+M_{32}$)とが等しい場合には、数式1～3が成り立つこととなる。

[0028] [数1]

$$V_1 = I_1(j\omega L_1) + I_2(j\omega(-M_{21})) + I_2(j\omega(+M_{21}))$$

．．．（数式 1）

[0029] [数2]

$$V_2 = I_2(j\omega L_2) + I_1(j\omega(-M_{12})) + I_1(j\omega(+M_{12})) + I_3(j\omega(-M_{32})) + I_3(j\omega(+M_{32}))$$

．．．（数式 2）

[0030] [数3]

$$V_3 = I_3(j\omega L_3) + I_2(j\omega(-M_{23})) + I_2(j\omega(+M_{23}))$$

．．．（数式 3）

[0031] ここで、 L_1 は従属加熱コイル 3 2 の自己インダクタンスであり、 L_2 は主加熱コイル 3 0 の自己インダクタンスであり、 L_3 は従属加熱コイル 3 4 の自己インダクタンスである。

[0032] 相互インダクタンス M は、

[0033] [数4]

$$M = k\sqrt{L_1 \times L_2}$$

．．．（数式 4）

[0034] と示すことができる（ L_1 、 L_2 は、一次巻線、二次巻線における自己インダクタンス）。なお、自己インダクタンス L は、数式 5 で求めることができる。

[0035] [数5]

$$L = N \frac{d\phi}{dI}$$

．．．（数式 5）

[0036] ここで、 N はコイルの巻回数、 ϕ は磁束（wb）を示し、 I は電流値を示す。上述したように、主加熱コイル 3 0 と逆結合コイル 3 6、3 8 とでは、コイルの巻回数が異なる。このため、単位電流（ dI ）あたりの磁束（ $d\phi$ ）

）が等しい場合であっても、自己インダクタンス L の値は異なることとなる。よって、逆結合コイル36, 38と、従属加熱コイル32, 34との間に生ずる相互インダクタンス M を同一（極性は逆）とするためには、結合係数 k を調整する必要がある。結合係数 k は、コイル間の距離や配置形態により変化させることができる。よって、主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34間における相互インダクタンス $-M$ に基づいて、逆極性の相互インダクタンス $+M$ を得るための結合係数 k を算出する。逆結合コイル36, 38は、算出された結合係数 k を得るために、配置形態やコイル間距離を調整された上で配置される。

[0037] このような関係が満たされることにより、主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34との間における相互誘導による相互インダクタンスを含む項は相殺されることとなり、隣接配置される誘導加熱コイル間における相互誘導の影響を回避することができる。

[0038] 主加熱コイル30や従属加熱コイル32, 34を巻回させるコア40はその中心軸が、サセプタ52におけるウエハ54の載置面と平行（載置状態におけるウエハ54の中心軸とコア40の中心軸とが直行する方向）となるように配置される。磁極面となるコア40の先端面は、サセプタ52に対向することとなる。このような構成から、主加熱コイル30や従属加熱コイル32, 34が巻回された磁極面からは、サセプタ52のウエハ54載置面に平行な方向に交流磁束が生ずることとなる。

[0039] ここで上述したように、主加熱コイル30を一次巻線、従属加熱コイル32, 34を二次巻線とみた場合、両者には投入される電流の向きが同一となるように、詳細を後述するインバータ14a～14cが接続されている。このため、垂直方向に段積みされた主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34は互いに減極性となる。

[0040] このような配置関係とされる主加熱コイル30と従属加熱コイル32, 34とは図3に示すように、サセプタ52の載置面に対して垂直方向に交わるように放射される磁束の向きが、互いに逆向きとなり相殺される。このため

、サセプタ 5 2 に載置するウエハ 5 4 の表面に金属膜等が形成されていた場合であっても、垂直方向の磁束の影響によりウエハ 5 4 が直接加熱される虞が無く、ウエハ 5 4 の温度分布がばらつく虞が無い。

[0041] また、主加熱コイル 3 0 や従属加熱コイル 3 2, 3 4、および逆結合コイル 3 6, 3 8 は、内部を中空とした管状部材（例えば銅管）とすることが望ましい。熱処理中に銅管内部に冷却部材（例えば冷却水）を挿通させることにより、主加熱コイル 3 0 や従属加熱コイル 3 2, 3 4、および逆結合コイル 3 6, 3 8 自体の加熱を抑制することが可能となるからである。

[0042] 上述したように、主加熱コイル 3 0 と従属加熱コイル 3 2, 3 4 はそれぞれ、ウエハ 5 4 を載置したサセプタ 5 2 を垂直方向に積層させたボート 5 0 に沿って垂直方向に、隣接させて配置されている。このような構成とすることにより、より多くのサセプタ 5 2、およびウエハ 5 4 を一度に加熱することが可能となり、ウエハ 5 4 の熱処理を効率的に行うことが可能となる。また、積層配置した誘導加熱コイルに対する電力制御をそれぞれ個別に行うようにすれば、ボート 5 0 内に積層配置された複数のサセプタ 5 2 における垂直方向の温度分布を制御することができ、サセプタ 5 2 間の温度ばらつきを抑制することも可能となる。

[0043] 上記のように構成される主加熱コイル 3 0、および従属加熱コイル 3 2, 3 4 は、単一の電源部 1 2 に接続される。電源部 1 2 には、インバータ 1 4 a ~ 1 4 c と、チョッパ 1 6 a ~ 1 6 c、コンバータ 1 8、三相交流電源 2 0、およびゾーンコントロール手段 2 2 が設けられ、各誘導加熱コイル（主加熱コイル 3 0、および従属加熱コイル 3 2, 3 4）に供給する電流や電圧、および周波数等を調整することができるよう構成されている。図 2 に示す実施形態の場合、インバータ 1 4 a ~ 1 4 c として直列共振型のものを採用している。このため、周波数切替を簡易に行うための構成として、共振コンデンサ 2 6 を並列に接続し、共振周波数に合わせて、スイッチ 2 8 により、容量の増減を図るようにすると良い。

[0044] また、実施形態に係る熱処理装置 1 0 は、各誘導加熱コイル（主加熱コイ

ル 30、および従属加熱コイル 32) と各インバータ 14 a ~ 14 c との間に、トランス 24 を配置している。

[0045] ゾーンコントロール手段 22 は、隣接配置された主加熱コイル 30 と従属加熱コイル 32, 34 間に生ずる相互誘導の影響を回避しつつ、主加熱コイル 30 と各従属加熱コイル 32, 34 に対する電力制御を行う役割を担う。

[0046] 積層して隣接配置された主加熱コイル 30 と従属加熱コイル 32, 34 とは、各々が個別に稼動されるため、主加熱コイル 30 と従属加熱コイル 32、または主加熱コイル 30 と従属加熱コイル 34 において相互誘導が生じ、個別の電力制御に悪影響を与える事がある。このためゾーンコントロール手段 22 は、検出された電流の周波数や波形（電流波形）に基づいて、隣接配置された主加熱コイル 30 や従属加熱コイル 32, 34 に投入する電流の周波数を一致させ、かつ電流波形の位相を同期（位相差を 0 または位相差を 0 に近似させる事）、あるいは所定の位相差を保つように制御することで、隣接配置した主加熱コイル 30 と従属加熱コイル 32, 34 間における相互誘導の影響を回避した電力制御（ゾーンコントロール制御）を可能としている。

[0047] このような制御は例えば、各誘導加熱コイル（主加熱コイル 30 および従属加熱コイル 32, 34）に投入されている電流値や電流の周波数、および電圧値等を検出し、これをゾーンコントロール手段 22 に入力する。ゾーンコントロール手段 22 では、主加熱コイル 30 に投入されている電流波形と、従属加熱コイル 32, 34 に投入されている電流波形との位相を検出し、これを同期、あるいは所定の位相差を保つように制御するため、インバータ 14 b、あるいはインバータ 14 c に対して従属加熱コイル 32、あるいは従属加熱コイル 34 に投入する電流の周波数を瞬時的に変化させる信号を出力することで成される。

[0048] また、電力制御に関しては、電源部 12 に設けられた図示しない記憶手段（メモリ）に記憶された制御マップ（垂直温度分布制御マップ）に基づいて、熱処理開始からの経過時間単位に変化させる信号をインバータ 14 a ~ 1

4 c や、チョッパ 1 6 a ~ 1 6 c に出力したり、図示しない温度計測手段からフィードバックされるサセプタ 5 2 の温度に基づいて、所望する垂直温度分布を得るための電力制御を行うようにすれば良い。なお、制御マップは、熱処理開始から熱処理終了に至るまでの積層配置されたサセプタ 5 2 間の温度変化を補正し、任意の温度分布（例えば均一な温度分布）を得るために主加熱コイル 3 0 および従属加熱コイル 3 2, 3 4 に与える電力値を、熱処理開始からの経過時間と共に記録したものであれば良い。

[0049] このようにして電源部 1 2 では、ゾーンコントロール手段 2 2 からの信号に基づいて従属加熱コイル 3 2, 3 4 に投入する電流の周波数を瞬時的に調整し、電流波形の位相制御を実施すると共に、各誘導加熱コイル間における電力制御を実施することで、ボート 5 0 内における垂直方向の温度分布を制御することができる。

[0050] また、実施形態に係る熱処理装置 1 0 では、従属加熱コイル 3 2, 3 4 に対して磁氣的に逆結合する逆結合コイル 3 6, 3 8 を設けたことにより、主加熱コイル 3 0 と従属加熱コイル 3 2, 3 4 間における相互誘導の影響を、あらかじめ抑制することができる。このため、ゾーンコントロール手段 2 2 により回避する相互誘導の影響が小さくなり、主加熱コイル 3 0、および従属加熱コイル 3 2, 3 4 に対する電力制御の制御性を向上させることができる。

[0051] また、上記のような構成の熱処理装置 1 0 によれば、ウエハ 5 4 の表面に金属膜等の導電性部材が形成されていた場合であっても、当該金属膜が発熱し、ウエハ 5 4 の温度分布が乱れるといった虞が無い。

[0052] 次に、本発明の熱処理装置に係る第 2 の実施形態について、図 4 を参照して説明する。本実施形態に係る熱処理装置の殆どの構成は、上述した第 1 の実施形態に係る熱処理装置と同様である。よって、その構成を第 1 の実施形態に係る熱処理装置と同一とする箇所には、図面に 1 0 0 を足した符号を付して、その詳細な説明は省略することとする。

[0053] 図 4 - 1 は、第 2 の実施形態に係る熱処理装置 1 1 0 における平面構成を

示すブロック図であり、図４－２は、本実施形態に係る熱処理装置１１０に用いられるコアの平面構成を示すブロック図である。なお、同図においては、電源部の記載を省略しているが、上記実施形態と同様な構成を持った電源部が接続されているものとする。

[0054] 本実施形態に係る熱処理装置１１０は、第１の実施形態に係る従属加熱コイル３２、主加熱コイル３０、および従属加熱コイル３４に相当する誘導加熱コイルをそれぞれ複数設けるようにした点を特徴としている（図４－１においては、従属加熱コイル１３２ａ，１３２ｂのみを表示している：以下、説明を簡単化するために、単に誘導加熱コイル１３２ａ，１３２ｂと称す）。

[0055] サセプタ１５２の円周方向に沿った方向に、複数の誘導加熱コイル１３２ａ，１３２ｂを配置することにより、水平方向の加熱可能範囲が増え、ウエハ１５４の面内における温度分布を安定させることが可能となる。

[0056] また、実施形態に係る熱処理装置１１０では、複数（図４－１に示す形態では２つ）の誘導加熱コイル１３２ａ，１３２ｂを巻回させるコア１４０を単一とし、ヨーク１４１から突出させた磁極１４１ａ，１４１ｂに、それぞれ誘導加熱コイル１３２ａ，１３２ｂを巻回させる構成としている。また、本実施形態に係る熱処理装置１１０では、サセプタ１５２の円周方向（水平方向）に配置した誘導加熱コイル１３２ａ，１３２ｂは、電源部（実際には電源部におけるインバータ）に対して並列に接続する構成としている。このような構成とすることにより、並列に配置した誘導加熱コイル１３２ａと誘導加熱コイル１３２ｂの間においては、相互誘導の影響を考慮する必要がなくなるからである。

[0057] また、各誘導加熱コイル１３２ａ，１３２ｂは、コア１４０の磁極１４１ａ，１４１ｂに対する巻回方向両者により発生する磁束が加極性となるようにする。このような構成とした場合には、発生磁束が破線ａ～ｃで示すような軌跡で生ずることとなり、１つの誘導加熱コイルによって生ずる磁束よりも、サセプタ１５２の中心側を加熱することが可能となる。

[0058] なお、2つの誘導加熱コイル132a, 132bは、図示しない切替スイッチにより、単一稼動と相互稼動の選択可能としても良い。このような構成とした場合、稼動させる誘導加熱コイルの組み合わせによりサセプタ152の加熱範囲が変化するため、ウエハ154面内における温度分布制御を行うことが可能となる。

符号の説明

[0059] 10……………半導体基板熱処理装置（熱処理装置）、12……………電源部、14a～14c……………インバータ、16a～16c……………チョッパ、18……………コンバータ、20……………三相交流電源、22……………ゾーンコントロール手段、24……………トランス、26……………共振コンデンサ、28……………スイッチ、30……………主加熱コイル、32, 34……………従属加熱コイル、36, 38……………逆結合コイル、40……………コア、50……………ボート、52……………サセプタ、54……………ウエハ、56……………支持部材、58……………回転テーブル。

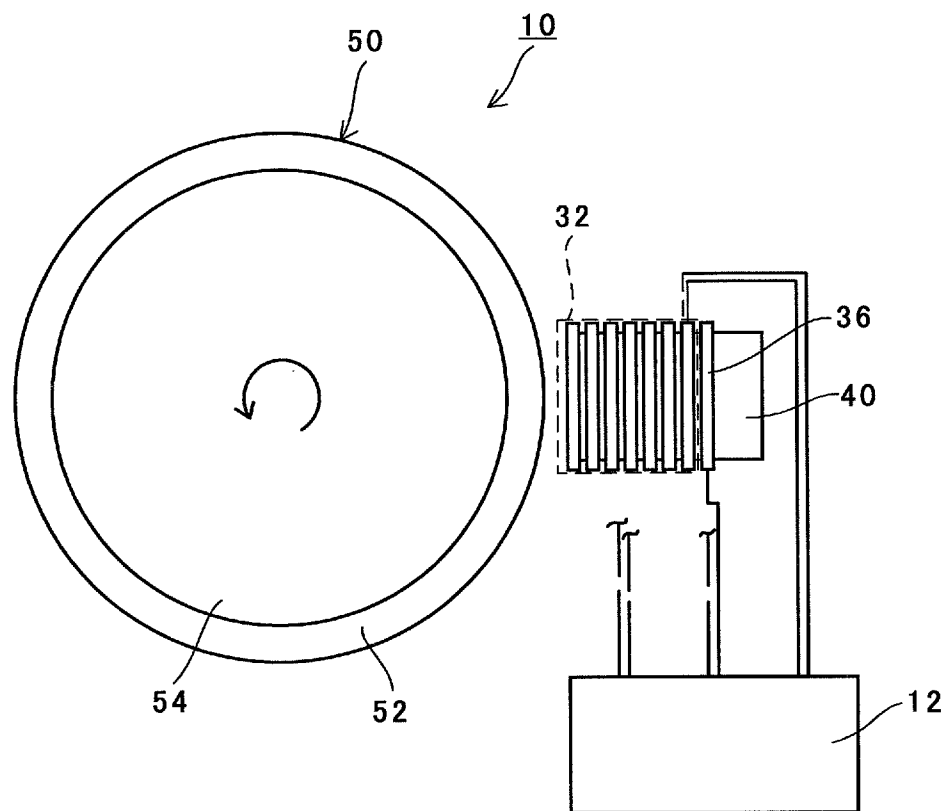
請求の範囲

- [請求項1] 水平配置され、かつ垂直方向に複数積層配置されたサセプタの外周側に配置され、前記サセプタにおける被加熱物載置面と巻回の中心軸を平行とし、前記サセプタの配置方向に沿って隣接して段積みされた複数の誘導加熱コイルと、
- 隣接配置された前記誘導加熱コイルが互いに減極性となるように電流を投入するインバータと、
- 隣接配置される前記複数の誘導加熱コイルに投入する電力割合を個別に制御するゾーンコントロール手段と、を有することを特徴とする誘導加熱装置。
- [請求項2] 前記誘導加熱コイルは、少なくとも1つの主加熱コイルと、前記主加熱コイルに電磁的に結合する従属加熱コイルとから成り、前記主加熱コイルには、前記従属加熱コイルとの間に生ずる相互インダクタンスと逆極性の相互インダクタンスを生じさせる逆結合コイルを接続したことを特徴とする請求項1に記載の誘導加熱装置。
- [請求項3] 前記主加熱コイルと前記従属加熱コイルを巻回させるコアを有し、
- 前記逆結合コイルは、前記コアに巻回される前記従属加熱コイルに対して、加極性の関係を持つように配置されることを特徴とする請求項2に記載の誘導加熱装置。
- [請求項4] 水平配置され、かつ垂直方向に複数積層配置されたサセプタに配置された被加熱物を誘導加熱する方法であって、
- 前記サセプタにおける被加熱物載置面に対して水平な磁束を生じさせる複数の誘導加熱コイルを前記サセプタの積層方向に沿って隣接して段積みした上で、隣接する前記誘導加熱コイルが互いに減極性となるように電流を投入し、
- 前記誘導加熱コイルに投入する電力割合を個別に制御することを特徴とする誘導加熱方法。
- [請求項5] 隣接する前記誘導加熱コイル間に生ずる相互インダクタンスと逆極

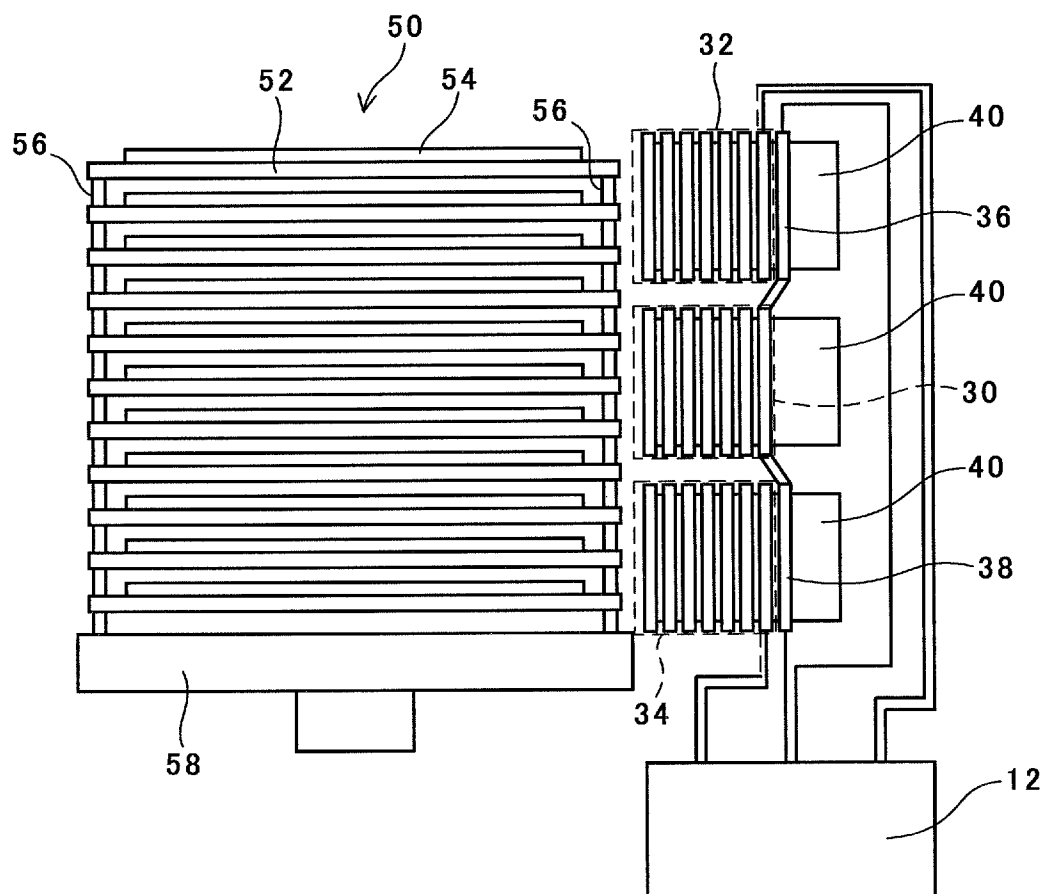
性の相互インダクタンスを生じさせ、前記誘導加熱コイル間に生ずる相互インダクタンスを相殺、または一部相殺することを特徴とする請求項 4 に記載の誘導加熱方法。

[請求項6] 前記逆極性の相互インダクタンスは、前記誘導加熱コイルを巻回させるコアと同一の前記コアに対して巻回形成される逆結合コイルにより生じさせることを特徴とする請求項 5 に記載の誘導加熱方法。

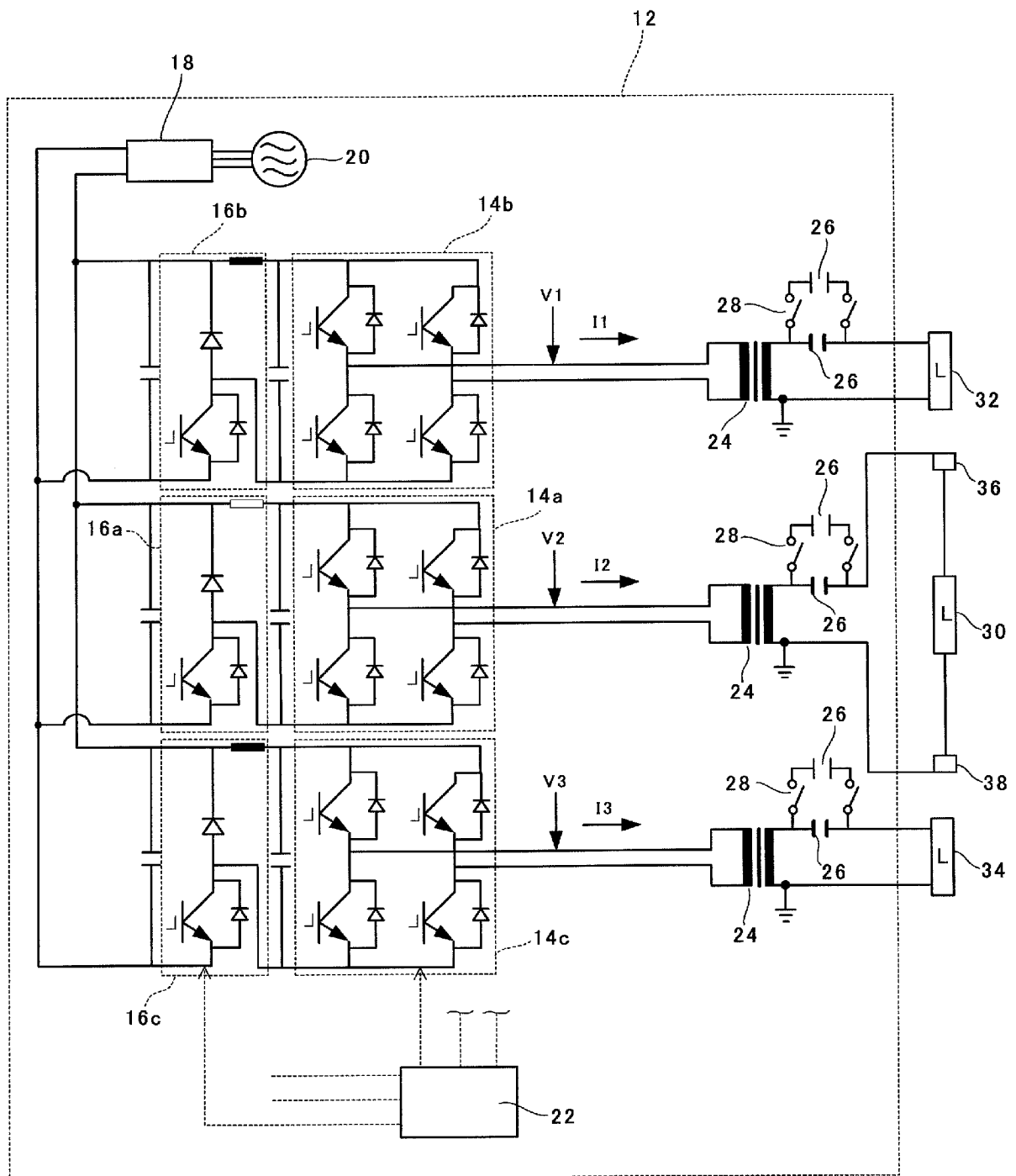
[図1-1]



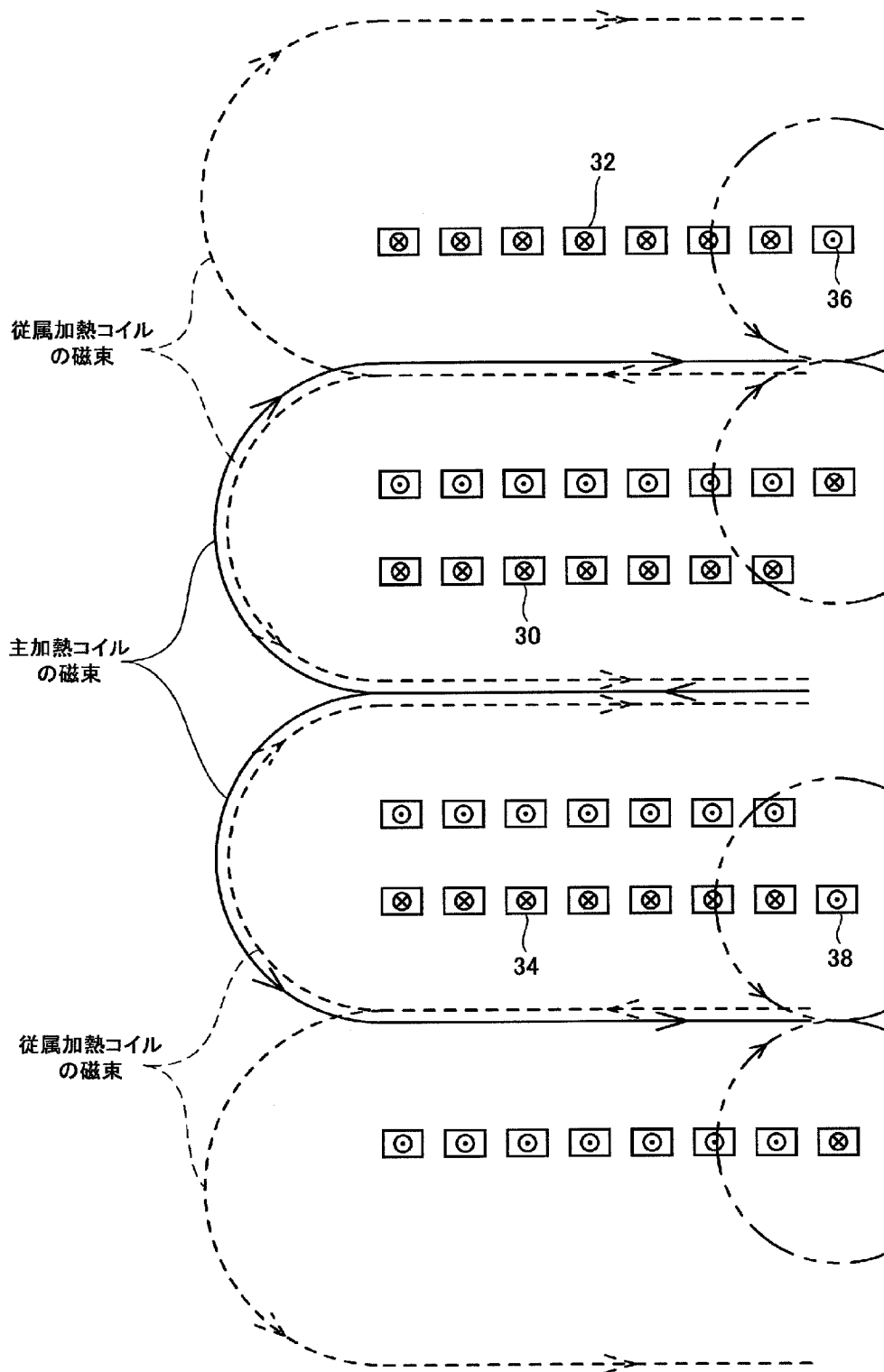
[図1-2]



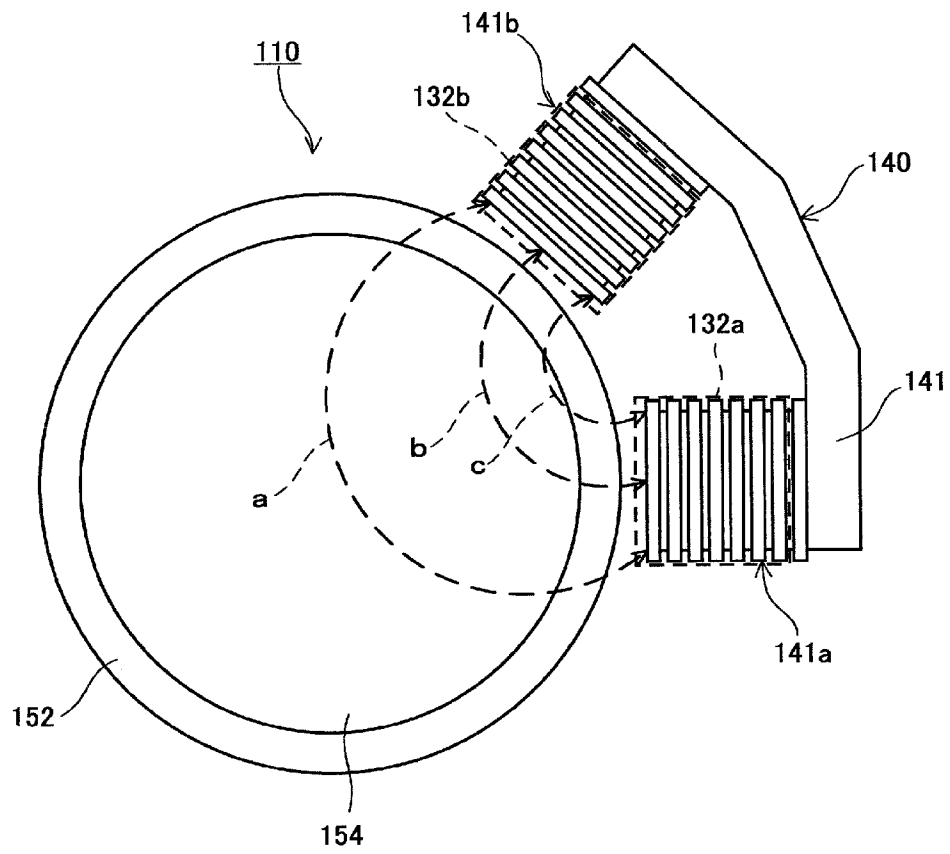
[図2]



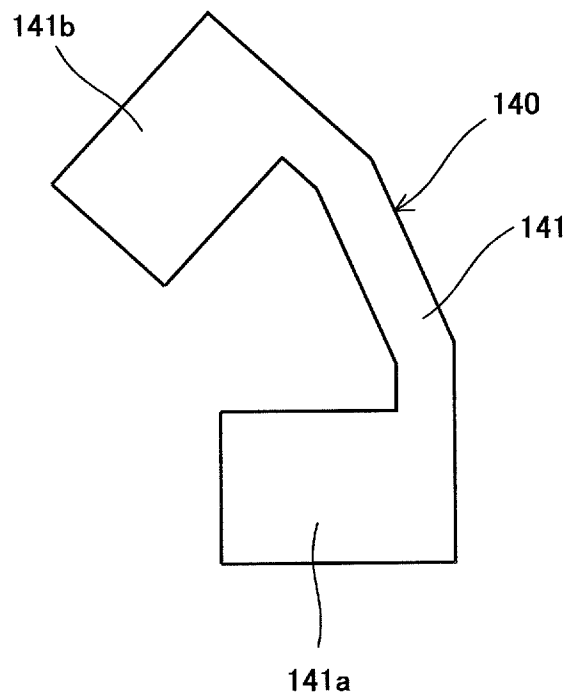
[図3]



[図4-1]

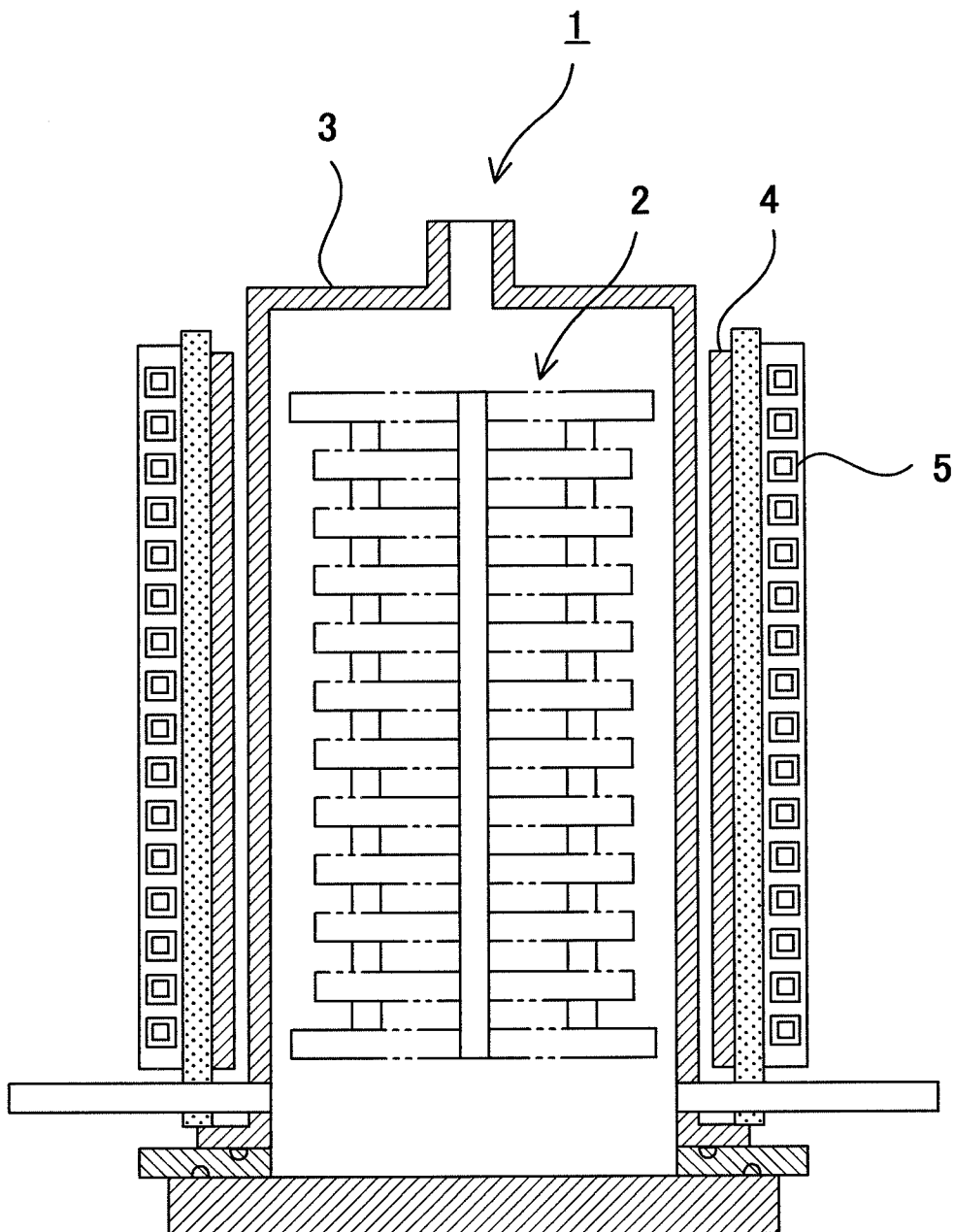


[図4-2]



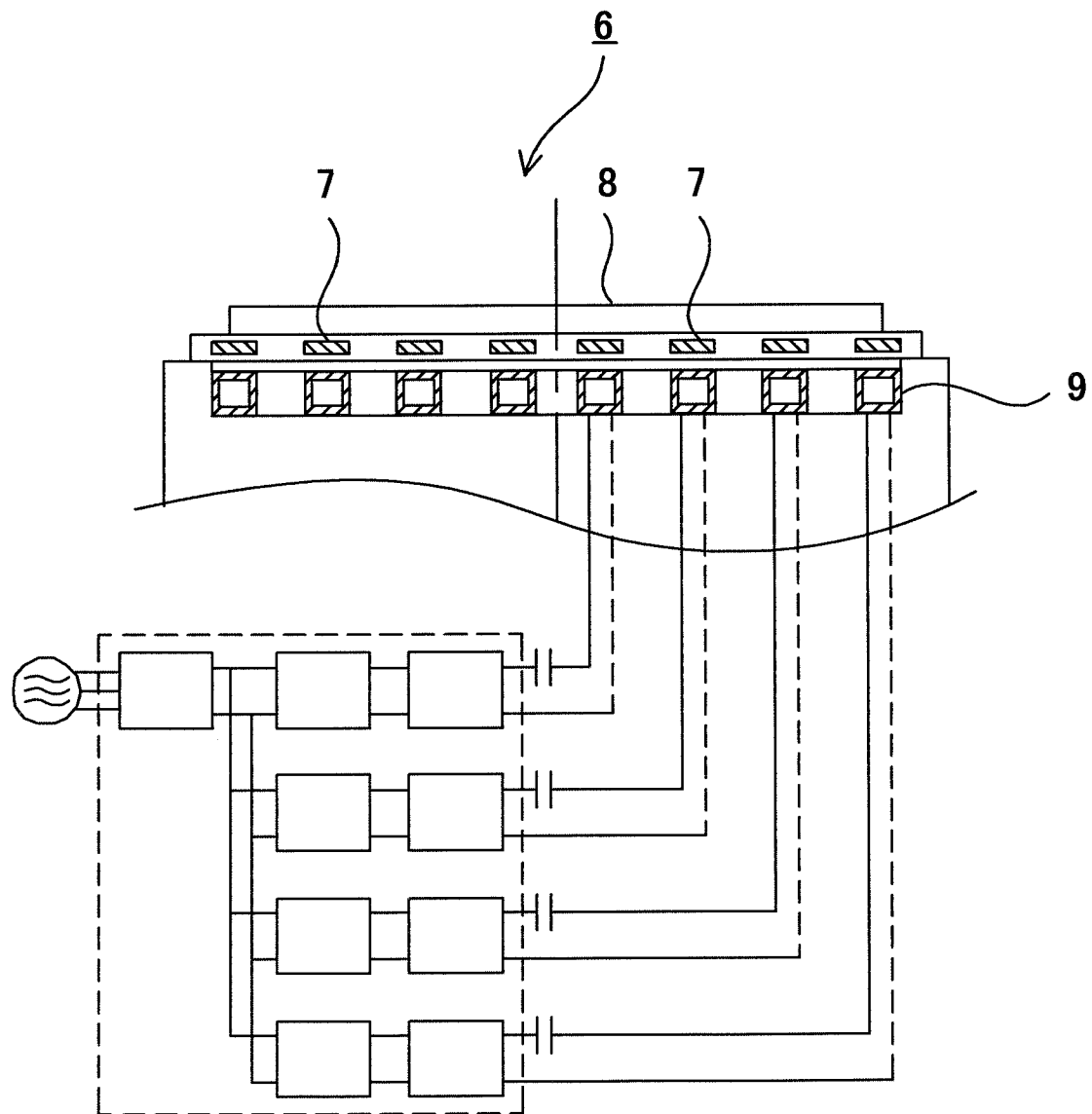
[図5]

従来例



[図6]

従来例



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/067346

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05B6/10(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/22(2006.01)i, H01L21/324(2006.01)i, H05B6/44(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)

H05B6/10, H01L21/205, H01L21/22, H01L21/324, H05B6/44

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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	WO 2010/026815 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 11 March 2010 (11.03.2010), paragraphs [0021] to [0094]; fig. 1 to 12 & KR 10-2010-0116204 A & JP 2010-59490 A	1-6
Y	JP 2002-313547 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 25 October 2002 (25.10.2002), paragraphs [0007] to [0034]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-6
A	JP 2009-87702 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 23 April 2009 (23.04.2009), paragraphs [0010] to [0030]; fig. 1 to 5 & WO 2009/041642 A1	1-6



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

15 August, 2011 (15.08.11)

Date of mailing of the international search report

23 August, 2011 (23.08.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H05B6/10(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/22(2006.01)i, H01L21/324(2006.01)i, H05B6/44(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（I P C））

Int.Cl. H05B6/10, H01L21/205, H01L21/22, H01L21/324, H05B6/44

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	1 9 2 2－1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1－2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 1 1 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	WO 2010/026815 A1（東京エレクトロン株式会社）2010.03.11, 段落 0021-0094, 図 1-12 & KR 10-2010-0116204 A & JP 2010-59490 A	1-6
Y	JP 2002-313547 A（三井造船株式会社）2002.10.25, 段落 0007-0034, 図 1-8（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2009-87702 A（三井造船株式会社）2009.04.23, 段落 0010-0030, 図 1-5 & WO 2009/041642 A1	1-6

☐ 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

の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

1 5 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

土屋 正志

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 3 7

3 L

4 8 5 9