

(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
2018年2月1日(01.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/020733 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/324 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012082

(22) 国際出願日: 2017年3月24日(24.03.2017)

(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 2016-146275 2016年7月26日(26.07.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1058039 東京都港区西新橋二丁目15番12号 Tokyo (JP).

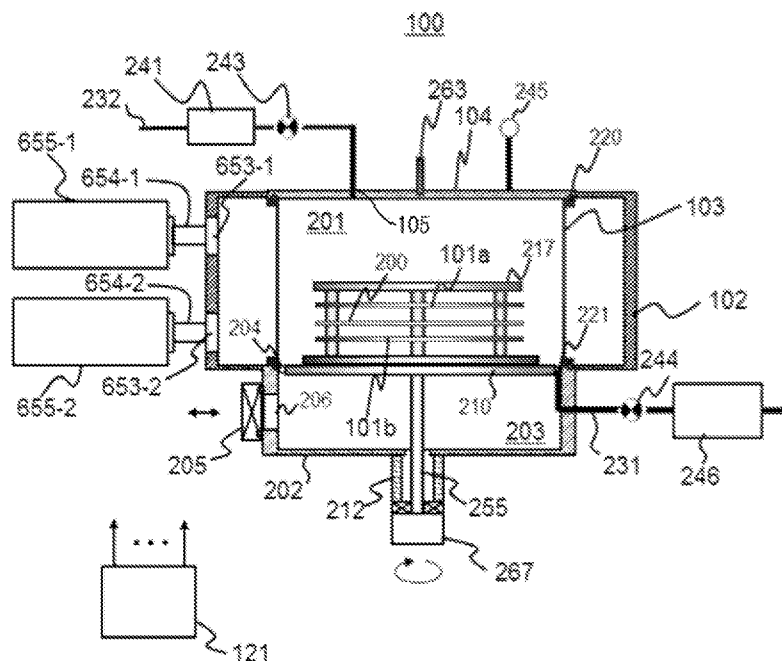
(72) 発明者: 柳沢 愛彦 (YANAGISAWA, Yoshihiko); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

(54) Title: MANUFACTURING METHOD AND PROGRAM FOR HEATING BODY, SUBSTRATE PROCESSING DEVICE AND SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 発熱体、基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラム

[図1]



(57) Abstract: The present invention provides a technology capable of processing a substrate evenly. Provided are: a heating body that is formed from a material heated by absorbing electromagnetic waves supplied from a heating device and comprises an electromagnetic wave transmitting region which transmits electromagnetic waves and an electromagnetic wave non-transmitting region which does not transmit electromagnetic waves; and a technology using the same.

[続葉有]



WO 2018/020733 A1

(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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 均一な基板処理を行うことができる技術を提供する。加熱装置から供給された電磁波を吸収して加熱される材質で形成され、電磁波を透過する電磁波透過領域と、電磁波を透過しない電磁波不透過領域とを有する発熱体とそれを用いた技術を提供する。

明 細 書

発明の名称：

発熱体、基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、発熱体、基板処理装置、半導体装置の製造方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程の一工程として、例えば、加熱装置を用いて処理室内の基板を加熱し、基板の表面に成膜された薄膜中の組成や結晶構造を変化させる改質処理がある。最近の半導体デバイスにおいては、微細化に伴い、高いアスペクト比を有するパターンが形成された高密度の基板への改質処理が求められている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平 1 1 - 2 5 1 3 2 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来の改質処理方法では、基板を均一に加熱することができず、対象膜の均一な処理ができなかった。

[0005] 本発明の目的は、均一な基板処理を行うことが可能となる技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様によれば、

加熱装置から供給された電磁波を吸収して加熱される材質で形成され、前記電磁波を透過する電磁波透過領域と、前記電磁波を透過しない電磁波不透過領域とを有する発熱体とそれを用いた技術が提供される。

発明の効果

[0007] 本発明によれば均一な基板処理を行うことができる技術を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の第1の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の枚葉型処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を縦断面で示す図である。

[図2]本発明における基板の温度を測定する際の図である。

[図3]本発明における第1の実施形態を示す図である。

[図4] (A) 均熱板の表面に電磁波透過領域としてのマイクロ波透過孔を設けない場合の均熱板、ウエハ、マイクロ波の関係を示す模式図である。(B) 本発明における均熱板、ウエハ、マイクロ波の関係を示す模式図である。

[図5]本発明におけるマイクロ波透過孔のピッチaを説明する図である。

[図6]本発明で好適に用いられる基板処理装置のコントローラの概略構成図である。

[図7]本発明における基板処理装置のフローを示す図である。

[図8]本発明におけるウエハのキャリア密度の温度依存性に関する一例を示す図である。

[図9]本発明における変形例1を示す図である。

[図10]本発明における変形例2を示す図である。

[図11]本発明における変形例3を示す図である。

[図12] (A) 均熱板の表面に電磁波透過領域としてのマイクロ波透過孔を設けない場合のウエハの面内の温度分布を示した図である。(B) 本発明における変形例3の均熱板を用いた場合のウエハの面内の温度分布を示した図である。

[図13]本発明における変形例4を示す図である。

[図14]本発明における電磁波透過領域を説明する図である。

[図15]本発明における変形例5を示す図である。

[図16]本発明における基板処理装置の第2の実施形態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] <第1の実施形態>

以下、本発明の第1の実施形態について図1から図7を参照しながら説明する。

[0010] (1) 基板処理装置の構成

本実施の形態において、本発明に係る基板処理装置100は、基板に所定の熱処理を施す枚葉式熱処理装置として構成されている。本実施の形態において基板処理装置100は後述する電磁波を用いたアニール処理（改質処理）を行う装置として説明を行う。

[0011] (処理室)

図1に示すように、本実施形態に係る基板処理装置100は、金属などの電磁波を反射する材料で構成されるキャビティとしてのケース102と、ケース102の内部に收容され、垂直方向の上下端部が開放された筒形状の反応管103を有している。反応管103は、石英などの電磁波を透過する材料で構成される。また、金属材料で構成されたキャップフランジ（閉塞板）104が、封止部材（シール部材）としてのOリング220を介して反応管103の上端と当接されて反応管の上端を閉塞し、ケース102および反応管103の天井面を形成している。主にケース102と反応管103、および、キャップフランジ104によってシリコンウエハ等の基板を処理する処理容器を構成し、特に反応管103の内側空間を処理室201として構成している。反応管103を設けずに、ケース102、キャップフランジ104により処理容器を構成するようにしても良い。その場合、ケース102の内部空間が処理室201となる。また、キャップフランジを設けずに、天井が閉塞しているケース102を用いて処理容器を構成するようにしてもよい。

[0012] 反応管103の下方には載置台210が設けられており、載置台210の上面には、ウエハ200を保持する基板保持具としてのボート217が載置されている。ボート217には、処理対象としてのウエハ200と、後述するマイクロ波発振器から供給されるマイクロ波によって自身が加熱されるこ

とで生じる輻射熱によってウエハ２００を加熱し、当該ウエハ２００を均一に加熱する発熱体としての機能を有するサセプタ（輻射板、誘電体、エネルギー変換部材、均熱板とも称する）１０１ａ、１０１ｂが、所定の間隔でウエハ２００を挟み込むように垂直方向上下に配置されている。本実施の形態においては、ウエハ２００の直上および直下にサセプタ１０１ａ、１０１ｂを配置した構成について説明する。しかし、ウエハ２００の直上および直下である必要はなく、垂直方向に多段に載置された複数枚のウエハ２００を挟み込むように配置されていてもよい。なお、サセプタ１０１ａ、１０１ｂは例えばシリコンプレート（Ｓｉ板）、炭化シリコンプレート（ＳｉＣ板）などの誘電体で構成される。さらに、サセプタ１０１ａの直上およびサセプタ１０１ｂの直下に石英板等の断熱板を設けることによって、ウエハ２００からの放熱を抑制可能に構成してもよい。

[0013] また、載置台２１０の側壁には、載置台２１０の径方向に向かって突出した図示しない突出部が載置台２１０の底面側に設けられる。この突出部が、後述する処理室２０１と搬送エリア２０３との間に設けられるしきり板２０４と接近または接触することで処理室２０１内の雰囲気気（ガス）が搬送エリア２０３内へ移動することや、搬送エリア２０３内の雰囲気気（ガス）が処理室２０１内へ移動することを抑制させる。また、後述する図２に示すように、ポート２１７の端板（天井板）２１７ａには、温度センサ２６３の測定窓としての孔２１７ｂが設けられており、サセプタ１０１ａが温度センサ２６３によって表面温度を測定されるようにポート２１７に保持される。

[0014] 上部容器としてのケース１０２は、例えば横断面が円形であり、平らな密閉容器として構成されている。また、下部容器としての搬送容器２０２は、例えばアルミニウム（Ａｌ）やステンレス（ＳＵＳ）などの金属材料または、石英などにより構成されている。処理容器の下方には、基板としてのシリコンウエハ等のウエハ２００を搬送する搬送エリア２０３が形成されている。なお、ケース１０２に囲まれた空間、または、反応管１０３に囲まれた空間であって、仕切り板２０４よりも上方の空間を基板処理空間としての処理

室２０１又は反応エリア２０１と称し、搬送容器２０２に囲まれた空間であって、仕切り板よりも下方の空間を搬送エリア２０３または搬送空間２０３と称する場合もある。なお、処理室２０１と搬送エリア２０３は、本実施例のように垂直方向に隣接させて構成することに限らず、水平方向に隣接させて構成したり、処理室２０１と搬送エリア２０３が同一空間となるように構成してもよい。

[0015] 搬送容器２０２の側面には、ゲートバルブ２０５に隣接した基板搬入搬出口２０６が設けられており、ウエハ２は基板搬入搬出口２０６を介して図示しない基板搬送室との間を移動する。

[0016] ケース１０２の側面には、後述する電磁波をケース１０２内に供給してウエハ２００を加熱する加熱装置としての電磁波供給部が設けられている。

[0017] 載置台２１０は回転軸としてのシャフト２５５によって支持される。シャフト２５５は、搬送容器２０２の底部を貫通しており、更には搬送容器２０２の外部で回転、昇降動作を行う駆動機構２６７に接続されている。駆動機構２６７を作動させてシャフト２５５及び載置台２１０を回転、昇降させることにより、ポート２１７上に載置されるウエハ２００を回転または昇降させることが可能となっている。なお、シャフト２５５下端部の周囲はベローズ２１２により覆われており、処理室２０１および搬送エリア２０３内は気密に保持されている。

[0018] 載置台２１０は、ウエハ２００の搬送時には、載置台上面が基板搬入搬出口２０６の位置（ウエハ搬送位置）となるよう下降し、ウエハ２００の処理時には図１で示されるように、ウエハ２００が処理室２０１内の処理位置（ウエハ処理位置）まで上昇する。

[0019] （排気部）

処理室２０１の下方であって、載置台２１０の外周側には、処理室２０１の雰囲気気を排気する排気部が設けられている。図１に示すように、排気部には排気口２２１が設けられている。排気口２２１には排気管２３１が接続されており、排気管２３１には、処理室２０１内の圧力に応じて弁開度を制御

するA P Cバルブなどの圧力調整器244、真空ポンプ246が順に直列に接続されている。ここで、圧力調整器244は、処理室201内の圧力情報（後述する圧力センサ245からのフィードバック信号）を受信して排気量を調整することができるものであればA P Cバルブに限らず、通常の開閉バルブと圧力調整弁を併用するように構成されていてもよい。

[0020] 主に、排気口221、排気管231、圧力調整器244により排気部（排気系または排気ラインとも称する）が構成される。なお、処理室201を囲むように排気路を設け、ウエハ200の全周からガスを排気可能に構成してもよい。また、排気部の構成に、真空ポンプ246を加えるようにしてもよい。

[0021] （ガス供給部）

キャップフランジ104には、不活性ガス、原料ガス、反応ガスなどの各種基板処理のための処理ガスを処理室201内に供給するためのガス供給管232が設けられている。ガス供給管232には、上流から順に、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（MFC）241、および、開閉弁であるバルブ243が設けられている。ガス供給管232の上流側には、例えば不活性ガスである窒素（N₂）ガス源が接続され、MFC241、バルブ243を介して処理室201内へ供給される。基板処理の際に複数種類のガスを使用する場合には、ガス供給管232のバルブ243よりも下流側に、上流方向から順に流量制御器であるMFCおよび開閉弁であるバルブがそれぞれ設けられたガス供給管が接続されていてもよい。ここで、主に、ガス供給管232、MFC241、バルブ243によってガス供給系（ガス供給部）が構成される。なお、図示しないガス供給源をガス供給系に含めてもよい。また、ガス供給部は図1に示すような処理容器の天井部より供給されることに限らず、どのような位置から供給されるように配置されていてもよい。

[0022] ガス供給管232から不活性ガスを供給する場合、主に、ガス供給管232、MFC241、バルブ243により不活性ガス供給系（不活性ガス供給

部)が構成される。不活性ガスとしては、 N_2 ガスの他、例えば、 Ar ガス、 He ガス、 Ne ガス、 Xe ガス等の希ガスを用いることができる。

[0023] (温度センサ)

キャップフランジ104には、非接触式の温度検出器として温度センサ263が設置されている。温度センサ263により検出された温度情報に基づき後述するマイクロ波発振器655の出力を調整することで、基板を加熱し、基板温度が所望の温度分布となる。温度センサ263は、例えばIR (Infrared Radiation) センサなどの放射温度計で構成されている。なお、基板の温度を測定する方法として、上述した放射温度計に限らず、熱電対を用いて温度測定を行ってもよいし、熱電対と放射温度計を併用して温度測定を行ってもよい。ただし、熱電対を用いて温度測定を行った場合、熱電対の測温精度を向上させるために処理ウエハ200の近傍に配置して温度測定を行う必要があることから、後述するマイクロ波発振器から供給されたマイクロ波によって熱電対自体が加熱されてしまうため、放射温度計を温度センサ263として用いることが好ましい。また、温度センサ263は、キャップフランジ104に設けることに限らず、載置台210に設けるようにしてもよい。このように構成することによって、上端が閉塞された反応管を用いることが可能となり、処理室201に供給されるマイクロ波や処理ガス等が漏洩する可能性を低減することが可能となる。また、温度センサ263は、キャップフランジ104や載置台210に直接設置するだけでなく、キャップフランジ104や載置台210に設けられた測定窓からの放射光を鏡等で反射させて間接的に測定するように構成されていてもよい。このように構成することによって、温度センサ263を設置する場所の制限を緩和することが可能となる。

[0024] (電磁波供給部)

ケース102の側壁には電磁波導入ポート653-1、653-2が設置されている。電磁波導入ポート653-1、653-2のそれぞれには処理室201内に電磁波を供給するための導波管654-1、654-2のそれ

ぞれの一端が接続されている。導波管 654-1、654-2 それぞれの他端には処理室 201 内に電磁波を供給して加熱する加熱源としてのマイクロ波発振器（電磁波源）655-1、655-2 が接続されている。マイクロ波発振器 655-1、655-2 は、マイクロ波などの電磁波を導波管 654-1、654-2 にそれぞれ供給する。また、マイクロ波発振器 655-1、655-2 は、マグネトロンやクライストロンなどが用いられる。ここで、電磁波導入ポート 653-1、653-2、導波管 654-1、654-2、マイクロ波発振器 655-1、655-2 は、一般的な説明等をする場合には、それぞれを代表して電磁波導入ポート 653、導波管 654、マイクロ波発振器 655 と記載する。

[0025] マイクロ波発振器 655 によって生じる電磁波の周波数は、好ましくは 13.56 MHz 以上 24.125 GHz 以下の周波数範囲となるように設定される。さらに好適には、2.45 GHz または 5.8 GHz の周波数となるように設定されることが好ましい。また、本実施形態において、マイクロ波発振器 655 は、ケース 102 の側面に 2 つ配置されるように記載されているが、これに限らず、1 つ以上設けられていればよい。また、ケース 102 の対向する側面等の異なる側面に設けられるように配置してもよい。このように構成することによって、後述するマイクロ波がウエハ 200 上で部分的に吸収される領域、すなわち、ウエハ 200 が部分的に加熱されることを抑制することが可能となり、ウエハ 200 の面内温度均一性を向上させることが可能となる。主に、マイクロ波発振器 655-1、655-2、導波管 654-1、654-2 および電磁波導入ポート 653-1、653-2 によって電磁波供給部（電磁波供給装置、マイクロ波供給部、マイクロ波供給装置）としての加熱装置が構成される。

[0026] マイクロ波発振器 655-1、655-2 それぞれには後述するコントローラ 121 が接続されている。コントローラ 121 には処理室 201 内に収容されるサセプタ 101 a または 101 b、若しくはウエハ 200 の温度を測定する温度センサ 263 が接続されている。温度センサ 263 は、サセプ

タ１０１ aまたは１０１ b、若しくはウエハ２００の温度を測定してコントローラ１２１に送信し、コントローラ１２１によってマイクロ波発振器６５５－１、６５５－２の出力を制御し、ウエハ２００の加熱を制御する。ここで、マイクロ波発振器６５５－１、６５５－２は、コントローラ１２１から送信される同一の制御信号によって制御される。しかし、これに限らず、マイクロ波発振器６５５－１、６５５－２それぞれにコントローラ１２１から個別の制御信号を送信することでマイクロ波発振器６５５－１、６５５－２が個々に制御されるように構成してもよい。

[0027] (均熱板)

図１に示すように処理室２０１内には、ウエハ２００を１枚或いは所定の間隔で垂直方向に配置された複数枚を保持するボート２１７が設けられている。ボート２１７は、ウエハ２００の上下に均熱板（輻射板）としてのサセプタ１０１ a、１０１ bを保持している。本実施形態において、サセプタ１０１ a、１０１ bは、同一の部品であり、以後、特に区別して説明する必要が無い場合には、サセプタ１０１と称して説明する。

[0028] サセプタ１０１は、ウエハ２００と同等またはそれ以上の直径を有する円盤状に形成され、ウエハ２００と同様にボート２１７に設けられた図示しないウエハ保持溝に保持されている。また、図３に示すようにサセプタ１０１は、マイクロ波を透過させるための所定の直径を有するマイクロ波透過孔３００を複数個備えている。さらに、サセプタ１０１は、処理室２０１内に供給されたマイクロ波を吸収し、透過させない材質（例えばＳｉＣなど）で構成される。このように、サセプタ１０１は、マイクロ波を透過させない部材で構成すると共に、マイクロ波透過孔３００を複数設けることによって、電磁波の不透過領域（不透過部）と透過領域（透過部）とを構成することが可能となる。すなわち、図４（Ａ）に示すように、サセプタ１０１にマイクロ波透過孔３００を設けない場合、マイクロ波はサセプタ１０１ aおよびサセプタ１０１ bによって、反射または吸収されてしまい、サセプタ１０１からの輻射熱によるウエハ２００の間接加熱が主となり、昇温速度が遅くなった

り、ウエハ200の均一加熱が困難になったりしてしまう。これに対し図4 (B) に示すように、サセプタ101にマイクロ波透過孔300を複数設けた本発明においては、サセプタ101に複数設けられたマイクロ波透過孔300によって、マイクロ波400を透過させてウエハ200を加熱する直接加熱と、サセプタ101を加熱して間接的にウエハ200を加熱させる間接加熱を同時に実施可能となる。これによって、マイクロ波400によるウエハ200の直接加熱することでウエハ200の表面に形成された所定の膜のみを選択的に加熱することができるという選択加熱の特徴を損なわずに、ウエハ200面内の温度均一性を向上させることが可能となる。なお、本発明においてサセプタ101の表面のマイクロ波透過孔300以外の部分であるサセプタ101がマイクロ波400を吸収する領域を電磁波不透過領域と称し、マイクロ波透過孔300が設けられている領域を電磁波透過領域と称する。

[0029] なお、前記したマイクロ波透過孔300の径は千鳥格子状に形成されており、図5に記載されているように、千鳥格子状に形成された孔の横、縦方向のピッチをそれぞれa、b、マイクロ波の自由空間波長をλ、サセプタ101の厚さをt、マイクロ波の入射角をβとした場合はマイクロ波透過孔300の直径をDとすると、横のピッチaは、数式1で表すことができる。

[0030] [数1]

$$a = 20 \log_{10} \left(\frac{3ab\lambda}{2\pi D^3 \cos \beta} \right) + \frac{32t}{D}$$

[0031] この時のサセプタ101の表面積に対する開孔率Aは、数式2で表すことができる。

[0032] [数2]

$$A = \frac{\pi D^2}{4ab} \times 100 (\%)$$

- [0033] サセプタが金属板の場合、表面にマイクロ波が入射した時の減衰量 α が40 dB未満の場合は、マイクロ波が漏洩している。サセプタ101の開口は、減衰量閾値を40 dBとして漏洩させたい割合に合わせて孔径を変更することで透過する量を調整することが可能となる。
- [0034] ここでマイクロ波透過孔300の形状は、どのような形状とすることも可能であるが、加工が簡単である円形状に形成されることが好ましい。また、サセプタ101は、ウエハ200よりもマイクロ波の吸収率が大きく、比熱が小さい材質で形成されることが好ましい。このような材質でサセプタ101を形成することによって、サセプタ101がウエハ200よりも早く加熱されるため、ウエハ200に対し輻射による間接加熱を均一に行うことが可能となり、ウエハ200を予備的に加熱することが可能となる。したがって、比熱が大きいウエハ200の加熱時の温度ムラを緩和させつつ、ウエハ200からの熱逃げも防止することが可能となる。
- [0035] また、マイクロ波透過孔300は、1つのみを設けるよりも開口面積の総和が同一であっても複数の孔として設けることが好ましい。複数のマイクロ波透過孔300を設けることによって、マイクロ波が透過する位置を分散させ、ウエハ200を直接加熱する位置を分散させることが可能となることから、ウエハ200を均一に加熱することが容易となる。
- [0036] また、サセプタ101に設けたマイクロ波透過孔300は、サセプタ101の中心に対して線対称または点对称に設けることが好ましい。このようにマイクロ波透過孔300を配置することによって、ウエハ200を均一に加熱するための制御を容易にすることが可能となる。
- [0037] また、サセプタ101aとサセプタ101bはマイクロ波透過孔300が互いに対向するように、すなわち垂直方向において同じ位置に配置されるようにボート217に保持させても良く、周方向にずらしてボート217に保持させることでマイクロ波透過孔300をサセプタ101aとサセプタ101bで対向しないように、すなわち垂直方向において異なる位置に配置されるように保持させても良い。このように、サセプタ101aとサセプタ101b

1 bがマイクロ波透過孔300を対向する位置に保持することで、ウエハ200を所定の温度まで昇温する速度を向上させることが可能となる。また、マイクロ波透過孔300を対向しないようにサセプタ101 aとサセプタ101 bを保持することでウエハ200を加熱する領域を異ならせることが可能となり、ウエハ200をより均一に加熱することが可能となる。

[0038] また、処理対象膜が形成されていないウエハ面（裏面）側に載置されているサセプタ101、すなわち、本実施形態におけるウエハ200の下方側に載置されているサセプタ101 bには、マイクロ波透過孔300を設けないように構成しても良い。例えば、本実施形態のように垂直方向上側のウエハ200面が処理対象膜が形成されている面（主面）とする場合、サセプタ101 aにはマイクロ波透過孔300が形成され、サセプタ101 bにはマイクロ波透過孔300を形成しないように構成する。このように構成することによって、主面側に載置されるサセプタ101 aのマイクロ波透過孔300の孔径や孔数を制御すればウエハ200を均一に加熱することが可能となり、ウエハ200の温度制御を容易にすることが可能となる。

[0039] また、図1において、サセプタ101はウエハ200の上下に1枚ずつ配置されるように構成されているが、これに限らず、基板処理温度に応じて複数枚ずつ設置してもよい。このように複数枚ずつ設置することによってウエハ200が載置されている領域の加熱性能を向上することが可能となる。これによりウエハ200から放熱が生じてウエハ200の温度が低下してしまうことを抑制することが可能となる。したがって、ウエハ200の面内または面間温度均一性を向上させることが可能となる。

[0040] （制御装置）

図6に示すように、制御部（制御手段）であるコントローラ121は、CPU（Central Processing Unit）121 a、RAM（Random Access Memory）121 b、記憶装置121 c、I/Oポート121 dを備えたコンピュータとして構成されている。RAM 121 b、記憶装置121 c、I/Oポート121 dは、内部バス121

eを介して、CPU 121aとデータ交換可能なように構成されている。コントローラ121には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置122が接続されている。

[0041] 記憶装置121cは、例えばフラッシュメモリ、HDD (Hard Disk Drive) 等で構成されている。記憶装置121c内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、アニール（改質）処理の手順や条件等が記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。プロセスレシピは、後述する基板処理工程における各手順をコントローラ121に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わせられたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。また、プロセスレシピを、単にレシピともいう。本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、レシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。RAM 121bは、CPU 121aによって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

[0042] I/Oポート121dは、上述のMFC 241、バルブ243、244、圧力センサ245、真空ポンプ246、温度センサ263、駆動機構267、マイクロ波発振器655等に接続されている。

[0043] CPU 121aは、記憶装置121cから制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置122からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置121cからレシピを読み出すように構成されている。CPU 121aは、読み出したレシピの内容に沿うように、MFC 241による各種ガスの流量調整動作、バルブ243、244の開閉動作、圧力センサ245に基づくバルブ244による圧力調整動作、真空ポンプ246の起動および停止、温度センサ263に基づくマイクロ波発振器655の出力調整動作、駆動機構267による載置台210（またはボート217）の回転および回転速度調節動作、または、昇降動作等を制御するように構成されている。

[0044] コントローラ 121 は、外部記憶装置（例えば、ハードディスク等の磁気ディスク、CD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリ等の半導体メモリ）123に格納された上述のプログラムを、コンピュータにインストールすることにより構成することができる。記憶装置 121c や外部記憶装置 123 は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成されている。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置 121c 単体のみを含む場合、外部記憶装置 123 単体のみを含む場合、または、それらの両方を含む場合がある。なお、コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置 123 を用いず、インターネットや専用回線等の通信手段を用いて行ってもよい。

[0045] (2) 基板処理工程

次に、上述の基板処理装置 100 の処理炉を用いて、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、例えば、基板上に形成されたシリコン含有膜としてのアモルファスシリコン膜の改質（結晶化）方法の一例について図 7 に示した処理フローに沿って説明する。以下の説明において、基板処理装置 100 を構成する各部の動作はコントローラ 121 により制御される。

[0046] ここで、本明細書において「ウエハ」という言葉を用いた場合は、ウエハそのものを意味する場合や、ウエハとその表面に形成された所定の層や膜との積層体を意味する場合がある。本明細書において「ウエハの表面」という言葉を用いた場合は、ウエハそのものの表面を意味する場合や、ウエハ上に形成された所定の層等の表面を意味する場合がある。本明細書において「ウエハ上に所定の層を形成する」と記載した場合は、ウエハそのものの表面上に所定の層を直接形成することを意味する場合や、ウエハ上に形成されている層等の上に所定の層を形成することを意味する場合がある。本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も、「ウエハ」という言葉を用いた場合と同義である。

[0047] (基板搬入工程 (S701))

図 1 に示されているように、所定枚数のウエハ 200 がポート 217 に移動されると、駆動機構 267 は、載置台 210 を上昇させることでポート 217 を反応管 103 内側の処理室 201 に搬入（ポートローディング）する（S701）。

[0048]（炉内圧力・温度調整工程（S702））

処理室 201 内へのポート 217 の搬入が完了したら、処理室 201 内が所定の圧力（例えば 10～102000Pa）となるよう処理室 201 内の雰囲気気を制御する。具体的には、真空ポンプ 246 により排気しつつ、圧力センサ 245 により検出された圧力情報に基づいて圧力調整器 244 の弁開度をフィードバック制御し、処理室 201 内を所定の圧力とする。また、同時に予備加熱としてマイクロ波供給部を制御し、所定の温度まで加熱を行うように制御してもよい（S702）。なお、大気圧下で基板処理を行う場合、炉内圧力調整を行わず、炉内の温度調整のみを行った後、後述する不活性ガス供給工程 S603 へ移行するように制御してもよい。

[0049]（不活性ガス供給工程（S703））

炉内圧力・温度調整工程 S602 によって処理室 201 内の圧力と温度を所定の値に制御すると、駆動機構 267 は、シャフト 255 を回転させ、載置台 210 上のポート 217 を介してウエハ 200 を回転させる。このとき、窒素ガス等の不活性ガスがガス供給管 232 を介してノズル 105 から供給される（S703）。さらにこのとき、処理室 201 内の圧力は 10Pa 以上 102000Pa 以下の範囲となる所定の値であって、例えば 101300Pa 以上 101650Pa 以下となるように調整される。

[0050]（基板処理工程（S704））

処理室 201 内を所定の圧力となるように維持すると、マイクロ波発振器 655-1、655-2 はウエハ 200 を 100℃ 以上 1000℃ 以下の温度帯、好適には 600℃ 以上 900℃ 以下の温度帯となるように加熱し、さらに好適には、800℃ 以上 850℃ 以下となるように加熱する。ウエハ 200 が 100℃ より低い温度で処理しようとした場合や、1000℃ よりも

高い温度で処理しようとした場合、ウエハ２００がマイクロ波を吸収し難くなってしまい、ウエハ２００を効率的に加熱することができなくなってしまう。

[0051] ウエハ２００の温度は、サセプタ１０１ aの表面温度を温度センサ２６３によって測定した値から、記憶装置１２１ cまたは外部記憶装置１２２に予め記憶された温度変換データによって推測される。マイクロ波発振器６５５－１、６５５－２は、導波管６５４－１と６５４－２を介して、電磁波導入ポート６５３－１と６５３－２からマイクロ波を処理室２０１内に供給する。

[0052] 図４（Ｂ）に示すように処理室２０１内に供給されたマイクロ波４００は、サセプタ１０１の不透過領域と透過領域に入射することとなる。サセプタ１０１の不透過領域に入射したマイクロ波４００はサセプタ１０１に吸収されてサセプタ１０１を加熱し、サセプタ１０１からの輻射熱によってウエハ２００を加熱する。サセプタ１０１の透過領域であるマイクロ波透過孔３００に入射したマイクロ波４００は、サセプタ１０１を透過してウエハ２００に入射し、吸収される。すなわち、ウエハ２００が直接加熱される。このように構成することによって、ウエハ２００に対して直接加熱と間接加熱を同時に行うことが可能となり、極めて効果的に均一加熱することが可能となる。

[0053] マイクロ波発振器６５５を制御することでウエハ２００を上述した所定の処理温度まで加熱すると、予め定められた時間、当該処理温度を維持する。このようにマイクロ波発振器６５５を制御することでマイクロ波ウエハ２００の表面上に形成されたアモルファスシリコン膜の改質処理を行う。

[0054] ウエハ２００を加熱する場合、マイクロ波発振器６５５－１、６５５－２は、マイクロ波を間欠的に供給しながらマイクロ波発振器６５５－１、６５５－２の出力を大きくするように制御されることが好ましい。

[0055] ここで、ウエハ２００を効率よく加熱する、すなわち、ウエハ２００がマイクロ波を効率よく吸収させるためには、ウエハ２００のキャリア密度とキ

キャリア温度依存性について検討する必要がある。図8に示すように、縦軸をキャリア密度（導電率に比例）、横軸を温度としたウエハ200のキャリア密度の温度依存性の一例を示した場合、温度によって、領域（A）、領域（B）、領域（C）に分けることができる。ウエハ200がシリコン（Si）基板である場合、例えば領域（A）と（B）を分ける温度は約327℃、領域（B）と（C）とを分ける温度は約73℃である。図8から明らかであるように、領域（A）と（C）は温度上昇とともに、キャリア密度も大きく上昇するが、領域（B）は温度が上昇した場合であっても、キャリア密度は大きく上昇しない。

[0056] ウエハ200の単位時間当たりの発熱量はウエハ200のキャリア密度に比例するため、キャリア密度が変動するとそれに伴って発熱量も変化する。このため、キャリア密度の変化が大きい領域（A）で、マイクロ波加熱を行った場合、温度変化に応じてキャリア密度が増加する割合が大きいため、照射されるマイクロ波の電力が同じでも、ウエハ200の昇温速度が大きくなる。したがって、領域（A）において、マイクロ波による加熱が行われることが好ましい。

[0057] また、領域（A）は、上述したようにウエハ200の昇温速度が大きいため、マイクロ波が局所的に集中すると、集中した箇所が高温となりウエハ200の面内で部分的に温度差が大きくなり、熱膨張差でウエハ200が変形してしまう。このため、領域（A）の温度帯でマイクロ波による加熱を行いつつ、ガス供給部より冷却ガスとしての不活性ガスを供給することによって、ウエハ200を冷却することで、ウエハ200の面内温度差を小さくしてウエハ200が変形することを抑制しつつ、ウエハ200の改質処理速度を向上させることが可能となる。

[0058] 以上のようにウエハ200を加熱処理することによってウエハ200表面上に形成されているアモルファスシリコン膜がポリシリコン膜へと均一に改質（結晶化）することとなる。すなわち、ウエハ200を均一に改質することが可能となる（S704）。

[0059] 予め設定された処理時間が経過すると、コントローラ 121 によって、ポート 217 の回転、ガスの供給、マイクロ波の供給および排気管の排気を停止するように制御される。

[0060] 基板処理工程の終了後、 N_2 ガスなどの不活性ガスを供給し、処理室 201 内の圧力を大気圧に復帰する。このとき、基板処理を大気圧下で行う場合には、大気圧復帰の工程は省略される。

[0061] (基板搬出工程 (S705))

処理室 201 内の圧力を大気圧復帰させた後に、駆動機構 267 は載置台 210 を下降させることにより、炉口を開口するとともに、ポート 217 を搬送エリア 203 に搬出 (ポートアンローディング) する。その後ポートに載置されているウエハ 200 を搬送エリア 203 の外部に位置する図示しない搬送室に搬出する (S705)。

以上の動作が繰り返されることにより、複数枚のウエハ 200 が改質処理されることとなる。

[0062] (3) 本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下に示す 1 つ又は複数の効果が得られる。

(a) マイクロ波による直接加熱と、サセプタによる間接加熱を同時に行うことを可能とすることでマイクロ波加熱の特徴である高速加熱や選択加熱を損なわずに、ウエハに対する均一加熱が可能となる。すなわち、ウエハの面内温度均一性を向上させることが可能となる。

(b) サセプタにマイクロ波透過孔を設けることで、単純な構造でマイクロ波の透過領域と不透過領域を構築することが可能となり、サセプタの加工費用の増大を抑制できる。

(c) 上下に配置されたサセプタのマイクロ波透過孔が、対向しないように配置されることによって、マイクロ波によるウエハの集中加熱領域を分散させることが可能となり、ウエハの均一加熱が可能となる。

(d) ウエハの処理対象となる主面側にのみマイクロ波透過孔を有するサセプタを載置することによって、主面とは反対側のウエハ裏面を過加熱してし

まうことを抑制することが可能となり、ウエハを効率良く昇温することが可能となる。

[0063] (4) 変形例

本実施形態における基板処理工程は、上述の態様に限定されず、以下に示す変形例のように変更することができる。

[0064] (変形例1)

図9に示すように、変形例1は、図3のようにサセプタ全体にマイクロ波透過孔300を設けず、サセプタ101の外周部にマイクロ波透過孔300を多数設けた形態である。このように構成することによって、サセプタ101の外周部が電磁波透過領域となり、マイクロ波透過孔300の設けられていない中心側が電磁波不透過領域となる。すなわち、放熱され易いために断熱することが難しいウエハ200の外周部分に対し、集中してマイクロ波による直接加熱することが可能となる。反対に、断熱し易いウエハ200の中心部は直接加熱によって生じた熱エネルギーの熱拡散や、サセプタ101からの間接加熱によって加熱されることとなる。これによって、ウエハ200を均一に加熱することが上述した実施形態に比べて容易となる。

なお、本変形例における電磁波透過領域は、予めウエハ200の温度分布を計測しておき、基準となる処理温度から所定の温度以上低くなる箇所を把握することで、当該箇所よりも外側を透過領域としてマイクロ波透過孔300を設けるようにすればよい。

[0065] (変形例2)

図10に示すように、変形例2は、変形例1とは逆にサセプタ101の中心部にマイクロ波透過孔300が多数設けられている形態である。このように構成することによって、中心部が電磁波透過領域となり、マイクロ波透過孔300の設けられていない外周部が電磁波不透過領域となる。本変形例によれば、基板処理装置の構成において、図1に示すようなウエハ200の中心の上側から不活性ガスを供給するような構成である場合、ウエハ200の中心部分が冷やされてしまう可能性がある。そこで、本変形例のように、中

心部に電磁波透過領域を設けて直接加熱する構造とすることにより、ウエハ 200 の中心部分を集中的に直接加熱することが可能となる。本変形例の場合においても、変形例 1 と同様に予めウエハ 200 の温度分布を計測しておくことで電磁波透過領域を設定する位置を決定すればよい。

[0066] (変形例 3)

図 11 に示すように、変形例 3 は、サセプタ 101 の表面の中心から径方向に所定の距離 d (好ましくは処理室 201 内に供給するマイクロ波波長 λ の腹となる $1/4\lambda$) の長さおきに、マイクロ波透過孔 300 が複数個で円周状に電磁波透過領域が設けられている形態である。換言すると電磁波透過領域と電磁波不透過領域とが径方向に (同心円状に) 交互に設けられている形態である。サセプタ 101 にマイクロ波透過孔 300 を設けない場合、図 12 (a) に示すように、ウエハ 200 に所定の間隔おきにシート抵抗 (Ω/sq) の値が波状に上下しており、十分に改質されている部分と、改質されていない部分が同心円状にムラになっていることがわかる。これは、処理室 201 に供給されるマイクロ波の波長の振幅が大きい箇所、すなわち、マイクロ波エネルギーが高い、波長の 4 分の 1 に合わせて形成されていることが判明した。

[0067] これに対し、本変形例のようにサセプタ 101 にマイクロ波透過孔 300 を配置した場合、すなわち、電磁波透過領域をマイクロ波の波長 λ の 4 分の 1 おきに設けて加熱した場合、図 12 (b) に示すように、マイクロ波透過孔 300 によって、マイクロ波がウエハ 200 の十分に改質されていない部分にも到達して直接加熱を行うことが可能となる。例えば SiC で構成されるサセプタ 101 は、Si よりもマイクロ波吸収が大きく、比熱も小さいことから処理対象となるウエハ 200 よりも早く加熱されウエハ 200 への輻射による補助加熱を行いつつ、比熱が大きいウエハ 200 の加熱時の温度ムラを緩和させることが可能となる。このとき同時にウエハ 200 からの放熱も抑制することが可能である。圍繞のように本変形例によれば、上述した実施形態や変形例よりも効率的にウエハ 200 を均一に加熱することが可能と

なる。

[0068] (変形例4)

図13に示すように、変形例4は、複数のマイクロ波透過孔300を円周方向に設ける代わりに、サセプタ101の径方向 $\lambda/4$ 毎に、マイクロ波を透過させるための座繰り部350を有している。図14に示すように、座繰り部350は、サセプタ101の厚みH1に対し、マイクロ波が透過可能な厚み（すなわち、H1からH2を切り欠いた厚さ）を残して切り欠くように（例えば溝形状となるように）形成されている。このとき切り欠く深さH2は、以下の数式3で表すことができる。

[0069] [数3]

$$H2 = \frac{3.31 \times 10^7}{f \sqrt{\epsilon_r} \cdot \tan \delta} \quad [m]$$

[0070] ここで、 f はマイクロ波の周波数、 ϵ_r は比誘電率、 $\tan \theta$ は誘電体損失角を表している。電磁波の透過量の粗密分布は、孔だけでなく物質の誘電特性による浸透深さ、すなわち、マイクロ波がサセプタ101の表面から内部に浸透して発生する電力が半分に減じる電力半減深度を考慮して、サセプタ101の板厚方向で透過量を調整することも可能となっている。例えば、図14においてサセプタの厚みH1に対し、電力半減深度以上の深さなるように切り欠き深さH2を設定することで、処理室201内に供給されたマイクロ波がサセプタ101によるエネルギー損失を抑えつつ、ウエハ200に到達することが可能となる。すなわち、マイクロ波がサセプタ101を透過することとなる。

[0071] このように構成することによって、マイクロ波透過孔300を複数設ける実施形態や他の変形例に対してサセプタ101の強度を向上させることが可能となる。また、マイクロ波透過孔300を複数設けるよりもサセプタ101の加工費用の増大を抑制することが可能となる。

[0072] (変形例5)

図 1 5 に示すように、変形例 5 は、変形例 4 で設けた座繰り部 3 5 0 にマイクロ波透過孔 3 0 0 を複数設けた形態である。

このように構成することによって、変形例 3 や変形例 4 と比較した場合、より効率的にウエハ 2 0 0 をマイクロ波加熱することが可能となる。すなわち、電力半減深度となる座繰り部 3 5 0 によってマイクロ波が減衰するとともに、マイクロ波を透過するマイクロ波透過孔 3 0 0 を設けることによって、ウエハ 2 0 0 に到達するマイクロ波を制御することが可能となり、ウエハ 2 0 0 が所定温度に昇温されることを簡易に制御することが可能となる。

したがって、本変形例によれば、ウエハ 2 0 0 を均一に加熱することが可能となる。

[0073] 以上、本発明の実施形態について具体的に説明した。しかしながら、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。また、実施形態および各変形例のそれぞれに記載されたサセプタは、適宜組み合わせる用いることが可能であり、それぞれの効果を合わせて得ることも可能である。

[0074] 例えば、本発明に用いられる基板処理装置の形態として、上記の実施形態においては、窒素ガス等の不活性ガスが基板処理装置 1 0 0 の処理室 2 0 1 の天井部から供給される形態を説明したが、図 1 6 に示すように、ウエハ 2 0 0 の側方にノズル 1 0 5 を設け、ウエハ 2 0 0 の側面から不活性ガスを供給し、ウエハ 2 0 0 の表面と平行にガス流れを形成する構成としてもよい。

[0075] また、上述した実施形態では、本発明の基板処理装置を用いた所定の処理としてアニール（改質）処理について説明したが、これに限らず、所定の膜を形成する成膜処理や、エッチング処理に用いることとしてもよい。

[0076] 基板処理に用いられるレシピは、処理内容に応じて個別に用意し、電気通信回線や外部記憶装置 1 2 3 を介して記憶装置 1 2 1 c 内に格納しておくことが好ましい。そして、各種処理を開始する際、CPU 1 2 1 a が、記憶装置 1 2 1 c 内に格納された複数のレシピの中から、処理内容に応じて適正なレシピを適宜選択することが好ましい。これにより、1 台の基板処理装置で

様々な膜種、組成比、膜質、膜厚の薄膜を汎用的に、かつ、再現性よく形成することができるようになる。また、オペレータの負担を低減でき、操作ミスを回避しつつ、各種処理を迅速に開始できるようになる。

[0077] 上述のレシピは、新たに作成する場合に限らず、例えば、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを変更することで用意してもよい。レシピを変更する場合は、変更後のレシピを、電気通信回線や当該レシピを記録した記録媒体を介して、基板処理装置にインストールしてもよい。また、既存の基板処理装置が備える入出力装置 122 を操作し、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを直接変更するようにしてもよい。

産業上の利用可能性

[0078] 以上述べたように、本発明によれば、均一な基板処理を行うことができる技術を提供することができる。

符号の説明

[0079] 100…基板処理装置、101a、101b…サセプタ（発熱体、輻射板）、121…コントローラ、200…ウエハ、300…孔、350…座繰り部、400…マイクロ波、653-1、653-2…電磁波導入ポート、655-1、655-2…マイクロ波発振器（電磁波源）。

請求の範囲

- [請求項1] 加熱装置から供給された電磁波を吸収して加熱される材質で形成され、前記電磁波を透過する電磁波透過領域と、前記電磁波を透過しない電磁波不透過領域とを有する発熱体。
- [請求項2] 前記電磁波透過領域は、前記発熱体の中心から径方向に向かって前記電磁波の波長の $1/4$ の長さおきに設けられる請求項1に記載の発熱体。
- [請求項3] 前記電磁波透過領域は、所定の直径を有する少なくとも1つの透過孔である請求項1に記載の発熱体。
- [請求項4] 前記電磁波透過領域は、前記発熱体の外周部に設けられる請求項1に記載の発熱体。
- [請求項5] 前記電磁波透過領域は、前記発熱体の中心部に設けられる請求項1に記載の発熱体。
- [請求項6] 前記電磁波透過領域は、前記発熱体の厚みに対し、電力半減深度の深さを有する溝が形成されている請求項1に記載の発熱体。
- [請求項7] 電磁波によって処理室内の基板を加熱する加熱装置と、前記基板の上方と下方に少なくとも1つずつ配置され、前記電磁波を透過する電磁波透過領域と、前記電磁波を透過しない電磁波不透過領域とを有する発熱体と、を有する基板処理装置。
- [請求項8] 前記電磁波透過領域は、前記発熱体の中心から径方向に向かって前記電磁波の波長の $1/4$ の長さおきに設けられる請求項7に記載の基板処理装置。
- [請求項9] 前記電磁波透過領域は、所定の直径を有する少なくとも1つの透過孔である請求項7に記載の基板処理装置。
- [請求項10] 前記電磁波透過領域は、前記発熱体の厚みに対し、電力半減深度の深さを有する溝が形成されている請求項7に記載の基板処理装置。
- [請求項11] 前記基板を挟み込むように配置され、前記基板の主面側に配置された前記発熱体は前記電磁波透過領域を有し、前記主面と反対側の面に配

置された前記発熱体は前記電磁波透過領域を有さない請求項 7 に記載の基板処理装置。

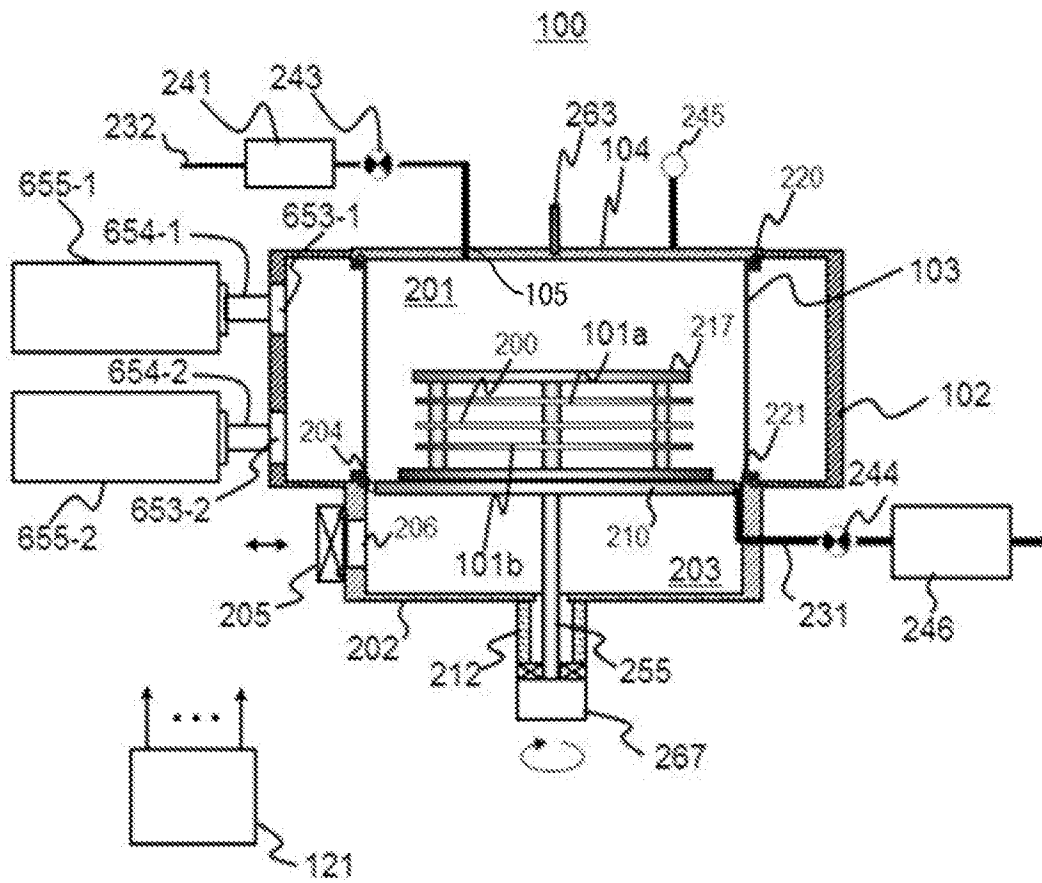
[請求項12] 前記発熱体は前記基板の上方と下方に前記基板を挟み込むように配置され、前記上方と下方に配置された前記発熱体の前記電磁波透過領域は、垂直方向において同じ位置に配置される請求項 7 に記載の基板処理装置。

[請求項13] 前記発熱体は前記基板の上方と下方に前記基板を挟み込むように配置され、前記上方と下方に配置された前記発熱体の前記電磁波透過領域は、垂直方向において異なる位置に配置される請求項 7 に記載の基板処理装置。

[請求項14] 電磁波によって処理室内の基板を加熱する加熱装置と、前記基板を挟み込むように配置され、前記電磁波を透過する電磁波透過領域と、前記電磁波を透過しない電磁波不透過領域とを有する発熱体と、を有する基板処理装置の前記処理室内に前記基板を搬入する工程と、前記基板を加熱して所定の処理を行う工程と、前記基板を前記処理室から搬出する工程と、を有する半導体装置の製造方法。

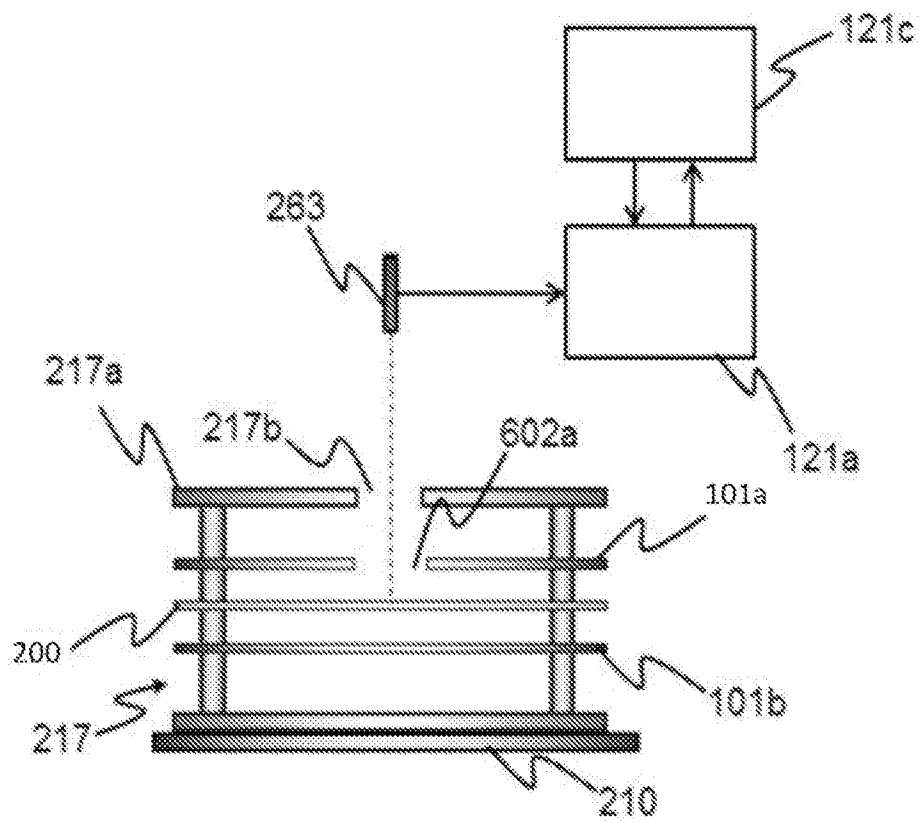
[請求項15] 電磁波によって処理室内の基板を加熱する加熱装置と、前記基板を挟み込むように配置され、前記電磁波を透過する電磁波透過領域と、前記電磁波を透過しない電磁波不透過領域とを有する発熱体と、を有する基板処理装置の前記処理室内に前記基板を搬入する手順と、前記基板を加熱して所定の処理を行う手順と、前記基板を前記処理室から搬出する手順と、をコンピュータによって前記基板処理装置に実行させるプログラム。

[図1]



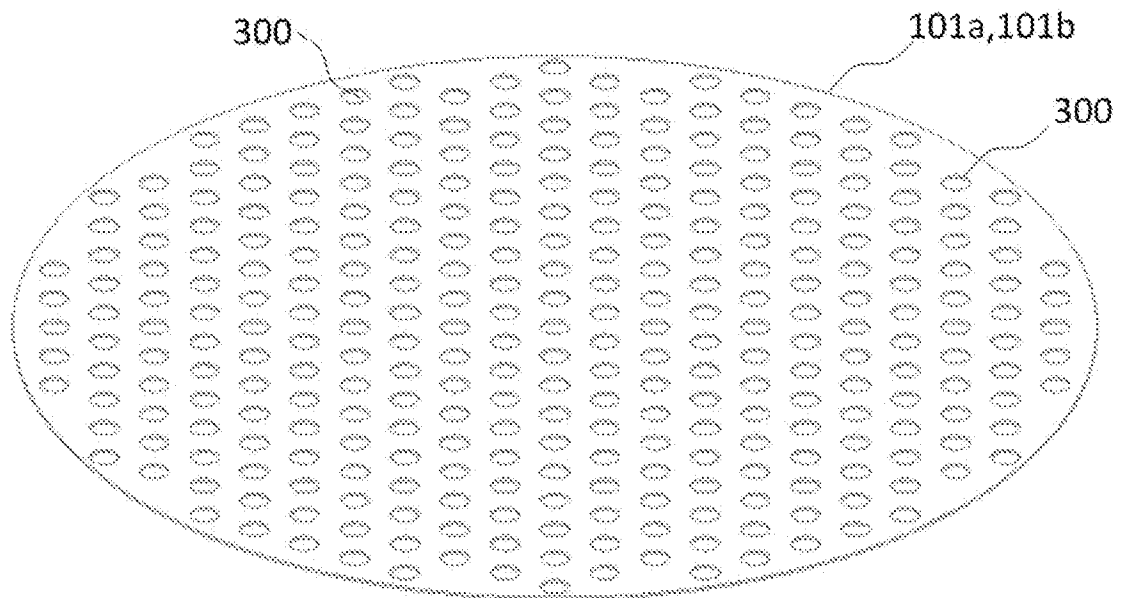
[図2]

図2

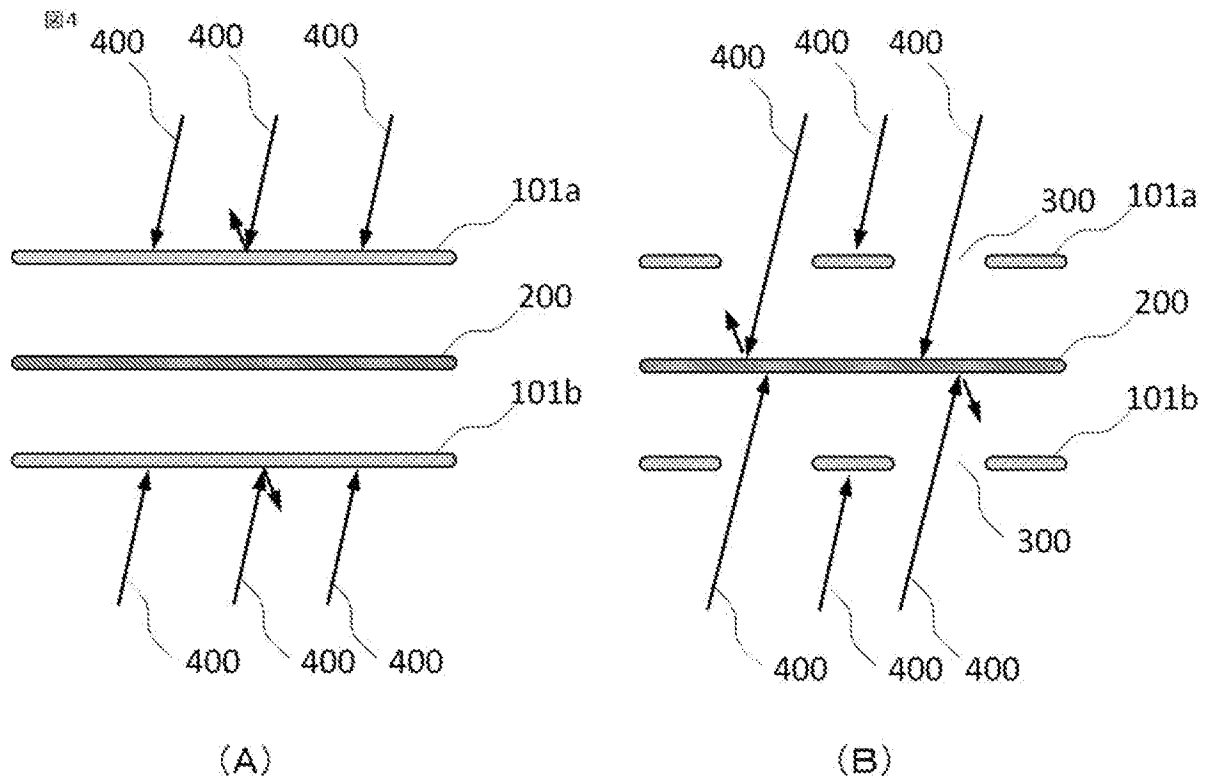


[図3]

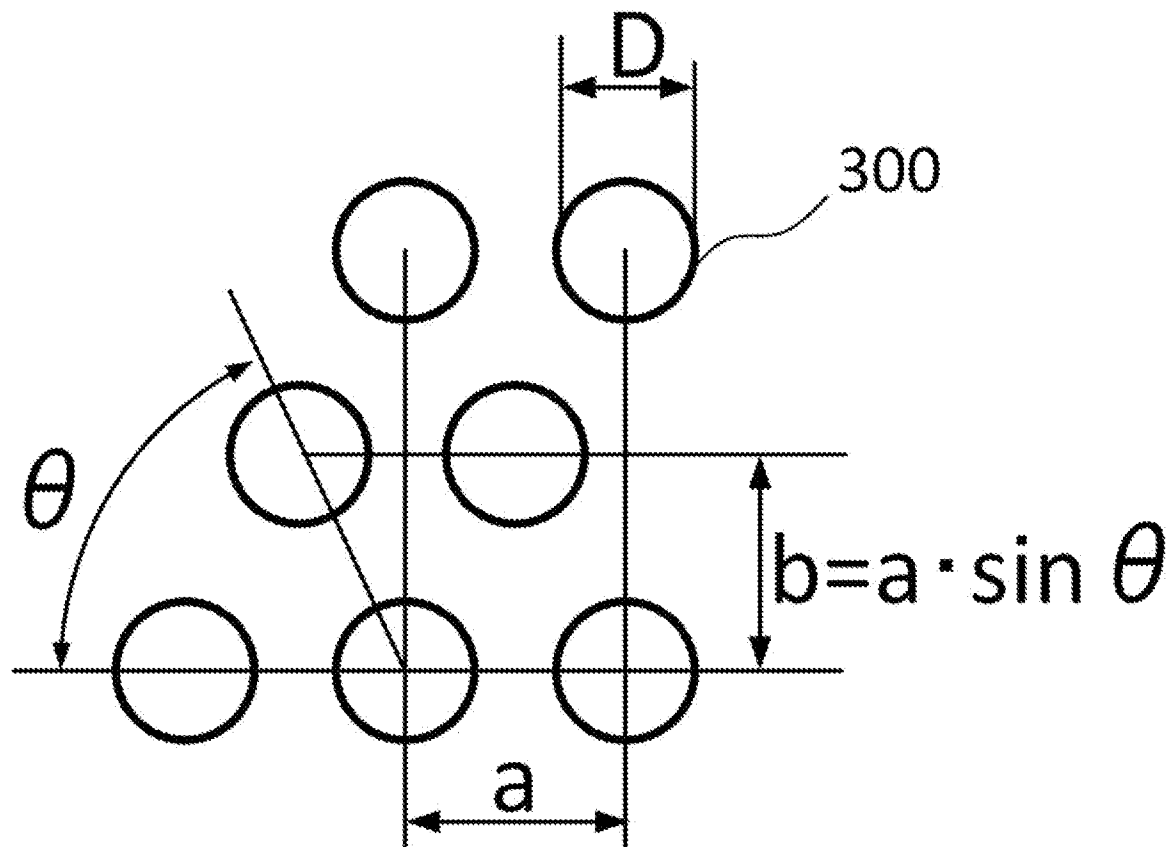
図3



[図4]

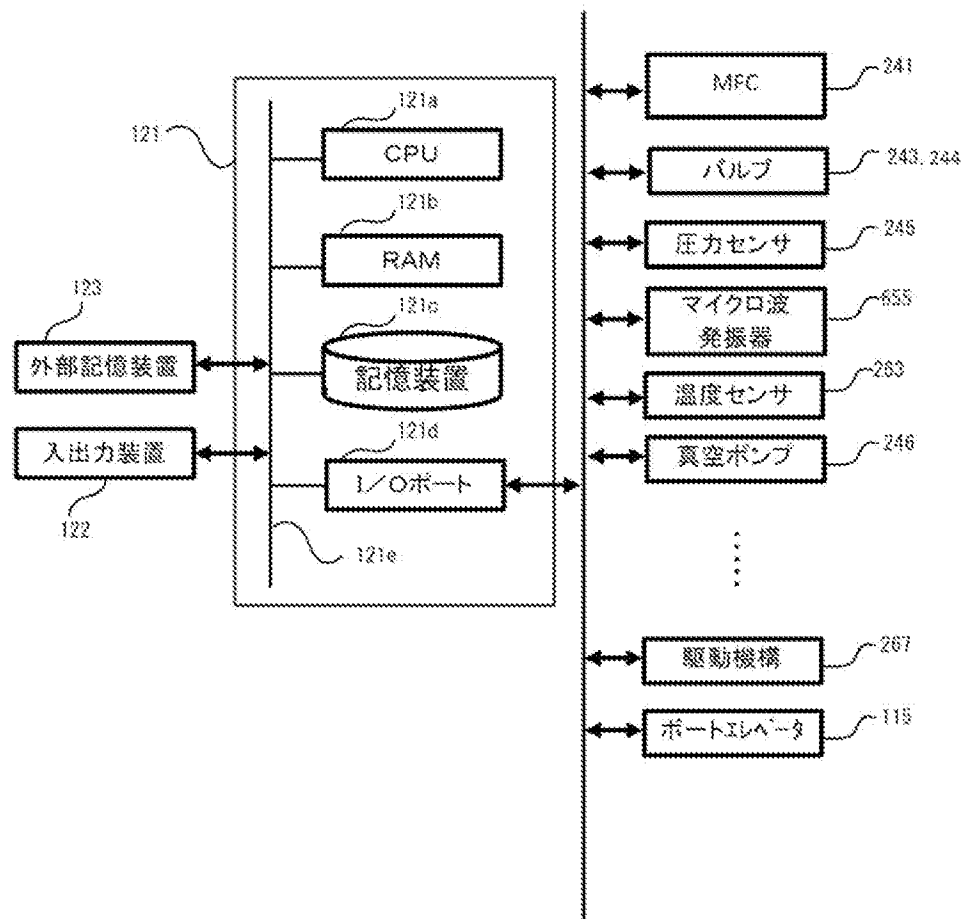


[図5]



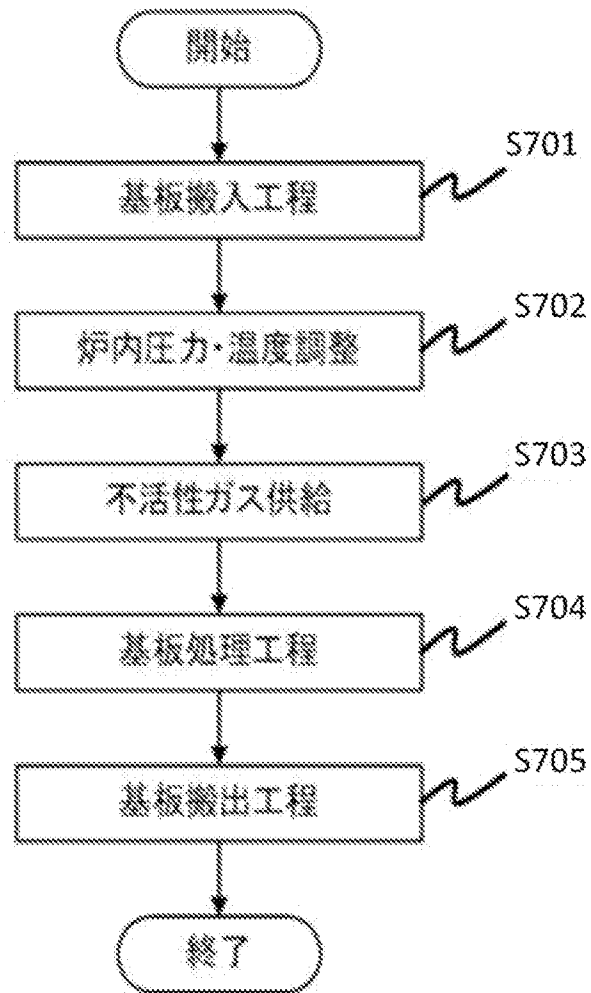
[図6]

図6



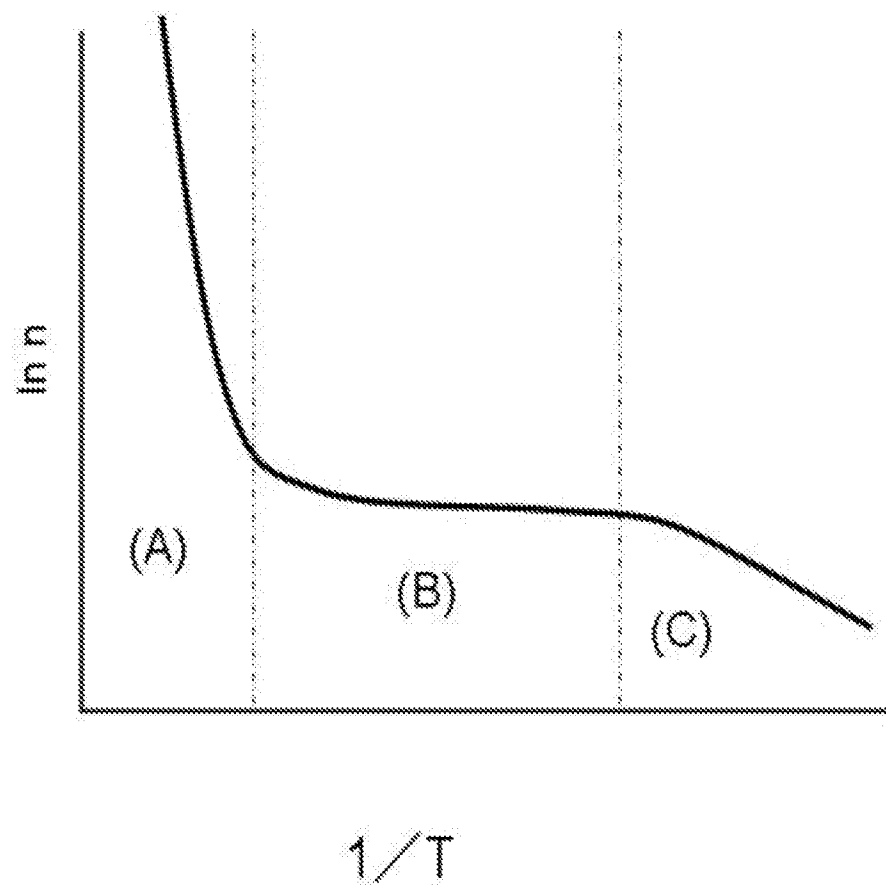
[図7]

図7



[図8]

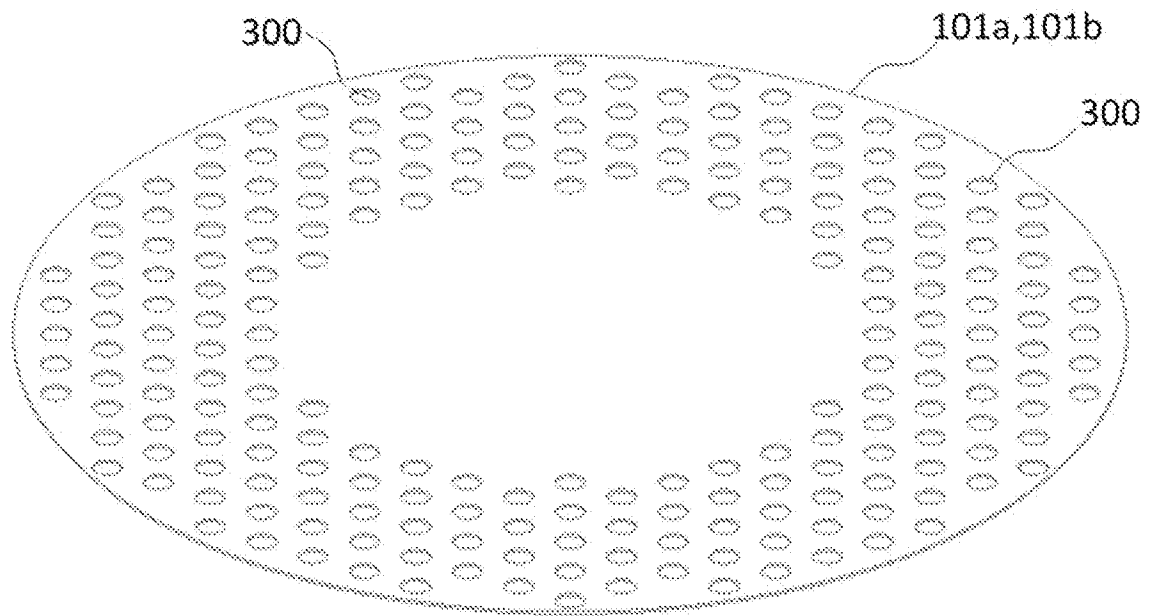
図8



n : キャリア密度、 T : 温度

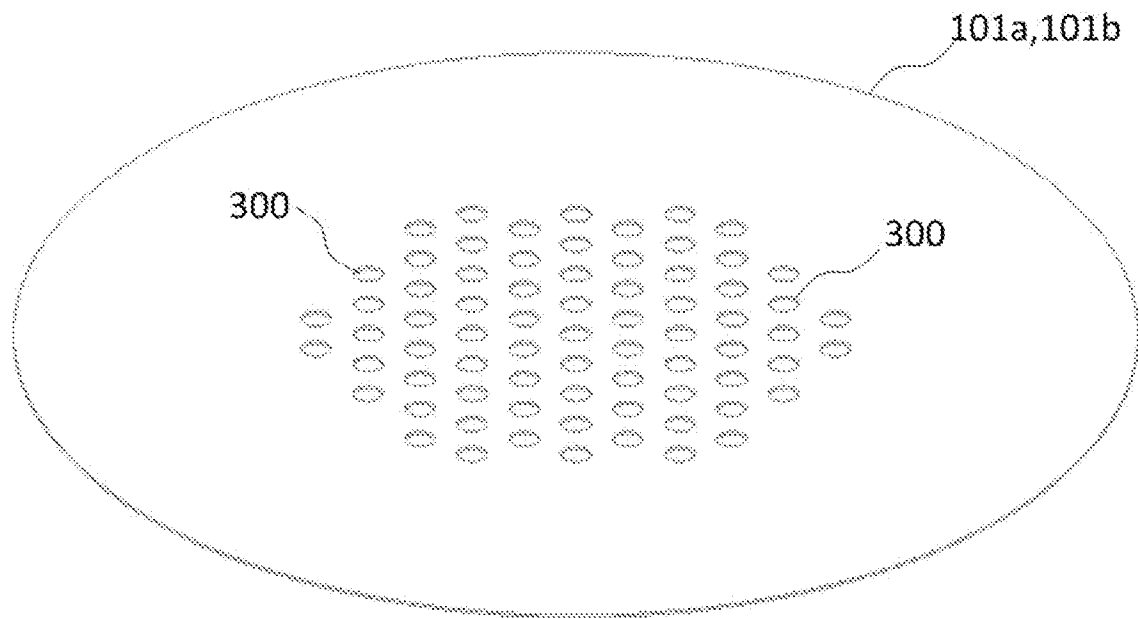
[図9]

図9



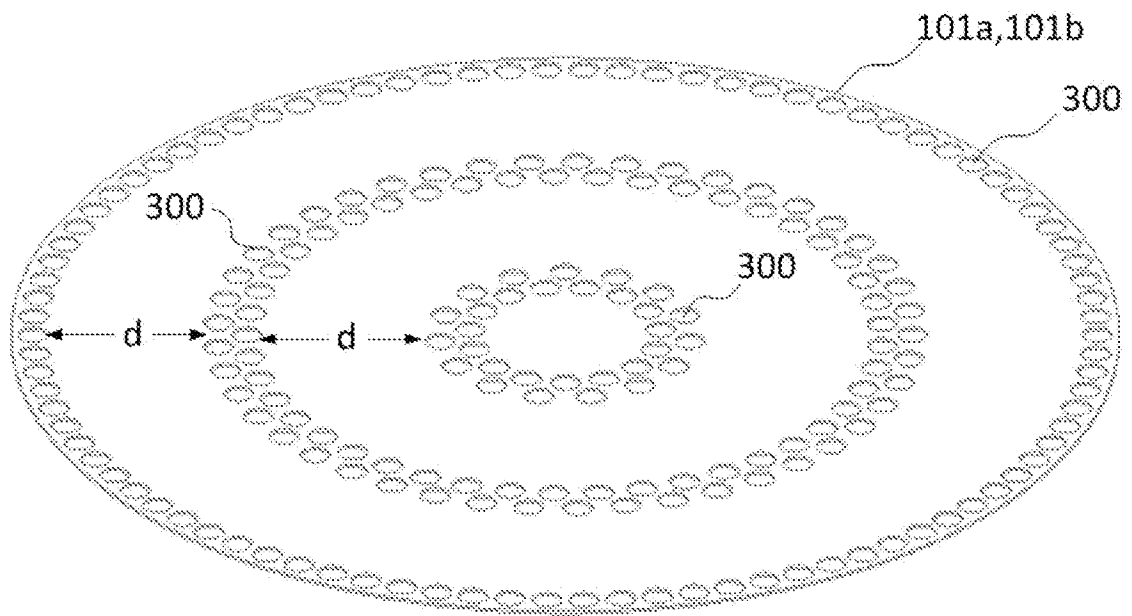
[図10]

図10



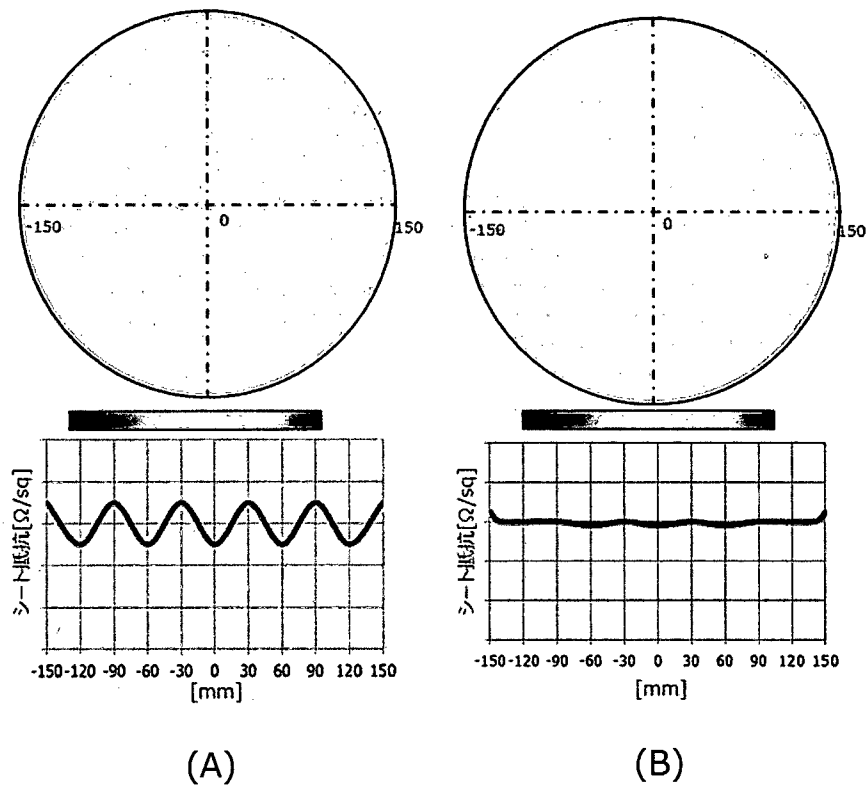
[図11]

図11



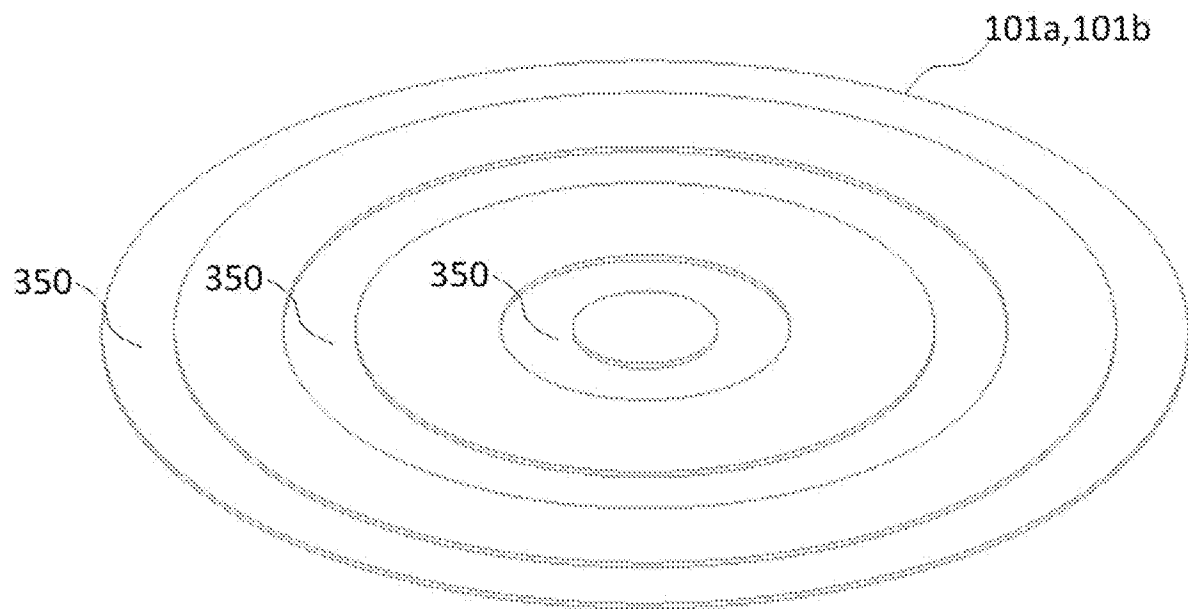
[図12]

図12



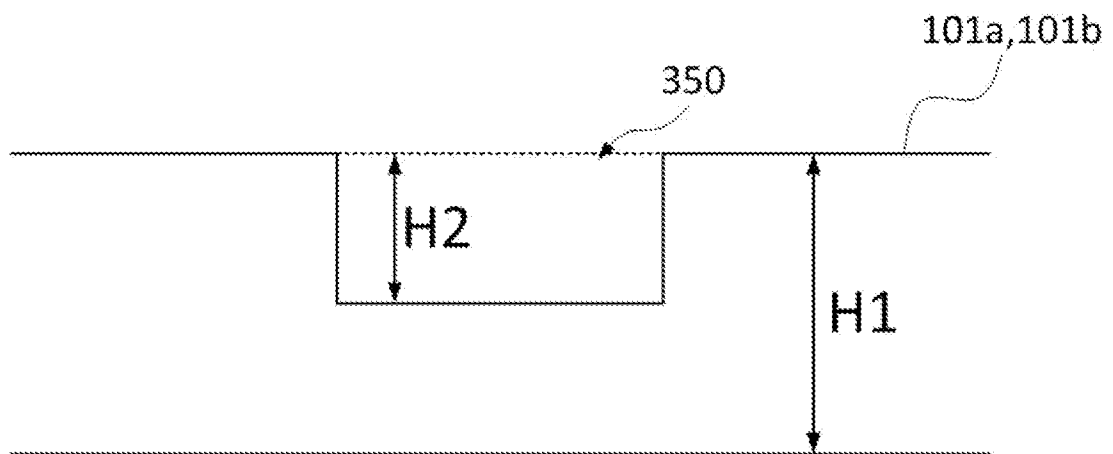
[図13]

図13



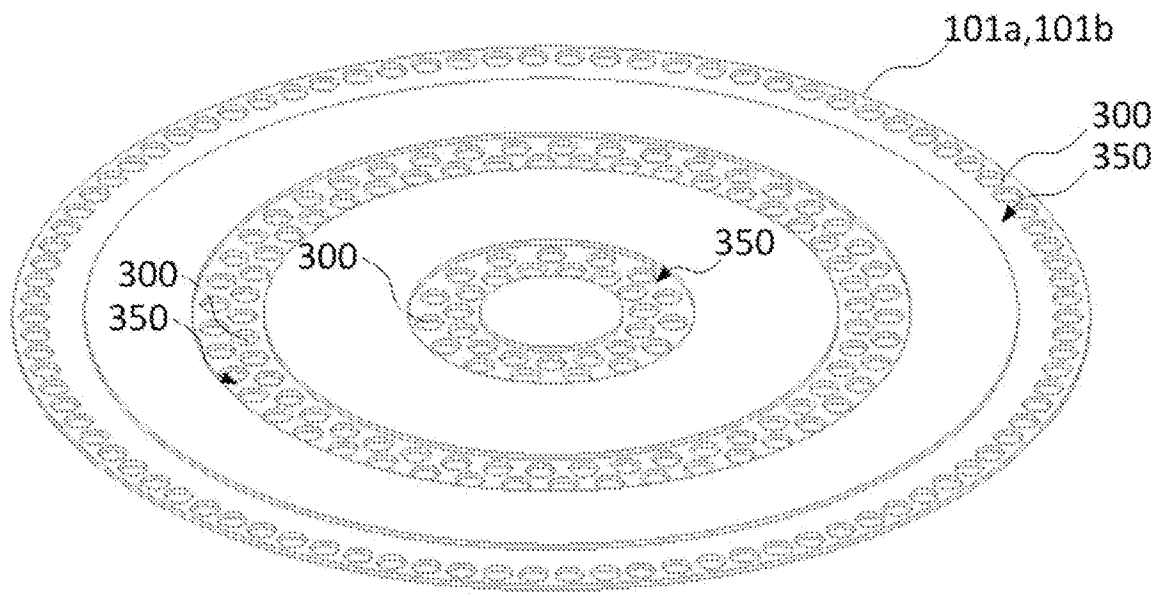
[図14]

図14



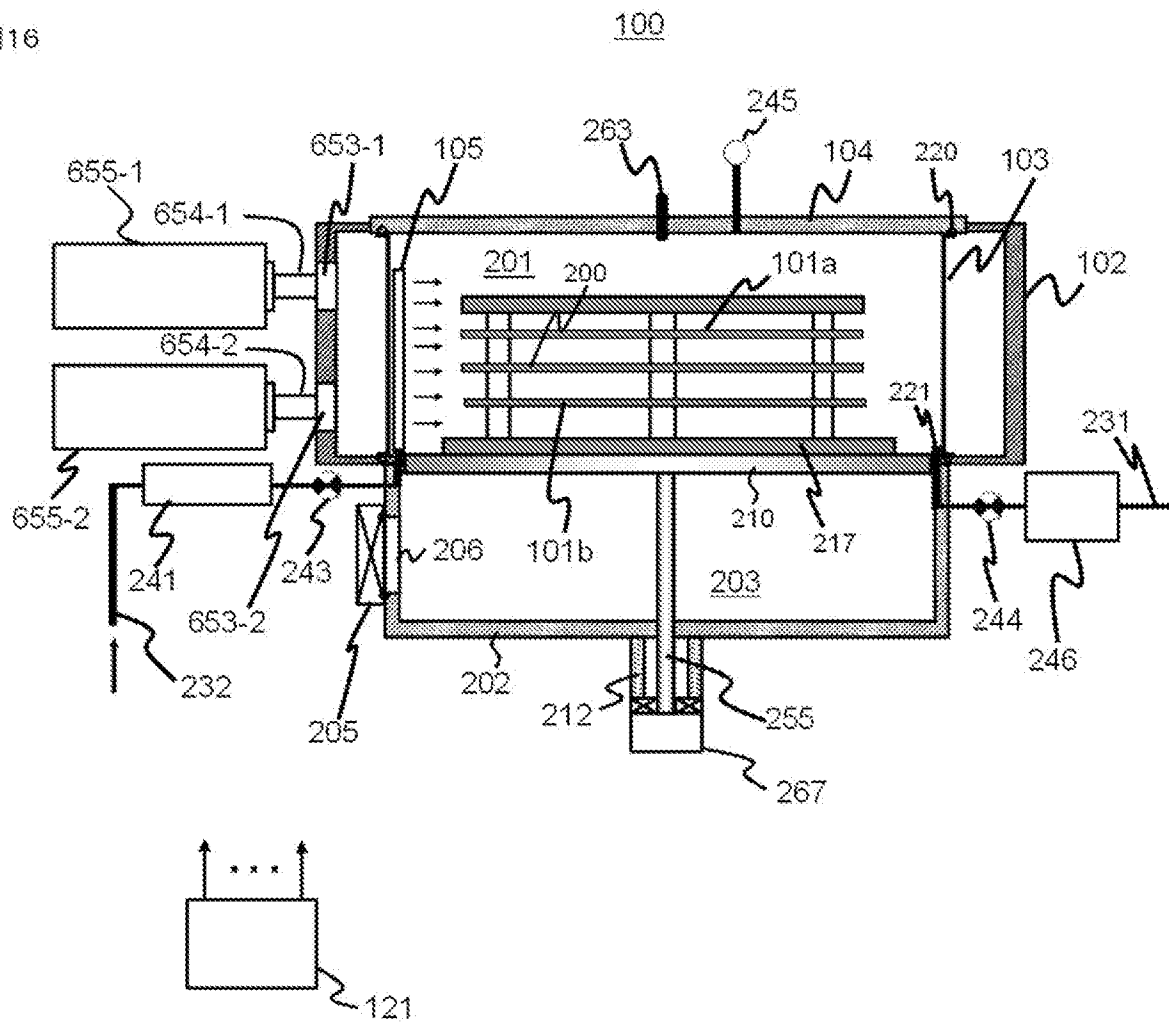
[図15]

図15



[図16]

図16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/324(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/3065(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)

H01L21/324, H01L21/205, H01L21/3065

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2014-090058 A (Tokyo Electron Ltd.), 15 May 2014 (15.05.2014), claims; paragraphs [0026] to [0033], [0064] to [0067], [0078] to [0082], [0086]; fig. 1, 6, 8 to 10 & US 2014/0117009 A1 claims; paragraphs [0034] to [0041], [0083] to [0087], [0090] to [0106], [0110]; fig. 1, 6, 8 to 10	1-15
Y	JP 05-330939 A (Mitsubishi Materials Corp.), 14 December 1993 (14.12.1993), claims; paragraphs [0019] to [0028] (Family: none)	1-15

☒ 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
09 June 2017 (09.06.17)

Date of mailing of the international search report
20 June 2017 (20.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012082

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 01-216522 A (Toshiba Corp.), 30 August 1989 (30.08.1989), claims; page 2, lower left column, line 2 to page 4, lower left column, line 5; fig. 5 to 6 (Family: none)	1-15
Y	JP 2013-073947 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 22 April 2013 (22.04.2013), paragraph [0039] (Family: none)	2, 8
A	JP 2011-094222 A (Tokki Corp.), 12 May 2011 (12.05.2011), (Family: none)	1-15
A	JP 2005-268624 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 29 September 2005 (29.09.2005), (Family: none)	1-15
A	JP 2010-517294 A (BTU International, Inc.), 20 May 2010 (20.05.2010), & US 2008/0207008 A1 & WO 2008/091613 A1 & EP 2111631 A1 & KR 10-2009-0113313 A & CN 101669191 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/324(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/3065(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（IPC））

Int.Cl. H01L21/324, H01L21/205, H01L21/3065

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2014-090058 A（東京エレクトロン株式会社）2014.05.15, 特許請求の範囲, 段落【0026】-【0033】 , 【0064】-【0067】 , 【0078】-【0082】 , 【0086】 , 第1, 6, 8-10 図 & US 2014/0117009 A1 請求の範囲, 段落【0034】-【0041】 , 【0083】-【0087】 , 【0090】-【0106】 , 【0110】 , 第1, 6, 8-10 図	1-15
Y	JP 05-330939 A（三菱マテリアル株式会社）1993.12.14, 特許請求の範囲, 段落【0019】-【0028】（ファミリーなし）	1-15

☒ 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

09.06.2017

国際調査報告の発送日

20.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

桑原 清

50

9375

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 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	JP 01-216522 A (株式会社東芝) 1989. 08. 30, 特許請求の範囲, 第 2 頁左下欄第 2 行-第 4 頁左下欄第 5 行, 第 5-6 図 (ファミリーなし)	1 - 15
Y	JP 2013-073947 A (株式会社日立国際電気) 2013. 04. 22, 段落【0039】 (ファミリーなし)	2, 8
A	JP 2011-094222 A (トッキ株式会社) 2011. 05. 12, (ファミリーなし)	1 - 15
A	JP 2005-268624 A (住友大阪セメント株式会社) 2005. 09. 29, (ファミリーなし)	1 - 15
A	JP 2010-517294 A (ビーティーユー インターナショナル インコーポレイテッド) 2010. 05. 20, & US 2008/0207008 A1 & W0 2008/091613 A1 & EP 2111631 A1 & KR 10-2009-0113313 A & CN 101669191 A	1 - 15