

(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  
2013年5月2日(02.05.2013)



(10) 国際公開番号

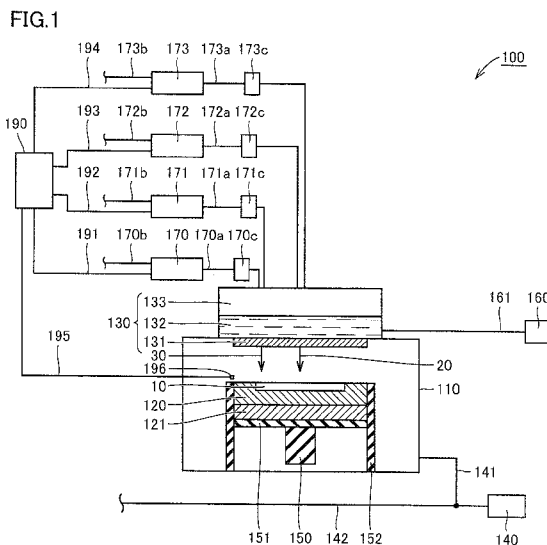
WO 2013/061659 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 21/205 (2006.01) C23C 16/52 (2006.01)  
C23C 16/455 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/068313
- (22) 国際出願日: 2012年7月19日(19.07.2012)
- (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 2011-237413 2011年10月28日(28.10.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):  
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)  
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町  
2番22号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 安福 喜代  
志(YASUFUKU, Kiyoshi). 坂上 英和(SAKAGAMI,  
Hidekazu). 小島 弘睦(KOJIMA, Hiromutsu).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami  
Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中  
之島二丁目2番7号 中之島セントラルタワー  
Osaka (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, QA,  
RO, RS, RU, RW, 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, RW, SD, SL, 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, ML, MR,  
NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: VAPOR DEPOSITION DEVICE

(54) 発明の名称: 気相成長装置

[図1]



(57) Abstract: This vapor deposition device is equipped with: a susceptor (120) that has multiple areas on the top surface and on which a substrate to be treated (10) is mounted; and a gas supply unit (130) that faces the susceptor (120) and respectively supplies multiple material gases to the multiple areas. In addition, the vapor deposition device is equipped with: multiple gas-branching mechanisms for branching the multiple material gases in the same number as that of the multiple areas according to predetermined branching ratios, and for introducing the branched material gases to the gas supply unit (130) according to predetermined flow rates; multiple mixing pipes for mixing multiple predetermined material gases among the multiple material gases, said mixing pipes being respectively connected to the multiple gas-branching mechanisms; and a control unit (190) for controlling the multiple gas-branching mechanisms. The control unit (190) sets the respective predetermined branching ratios for the multiple gas-branching mechanisms, thereby regulating the flow rates of the multiple material gases to be respectively supplied to the aforementioned multiple areas.

(57) 要約:

[続葉有]



---

被処理基板(10)が載置され、上面に複数の領域を有するサセプタ(120)と、サセプタ(120)と対向し、上記複数の領域の各々に複数の材料ガスを供給するガス供給部(130)とを備える。また、複数の材料ガスを上記複数の領域の数だけ所定の分岐比率で分岐して所定の流量でガス供給部(130)に導入するための複数のガス分岐機構と、複数の材料ガスのうちの所定の複数の材料ガスを混合し、複数のガス分岐機構とそれぞれ接続された複数の混合配管と、複数のガス分岐機構を制御する制御部(190)とを備える。制御部(190)は、複数のガス分岐機構の各々の上記所定の分岐比率を設定することにより、上記複数の領域のそれぞれにおいて供給される複数の材料ガスの流量を調整する。

## 明 細 書

発明の名称： 気相成長装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、複数の材料ガスを用いて被処理基板上に成膜する気相成長装置に関する。

### 背景技術

[0002] 化合物半導体材料を用いたMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法により、発光ダイオード、半導体レーザ、宇宙用ソーラーパワーデバイス、および、高速デバイスなどが製造されている。

[0003] MOCVD法においては、トリメチルガリウム(TMg)またはトリメチルアルミニウム(TMA)などの有機金属ガスと、アンモニア(NH<sub>3</sub>)、ホスフィン(PH<sub>3</sub>)またはアルシン(AsH<sub>3</sub>)などの水素化合物ガスとを成膜に寄与する材料ガスとして用いる。

[0004] MOCVD法は、上記の材料ガスをキャリアガスと共に成膜室内に導入して加熱し、被処理基板上で気相反応させることにより、被処理基板上に化合物半導体結晶を成長させる方法である。

[0005] MOCVD法によって所望の薄膜を形成する際、反応性を有する材料ガスによって被処理基板表面で生起される表面反応は、極めて複雑なメカニズムを有することが知られている。すなわち、材料ガスの温度、流速、圧力、材料ガスに含まれる活性化学種の種類、反応系における残留ガス成分、および、被処理基板の温度など、多数のパラメータが、上記表面反応に寄与する。そのため、MOCVD法でこれらのパラメータを制御して所望の薄膜を形成させることは極めて難しい。

[0006] MOCVD法に用いられる反応器の構成を開示した先行文献として、特表2007-521633号公報(特許文献1)がある。特許文献1に記載された反応器においては、回転ディスクの回転軸から異なる半径方向距離にある基板に向かうガスが、実質的に同一の速度を有する。軸から離れたディスク

の部分に向かうガスは、軸に近い部分に向かうガスよりも高濃度の反応ガスを含む。

[0007] 化合物半導体製造装置を開示した先行文献として、特開平6-295862号公報(特許文献2)がある。特許文献2に記載された化合物半導体製造装置においては、V族ガス、III族ガス、不純物ガスをそれぞれ独立した配管を用いて反応管に導入するとともに、ニードルバルブによってその流量を制御している。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0008] 特許文献1：特表2007-521633号公報

特許文献2：特開平6-295862号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0009] MOCVD法により処理する気相成長装置には、化合物半導体結晶の品質を向上しつつ製造コストを抑えるために、材料の歩留まりおよび処理能力を向上することが求められる。そのため、可能な限り多くの大口径の被処理基板を一括して高品質に処理可能なように、気相成長装置の大型化が図られている。

[0010] 大型の気相成長装置においては、大口径の被処理基板を多く処理するために、被処理基板を載置するサセプタが大型となる。また、処理能力を向上するために、大型のサセプタの中心部から端部まで被処理基板が敷き詰められて処理される。そのため、大型のサセプタ上に載置された複数の被処理基板の各々において、均一な膜厚および膜特性を有する化合物半導体結晶を成長させる必要がある。

[0011] 均一な膜厚および膜特性を有する化合物半導体結晶を成長させるためには、大型のサセプタ上の複数の領域毎に材料ガスの混合比および流量を調整することが必要である。

[0012] 本発明は上記の問題点に鑑みなされたものであって、サセプタ上の複数の領域毎に材料ガスの混合比および流量を調整できる気相成長装置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

[0013] 本発明に基づく気相成長装置は、被処理基板が載置され、上面に複数の領域を有するサセプタと、サセプタと対向し、上記複数の領域の各々に複数の材料ガスを供給するガス供給部とを備える。また、気相成長装置は、複数の材料ガスを上記複数の領域の数だけ所定の分岐比率で分岐して所定の流量でガス供給部に導入するための複数のガス分岐機構と、複数の材料ガスのうちの所定の複数の材料ガスを混合し、複数のガス分岐機構とそれぞれ接続された複数の混合配管と、複数のガス分岐機構を制御する制御部とを備える。制御部は、複数のガス分岐機構の各々の上記所定の分岐比率を設定することにより、上記複数の領域のそれぞれにおいて供給される複数の材料ガスの流量を調整する。

[0014] 本発明の一形態においては、制御部は、上記複数の領域のそれぞれにおいて供給される複数の材料ガスの流量と複数の材料ガスのうちの一部の材料ガスの流量とから複数の材料ガスのうちの残部の材料ガスの流量を算出する演算部を有する。制御部が、演算部の算出結果に基づいて、複数のガス分岐機構の各々により上記残部の材料ガスの流量を調整して、上記複数の領域のそれぞれに供給される複数の材料ガスの流量を所定の流量に維持する。

[0015] 本発明の一形態においては、気相成長装置は、被処理基板上に形成された膜の膜厚を検出する膜厚検出機構をさらに備える。制御部は、膜厚検出機構から入力された膜厚検出信号に基づいて、複数のガス分岐機構の各々の上記所定の分岐比率を調節し、かつ、上記所定の流量を調整する。

### 発明の効果

[0016] 本発明によれば、サセプタ上の複数の領域毎に材料ガスの混合比および流量を調整できる。

### 図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態に係るMOCVD装置の構成の一部を示す断面図である。

[図2]シャワープレートを下方から見た図である。

[図3]同実施形態に係るMOCVD装置の混合配管およびガス分岐機構の構成を示す系統図である。

[図4]同実施形態に係るMOCVD装置の制御部に関するブロック図である。

[図5]制御部の演算部によるガス分岐機構A5における流量算出過程を示すフロー図である。

[図6]制御部の演算部によるガス分岐機構B5における流量算出過程を示すフロー図である。

[図7]制御部の演算部によるガス分岐機構G5における流量算出過程を示すフロー図である。

[図8]制御部の演算部によるガス分岐機構H5における流量算出過程を示すフロー図である。

[図9]制御部の演算部によるガス分岐機構C5における流量算出過程を示すフロー図である。

[図10]制御部の演算部によるガス分岐機構D5における流量算出過程を示すフロー図である。

[図11]制御部の演算部によるマスフローコントローラE1における流量算出過程を示すフロー図である。

[図12]制御部の演算部によるマスフローコントローラE2における流量算出過程を示すフロー図である。

[図13]制御部の演算部によるマスフローコントローラF1における流量算出過程を示すフロー図である。

[図14]制御部の演算部によるマスフローコントローラF2における流量算出過程を示すフロー図である。

### 発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の一実施形態に係る気相成長装置について説明する。以下の

実施形態の説明においては、図中の同一または相当部分には同一符号を付して、その説明は繰り返さない。また、気相成長装置の一例として、縦型シャワーヘッド型のMOCVD装置について説明する。

[0019] 図1は、本発明の一実施形態に係るMOCVD装置の構成の一部を示す断面図である。図2は、シャワープレートを下方から見た図である。図3は、本実施形態に係るMOCVD装置の混合配管およびガス分岐機構の構成を示す系統図である。

[0020] 図1に示すように、本発明の一実施形態に係るMOCVD装置100は、被処理基板10が内部で処理される成膜室110を備えている。成膜室110内には、被処理基板10が載置される平面視円形状のサセプタ120が配置されている。

[0021] サセプタ120上は、複数の領域に規定される。本実施形態においては、後述するシャワーヘッド130から図1の矢印20で示すように混合ガスを噴き付けられるサセプタ120の中心側領域と、矢印30で示すように混合ガスを噴き付けられるサセプタ120の縁側領域との2つの領域が規定されている。

[0022] ただし、複数の領域はこれに限られず、サセプタ120の大きさ、サセプタ120に載置される複数の被処理基板10の配置、および、後述するガス排気部141の位置などの種々の条件により、被処理基板10上における化合物半導体の結晶成長を考慮して適宜規定される。

[0023] サセプタ120の下方には、平面視円形状のヒータ121が配置されている。ヒータ121は、平面視円形状の支持台151上に配置されている。支持台151の中心の下部に回転軸150の一端が接続されている。回転軸150の他端には、図示しないアクチュエータが接続されており、回転軸150は軸中心に回転可能にされている。回転軸150の中心軸上に、サセプタ120、ヒータ121および支持台151の中心が位置している。

[0024] サセプタ120、ヒータ121および支持台151の周側面を覆うように、ヒータカバー152が設けられている。MOCVD装置100は、サセプ

タ 1 2 0、ヒータ 1 2 1、支持台 1 5 1 およびヒータカバー 1 5 2 を含む。

[0025] 成膜室 1 1 0 の上部には、サセプタ 1 2 0 と対向し、被処理基板 1 0 上に複数の材料ガスを供給するガス供給部であるシャワーヘッド 1 3 0 が設けられている。シャワーヘッド 1 3 0 は、シャワープレート 1 3 1、水冷部 1 3 2 および中空部 1 3 3 を含む。

[0026] 図 2 に示すように、シャワープレート 1 3 1 は、被処理基板 1 0 上に混合ガスを噴き付けるための複数の開口 1 3 1 a を有している。複数の開口 1 3 1 a のうち、シャワープレート 1 3 1 の中心側領域 2 0 a に位置する開口 1 3 1 a から、上述したサセプタ 1 2 0 上の中心側領域に混合ガスが噴き付けられる。また、複数の開口 1 3 1 a のうち、シャワープレート 1 3 1 の縁側領域 3 0 a に位置する開口 1 3 1 a から、上述したサセプタ 1 2 0 上の縁側領域に混合ガスが噴き付けられる。図 1 に示すように、シャワープレート 1 3 1 の下面は、サセプタ 1 2 0 の上面と平行に対向している。

[0027] 水冷部 1 3 2 は、シャワーヘッド 1 3 0 を水冷するための冷却水が循環する部位である。水冷部 1 3 2 には、ポンプ、水供給源および冷却源を含む水冷装置 1 6 0 から冷却用配管 1 6 1 を通じて冷却水が供給される。

[0028] 中空部 1 3 3 には、後述する複数の混合配管が接続されている。中空部 1 3 3 の内部は、複数の混合配管内およびシャワープレート 1 3 1 の複数の開口 1 3 1 a と連通している。MOCVD 装置 1 0 0 は、シャワーヘッド 1 3 0 を含む。

[0029] また、MOCVD 装置 1 0 0 は、成膜室 1 1 0 の内部を排気するためのガス排気部 1 4 1 と、ガス排気部 1 4 1 に接続されたパージライン 1 4 2 と、パージライン 1 4 2 に接続された排ガス処理装置 1 4 0 とを含む。

[0030] これらにより、成膜室 1 1 0 の内部に導入された混合ガスはガス排気部 1 4 1 によって成膜室 1 1 0 の外部に排気され、排気された混合ガスはパージライン 1 4 2 を通って排ガス処理装置 1 4 0 に送られ、排ガス処理装置 1 4 0 において無害化される。

[0031] 本実施形態に係る MOCVD 装置 1 0 0 により被処理基板 1 0 に薄膜を形

成する際には、混合ガスをシャワーヘッド 130 から成膜室 110 内へ供給する。このとき、回転しているサセプタ 120 を介してヒータ 121 により被処理基板 10 を加熱する。加熱された被処理基板 10 上で化学反応が起こることにより、被処理基板 10 上に薄膜が形成される。被処理基板 10 上を通過した混合ガスは、ガス排気部 141 から排気される。

[0032] 以下、MOCVD 装置 100 に含まれる、シャワーヘッド 130 に複数の混合ガスを送る配管系統について説明する。

[0033] 本実施形態に係る MOCVD 装置 100 においては、被処理基板 10 上に化合物半導体の薄膜を形成するための複数の材料ガスとして、Ⅲ族元素を含むⅢ族材料ガス、Ⅴ族元素を含むⅤ族材料ガス、および、不純物元素を含むドーピング材料ガスを用いる。ただし、複数の材料ガスはこれに限られず、たとえば、Ⅲ族元素を含むⅢ族材料ガス、ⅤⅢ族元素を含むⅤⅢ族材料ガス、および、不純物元素を含むドーピング材料ガスを用いてもよい。

[0034] Ⅲ族元素としては、たとえば、Ga (ガリウム)、Al (アルミニウム) または In (インジウム) などがある。Ⅲ族材料ガスとしては、たとえば、トリメチルガリウム (TMG) またはトリメチルアルミニウム (TMA) などの有機金属ガスを用いることができる。

[0035] Ⅴ族元素としては、たとえば、N (窒素)、P (リン) または As (ヒ素) などがある。Ⅴ族材料ガスとしては、たとえば、アンモニア ( $\text{NH}_3$ )、ホスフィン ( $\text{PH}_3$ ) またはアルシン ( $\text{AsH}_3$ ) などの水素化合物ガスを用いることができる。

[0036] 不純物元素としては、Mg (マグネシウム) または Si (シリコン) などがある。ドーピング材料ガスとしては、 $\text{Cp}_2\text{Mg}$  (bis-cyclopentadienyl Mg) ガスまたは  $\text{SiH}_4$  ガスなどを用いることができる。

[0037] 図 1 に示すように、MOCVD 装置 100 は、サセプタ 120 の縁側領域にⅢ族材料ガスを含むⅢ族系混合ガスの供給源となるⅢ族系混合ガス縁側供給源 170 を備えている。また、MOCVD 装置 100 は、サ

セプタ 120 の縁側領域に V 族材料ガスを含む V 族系混合ガスの供給源となる V 族系混合ガス縁側供給源 171 を備えている。

[0038] また、MOCVD 装置 100 は、サセプタ 120 の中心側領域に III 族材料ガスを含む III 族系混合ガスの供給源となる III 族系混合ガス中心側供給源 172 を備えている。また、MOCVD 装置 100 は、サセプタ 120 の中心側領域に V 族材料ガスを含む V 族系混合ガスの供給源となる V 族系混合ガス縁側供給源 173 を備えている。

[0039] III 族系混合ガス縁側供給源 170 は、流量調節機構であるマスフローコントローラ 170c が接続された III 族系縁側混合配管 170a によりシャワーヘッド 130 に接続されている。V 族系混合ガス縁側供給源 171 は、マスフローコントローラ 171c が接続された V 族系縁側混合配管 171a によりシャワーヘッド 130 に接続されている。

[0040] III 族系混合ガス中心側供給源 172 は、マスフローコントローラ 172c が接続された III 族系中心側混合配管 172a によりシャワーヘッド 130 に接続されている。V 族系混合ガス中心側供給源 173 は、マスフローコントローラ 173c が接続された V 族系中心側混合配管 173a によりシャワーヘッド 130 に接続されている。

[0041] MOCVD 装置 100 は、MOCVD 装置 100 に含まれる全てのマスフローコントローラを制御する制御部 190 を備えている。制御部 190 は、配線 191 により III 族系混合ガス縁側供給源 170 と接続され、配線 192 により V 族系混合ガス縁側供給源 171 と接続され、配線 193 により III 族系混合ガス中心側供給源 172 と接続され、配線 194 により V 族系混合ガス中心側供給源 173 と接続されている。

[0042] III 族系混合ガス縁側供給源 170 における混合ガスの流量を調整する全てのマスフローコントローラは、III 族系混合ガス縁側供給源 170 を介して図示しない配線により制御部 190 と接続されている。

[0043] V 族系混合ガス縁側供給源 171 における混合ガスの流量を調整する全てのマスフローコントローラは、V 族系混合ガス縁側供給源 171 を介して図

示しない配線により制御部 190 と接続されている。

[0044] III 族系混合ガス中心側供給源 172 における混合ガスの流量を調整する全てのマスフローコントローラは、III 族系混合ガス中心側供給源 172 を介して図示しない配線により制御部 190 と接続されている。

[0045] V 族系混合ガス中心側供給源 173 における混合ガスの流量を調整する全てのマスフローコントローラは、V 族系混合ガス中心側供給源 173 を介して図示しない配線により制御部 190 と接続されている。

[0046] また、本実施形態に係る MOCVD 装置 100 は、被処理基板 10 上に形成された膜の膜厚を検出する膜厚検出機構である膜厚センサー 196 を備える。膜厚センサー 196 は、配線 195 により制御部 190 と接続されている。

[0047] 図 3 に示すように、MOCVD 装置 100 は、キャリアガス供給源 180、第 III 族材料ガス供給源 181、第 II 族材料ガス供給源 182、第 V 族材料ガス供給源 183、第 II 族材料ガス供給源 184、第 1 ドーピング材料ガス供給源 185、および、第 2 ドーピング材料ガス供給源 186 を備えている。

[0048] キャリアガス供給源 180 は、キャリアガスとして、たとえば、 $H_2$  ガスを供給する。キャリアガス供給源 180 は、キャリアライン 180a に接続されている。キャリアライン 180a は、マスフローコントローラ A1, A2, B1, B2, C2, D2, G1, G2, H1, H2 と接続されている。

[0049] また、キャリアライン 180a は、キャリアライン 180b およびキャリアライン 180c と接続されている。キャリアライン 180b は、マスフローコントローラ E1 が接続された III 族系縁側混合配管 170b と、マスフローコントローラ E2 が接続された III 族系中心側混合配管 172b とに分岐されている。

[0050] キャリアライン 180c は、マスフローコントローラ F1 が接続された V 族系縁側混合配管 171b と、マスフローコントローラ F2 が接続された V 族系中心側混合配管 173b とに分岐されている。

[0051] 第111族材料ガス供給源181は、たとえば、TMGガスを供給する。第111族材料ガス供給源181は、バブリング装置に接続されている。このバブリング装置の導入側は、バルブを介して、マスフローコントローラA1が接続されたキャリアラインと接続されている。このバブリング装置の導出側は、バルブを介して、マスフローコントローラA2が接続されたキャリアラインと接続されている。

[0052] マスフローコントローラA2が接続されたキャリアラインは、微差圧仕様のマスフローコントローラA3およびマスフローコントローラA4を備えたガス分岐機構A5により分岐されている。マスフローコントローラA3が接続されている側は、111族系縁側混合配管170bに接続されている。マスフローコントローラA4が接続されている側は、111族系中心側混合配管172bに接続されている。

[0053] 第211族材料ガス供給源182は、たとえば、TMAガスを供給する。第211族材料ガス供給源182は、バブリング装置に接続されている。このバブリング装置の導入側は、バルブを介して、マスフローコントローラB1が接続されたキャリアラインと接続されている。このバブリング装置の導出側は、バルブを介して、マスフローコントローラB2が接続されたキャリアラインと接続されている。

[0054] マスフローコントローラB2が接続されたキャリアラインは、微差圧仕様のマスフローコントローラB3およびマスフローコントローラB4を備えたガス分岐機構B5により分岐されている。マスフローコントローラB3が接続されている側は、111族系縁側混合配管170bに接続されている。マスフローコントローラB4が接続されている側は、111族系中心側混合配管172bに接続されている。

[0055] 第1ドーピング材料ガス供給源185は、たとえば、Cp<sub>2</sub>Mgガスを供給する。第1ドーピング材料ガス供給源185は、バブリング装置に接続されている。このバブリング装置の導入側は、バルブを介して、マスフローコントローラG1が接続されたキャリアラインと接続されている。このバブリン

グ装置の導出側は、バルブを介して、マスフローコントローラG 2が接続されたキャリアラインと接続されている。

[0056] マスフローコントローラG 2が接続されたキャリアラインは、微差圧仕様のマスフローコントローラG 3およびマスフローコントローラG 4を備えたガス分岐機構G 5により分岐されている。マスフローコントローラG 3が接続されている側は、I I I族系縁側混合配管1 7 0 bに接続されている。マスフローコントローラG 4が接続されている側は、I I I族系中心側混合配管1 7 2 bに接続されている。

[0057] 第2ドーピング材料ガス供給源1 8 6は、たとえば、 $\text{SiH}_4$ ガスを供給する。第2ドーピング材料ガス供給源1 8 6は、バブリング装置に接続されている。このバブリング装置の導入側は、バルブを介して、マスフローコントローラH 1が接続されたキャリアラインと接続されている。このバブリング装置の導出側は、バルブを介して、マスフローコントローラH 2が接続されたキャリアラインと接続されている。

[0058] マスフローコントローラH 2が接続されたキャリアラインは、微差圧仕様のマスフローコントローラH 3およびマスフローコントローラH 4を備えたガス分岐機構H 5により分岐されている。マスフローコントローラH 3が接続されている側は、I I I族系縁側混合配管1 7 0 bに接続されている。マスフローコントローラH 4が接続されている側は、I I I族系中心側混合配管1 7 2 bに接続されている。

[0059] 第1 V族材料ガス供給源1 8 3は、たとえば、 $\text{NH}_3$ ガスを供給する。第1 V族材料ガス供給源1 8 3は、マスフローコントローラC 1が接続された配管の一端と接続されている。この配管の他端側は、マスフローコントローラC 2が接続されたキャリアラインに接続されている。

[0060] マスフローコントローラC 2が接続されたキャリアラインは、微差圧仕様のマスフローコントローラC 3およびマスフローコントローラC 4を備えたガス分岐機構C 5により分岐されている。マスフローコントローラC 3が接続されている側は、V族系縁側混合配管1 7 1 bに接続されている。マスフ

ローコントローラC 4 が接続されている側は、V 族系中心側混合配管 1 7 3 b に接続されている。

[0061] 第2 V 族材料ガス供給源 1 8 4 は、たとえば、 $AsH_3$ ガスを供給する。第2 V 族材料ガス供給源 1 8 4 は、マスフローコントローラD 1 が接続された配管の一端と接続されている。この配管の他端側は、マスフローコントローラD 2 が接続されたキャリアラインに接続されている。

[0062] マスフローコントローラD 2 が接続されたキャリアラインは、微差圧仕様のマスフローコントローラD 3 およびマスフローコントローラD 4 を備えたガス分岐機構D 5 により分岐されている。マスフローコントローラD 3 が接続されている側は、V 族系縁側混合配管 1 7 1 b に接続されている。マスフローコントローラD 4 が接続されている側は、V 族系中心側混合配管 1 7 3 b に接続されている。

[0063] 以下に、各材料ガスの供給方法および流量調整方法について説明する。図4 は、本実施形態に係るMOCVD装置の制御部に関するブロック図である。図5 は、制御部の演算部によるガス分岐機構A 5 における流量算出過程を示すフロー図である。図6 は、制御部の演算部によるガス分岐機構B 5 における流量算出過程を示すフロー図である。図7 は、制御部の演算部によるガス分岐機構G 5 における流量算出過程を示すフロー図である。

[0064] 図8 は、制御部の演算部によるガス分岐機構H 5 における流量算出過程を示すフロー図である。図9 は、制御部の演算部によるガス分岐機構C 5 における流量算出過程を示すフロー図である。図10 は、制御部の演算部によるガス分岐機構D 5 における流量算出過程を示すフロー図である。

[0065] 図4 に示すように、制御部 1 9 0 には、膜厚センサー 1 9 6 などの外部装置から送られた信号が入力される入力部 1 9 0 A と、ガス流量を算出する演算部 1 9 0 B とを含む。制御部 1 9 0 は、ガス流量設定用の結晶成長シーケンス作成用プログラムが記録された記憶部 1 9 0 C から適宜プログラムを読み込んで、演算部 1 9 0 B においてガス流量を算出する。

[0066] 制御部 1 9 0 は、演算部 1 9 0 B の算出結果に基づいて各マスフローコン

トローラ A 1 ~ H 4 に流量調整信号を出力することにより、ガス分岐機構 A 5, B 5, C 5, D 5, G 5, H 5 を制御してガス流量を調整する。

[0067] 図 3 に示すように、マスフローコントローラ A 1 にてキャリアガスをバブリング装置内に導入し、シリンダ内でバブリングさせて T M G ガスを発生させる。マスフローコントローラ A 1 から導入されるキャリアガスの流量により、T M G ガスの発生量が決定される。

[0068] 発生した T M G ガスは、マスフローコントローラ A 2 から送られたキャリアガスと混合される。マスフローコントローラ A 2 から送られるキャリアガスの流量により、T M G ガスの濃度および総流量が決定される。

[0069] キャリアガスと混合された T M G ガスの一部は、マスフローコントローラ A 3 にて流量制御されて I I I 族系縁側混合配管 1 7 0 b に送られる。キャリアガスと混合された T M G ガスの残部は、マスフローコントローラ A 4 にて流量制御されて I I I 族系中心側混合配管 1 7 2 b に送られる。

[0070] T M G ガスに関する流量調整は次のように行なわれる。図 5 に示すように、演算部 1 9 0 B は、ガス分岐機構 A 5 へのガス流入量を所定の固定値  $S a 5 (s l m)$  に設定する (T 1 0)。次に、マスフローコントローラ A 1 における流量を  $S a 1 (s l m)$  に設定する (T 1 1)。その結果、マスフローコントローラ A 2 における流量  $S a 2 (s l m)$  を  $S a 5 - S a 1$  として算出する (T 1 2)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラ A 2 による流量調整が行なわれる。

[0071] 同様に、キャリアガスと混合された T M A ガスの一部は、マスフローコントローラ B 3 にて流量制御されて I I I 族系縁側混合配管 1 7 0 b に送られる。キャリアガスと混合された T M A ガスの残部は、マスフローコントローラ B 4 にて流量制御されて I I I 族系中心側混合配管 1 7 2 b に送られる。

[0072] T M A ガスに関する流量調整は次のように行なわれる。図 6 に示すように、演算部 1 9 0 B は、ガス分岐機構 B 5 へのガス流入量を所定の固定値  $S b 5 (s l m)$  に設定する (T 2 0)。次に、マスフローコントローラ B 1 における流量を  $S b 1 (s l m)$  に設定する (T 2 1)。その結果、マスフローコント

ローラB2における流量 $S_{b2}$  (s l m)を $S_{b5} - S_{b1}$ として算出する(T22)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラB2による流量調整が行なわれる。

[0073] キャリアガスと混合された $Cp_2Mg$ ガスの一部は、マスフローコントローラG3にて流量制御されてIII族系縁側混合配管170bに送られる。キャリアガスと混合された $Cp_2Mg$ ガスの残部は、マスフローコントローラG4にて流量制御されてIII族系中心側混合配管172bに送られる。

[0074]  $Cp_2Mg$ ガスに関する流量調整は次のように行なわれる。図7に示すように、演算部190Bは、ガス分岐機構G5へのガス流入量を所定の固定値 $S_{g5}$  (s l m)に設定する(T30)。次に、マスフローコントローラG1における流量を $S_{g1}$  (s l m)に設定する(T31)。その結果、マスフローコントローラG2における流量 $S_{g2}$  (s l m)を $S_{g5} - S_{g1}$ として算出する(T32)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラG2による流量調整が行なわれる。

[0075] キャリアガスと混合された $SiH_4$ ガスの一部は、マスフローコントローラH3にて流量制御されてIII族系縁側混合配管170bに送られる。キャリアガスと混合された $SiH_4$ ガスの残部は、マスフローコントローラH4にて流量制御されてIII族系中心側混合配管172bに送られる。

[0076]  $SiH_4$ ガスに関する流量調整は次のように行なわれる。図8に示すように、演算部190Bは、ガス分岐機構H5へのガス流入量を所定の固定値 $S_{h5}$  (s l m)に設定する(T40)。次に、マスフローコントローラH1における流量を $S_{h1}$  (s l m)に設定する(T41)。その結果、マスフローコントローラH2における流量 $S_{h2}$  (s l m)を $S_{h5} - S_{h1}$ として算出する(T42)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラH2による流量調整が行なわれる。

[0077] このように、III族系縁側混合配管170bおよびIII族系中心側混合配管172bの各々において、複数のIII族系材料ガスおよび複数のドーピング材料ガスが混合される。

- [0078] さらに、マスフローコントローラE 1にてキャリアガスが流量制御されてⅠⅠⅠ族系縁側混合配管170bに送られる。マスフローコントローラE 1から送られるキャリアガスの流量により、ⅠⅠⅠ族系混合ガス縁側供給源170に到達する混合ガスの総流量が決定される。
- [0079] マスフローコントローラE 2にてキャリアガスが流量制御されてⅠⅠⅠ族系中心側混合配管172bに送られる。マスフローコントローラE 2から送られるキャリアガスの流量により、ⅠⅠⅠ族系混合ガス中心側供給源172に到達する混合ガスの総流量が決定される。
- [0080] 図11は、制御部の演算部によるマスフローコントローラE 1における流量算出過程を示すフロー図である。図12は、制御部の演算部によるマスフローコントローラE 2における流量算出過程を示すフロー図である。
- [0081] マスフローコントローラE 1における流量調整は次のように行なわれる。図11に示すように、演算部190Bは、ⅠⅠⅠ族系混合ガス縁側供給源170の総流量を所定の固定値 $S_{30}$ (slm)に設定する(T100)。次に、演算部190Bは、各ガス分岐機構における材料ガスの分岐比率を所定の分岐比率に設定する。演算部190Bは、その分岐比率に従って分岐された各材料ガスの合計流量からキャリアガス流量を算出する。なお、分岐比率とは、縁側混合配管に送られる割合とする。
- [0082] 具体的には、演算部190Bは、ガス分岐機構A5の分岐比率を $R_{a5}$ (%)に設定する(T110)。演算部190Bは、既にT10工程で設定されたガス分岐機構A5へのガス流入量 $S_{a5}$ (slm)を用いて、ⅠⅠⅠ族系縁側混合配管170bに送られるTMGガスの流量 $S_{a3}$ (slm)を $S_{a5} \times R_{a5} / 100$ として算出する(T111)。
- [0083] 同様に、演算部190Bは、ガス分岐機構B5の分岐比率を $R_{b5}$ (%)に設定する(T120)。演算部190Bは、既にT20工程で設定されたガス分岐機構B5へのガス流入量 $S_{b5}$ (slm)を用いて、ⅠⅠⅠ族系縁側混合配管170bに送られるTMAガスの流量 $S_{b3}$ (slm)を $S_{b5} \times R_{b5} / 100$ として算出する(T121)。

- [0084] 同様に、演算部190Bは、ガス分岐機構G5の分岐比率を $R_{g5}(\%)$ に設定する(T130)。演算部190Bは、既にT30工程で設定されたガス分岐機構G5へのガス流入量 $S_{g5}(slm)$ を用いて、III族系縁側混合配管170bに送られる $CP_2Mg$ ガスの流量 $S_{g3}(slm)$ を $S_{g5} \times R_{g5} / 100$ として算出する(T131)。
- [0085] 同様に、演算部190Bは、ガス分岐機構H5の分岐比率を $R_{h5}(\%)$ に設定する(T140)。演算部190Bは、既にT40工程で設定されたガス分岐機構H5へのガス流入量 $S_{h5}(slm)$ を用いて、III族系縁側混合配管170bに送られる $SiH_4$ ガスの流量 $S_{h3}(slm)$ を $S_{h5} \times R_{h5} / 100$ として算出する(T141)。
- [0086] 演算部190Bは、算出した各材料ガスの流量の合計流量( $S_{a3} + S_{b3} + S_{g3} + S_{h3}$ )を用いて、マスフローコントローラE1における流量 $S_{e1}(slm)$ を $S_{30} - (S_{a3} + S_{b3} + S_{g3} + S_{h3})$ として算出する(T150)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラE1による流量調整が行なわれる。
- [0087] 同様に、マスフローコントローラE2における流量調整は次のように行なわれる。図12に示すように、演算部190Bは、III族系混合ガス中心側供給源172の総流量を所定の固定値 $S_{30a}(slm)$ に設定する(T200)。
- [0088] 演算部190Bは、上記T110工程で設定されたガス分岐機構A5の分岐比率と、既にT10工程で設定されたガス分岐機構A5へのガス流入量 $S_{a5}(slm)$ を用いて、III族系中心側混合配管172bに送られるTMGガスの流量 $S_{a4}(slm)$ を $S_{a5} \times (1 - R_{a5} / 100)$ として算出する(T211)。
- [0089] 同様に、演算部190Bは、上記T120工程で設定されたガス分岐機構B5の分岐比率と、既にT20工程で設定されたガス分岐機構B5へのガス流入量 $S_{b5}(slm)$ を用いて、III族系中心側混合配管172bに送られるTMAガスの流量 $S_{b4}(slm)$ を $S_{b5} \times (1 - R_{b5} / 100)$ とし

て算出する(T 2 2 1)。

[0090] 同様に、演算部 1 9 0 B は、上記 T 1 3 0 工程で設定されたガス分岐機構 G 5 の分岐比率と、既に T 3 0 工程で設定されたガス分岐機構 G 5 へのガス流入量  $S_{g5}$  (s l m) を用いて、I I I 族系中心側混合配管 1 7 2 b に送られる  $Cp_2Mg$  ガスの流量  $S_{g4}$  (s l m) を  $S_{g5} \times (1 - R_{g5} / 100)$  として算出する(T 2 3 1)。

[0091] 同様に、演算部 1 9 0 B は、上記 T 1 4 0 工程で設定されたガス分岐機構 H 5 の分岐比率と、既に T 4 0 工程で設定されたガス分岐機構 H 5 へのガス流入量  $S_{h5}$  (s l m) を用いて、I I I 族系中心側混合配管 1 7 2 b に送られる  $SiH_4$  ガスの流量  $S_{h4}$  (s l m) を  $S_{h5} \times (1 - R_{h5} / 100)$  として算出する(T 2 4 1)。

[0092] 演算部 1 9 0 B は、算出した各材料ガスの流量の合計流量 ( $S_{a4} + S_{b4} + S_{g4} + S_{h4}$ ) を用いて、マスフローコントローラ E 2 における流量  $S_{e2}$  (s l m) を  $S_{30a} - (S_{a4} + S_{b4} + S_{g4} + S_{h4})$  として算出する(T 2 5 0)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラ E 2 による流量調整が行なわれる。

[0093] 図 3 に示すように、マスフローコントローラ C 1 にて流量を調整して第 1 V 族材料ガス供給源 1 8 3 から  $NH_3$  ガスを送出する。 $NH_3$  ガスは、マスフローコントローラ C 2 から送られたキャリアガスと混合される。マスフローコントローラ C 2 から送られるキャリアガスの流量により、 $NH_3$  ガスの濃度および総流量が決定される。

[0094] キャリアガスと混合された  $NH_3$  ガスの一部は、マスフローコントローラ C 3 にて流量制御されて V 族系縁側混合配管 1 7 1 b に送られる。キャリアガスと混合された  $NH_3$  ガスの残部は、マスフローコントローラ C 4 にて流量制御されて V 族系中心側混合配管 1 7 3 b に送られる。

[0095]  $NH_3$  ガスに関する流量調整は次のように行なわれる。図 9 に示すように、演算部 1 9 0 B は、ガス分岐機構 C 5 へのガス流入量を所定の固定値  $S_{c5}$  (s l m) に設定する(T 5 0)。次に、マスフローコントローラ C 1 における流

量を  $S_{c1}$  (slm) に設定する (T51)。その結果、マスフローコントローラ C2 における流量  $S_{c2}$  (slm) を  $S_{c5} - S_{c1}$  として算出する (T52)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラ C2 による流量調整が行なわれる。

[0096] 同様に、キャリアガスと混合された  $AsH_3$  ガスの一部は、マスフローコントローラ D3 にて流量制御されて V 族系縁側混合配管 171b に送られる。キャリアガスと混合された  $AsH_3$  ガスの残部は、マスフローコントローラ D4 にて流量制御されて V 族系中心側混合配管 173b に送られる。

[0097]  $AsH_3$  ガスに関する流量調整は次のように行なわれる。図 10 に示すように、演算部 190B は、ガス分岐機構 D5 へのガス流入量を所定の固定値  $S_{d5}$  (slm) に設定する (T60)。次に、マスフローコントローラ D1 における流量を  $S_{d1}$  (slm) に設定する (T61)。その結果、マスフローコントローラ D2 における流量  $S_{d2}$  (slm) を  $S_{d5} - S_{d1}$  として算出する (T62)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラ D2 による流量調整が行なわれる。

[0098] このように、V 族系縁側混合配管 171b および V 族系中心側混合配管 173b の各々において、複数の V 族系材料ガスが混合される。

[0099] さらに、マスフローコントローラ F1 にてキャリアガスが流量制御されて V 族系縁側混合配管 171b に送られる。マスフローコントローラ F1 から送られるキャリアガスの流量により、V 族系混合ガス縁側供給源 171 に到達する混合ガスの総流量が決定される。

[0100] マスフローコントローラ F2 にてキャリアガスが流量制御されて V 族系中心側混合配管 173b に送られる。マスフローコントローラ F2 から送られるキャリアガスの流量により、V 族系混合ガス中心側供給源 173 に到達する混合ガスの総流量が決定される。

[0101] 図 13 は、制御部の演算部によるマスフローコントローラ F1 における流量算出過程を示すフロー図である。図 14 は、制御部の演算部によるマスフローコントローラ F2 における流量算出過程を示すフロー図である。

[0102] マスフローコントローラF 1における流量調整は次のように行なわれる。

図1 3に示すように、演算部1 9 0 Bは、V族系混合ガス縁側供給源1 7 1の総流量を所定の固定値 $S_{31}$  (s l m)に設定する(T 3 0 0)。次に、演算部1 9 0 Bは、各ガス分岐機構における材料ガスの分岐比率を所定の分岐比率に設定する。演算部1 9 0 Bは、その分岐比率に従って分岐された各材料ガスの合計流量からキャリアガス流量を算出する。

[0103] 具体的には、演算部1 9 0 Bは、ガス分岐機構C 5の分岐比率を $R_{c5}$  (%)に設定する(T 3 1 0)。演算部1 9 0 Bは、既にT 5 0工程で設定されたガス分岐機構C 5へのガス流入量 $S_{c5}$  (s l m)を用いて、V族系縁側混合配管1 7 1 bに送られるTMGガスの流量 $S_{c3}$  (s l m)を $S_{c5} \times R_{c5} / 100$ として算出する(T 3 1 1)。

[0104] 同様に、演算部1 9 0 Bは、ガス分岐機構D 5の分岐比率を $R_{d5}$  (%)に設定する(T 3 2 0)。演算部1 9 0 Bは、既にT 6 0工程で設定されたガス分岐機構D 5へのガス流入量 $S_{d5}$  (s l m)を用いて、V族系縁側混合配管1 7 1 bに送られるTMAガスの流量 $S_{d3}$  (s l m)を $S_{d5} \times R_{d5} / 100$ として算出する(T 3 2 1)。

[0105] 演算部1 9 0 Bは、算出した各材料ガスの流量の合計流量( $S_{c3} + S_{d3}$ )を用いて、マスフローコントローラF 1における流量 $S_{f1}$  (s l m)を $S_{31} - (S_{c3} + S_{d3})$ として算出する(T 3 5 0)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラF 1による流量調整が行なわれる。

[0106] 同様に、マスフローコントローラF 2における流量調整は次のように行なわれる。図1 4に示すように、演算部1 9 0 Bは、V族系混合ガス中心側供給源1 7 3の総流量を所定の固定値 $S_{31a}$  (s l m)に設定する(T 4 0 0)。

[0107] 演算部1 9 0 Bは、上記T 3 1 0工程で設定されたガス分岐機構C 5の分岐比率と、既にT 5 0工程で設定されたガス分岐機構C 5へのガス流入量 $S_{c5}$  (s l m)を用いて、V族系中心側混合配管1 7 3 bに送られる $NH_3$ ガスの流量 $S_{c4}$  (s l m)を $S_{c5} \times (1 - R_{c5} / 100)$ として算出する(T 4

11)。

- [0108] 同様に、演算部190Bは、上記T320工程で設定されたガス分岐機構D5の分岐比率と、既にT60工程で設定されたガス分岐機構D5へのガス流入量 $S_{d5}$ (slm)を用いて、V族系中心側混合配管173bに送られる $AsH_3$ ガスの流量 $S_{d4}$ (slm)を $S_{d5} \times (1 - R_{d5} / 100)$ として算出する(T421)。
- [0109] 演算部190Bは、算出した各材料ガスの流量の合計流量( $S_{c4} + S_{d4}$ )を用いて、マスフローコントローラF2における流量 $S_{f2}$ (slm)を $S_{31a} - (S_{c4} + S_{d4})$ として算出する(T450)。この算出結果に基づいて、マスフローコントローラF2による流量調整が行なわれる。
- [0110] 上記のように、MOCVD装置100は、シャワーヘッド130に複数の材料ガスのうちの所定の複数の材料ガスを混合してそれぞれ導入する複数の混合配管を備えている。また、MOCVD装置100は、複数の材料ガスをサセプタ120上の複数の領域の数だけ所定の分岐比率で分岐して所定の流量でシャワーヘッド130に導入するための複数のガス分岐機構A5, B5, C5, D5, G5, H5を備えている。
- [0111] 複数のガス分岐機構A5, B5, C5, D5, G5, H5の各々は、複数の材料ガスの各々の分岐比率を個別に調節する。すなわち、制御部190により複数のガス分岐機構A5, B5, C5, D5, G5, H5の各々が互いに独立して制御される。
- [0112] 制御部190は、複数のガス分岐機構A5, B5, C5, D5, G5, H5の各々の所定の分岐比率を設定することにより、サセプタ120上の複数の領域のそれぞれにおいて供給される複数の材料ガスの流量を調整する。
- [0113] 上記のように、制御部190は、サセプタ120上の複数の領域のそれぞれにおいて供給される複数の材料ガスの流量と複数の材料ガスのうちの一部の材料ガスの流量とから複数の材料ガスのうちの残部の材料ガスの流量を算出する演算部190Bを有している。
- [0114] 制御部190が、演算部190Bの算出結果に基づいて、複数のガス分岐

機構 A 5, B 5, C 5, D 5, G 5, H 5 の各々により上記残部の材料ガスの流量を調整することにより、サセプタ 1 2 0 上の複数の領域のそれぞれに供給される複数の材料ガスの流量を上記所定の流量に維持することができる。

[0115] また、制御部 1 9 0 が、マスフローコントローラ E 1, E 2, F 1, F 2 における流量を調整することにより、各混合ガス供給源 1 7 0 ~ 1 7 3 における総流量を所定の流量に維持することができる。

[0116] 本実施形態においては、複数のガス分岐機構 A 5, B 5, C 5, D 5, G 5, H 5 の各々は、2つの微差圧仕様のマスフローコントローラにより構成されているが、ガス分岐機構はフロープリッタで構成されていてもよい。

[0117] シャワーヘッド 1 3 0 は、複数の混合配管のそれぞれで混合された複数の混合ガスをサセプタ 1 2 0 上の複数の領域にそれぞれ噴き付ける。複数の混合ガスの各々においては、所定の複数の材料ガスの各々の濃度および流量が調節されている。

[0118] 具体的には、たとえば、マスフローコントローラ A 3 とマスフローコントローラ A 4 との流量比と、マスフローコントローラ B 3 とマスフローコントローラ B 4 との流量比とを、異なるように設定することにより、I I I 族系混合ガス縁側供給源 1 7 0 と I I I 族系混合ガス中心側供給源 1 7 2 とにおける複数の I I I 族材料ガスの混合比を調整できる。同様に、V 族系混合ガス縁側供給源 1 7 1 と V 族系混合ガス中心側供給源 1 7 3 とにおける複数の V 族材料ガスの混合比を調整できる。

[0119] また、複数の I I I 族材料ガスの混合比を一定にした状態で、サセプタ 1 2 0 の縁側領域に噴き付けられる混合ガス中の I I I 族系混合ガスと V 族系混合ガスとの流量比と、中心側領域に噴き付けられる混合ガス中の I I I 族系混合ガスと V 族系混合ガスとの流量比とを調整することができる。

[0120] 具体的には、たとえば、マスフローコントローラ A 3, A 4, B 3, B 4, C 3, C 4 の流量をそれぞれ、 $L_{A3}$ ,  $L_{A4}$ ,  $L_{B3}$ ,  $L_{B4}$ ,  $L_{C3}$ ,  $L_{C4}$  とする。 $L_{A3} : L_{A4} = L_{B3} : L_{B4}$  を満たしつつ、 $L_{C3} / (L_{A3} + L_{B3}) = L_{C4} / (L_{A4} + L_{B4})$  を満た

すようにすれば、サセプタ 120 の縁側領域と中心側領域とにおいて、噴き付けられる III 族系混合ガスと V 族系混合ガスとの流量比を同一にすることができる。

[0121] 逆に、 $L_{c3}$  および  $L_{c4}$  が上記の関係を満たさないように設定することにより、サセプタ 120 の縁側領域と中心側領域とにおいて、噴き付けられる III 族系混合ガスと V 族系混合ガスとの流量比を異なるようにすることができる。なお、上記の関係式は、V 族材料ガスを一種類のみ使用している場合を規定している。

[0122] 上記のように、本実施形態に係る MOCVD 装置 100 においては、サセプタ 120 上の複数の領域毎に材料ガスの混合比および流量を調整できる。その結果、多数枚、大面積の被処理基板 10 を処理する場合に、成長した結晶の層厚、組成、不純物添加量の均一性の全てを被処理基板 10 上で十分なものとすることができる。すなわち、複数の被処理基板 10 の各々において、均一な膜厚および膜特性を有する化合物半導体結晶を成長させることができる。

[0123] また、本実施形態に係る MOCVD 装置 100 は、膜厚センサー 196 を備えている。制御部 190 は、膜厚センサー 196 から入力された膜厚検出信号に基づいて、複数のガス分岐機構 A5, B5, C5, D5, G5, H5 の各々の上記所定の分岐比率を調節し、かつ、上記所定の流量を調整する。

[0124] 被処理基板 10 上に形成される膜の膜厚は、供給される III 族材料の量に依存する。そのため、膜厚センサー 196 により検出された膜厚量が設定値より小さい場合、マスフローコントローラ A1 における流量を大きくして TMG の発生量を多くする。このとき、マスフローコントローラ A2 における流量は、マスフローコントローラ A1 において大きくした流量分だけ小さくなるように制御部 190 により調整される。

[0125] このように調整することにより、ガス分岐機構 A5 に流入する TMG ガスの流量は変化せず、ガス分岐機構 A5 における分岐比率も変化させないため、III 族系縁側混合配管 170b および III 族系中心側混合配管 172

bに送られるTMGガスの合計流量は維持される。すなわち、TMGの量を多くしつつTMGガスの流量を維持することができる。

[0126] 上記の場合は、サセプタ120上の縁側領域および中心側領域の両方でTMGの量を変更した場合であるが、いずれか一方のみにおいてTMGの量を変更する場合について以下に説明する。

[0127] たとえば、サセプタ120上の縁側領域のみにおいて、供給されるTMGの量を低くする場合について説明する。マスフローコントローラA1における流量を小さくしつつ、サセプタ120上の中心側領域に供給されるTMGの量を維持するために、ガス分岐機構A5における分岐比率を変更する。具体的には、III族系中心側混合配管172bに送られるTMGガスの割合を多くして、サセプタ120上の中心側領域に供給されるTMG量が変わらないようにする。よって、サセプタ120上の縁側領域に供給されるTMG量のみが低下する。

[0128] このとき、マスフローコントローラA2における流量は、マスフローコントローラA1において大きくした流量分だけ小さくなるように制御部190により調整される。また、ガス分岐機構A5における分岐比率の変更により、III族系縁側混合配管170bおよびIII族系中心側混合配管172bに送られるTMGガスの合計流量が変化しないように、マスフローコントローラE1、E2における流量が制御部190により調整される。

[0129] 上記の構成により、サセプタ120上の複数の領域に供給される複数の材料ガスの流量を維持して安定した成膜条件で処理しつつ、各領域に所望の混合比で混合された複数の材料ガスを供給できる。その結果、複数の被処理基板10の各々において、均一な膜厚および膜特性を有する化合物半導体結晶を成長させることができる。

[0130] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

## 符号の説明

[0131] 10 被処理基板、20a 中心側領域、30a 縁側領域、100 MOVPE装置、110 成膜室、120 サセプタ、121 ヒータ、130 シャワーヘッド、131 シャワープレート、131a 開口、132 水冷部、133 中空部、140 排ガス処理装置、141 ガス排気部、142 パージライン、150 回転軸、151 支持台、152 ヒータカバー、160 水冷装置、161 冷却用配管、170 III族系混合ガス縁側供給源、171 V族系混合ガス縁側供給源、172 III族系混合ガス中心側供給源、173 V族系混合ガス中心側供給源、170a, 170b III族系縁側混合配管、171a, 171b V族系縁側混合配管、170c, 171c, 172c, 173c, A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4, E1, E2, F1, F2, G1, G2, G3, G4, H1, H2, H3, H4 マスフローコントローラ、172a, 172b III族系中心側混合配管、173a, 173b V族系中心側混合配管、180 キャリアガス供給源、180a, 180b, 180c キャリアライン、181 第1III族材料ガス供給源、182 第2III族材料ガス供給源、183 第1V族材料ガス供給源、184 第2V族材料ガス供給源、185 第1ドーピング材料ガス供給源、186 第2ドーピング材料ガス供給源、190 制御部、190A 入力部、190B 演算部、190C 記憶部、191, 192, 193, 194, 195 配線、196 膜厚センサー、A5, B5, C5, D5, G5, H5 ガス分岐機構。

## 請求の範囲

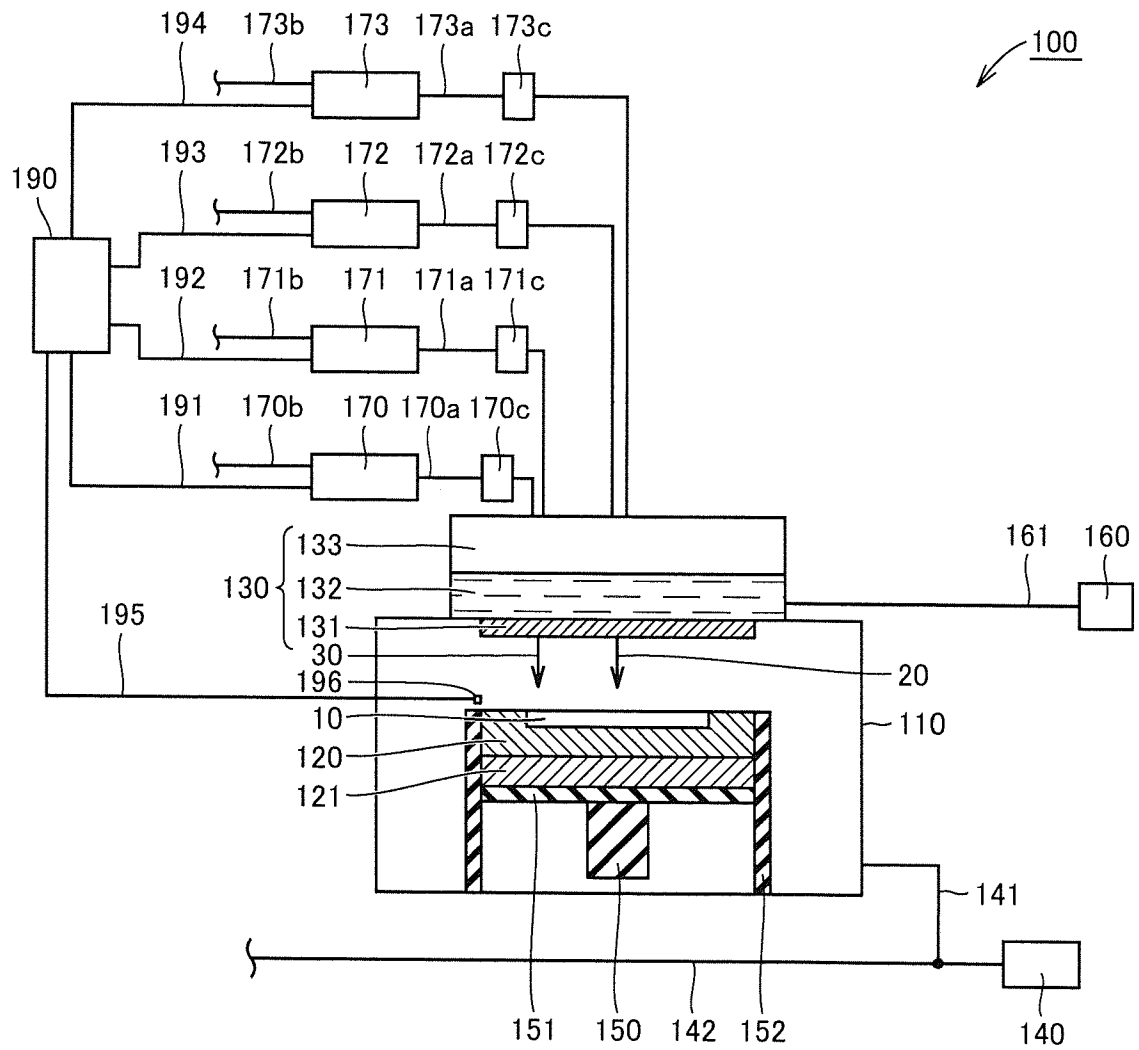
- [請求項1] 被処理基板(10)が載置され、上面に複数の領域を有するサセプタ(120)と、
- 前記サセプタ(120)と対向し、前記複数の領域の各々に複数の材料ガスを供給するガス供給部(130)と、
- 前記複数の材料ガスを前記複数の領域の数だけ所定の分岐比率で分岐して所定の流量で前記ガス供給部(130)に導入するための複数のガス分岐機構(A5, B5, C5, D5, G5, H5)と、
- 前記複数の材料ガスのうちの所定の複数の材料ガスを混合し、前記複数のガス分岐機構(A5, B5, C5, D5, G5, H5)とそれぞれ接続された複数の混合配管と、
- 前記複数のガス分岐機構(A5, B5, C5, D5, G5, H5)を制御する制御部(190)と
- を備え、
- 前記制御部(190)は、前記複数のガス分岐機構(A5, B5, C5, D5, G5, H5)の各々の前記所定の分岐比率を設定することにより、前記複数の領域のそれぞれにおいて供給される前記複数の材料ガスの流量を調整する、気相成長装置。
- [請求項2] 前記制御部(190)は、前記複数の領域のそれぞれにおいて供給される前記複数の材料ガスの流量と前記複数の材料ガスのうちの一部の材料ガスの流量とから前記複数の材料ガスのうちの残部の材料ガスの流量を算出する演算部(190B)を有し、
- 前記制御部(190)が、前記演算部(190B)の算出結果に基づいて、前記複数のガス分岐機構(A5, B5, C5, D5, G5, H5)の各々により前記残部の材料ガスの流量を調整して、前記複数の領域のそれぞれに供給される前記複数の材料ガスの流量を前記所定の流量に維持する、請求項1に記載の気相成長装置。
- [請求項3] 被処理基板(10)上に形成された膜の膜厚を検出する膜厚検出機構

(196)をさらに備え、

前記制御部(190)は、前記膜厚検出機構(196)から入力された膜厚検出信号に基づいて、前記複数のガス分岐機構(A5, B5, C5, D5, G5, H5)の各々の前記所定の分岐比率を調節し、かつ、前記所定の流量を調整する、請求項1または2に記載の気相成長装置。

[図1]

FIG.1



[図2]

FIG.2

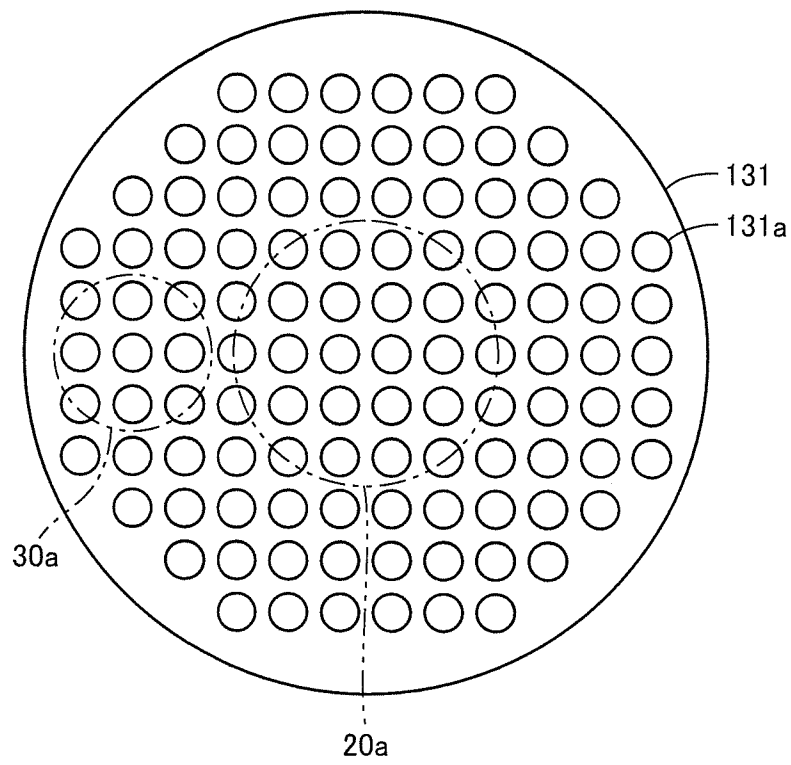
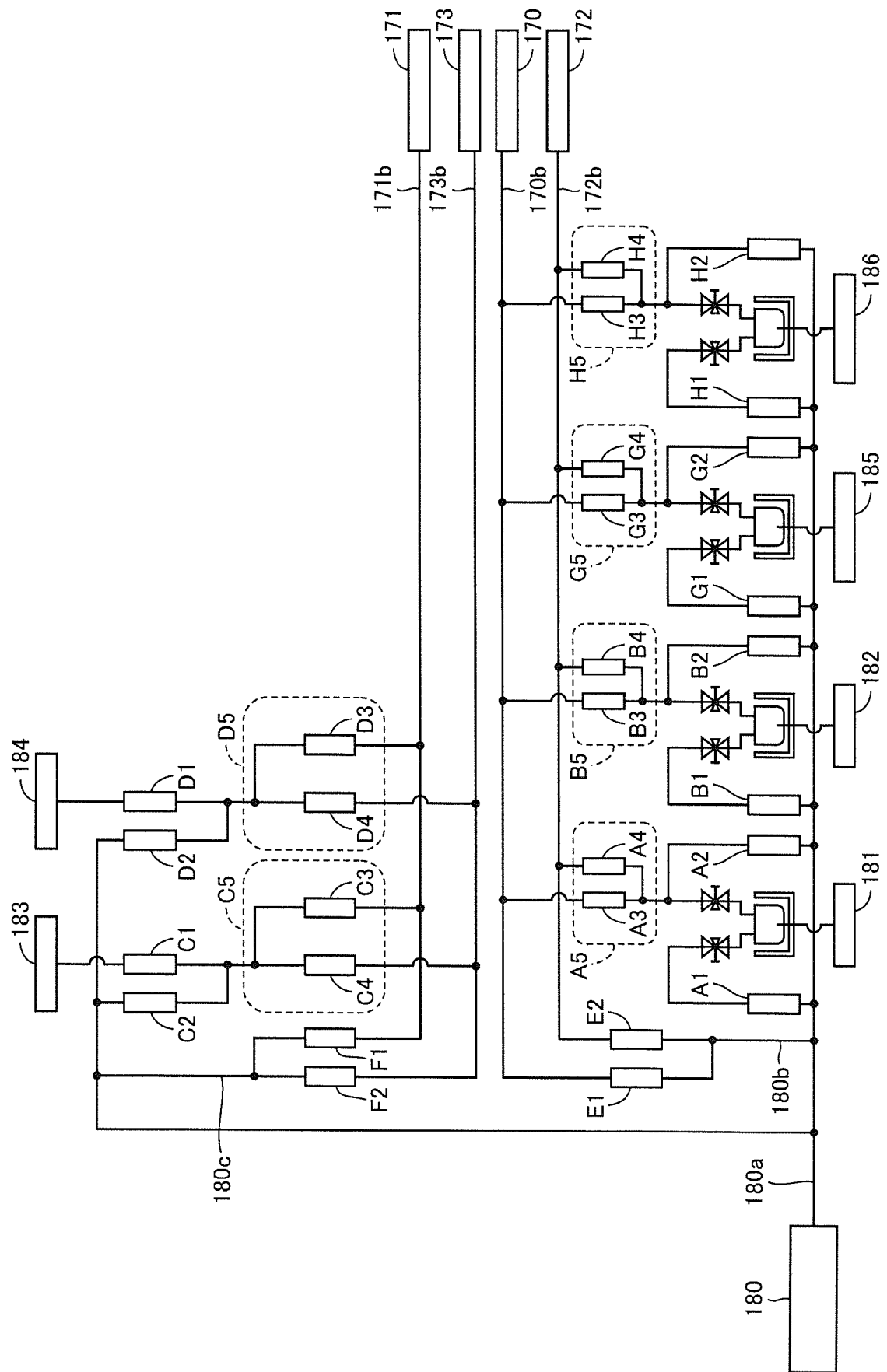
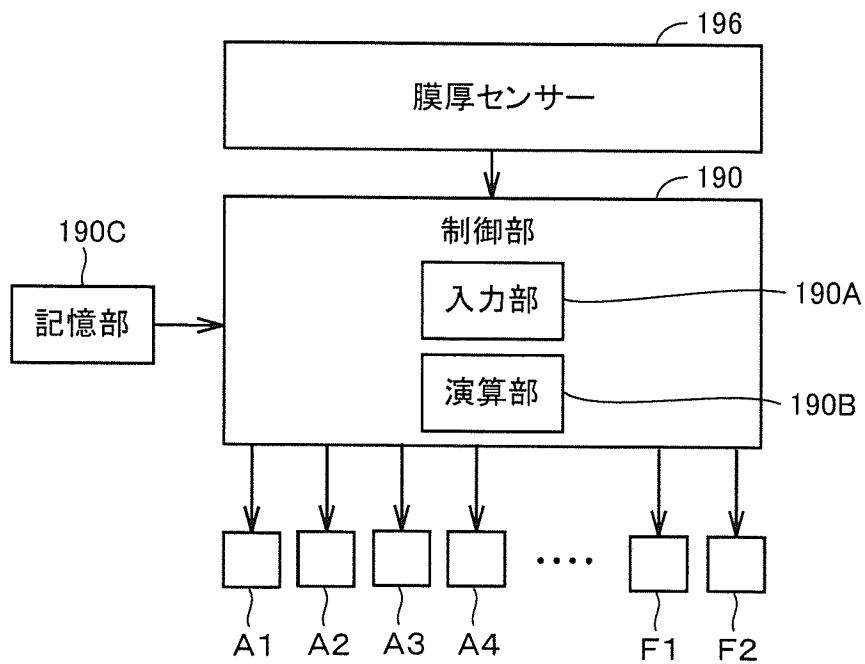


**FIG. 3**



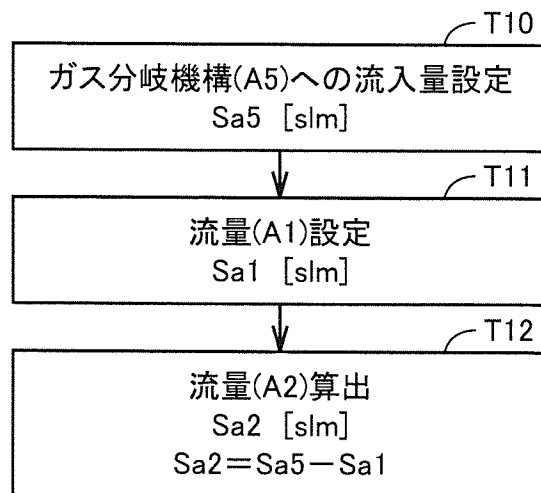
[図4]

FIG.4



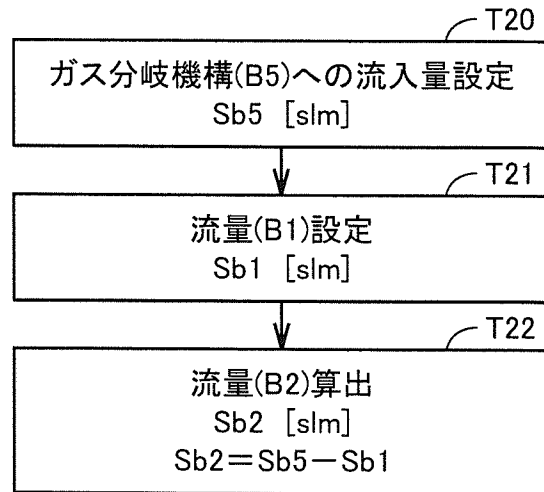
[図5]

FIG.5



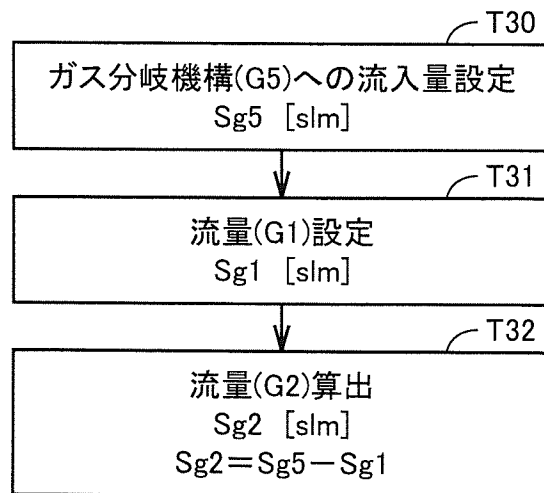
[図6]

FIG.6



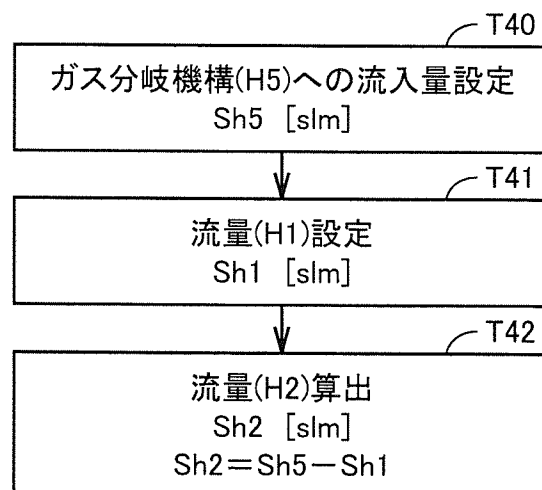
[図7]

FIG.7



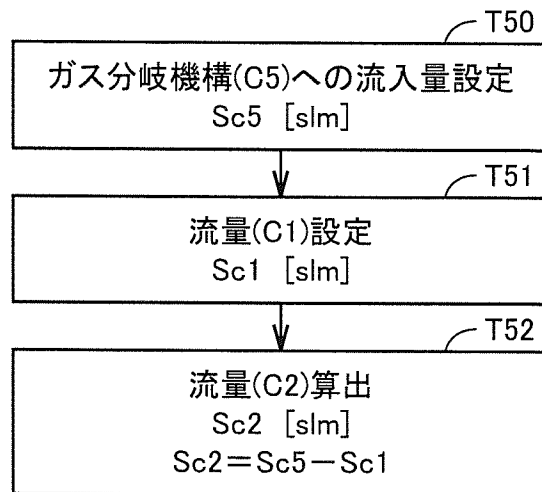
[図8]

FIG.8



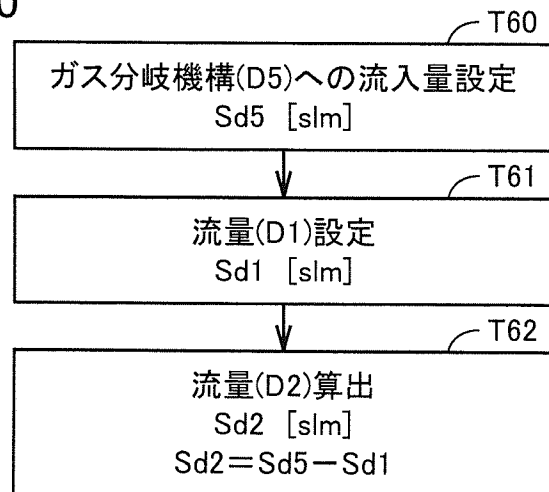
[図9]

FIG.9



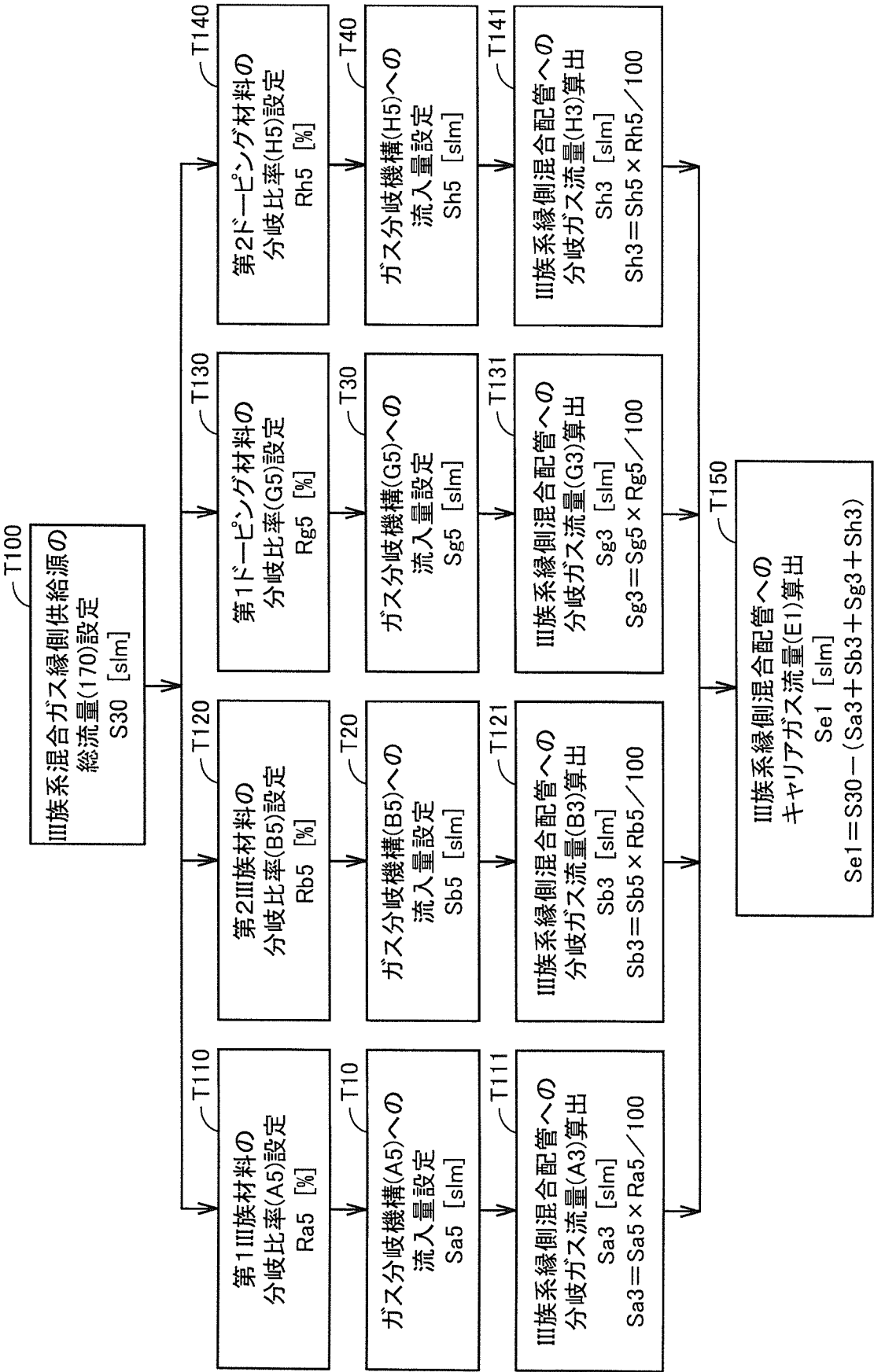
[図10]

FIG.10



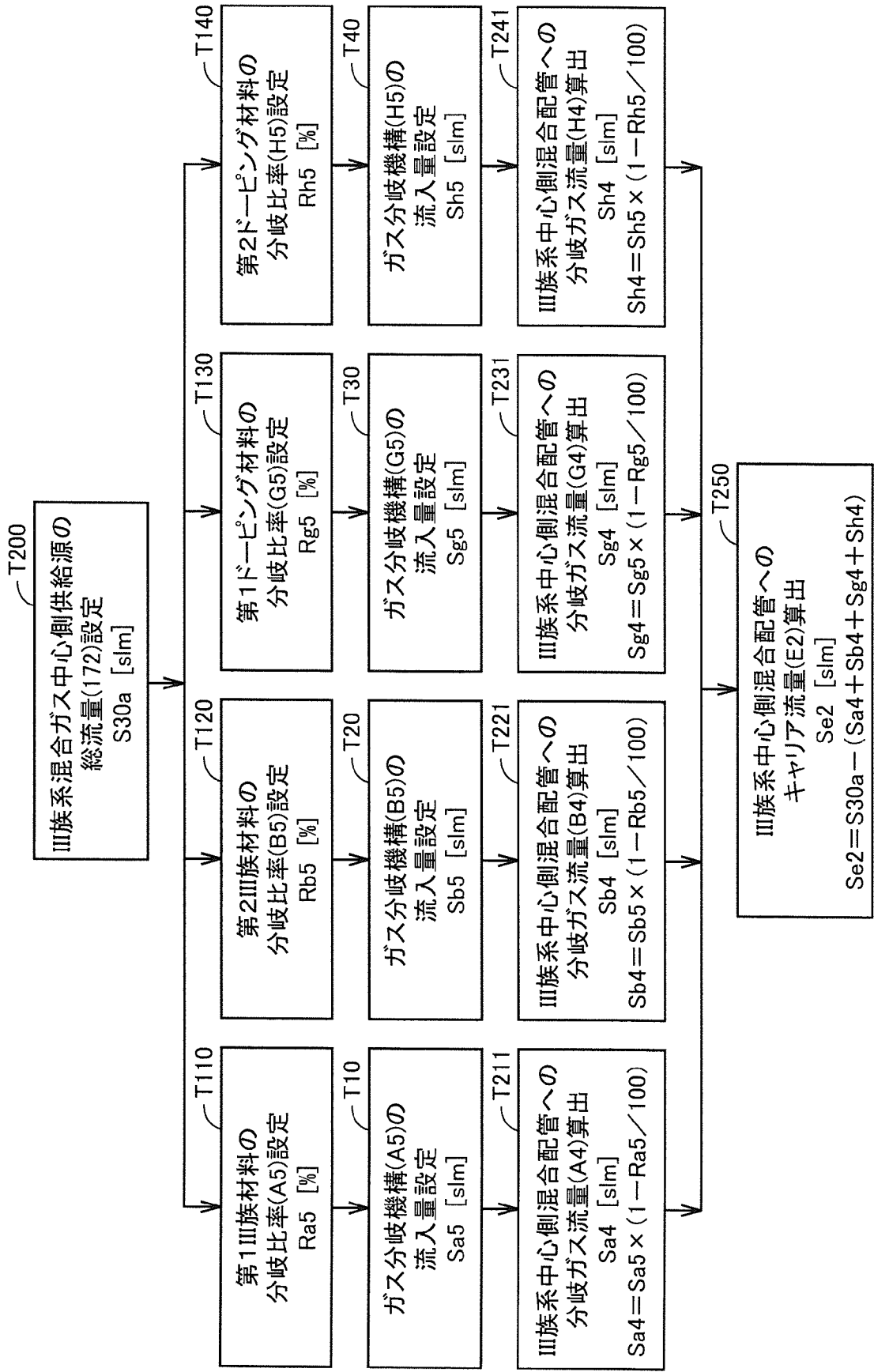
[図11]

FIG.11



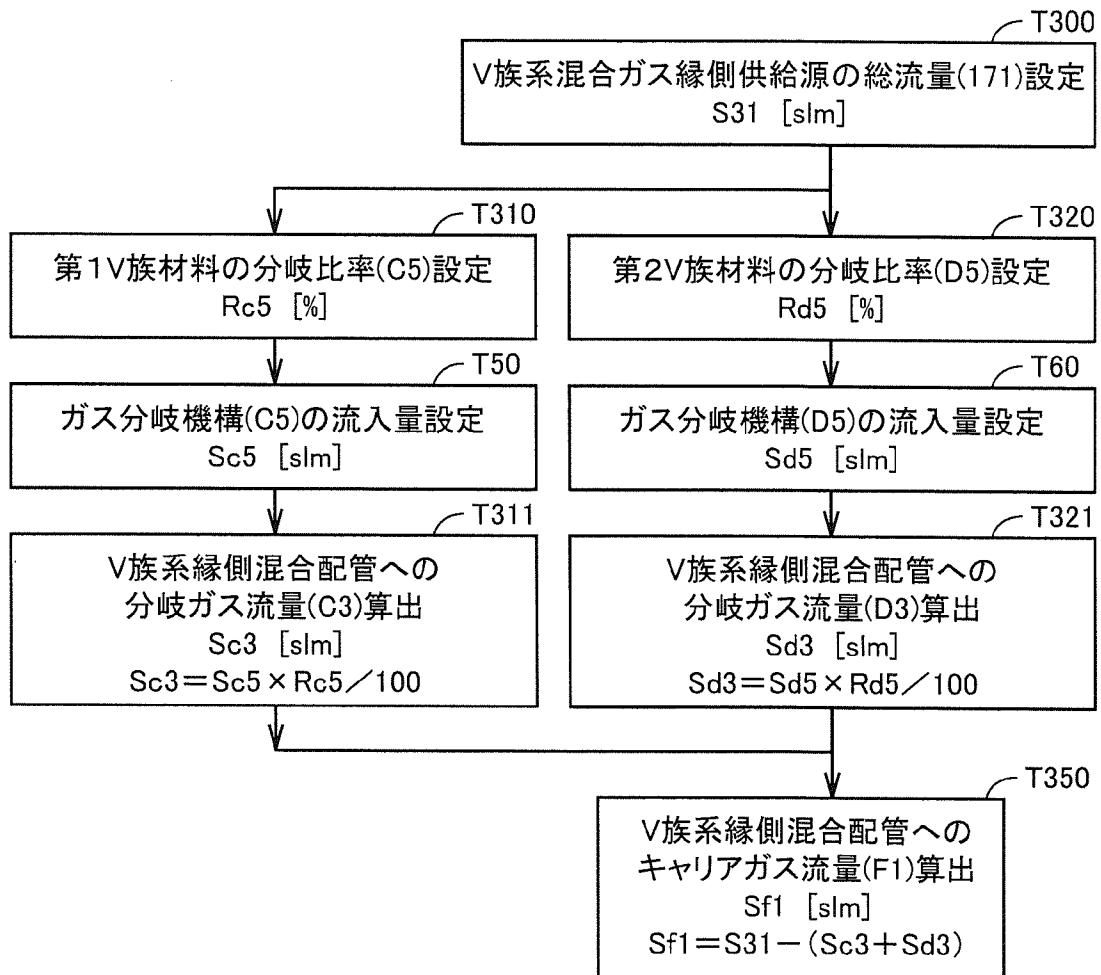
[図12]

FIG.12



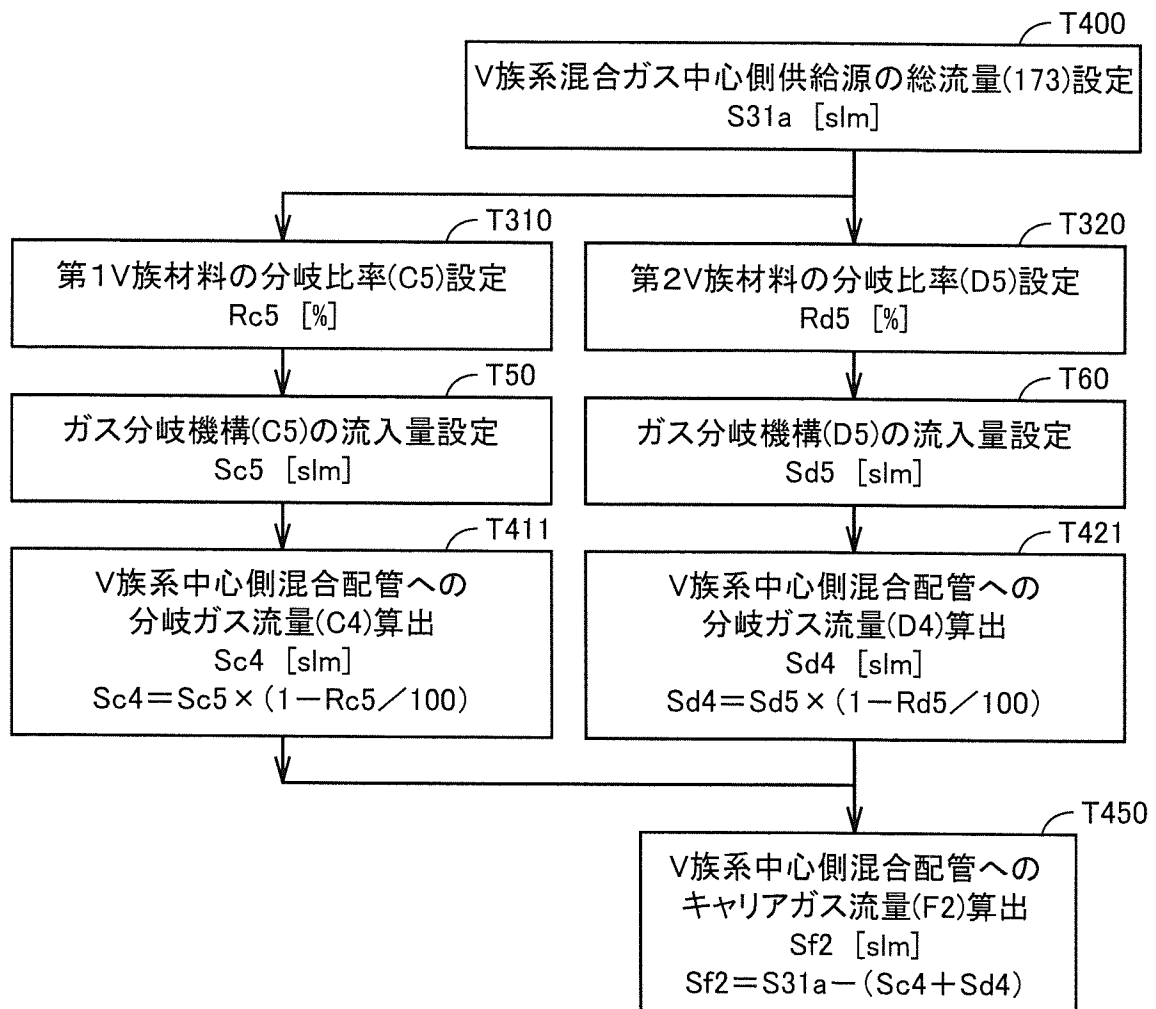
[図13]

FIG.13



[図14]

FIG.14



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/068313

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/205(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i, C23C16/52(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)

H01L21/205, C23C16/455, C23C16/52

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2002-110567 A (Mitsubishi Electric Corp.),<br>12 April 2002 (12.04.2002),<br>paragraphs [0008] to [0048]; fig. 1 to 4<br>(Family: none)                                                                                                     | 1-3                   |
| Y         | JP 2004-005308 A (Tokyo Electron Ltd.),<br>08 January 2004 (08.01.2004),<br>paragraphs [0021] to [0036]; fig. 1<br>& US 2005/0005994 A1 & EP 1521154 A1<br>& WO 2003/102707 A1 & CA 2457986 A<br>& TW 565756 B & IL 160393 D<br>& CN 1543596 A | 1-3                   |

☒ 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
03 September, 2012 (03.09.12)Date of mailing of the international search report  
11 September, 2012 (11.09.12)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/068313

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 04-039921 A (Fujitsu Ltd.),<br>10 February 1992 (10.02.1992),<br>page 3, lower right column, line 12 to page 4,<br>lower right column, line 19<br>(Family: none) | 1-3                   |
| Y         | JP 08-203694 A (Hitachi, Ltd.),<br>09 August 1996 (09.08.1996),<br>paragraph [0021]; fig. 1<br>(Family: none)                                                       | 3                     |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/205 (2006.01)i, C23C16/455 (2006.01)i, C23C16/52 (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. H01L21/205, C23C16/455, C23C16/52

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 2 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 2 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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y               | JP 2002-110567 A (三菱電機株式会社) 2002.04.12, 段落【0008】 - 【0048】, 図 1-図 4 (ファミリーなし)                                                                                                          | 1-3            |
| Y               | JP 2004-005308 A (東京エレクトロン株式会社) 2004.01.08, 段落【0021】 - 【0036】, 図 1 & US 2005/0005994 A1 & EP 1521154 A1 & WO 2003/102707 A1 & CA 2457986 A & TW 565756 B & IL 160393 D & CN 1543596 A | 1-3            |

☒ 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

0 3 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 1 . 0 9 . 2 0 1 2

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)

山本 雄一

4 R

3 1 2 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                      |                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 04-039921 A (富士通株式会社) 1992.02.10, 第3頁右下欄第12行-第4頁右下欄第19行 (ファミリーなし) | 1-3            |
| Y                     | JP 08-203694 A (株式会社日立製作所) 1996.08.09, 段落【0021】, 図1 (ファミリーなし)        | 3              |