

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-133471

(P2018-133471A)

(43) 公開日 平成30年8月23日(2018.8.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
H O 1 L 21/205 (2006.01)	H O 1 L 21/205	4 K O 3 O
C 2 3 C 16/44 (2006.01)	C 2 3 C 16/44	J 5 F O 4 5
C 2 3 C 16/455 (2006.01)	C 2 3 C 16/455	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-26627 (P2017-26627)
 (22) 出願日 平成29年2月16日(2017.2.16)

(71) 出願人 513249828
 漢民科技股▲分▼有限公司
 台湾新竹市科學園區研新一路18號
 (74) 代理人 100090413
 弁理士 梶原 康稔
 (74) 代理人 100195028
 弁理士 高久 由紀子
 (72) 発明者 須田 昇
 東京都中央区日本橋本町3-3-6 ワカ
 未ビル7階
 (72) 発明者 大石 隆宏
 東京都中央区日本橋本町3-3-6 ワカ
 未ビル7階

最終頁に続く

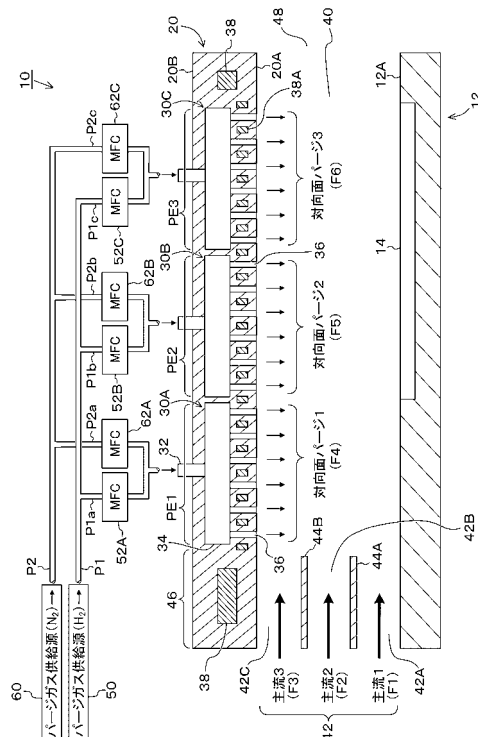
(54) 【発明の名称】 気相成膜装置

(57) 【要約】

【課題】対向面の堆積物を抑制(ないし低減)することができる気相成膜装置を提供する。

【解決手段】気相成膜装置10は、成膜用基板14を保持するためのサセプタ12と、該サセプタ12に対向する対向面20により、水平方向にフローチャネル40が形成されている。該フローチャネル40には、材料ガスの導入口42と、材料ガス及びパージガスの排気口48が設けられている。前記対向面20には、多数のパージガスノズル36が設けられており、複数のパージエリアPE1~PE3に分割されている。各パージエリアPE1~PE3には、パージエリア毎に流量を調整するマスフローコントローラ(MFC)52A~52C, 62A~62Cが設けられている。そして、パージエリアPE1~PE3毎に、前記MFC52A~52C, 62A~62Cでパージガスの質量流量を制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

成膜用基板を保持するためのサセプタと、
該サセプタ及び成膜用基板に対向し、水平方向のフローチャンネルを形成する対向面と、
前記フローチャンネルに材料ガスを導入する導入部と、
前記フローチャンネルを通過したガスを排気する排気部と、
前記対向面に設けられており、前記サセプタに向けて均一にパージガスを供給する多数のパージガスノズルと、
を備えるとともに、

前記対向面が、それぞれが複数のパージガスノズルを含む複数のパージエリアに分割されており、

前記複数のパージエリア毎に、パージガス流量を制御する複数のマスフローコントローラを設けたことを特徴とする気相成膜装置。

【請求項 2】

前記材料ガスの導入側を上流とし、排気側を下流としたときに、

前記対向面が、前記上流・下流方向に、複数のパージエリアに分割されていることを特徴とする請求項 1 記載の気相成膜装置。

【請求項 3】

前記複数のマスフローコントローラは、

前記対向面上の堆積が激しい部分ほど、多量のパージガスを流すように流量調整を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の気相成膜装置。

【請求項 4】

前記パージガスノズルは、シャワーヘッド状もしくはスリット状ノズルアレイであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の気相成膜装置。

【請求項 5】

前記パージガスノズルの出口形状がテーパ状であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の気相成膜装置。

【請求項 6】

前記パージガスが、水素又は窒素、あるいはそれらの混合ガスであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の気相成膜装置。

【請求項 7】

前記対向面を冷却する冷却手段を設けたことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の気相成膜装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、半導体もしくは酸化物基板上に半導体膜を形成する気相成膜装置に関し、更に具体的には、堆積物の抑制（ないし低減）に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

一般に、気相成膜法により膜を形成するための気相成膜装置として、横型反応炉や自公転式反応炉がある。いずれも、炉内に導入した材料ガスを水平方向に流して基板上に成膜するものである。しかしながら、材料ガスの通路を挟んで基板と対向する対向面に、堆積物が堆積し、原料効率を低下させたり、対向面のメンテナンス頻度が高くなったりするという課題がある。その結果、コストの上昇にもつながってしまう。

【0003】

対向面の堆積物を抑制ないし低減するという観点でみると、以下の特許文献に示す各種技術が開示されている。例えば、下記特許文献 1 は、対向面の堆積物抑制という目的ではないものの、押圧ガス（以下、本発明の説明においては「対向面パージガス」又は単に「パージガス」ないし「対向面パージ」とする）という方法が採用されている。しかし、こ

10

20

30

40

50

の方法では流れが不安定で、乱流や渦が発生する可能性が高く、均一なダウンフローとならず、堆積物の低減は難しい。また、シャワーヘッドライクの対向面も提案されている（下記特許文献2）。しかし、対向面が直接水冷されていないため温度が高く、それゆえ、材料ガスの分解、拡散が活発であり、結果としてパージガスを導入しても堆積は激しい。下記特許文献3には、対向面パージの概念を、自公転炉に応用した技術が記載されている。しかし、当該技術においても、対向面は直接水冷されていないため、堆積は激しいものと考えられる。

【0004】

そこで、対向面を冷却する手段としてシャワーヘッドを設け、パージガスを導入するという方法が考えられる。このような冷却に関する技術としては、すでに、下記特許文献4に、材料ガス用ではあるものの、水冷シャワーヘッドを設けた技術が開示されている。また、下記特許文献5には、より堆積しにくくするために、水冷シャワーヘッドやスリットアレイタイプのノズル構造において、出口にテーパ形状を施すことが開示されている。更に、対向面パージを複数のゾーン（ないしエリア）に分割し、パージ効果に強弱をつけるために、各ゾーンで穴の密度が異なる構造が開示されている（下記特許文献6及び下記特許文献7）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平4 - 164895号公報（第1図及び第2図）

20

【特許文献2】特開2001 - 250783号公報（第1図）

【特許文献3】特開2010 - 232624号公報（第4図）

【特許文献4】特開平8 - 91989号公報

【特許文献5】米国特許出願公開第2011 / 091648号明細書

【特許文献6】特開2002 - 110564号公報

【特許文献7】特開2002 - 299244号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、以上のような特許文献記載の技術には、次のような課題がある。まず、特許文献4及び特許文献5に記載のような冷却する方法では、いくら平面を冷却しても、気相中の高温領域部分で分解した材料成分の一部は、必ず対向面まで拡散する。そして、分解した材料成分が対向面に到達すれば、少なくともその一部は、必ず対向面上に堆積する。

30

【0007】

また、前記特許文献1～3に記載のようなパージガスにより対向面への拡散を抑制する技術では、パージガスの流れの勢いが弱ければ、少なからぬ量の材料分子が対向面まで拡散してくることになる。むしろ、パージガスを大量に流せば対向面まで拡散してくるのを大部分防ぐことができる。しかしながら、対向面の面積は非常に大きいため、対向面全体を相当の勢いでパージしようとする、莫大な量のパージガスが必要となる。ガス使用量が多くなると、ガスにかかるコストが増大するのみならず、排気ポンプや排ガス処理設備などの負荷も増すため、装置及び周辺設備コストも増すことになる。

40

【0008】

更に、前記特許文献6及び特許文献7に示すように、パージガスをゾーン分割し、角ゾーンにおける穴の密度を変えてパージ比を変える方法では、次のような課題がある。すなわち、化合物半導体デバイスでは、一般的に1バッチで、異なる複数種の成膜（例えば、GaAs層とInGaP層など）を行う。従って、膜種が変わると対向面上の堆積状態も変わるので、1バッチの中で各パージゾーンの流量を変更できなければならない。しかしながら、前記特許文献6及び特許文献7に示すように、パージの強弱を穴の密度で変える構造では、一つの成長層に適したパージ比に設定するしかなく、1バッチで異なる複数種

50

の成膜を行うときに、パージ比の制御ができないという不都合がある。

【0009】

本発明は、以上のような点に着目したもので、対向面の堆積物を抑制（ないし低減）することができる気相成膜装置を提供することを、その目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、成膜用基板を保持するためのサセプタと、該サセプタ及び成膜用基板に対向し、水平方向のフローチャネルを形成する対向面と、前記フローチャネルに材料ガスを導入する導入部と、前記フローチャネルを通過したガスを排気する排気部と、前記対向面に設けられており、前記サセプタに向けて均一にパージガスを供給する多数のパージガスノズルと、を備えるとともに、前記対向面が、それぞれが複数のパージガスノズルを含む複数のパージエリアに分割されており、前記複数のパージエリア毎に、パージガス流量を制御する複数のマスフローコントローラを設けたことを特徴とする。

10

【0011】

主要な形態の一つは、前記材料ガスの導入側を上流とし、排気側を下流としたときに、前記対向面が、前記上流・下流方向に、複数のパージエリアに分割されていることを特徴とする。他の形態の一つは、前記複数のマスフローコントローラは、前記対向面上の堆積が激しい部分ほど、多量のパージガスを流すように流量調整を行うことを特徴とする。更に他の形態の一つは、前記パージガスノズルは、シャワーヘッド状もしくはスリット状ノズルアレイであることを特徴とする。

20

【0012】

更に他の形態の一つは、前記パージガスノズルの出口形状がテーパ状であることを特徴とする。更に他の形態の一つは、前記パージガスが、水素又は窒素、あるいはそれらの混合ガスであることを特徴とする。前記対向面を冷却する冷却手段を設けたことを特徴とする。本発明の前記及び他の目的、特徴、利点は、以下の詳細な説明及び添付図面から明瞭になるう。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、成膜用基板を保持するためのサセプタと、該サセプタ及び成膜用基板に対向し、水平方向のフローチャネルを形成する対向面と、前記フローチャネルに材料ガスを導入する導入部と、前記フローチャネルを通過したガスを排気する排気部と、前記対向面に設けられており、前記サセプタに向けて均一にパージガスを供給する多数のパージガスノズルとを備えるとともに、前記対向面が、それぞれが複数のパージガスノズルを含む複数のパージエリアに分割されており、前記複数のパージエリア毎に、パージガス流量を制御する複数のマスフローコントローラを設けることとした。このため、対向面の堆積物を抑制（低減）でき、それによって、原料効率の向上と、対向面のメンテナンス頻度の低減が可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施例1の横型炉式の気相成膜装置の主要部を示す断面図である。

40

【図2】前記実施例1を示す図であり、(A)は気相成膜装置の平面図、(B)は均一なダウンフローの説明図である。

【図3】本発明の二次元シミュレーションの説明図であり、(A)は反応炉モデル（横型炉）の構成を示す図、(B)は壁隣接セルの説明図である。

【図4】前記二次元シミュレーションにおける条件1のフローパターン例である。

【図5】前記二次元シミュレーションにおける条件5のフローパターン例である。

【図6】前記二次元シミュレーションにおける条件10のフローパターン例である。

【図7】前記二次元シミュレーションにおける条件1の濃度分布例である。

【図8】前記二次元シミュレーションにおける条件5の濃度分布例である。

【図9】前記二次元シミュレーションにおける条件10の濃度分布例である。

50

【図10】前記二次元シミュレーションにおける基板側壁面上の堆積速度分布（全体から一様供給でパージ量を変化させた場合）を示すグラフである。

【図11】前記二次元シミュレーションにおける対向面上の堆積速度分布（全体から一様供給でパージ量を変化させた場合）を示すグラフである。

【図12】前記二次元シミュレーションにおけるパージガス流量に対する基板側壁面上及び対向面上堆積量の変化を示すグラフである。

【図13】前記二次元シミュレーションにおける基板側壁面上の堆積速度分布（パージ導入箇所依存性）を示すグラフである。

【図14】前記二次元シミュレーションにおける対向面上の堆積速度分布（パージ導入箇所依存性）を示すグラフである。

【図15】前記二次元シミュレーションにおける基板側壁面上の堆積速度分布（上流側からのみの供給で、パージ量を変化させた場合）を示すグラフである。

【図16】前記二次元シミュレーションにおける対向面上の堆積速度分布（上流からのみの供給で、パージ量を変化させた場合）を示すグラフである。

【図17】前記二次元シミュレーションにおけるパージを全体から流した場合と、上流から流した場合とを比較して示すグラフである。

【図18】前記二次元シミュレーションにおける基板側壁面上の堆積速度分布（総パージ量を固定して導入箇所のパージ比率を変えた場合）を示すグラフである。

【図19】前記二次元シミュレーションにおける対向面上の堆積速度分布（総パージ量を固定して導入箇所でのパージ比率を変えた場合）を示すグラフである。

【図20】本発明の実施例2の自公転式の気相成膜装置を示す図であり、(A)は全体構成を示す断面図、(B)はエリア分割（ゾーン分割）を示す主要部の平面図である。

【図21】本発明の実施例3及び比較例の気相成膜装置の主要部を示す断面図であり、(A)は実施例3を示す図、(B)は比較例を示す図である。

【図22】本発明の他の実施例のスリット型ノズルを示す図であり、(A)は横型炉の場合のノズル配置を示す図、(B)は自公転炉の場合のノズル配置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明を実施するための最良の形態を、実施例に基づいて詳細に説明する。

【実施例1】

【0016】

最初に、図1～図19を参照しながら本発明の実施例1を説明する。

<構成例>・・・最初に、図1及び図2を参照しながら、本実施例の気相成膜装置の構成の一例を説明する。図1は、本実施例の気相成膜装置の主要部を示す断面図、図2(A)は、前記気相成膜装置のパージエリア分割を示す平面図、図2(B)は均一なダウンフローの説明図である。図1及び図2に示すように、本実施例の気相成膜装置10は、横型炉であって、成膜用の基板14を保持するサセプタ12の主面12Aに対して、対向面20が配置されている。前記主面12Aと対向面20の主面20Aの間が、成膜用のフローチャンネル40である。該フローチャンネル40は水平方向に形成されており、ガス導入部42から、材料ガスが導入される。図示の例では、前記材料ガス導入部42は、前記サセプタ12の主面12A及び対向面20の主面20Aに対して平行な2枚の仕切板44A、44Bによって、3か所のガス導入部42A、42B、42Cに分けられている。また、前記フローチャンネル40には、前記ガス導入部42から導入された材料ガスや、後述するパージガスノズル36から導入されたパージガスを排気する排気部48が設けられている。

【0017】

前記対向面20には、図1及び図2に示すように、パージガス（押圧ガス）を供給するためのパージガスノズル36が多数設けられている。該パージガスノズル36は、前記サセプタ12（及び基板14）に向けてパージガス（押圧ガス）を供給するものである。本実施例では、反応炉がフェイスアップ式のため、前記パージガスノズル36は、対向面20に均一なダウンフローを形成するようになっている。均一なダウンフローとは、図2(B)

10

20

30

40

50

)に示すように、パージガスノズル36の穴から少し離れた位置において、下向きの流速が均一の状態をいう。なお、理解を容易にするために、図2(B)以外の図においては、パージガスノズル36の穴出口付近の流速が均一でない部分については省略し、流速が均一な部分を下向きの矢印(ダウンフローの場合)で示している。また、前記対向面20は、複数のパージエリア(ないしパージゾーン)PE1~PE3に分割されており、それぞれのパージエリアPE1~PE3が、複数のパージガスノズル36を含んでいる。

【0018】

本実施例では、図1に示すように、シャワーヘッド型のパージガスノズルを用いている。具体的には、対向面20内に、各パージエリアPE1~PE3に対応したシャワーヘッド30A~30Cが設けられている。シャワーヘッド30Aは、対向面20内に設けられた中空のヘッド部34と、該ヘッド部34にパージガスを供給する導入部32と、前記ヘッド部34に連通する複数のパージガスノズル36からなる構成となっている。前記パージガスノズル36の端部は、前記フローチャネル40に向けて開口している。他のシャワーヘッド30B, 30Cについても、基本的には同様の構成となっている。

10

【0019】

なお、本実施例では、前記対向面20内に、該対向面20を冷却するための冷却手段38が設けられている。前記対向面20には、前記多数のパージガスノズル36の間に、前記冷却手段38に接続された複数の冷却管38Aが配置されており、該冷却管38Aを流れる冷却媒体によって、前記対向面20が冷却される。また、前記パージエリアPE1~PE3は、図2に示すように、前記材料ガスの導入部42を上流側とし、排気部48側を下流側としたときに、前記対向面20が、上流・下流方向に複数に分割されるように、前記パージエリアPE1~PE3に分割されている。

20

【0020】

前記シャワーヘッド30A~30Cには、パージガスの供給源50, 60から、パージガスが供給される。本実施例では、パージガスとして、 H_2 と N_2 を用いており、一方の供給源50から H_2 が供給され、他方の供給源60から N_2 が供給される。また、これらの供給源50, 60と、前記シャワーヘッド30A~30Cの間には、パージエリア毎にパージガスの流量を調整するためのマスフローコントローラ(以下「MFC」とする)が設けられる。具体的には、 H_2 の供給源50には、配管P1が接続されており、該配管P1は、3つの配管P1a, P1b, P1cに分岐して、それぞれMFC52A, 52B, 52Cに接続されている。また、 N_2 の供給源60には、配管P2が接続されており、該配管P2は、3つの配管P2a, P2b, P2cに分岐して、それぞれMFC62A, 62B, 62Cに接続されている。そして、これらのMFC52A~52C, 62A~62Cで流量が調節されたパージガスは、配管32A~32Cを介して、それぞれシャワーヘッド30A~30Cの導入部32に送られる。

30

【0021】

すなわち、シャワーヘッド30A~30Cを備えたパージエリアPE1~PE3ごとに、パージガスの種類や材料ガスの種類に応じて、最適なパージガス流量となるように調整されてから、パージガスがフローチャネル40に導入される。なお、導入するパージガスは、 H_2 又は N_2 , あるいはそれらの混合ガスとしてもよい。他の公知の各種のパージガスを使用することを妨げるものではない。前記MFC52A~52C及び62A~62Cは、前記対向面20上の堆積が激しい部分(ゾーン)ほど、多量のパージガスを流すように流量調整を行う。

40

【0022】

このような気相成膜装置10の装置タイプ、基板、ガス、膜などの具体例の一例を挙げると、装置タイプは横型炉であり、基板は6インチサファイア1枚を用いる。成膜対象は、窒化ガリウムであり、ガス条件は、F1(図1に示す材料ガス導入部42Aにおける主流1)が、 $(H_2)2.8SLM + (NH_3)2SLM$, F2(図1に示す材料ガス導入部42Bにおける主流2)が $(H_2)4.8SLM$, F3(図1に示す材料ガス導入部42Cにおける主流3)が $(H_2)3.8SLM + (NH_3)1SLM$ である。また、材料

50

ガスは、TMGaを用い、 $120\mu\text{mol}/\text{min}$ とした。成膜用基板14の温度は 1050 、成膜速度は、 $3\mu\text{m}/\text{hr}$ 、成膜時間は1時間とした。

【0023】

<シミュレーション>・・・次に、図3～図19も参照しながら、本実施例の二次元シミュレーションについて説明する。

(1)反応炉モデル・・・図3(A)には、二次元シミュレーションの反応炉モデル(横型炉)が示されている。同図に示す反応炉60は、基本的な構造は前記図1及び図2(A)に示した気相成膜装置10と同様である。材料ガス導入部42は、2枚の仕切板44A、44Bによって、3つの導入口42A～42Cに分割されている。図3(A)には、前記導入口42Aから導入されるプロセスガスを主流F1、導入口42Bから導入されるプロセスガスを主流F2、導入口42Cから導入されるプロセスガスを主流F3と表している。また、導入口42の上流・下流方向(図3(A)の左右方向)の長さを 100mm とし、各導入口42A～42Cの高さないし厚さ(図3(A)の上下方向)を各 4mm とした。

10

【0024】

一方、対向面20側は、3つのパーリエリアPE1～PE3に分割されており、パーリエリアPE1から供給されるパージガスを対向面パージF4、パーリエリアPE2から供給されるパージガスを対向面パージF5、パーリエリアPE3から供給されるパージガスを対向面パージF6としている。これらパーリエリアPE1～PE3の上流・下流方向(図3(A)の左右方向)の長さは、それぞれ 60mm とした。また、前記導入口42から前記パーリエリアPE1までの長さを 10mm とし、パーリエリアPE3から排気口48までの長さを 10mm とし、フローチャネル40全体の長さを 200mm とした。

20

【0025】

(2)シミュレーション条件・・・前記反応炉60を用いたシミュレーション条件は、以下の通りである。

- a, 材料ガスは、導入口42Bのみから、任意単位で1の濃度で供給されるものとする。
- b, 横型炉の二次元シミュレーションとするため、奥行き方向に分布はないという条件。
- c, 対向面パージ(パージガス)は、均一なダウンフローが成立していると仮定する。
- d, キャリア(材料ガス)及び対向面パージ(パージガス)は水素とし、その粘性係数値を用いる。
- e, 材料分子の拡散係数としては、最も主要な材料であるTMGaの拡散係数を採用した。すなわち、パージガスである水素中のTMGa及びその分解生成物の拡散係数の混合とする。
- f, 堆積モードとしては、サセプタ12及び対向面20ともに物質輸送律速に従うものとした。すなわち、(i)壁に到着したら全て堆積するという条件と、(ii)境界条件としては壁表面において常に材料分子濃度ゼロ、という条件とした。

30

【0026】

(3)計算方法・・・上記条件で得られたシミュレーション結果の計算方法は、以下の通りとする。

(i)ナビエーストックス方程式でフローパターンを求める。

(ii)上記fに示す濃度境界条件の下、移流拡散方程式を解いて、フローチャネル中の材料分子濃度分布を求める。

40

(iii)その後、壁隣接セルへ流入する材料分子のフラックス(流速:単位時間単位面積あたりに流れる量)を式 $[D \cdot dC/dz]$ (Dは拡散係数、 dC/dz は鉛直方向の濃度勾配)から求める。以上により、壁表面上への堆積速度を得る。ここで、「壁隣接セル」について、図3(B)を参照して説明すると、同図の左側に示すように、実際の物理現象では、材料分子は、壁W(サセプタ又は基板)まで到達したら必ず付着し、かつ離脱しない。これに対し、図3(B)の右側に示すように、シミュレーションにおいては、空間は複数のセルCに分割されており、材料分子が、壁Wとの界面にあるセルC(同図に太線で囲った部分)に到達したら、必ず膜に取り込まれる。このときの壁Wとの界面にあるセルCを、壁隣接セルと定義している。

50

【 0 0 2 7 】

(4)流速条件・・・前記主流 F 1 ~ F 3 , 対向面パーズ F 4 ~ F 6 の平均流速 (単位 : $m / s e c$) を以下の表 1 に示す条件 1 ~ 1 2 とした (表 1 ~ 表 3 及び図 4 ~ 図 1 9 においては、条件の数字を丸付き数字で表している) 。

【表 1】

条件	F1	F2	F3	F4	F5	F6
①	0.5	0.5	0.5	0	0	0
②	0.5	0.5	0.5	0.0025	0.0025	0.0025
③	0.5	0.5	0.5	0.005	0.005	0.005
④	0.5	0.5	0.5	0.01	0.01	0.01
⑤	0.5	0.5	0.5	0.02	0.02	0.02
⑥	0.5	0.5	0.5	0.02	0	0
⑦	0.5	0.5	0.5	0	0.02	0
⑧	0.5	0.5	0.5	0	0	0.02
⑨	0.5	0.5	0.5	0.04	0	0
⑩	0.5	0.5	0.5	0.06	0	0
⑪	0.5	0.5	0.5	0.08	0	0
⑫	0.5	0.5	0.5	0.04	0.02	0

10

20

30

40

【 0 0 2 8 】

(5)流量換算・・・次に、前記表 1 に示した条件の流量換算 (単位 : S L M) を以下の表 2 に示した。なお、換算に当たっては、一般的な成長圧力である $20 k P a$, 及び現実的な反応炉サイズで奥行き $200 mm$ (すなわち 6 インチ 1 枚炉程度の反応炉サイズ) の条件のもと、前記流速を流量に換算した。なお、シミュレーションでは流速を規定するが、現実に即して流量に換算するためには、入口の断面積が必要である。二次元モデルでは、高さについては規定されているが、断面積を求めるにはそれに加えて奥行きが必要である。そのため、ここでは、6 インチ 1 枚用の横型炉を想定して、奥行きを $200 mm$ と設定した。また、対向面パーズ F 4 ~ F 6 の流速を設定した際、対向面パーズ F 4 ~ F 6 の合計流量が、主流 F 1 ~ F 3 の合計流量を超えない程度の範囲で設定した。これは、多すぎるパーズ流量は現実的ではないためである。

【表 2】

条件	F1	F2	F3	F4	F5	F6	ページ合計
①	4.8	4.8	4.8	0	0	0	0
②	4.8	4.8	4.8	0.36	0.36	0.36	1.08
③	4.8	4.8	4.8	0.72	0.72	0.72	2.16
④	4.8	4.8	4.8	1.44	1.44	1.44	4.32
⑤	4.8	4.8	4.8	2.88	2.88	2.88	8.64
⑥	4.8	4.8	4.8	2.88	0	0	2.88
⑦	4.8	4.8	4.8	0	2.88	0	2.88
⑧	4.8	4.8	4.8	0	0	2.88	2.88
⑨	4.8	4.8	4.8	5.76	0	0	5.76
⑩	4.8	4.8	4.8	8.64	0	0	8.64
⑪	4.8	4.8	4.8	11.52	0	0	11.52
⑫	4.8	4.8	4.8	5.76	2.88	0	8.64

10

20

【 0 0 2 9 】

図 4 には「条件 1」におけるフローパターン例が、図 5 には「条件 5」におけるフローパターン例が、図 6 には「条件 10」におけるフローパターン例が示されている。また、これらをもとに得た「条件 1」の濃度分布例が図 7 に、常用対数を用いて示されている。同様に、前記「条件 5」の濃度分布例が図 8 に、前記「条件 10」の濃度分布例が図 9 に示されている。なお、図示は省略するが、他の条件「条件 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12」についても同様にフローパターン例と濃度分布例を得ている。

30

【 0 0 3 0 】

(6)全体から一様供給でページ量を変化させた場合・・・図 10 には、全体から一様供給でページ量を変化させた場合の基板側壁面（サセプタ・基板側壁面）6 2（図 3 (A)参照）上の堆積速度分布が示されている。横軸は、インジェクタ出口からの距離（m）を示し、縦軸は、堆積速度（ $D \cdot (dC/dz)$ （ $/m^2/s$ ））を示す。この図から、ページ量が多いほど、堆積速度が速い、すなわち、材料効率が高いことが確認された。

【 0 0 3 1 】

図 11 には、全体から一様供給でページ量を変化させた場合の対向面上の堆積速度分布が示されている。横軸はインジェクタ出口からの距離（m）、縦軸は、堆積速度（ $D \cdot (dC/dz)$ （ $/m^2/s$ ））を示す。この図から、ページ量が多いほど対向面 6 4（図 3 参照）上の堆積は減ることが確認された。

40

【 0 0 3 2 】

図 12 には、ページガス流量に対する基板側壁面 6 2 上及び対向面 6 4 上堆積量の変化が示されている。同図において、横軸はページガス流量（SLM）、縦軸はサセプタ上の規格化堆積量である。ここで、縦軸の規格化堆積量は、以下のように算出する。まず、図 10 などの堆積速度は x の関数となっており、この関数を $R(x)$ とする。これを計算範囲にある全ての x に関して総和を取ると、数式的には積分 $R(x)dx$ ということになる。比較を容易にするため、ページ流量ゼロにおける該積分値を 1 とし、他の条件について規格化

50

(相対化)する。これをサセプタ及び基板側と、対向面側の双方について行い、一つのグラフにプロットしたものが図12である。堆積速度は時間当たりの堆積量であり、また規格化されているため縦軸は"規格化堆積量"と表現した。図12のグラフから、対向面パーズ量に対するサセプタ及び基板側と、対向面側の堆積量の比較が可能となる。すなわち、パーズ流量を増やすにつれ、サセプタ及び基板側の平均堆積速度は増えている。これは材料効率がアップすることを意味する。対向面上の平均堆積速度は減っている。すなわち、対向面上の堆積が減少するので好ましい。

【0033】

(7)パーズ導入箇所依存性・・・図13には、パーズ導入箇所を変えた場合の、基板側壁面62上の堆積速度分布が示されている。同図において、横軸は、インジェクタ出口からの距離(m)を示し、縦軸は、堆積速度($D \cdot (dC/dz)$ (ノ/m²/s))を示す。この図から、パーズガスの導入箇所は、上流からが最も効果的であり、下流から導入したパーズガスはほとんど意味がないことが確認された。

10

【0034】

図14には、パーズ導入箇所を変えた場合の、対向面64上の堆積速度分布が示されている。同図において、横軸はインジェクタ出口からの距離(m)、縦軸は、堆積速度($D \cdot (dC/dz)$ (ノ/m²/s))を示す。この図から、同じパーズ量(条件6~条件8)で比較すると、上流からパーズガスを導入するのが最も対向面64上の堆積が少ないことが確認された。また、「条件6」のパーズガス総量は、「条件5」の1/3であるが、効果は若干劣る程度であることが分かる。

20

【0035】

(8)上流からのみの供給で、パーズ量を変化させた場合・・・図15には、パーズガスを上流からのみ供給し、パーズ量を変化させた場合の基板側壁面62上の堆積速度分布が示されている。同図において、横軸は、インジェクタ出口からの距離(m)を示し、縦軸は、堆積速度($D \cdot (dC/dz)$ (ノ/m²/s))を示す。この図から、パーズ量が多いほど基板側堆積量が多く、材料効率が良いことが確認された。また、パーズ量により堆積速度カーブの曲率が変化していることが確認されたことから、膜厚均一性制御に利用できることが分かった。

【0036】

図16には、上流からのみの供給で、パーズ量を変化させた場合の対向面64上の堆積速度分布が示されている。同図において、横軸はインジェクタ出口からの距離(m)、縦軸は、堆積速度($D \cdot (dC/dz)$ (ノ/m²/s))を示す。この図から、パーズが多いほど対向面上の堆積が減ることが確認された。

30

【0037】

図17には、パーズガスを全体から流した場合と、上流のみから流した場合との比較を示すグラフが示されている。横軸はパーズガス流量(SLM)、縦軸はサセプタ上の規格化堆積量である。この図から、パーズガスの使用量が同じなら、全体から流すよりも、上流だけから導入したほうが効果的であることが確認された。

【0038】

(9)総パーズ量を固定して導入場所でパーズ比率を変えた場合・・・図18には、総パーズ量を固定して導入箇所のパーズ比率を変えた場合の、基板側壁面62上の堆積速度分布が示されている。同図において、横軸は、インジェクタ出口からの距離(m)を示し、縦軸は、堆積速度($D \cdot (dC/dz)$ (ノ/m²/s))を示す。この図から、「条件10」と「条件12」では、「条件10」の方が若干材料効率がよい(ただし大きな差ではない)ことが確認された。また、堆積速度分布のパターン(曲率)が変化するため、膜厚分布最適化への利用が可能であることが確認された。

40

【0039】

図19には、総パーズ量を固定して導入箇所をパーズ比率を変えた場合の対向面64上の堆積速度分布が示されている。同図において、横軸はインジェクタ出口からの距離(m)、縦軸は、堆積速度($D \cdot (dC/dz)$ (ノ/m²/s))を示す。この図から、対向

50

面堆積速度のトップ値は、「条件 1 2」が最も小さくベストであることが確認された（ただし、「条件 1 0」との差は大きくない）。

【 0 0 4 0 】

(10)まとめ・・・以上のシミュレーション結果のまとめが、以下の表 3 に示されている。なお理解を容易にするため、表 3 中のパージ流量及びパージ流量合計は「条件 2」で規格化して表記している。

【表 3】

条件	パージ流量			パージ流量 合計	サセプタ上 堆積量	対向面上 堆積量	対向面上堆積 速度ピーク値
	F4	F5	F6				
①	0	0	0	0	1	1	1
②	1	1	1	3	1.04	0.96	0.92
③	2	2	2	6	1.08	0.92	0.84
④	4	4	4	12	1.16	0.85	0.70
⑤	8	8	8	24	1.30	0.70	0.48
⑥	8	0	0	8	1.26	0.76	0.48
⑦	0	8	0	8	1.04	0.96	1.02
⑧	0	0	8	8	1.00	0.99	1.01
⑨	16	0	0	16	1.42	0.59	0.41
⑩	24	0	0	24	1.51	0.48	0.34
⑪	32	0	0	32	1.56	0.40	0.28
⑫	16	8	0	24	1.46	0.53	0.29

10

20

30

【 0 0 4 1 】

前記表 3 から、パージガス消費量とその効果を総合的に考えると、「条件 9」～「条件 1 2」が妥当と考えられる。なお、いずれの条件を採用するかは、他の要素（膜厚均一性など）も考慮し決定すればよい。

【 0 0 4 2 】

シミュレーション結果から確認できたことは、次の通りである。

(1)シミュレーションを行い、パージガスを上流部分から重点的に流すと効果的であることが分かった。その理由は、採用した条件下ではパージがない場合には、上流部分の堆積が最も著しいため、そこをパージしてやるのが最も効果的であるからである。なお、実際にその場所で最も対向面上の堆積が顕著になるかどうかは、用いる材料ガス、キャリアガスのフローレート、成膜温度、対向面温度、成膜圧力などの条件により変わる。例えば、対向面上の堆積のピークが中流域にくるようであれば、中流域のパージ流量を増やすことが効果的である。従って、複数の対向面パージエリアに分割し、任意の場所のパージ量を任意に設定できる必要がある。

40

【 0 0 4 3 】

一般的には、1 バッチにおいて複数種の成膜を行う。膜種が変わると対向面上の堆積の状態も変わるので、1 バッチの中で各パージエリアの流量を変更できなければならない。従って、パージの強弱は穴の密度などではなく、マスフローコントローラによる制御が必須である。

【 0 0 4 4 】

(2)本発明によれば、パージバランスの最適化が可能である。これにより対向面上の堆

50

積を抑制し、その結果、基板上への堆積の材料効率を向上させることができる。対向面のメンテナンス（クリーニング）は、対向面上の堆積物の剥離が始まったら行わなければならない。一般に、剥離は堆積物が最も厚いところで最初に発生する。パージバランスの最適化により、対向面上の堆積物の総量を減らすだけでなく、堆積物厚のピーク値も低下させることができ、それにより対向面のメンテナンス頻度を下げ、コストを低減することができる。

【0045】

(3) 副次的な効果として、対向面パージのバランスにより基板上の堆積速度分布をある程度コントロールすることができる。この効果は、基板上膜厚均一性の調整に応用可能である。

(4) パージガス種は、水素（ H_2 ）又は窒素（ N_2 ）、あるいはそれらの混合ガスとなる。パージ効果やコスト面では窒素が有利であるが、水素雰囲気が必要なプロセスもあるため、その場合は水素パージとする必要がある。窒素のほうがパージ効果が高いのは、重い分子ゆえに、拡散係数が小さいため、材料分子が対向面まで拡散しにくくなるためである。

【0046】

このように、実施例1によれば、パージガスを供給する多数のパージガスノズル36を備えた対向面20を複数のパージエリアPE1～PE3に分割し、各パージエリアPE1～PE3に流すパージガスの流量をMFC（マスフローコントローラー）により調整可能とした。このため、パージガス流量バランスを最適化することにより、少ないパージガス量で対向面20上の堆積物を減らし、対向面20のメンテナンス頻度を下げるとともに、材料利用効率を上げることができるという効果がある。

【実施例2】

【0047】

次に、図20を参照しながら、本発明の実施例2を説明する。なお、上述した実施例1と同一ないし対応する構成要素には同一の符号を用いることとする（以下の実施例についても同様）。上述した実施例1は、横型反応炉の例であるが、本実施例は、本発明を自公転式反応炉に適用した例である。図20(A)は本実施例の自公転式の気相成膜装置の全体構成を示す断面図、図20(B)はパージエリア分割（ないしパージゾーン分割）を示す主要部の平面図である。

【0048】

図20(A)に示すように、本実施例の気相成膜装置100は、円板状のサセプタ110と、該サセプタ110に対向する対向面120と、材料ガス導入部130と、ガス排気部140とにより構成される。前記サセプタ110の主面110Aと、前記対向面120の主面120Aにより、水平方向にフローチャネル126が形成されている。成膜用の基板150は、基板保持部材114により保持され、基板保持部材114は、サセプタ110の受部112に保持されている。前記気相成膜装置100は、中心対称性があり、サセプタ110はその中心軸に関し公転し、それと同時に、基板150は自転する構造となっている。これら公転・自転のための機構は公知である。また、図20(A)の構造では、分離供給型インジェクタ部160も備えている。該インジェクタ部160は、第1のインジェクタ構成部材162と第2のインジェクタ構成部材164とによって、上中下の3層のガス導入部に分かれている。

【0049】

本実施例では、図20(A)及び(B)に示すように、前記インジェクタ部160の外周側に、同心円状の3つのパージエリアPEA、PEB、PECが形成されている。これらパージエリアPEA～PECには、それぞれ前記実施例1と同様に、図示しない多数のパージガスノズルが設けられており、各エリアに、マスフローコントローラ（MFC）が設けられ、パージガスの質量流量が調整されたうえで、フローチャネル126に導入される。本実施例の基本的な作用・効果は、上述した実施例1と同様である。

【実施例3】

【 0 0 5 0 】

次に、図 2 1 を参照しながら、本発明の実施例 3 を説明する。本実施例は、上述した実施例 1 の変形例であり、パージガスノズルのガス出口形状の工夫に関するものである。図 2 1 (A) は本実施例の気相成膜装置の主要部を示す断面図、図 2 1 (B) は比較例を示す図である。本実施例は、図 2 1 (A) に示すように、パージガスノズル 3 6 の出口に、フローチャネル 4 0 側へ向けて拡大したテーパ面 2 0 2 を設けた例である。仮に、このようなテーパを設けないとすると、図 2 1 (B) に示すように、パージガスノズル 3 6 からフローチャネル 4 0 に導入されたパージガスは、同図に矢印で示すように渦が発生し、材料ガスがその流れに乗って対向面の主面 2 0 A に到達し、堆積物 2 1 0 が生じやすくなる。

【 0 0 5 1 】

そこで、本実施例では、このような渦発生に対し、図 2 1 (A) に示す例のように、パージガスノズル 3 6 の出口にテーパ面 2 0 2 を設けることで、均一なダウンフローが実現され、パージガスノズル 3 6 の出口形状を平坦にした場合に生じる渦の発生を防止して、材料ガスを対向面 2 0 に到達させず、堆積物を生じにくくさせることができる。他の基本的な作用・効果は、上述した実施例 1 と同様である。

【 0 0 5 2 】

なお、本発明は、上述した実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることができる。例えば、以下のものも含まれる。

(1) 前記実施例で示した形状、寸法も一例であり、必要に応じて適宜変更してよい。

(2) 前記実施例で示したパージエリア（ないしパージゾーン）分割も一例であり、前記実施例では、上流・下流方向に、3つのゾーンに分割することとしたが、更に多くのゾーンに分割することを妨げるものではない。また、必ずしも、上流・下流方向に分割するのみでなく、反応炉の形状や導入口の配置等に応じ、同様の効果を奏する範囲内で適宜設計変更可能である。

【 0 0 5 3 】

(3) 前記実施例 1 では、横型反応炉を例に挙げて説明したが、本発明は、前記実施例 2 で示すように、自公転式反応炉にも適用可能である。すなわち、水平方向のフローチャネルが形成される反応炉全般に適用可能である。また、成膜面がフェイスアップ、フェイスダウンのいずれでもよく、フェイスアップの場合は、対向面に均一なダウンフローを、フェイスダウンの場合は均一なアップフローを形成できるパージガスノズルを形成すればよい。なお、上下を反転しても、重力の影響をあまり受けることはない。

(4) 前記実施例では、パージガスノズルとして、シャワーヘッド型のものを用いたが、スリット状アレイとしてもよい。例えば、図 2 2 (A) には、気相成膜装置 1 0 A が横型炉の場合のスリット型ノズルの配置例が示されており、スリットノズルアレイ 2 2 0 は、同図に太実線で示されているように、スリット状に形成されている。また、図 2 2 (B) は、自公転炉の場合のスリット型ノズルアレイを示す図であり、スリットノズルアレイ 2 3 0 は、スリットノズルアレイ 2 3 0 は、同図に太実線で示すように、同心円状に配置されている。

【 0 0 5 4 】

(5) 前記実施例では、パージガスとして水素又は窒素、あるいはその混合ガスとしたが、これも一例であり、同様の効果を奏する範囲で、公知の各種のガスをパージガスとして利用可能である。例えば、アルゴンや、窒化物系であればアンモニアもパージガスとして利用可能であろう。特にアンモニアを用いる場合は、フローチャネル内のV/III比分布の制御にも応用可能である。

(6) 上流側・下流側のいずれのパージ量を多くするかは、材料ガスの種類等に応じて、対向面上の堆積が激しい部分でより多量のパージガスを流すようにすればよい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 5 】

本発明によれば、成膜用基板を保持するためのサセプタと、該サセプタ及び成膜用基板に対向し、水平方向のフローチャネルを形成する対向面と、前記フローチャネルに材料ガ

10

20

30

40

50

スを導入する導入部と、前記フローチャネルを通過したガスを排気する排気部と、前記対向面に設けられており、前記サセプタに向けて均一にパージガスを供給する多数のパージガスノズルと、を備えるとともに、前記対向面が、それぞれが複数のパージガスノズルを含む複数のパージエリアに分割されており、前記複数のパージエリア毎に、パージガスを流量を制御する複数のマスフローコントローラを設けることとした。このため、対向面の堆積物を抑制（低減）でき、それによって、原料効率の向上と、対向面のメンテナンス頻度の低減が可能となるため、気相成膜装置の用途に適用できる。特に、化合物半導体膜や酸化物膜の成膜用途に好適である。

【符号の説明】

【0056】

10, 10A : 気相成膜装置	
12 : サセプタ	
12A : 主面	
14 : 基板	
20 : 対向面	
20A, 20B : 主面	
30A, 30B, 30C : シャワーヘッド	
32 : 導入部	
32A ~ 32C : 配管	
34 : ヘッド部	20
36 : パージガスノズル	
38 : 冷却手段	
38A : 冷却管	
40 : フローチャネル	
42, 42A ~ 42C : ガス導入部（導入口）	
44A, 44B : 仕切り板	
46 : インジェクタ部	
48 : 排気部	
50, 60 : 供給源	
52A ~ 52C, 62A ~ 62C : マスフローコントローラ（MFC）	30
60 : 反応炉	
62 : サセプタ・基板側壁面	
64 : 対向面	
100 : 気相成膜装置	
110 : サセプタ	
110A : 主面	
112 : 受部	
114 : 基板保持部材	
120 : 対向面	
120A : 主面	40
126 : フローチャネル	
130 : ガス導入部	
140 : ガス排気部	
150 : 基板	
160 : インジェクタ部	
162 : 第1のインジェクタ構成部材	
164 : 第2のインジェクタ構成部材	
200 : 気相成膜装置	
202 : テーパ面	
210 : 堆積物	50

220, 230 : スリットノズルアレイ

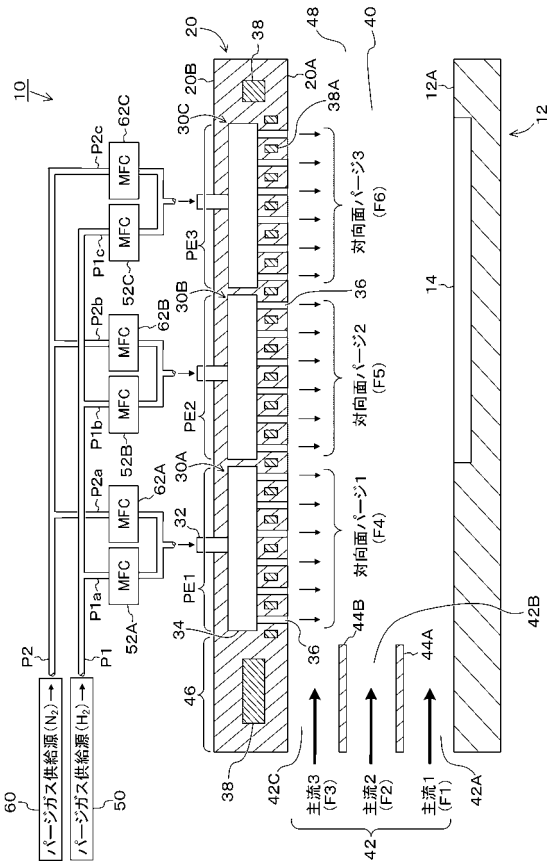
F1 ~ F3 : 主流

F4 ~ F6 : 対向面パージ (パージガス)

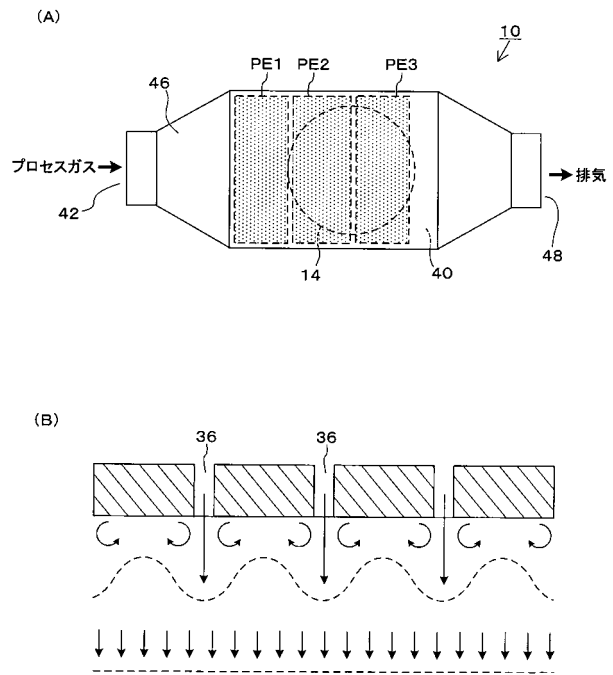
P1, P1a, P1b, P1c, P2, P2a, P2b, P2c : 配管

PE1 ~ PE3, PEA ~ PEC : パージエリア

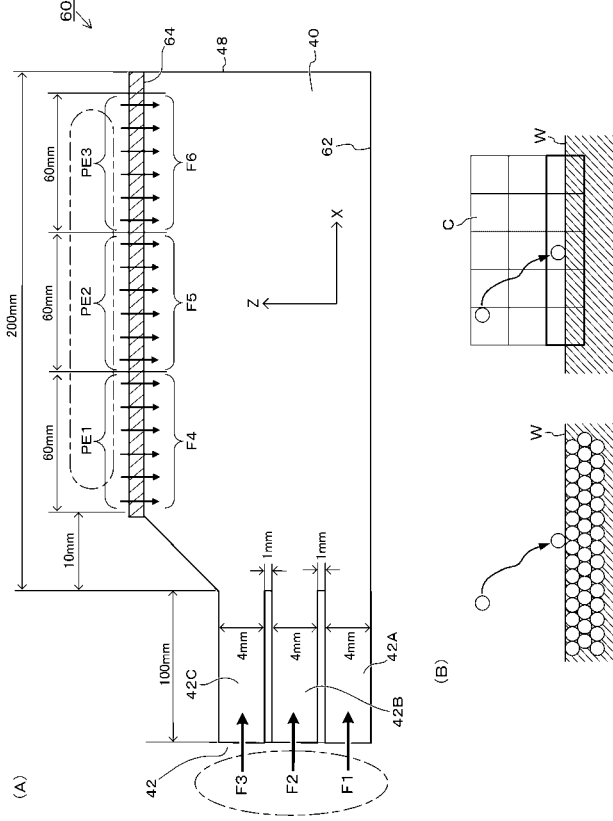
【図1】



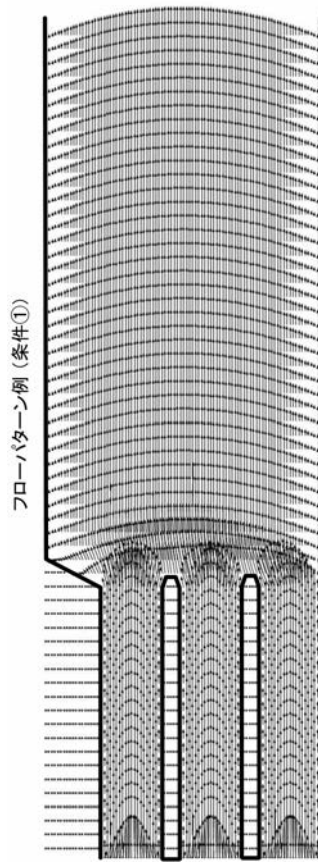
【図2】



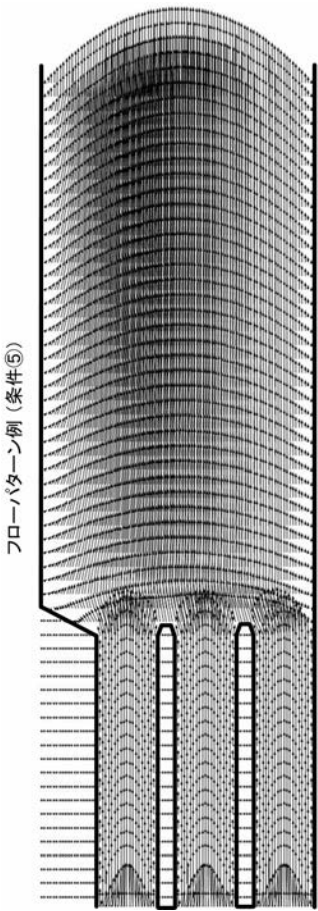
【 図 3 】



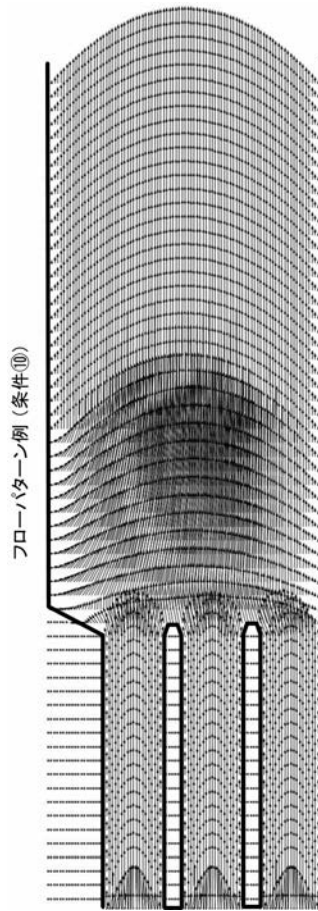
【 図 4 】



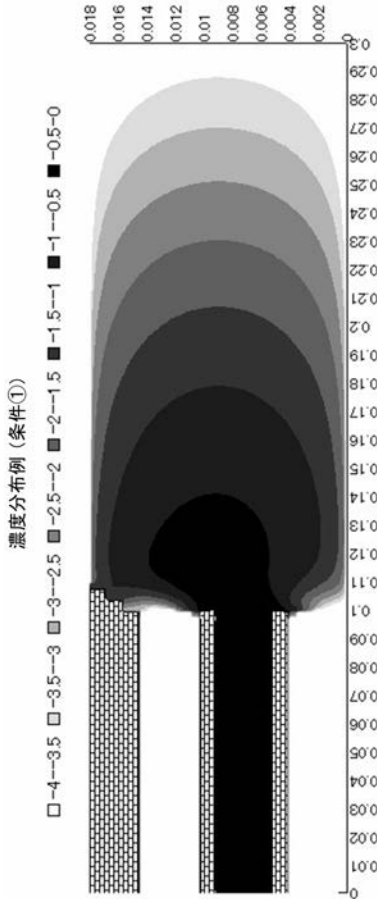
【 図 5 】



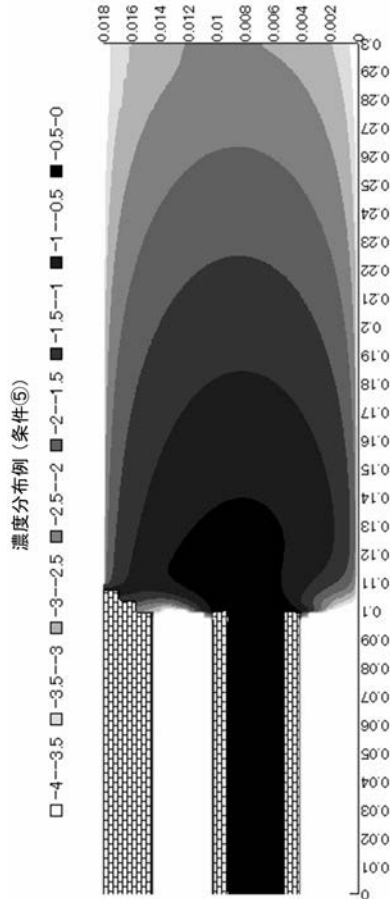
【 図 6 】



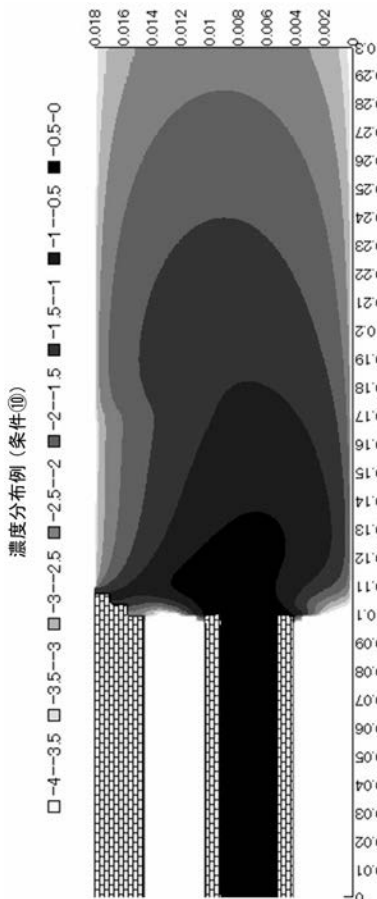
【 図 7 】



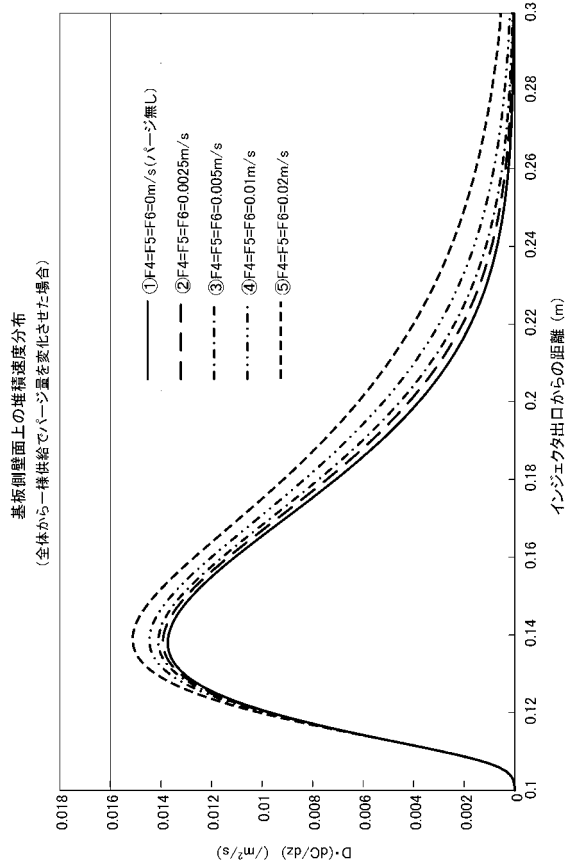
【 図 8 】



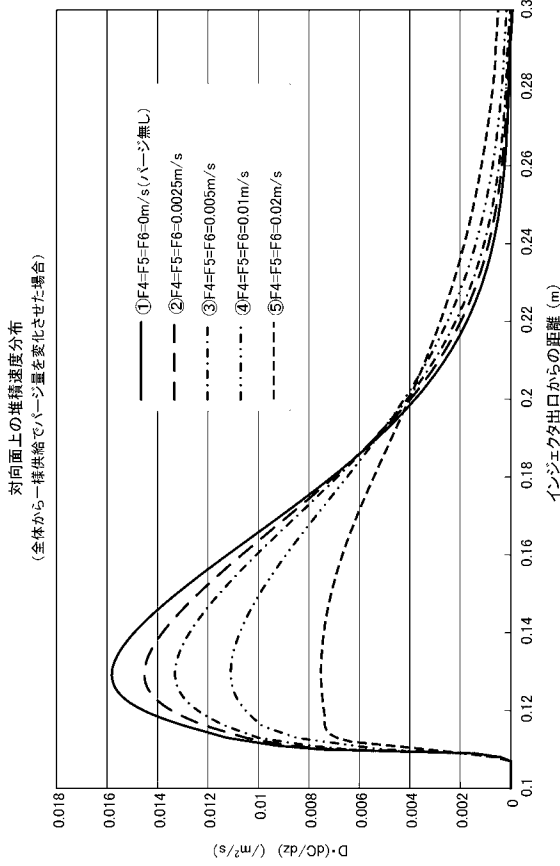
【 図 9 】



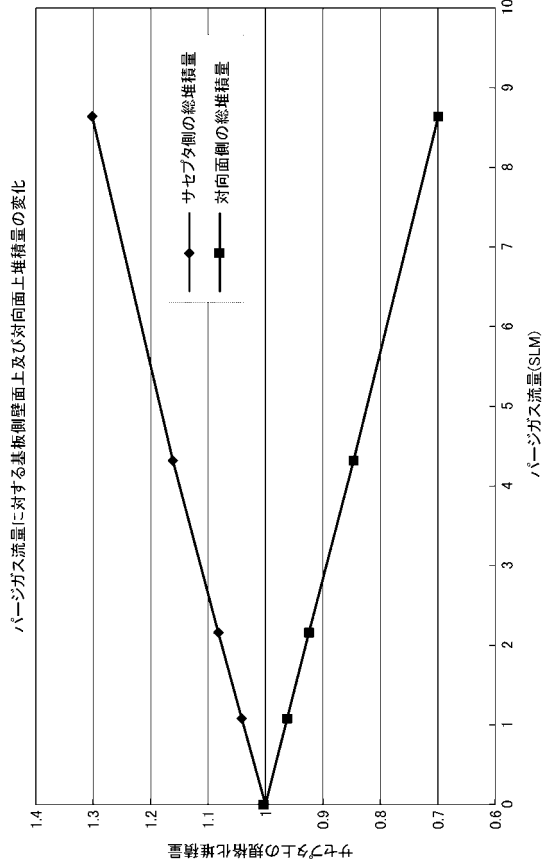
【 図 10 】



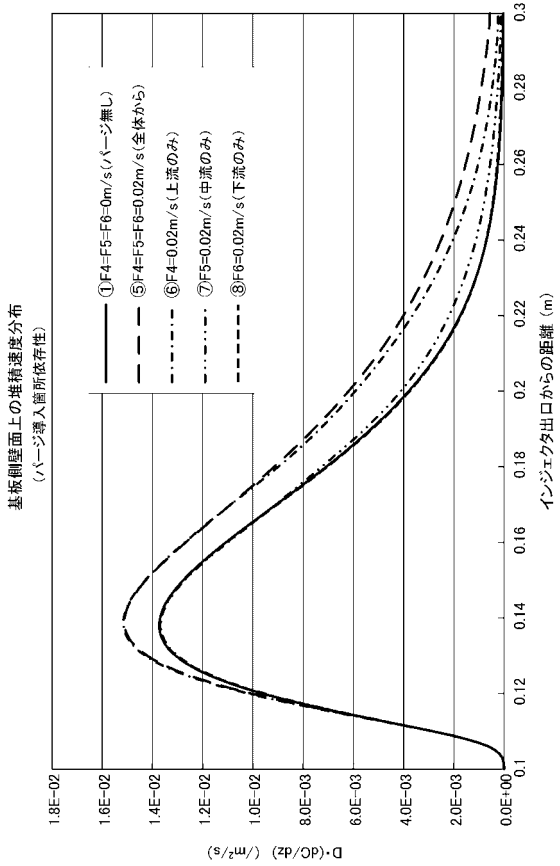
【図 1 1】



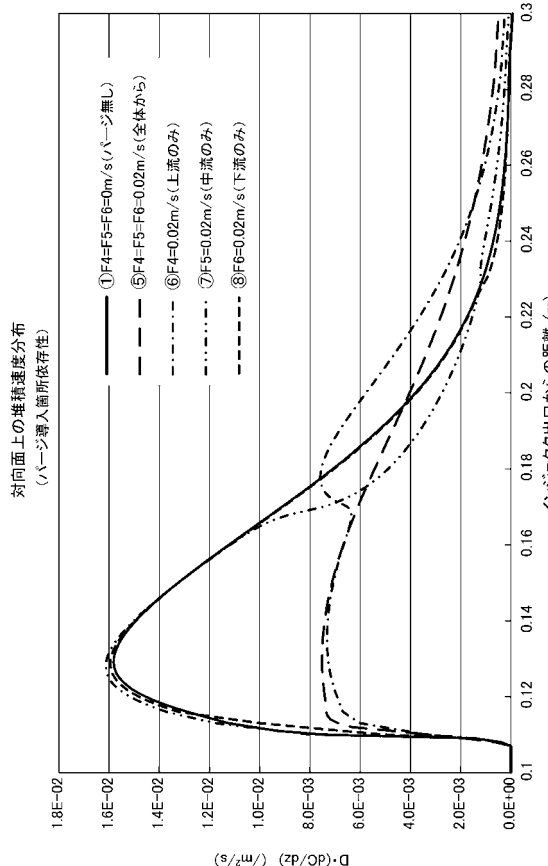
【図 1 2】



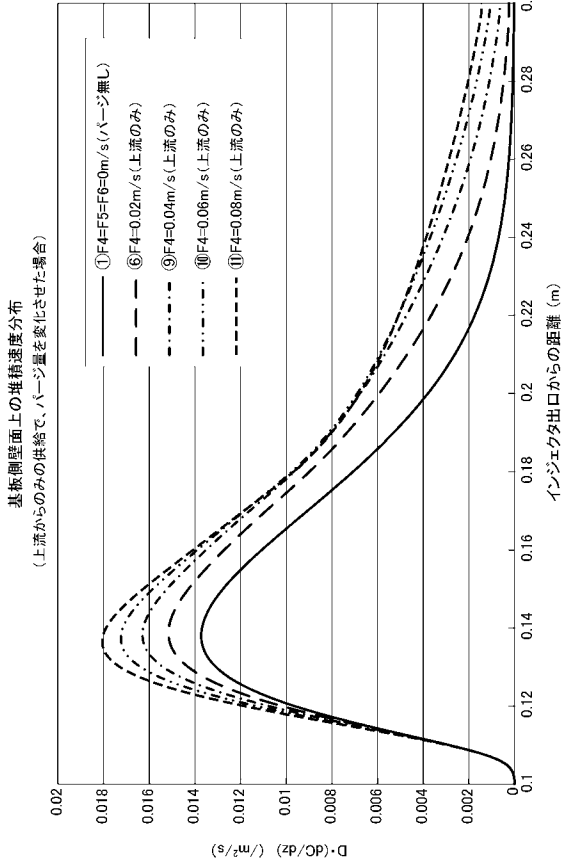
【図 1 3】



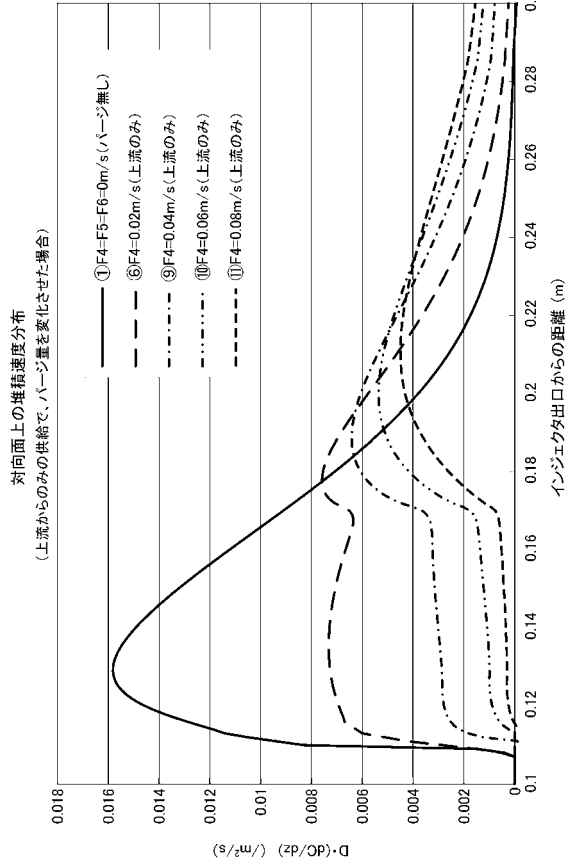
【図 1 4】



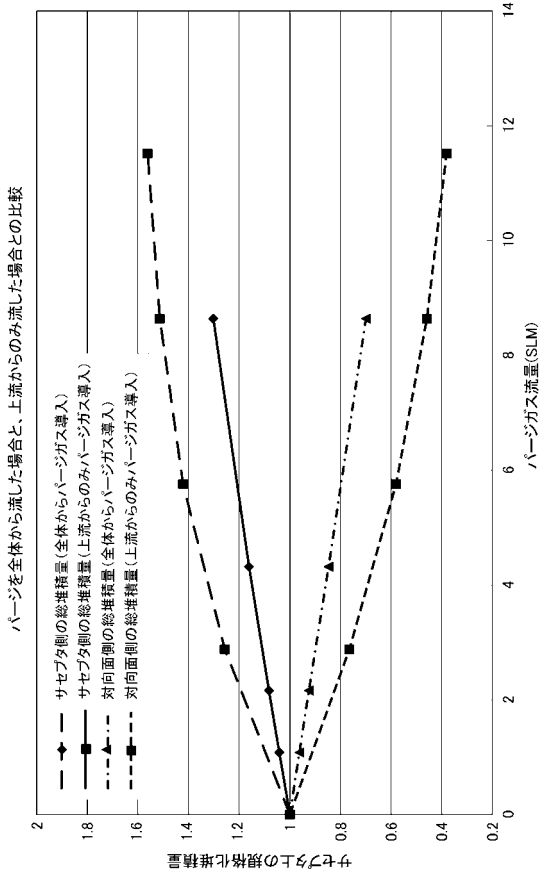
【 図 1 5 】



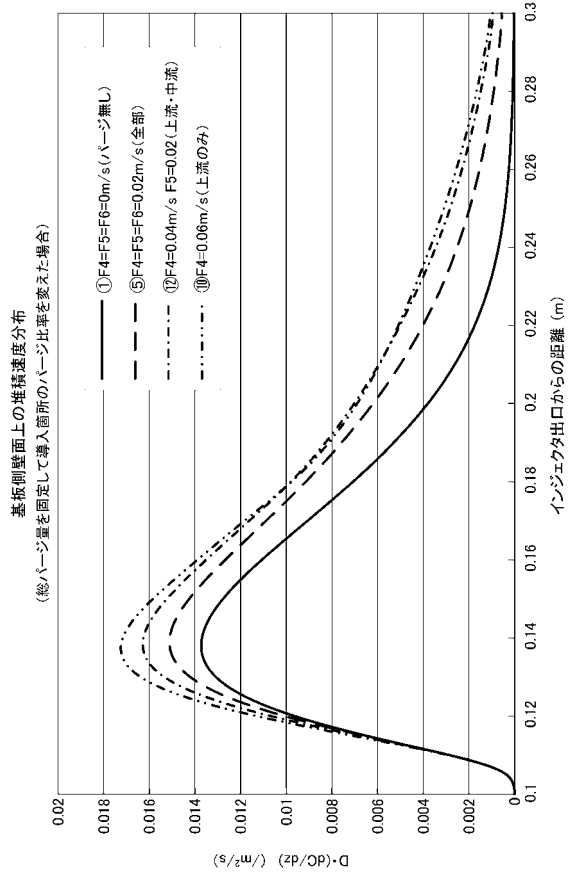
【 図 1 6 】



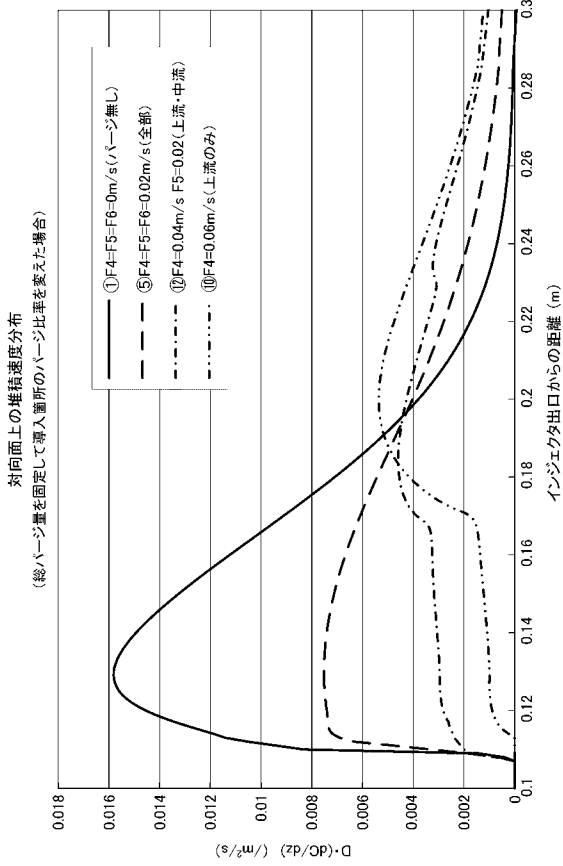
【 図 1 7 】



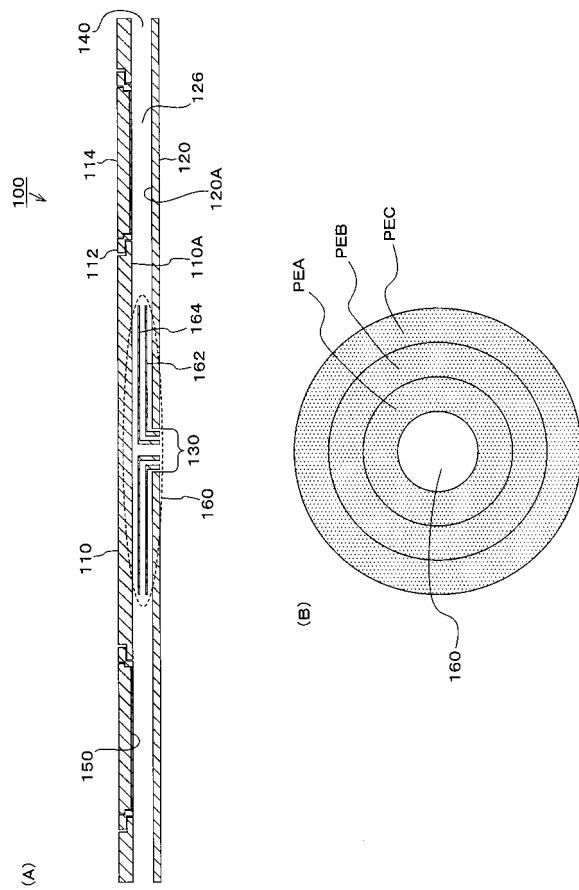
【 図 1 8 】



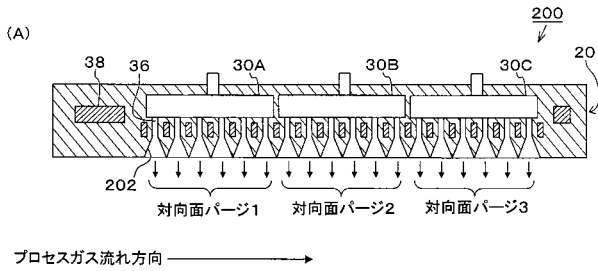
【図 19】



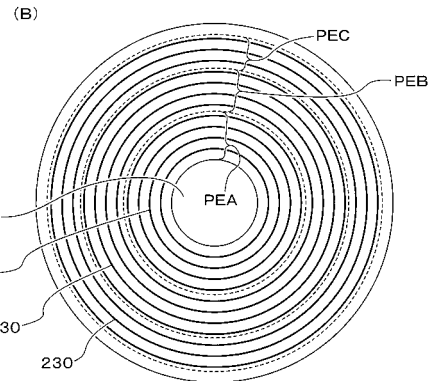
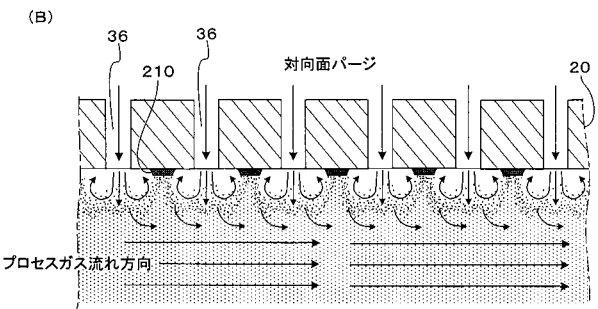
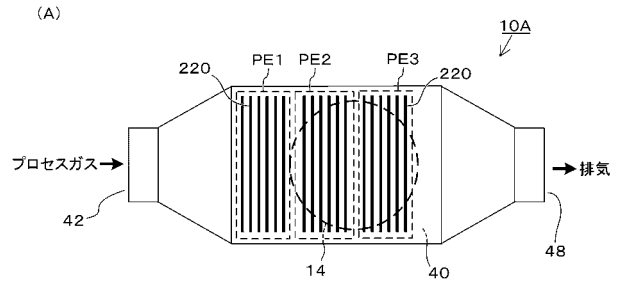
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(72)発明者 米野 純次

東京都中央区日本橋本町3-3-6 ワカ末ビル7階

(72)発明者 林伯融

台湾新竹市科学园区研新一路18号 漢民科技股 分 有限公司内

Fターム(参考) 4K030 AA11 AA13 AA17 AA18 BA08 BA38 BB02 CA05 CA12 EA05
EA06 FA10 JA05 KA02 LA14
5F045 AA04 AB14 AC07 AC12 AD14 AE29 AF09 BB15 DP04 DP15
DP27 DP28 DQ10 EF05 EF09 EJ04