

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5655199号
(P5655199)

(45) 発行日 平成27年1月21日(2015.1.21)

(24) 登録日 平成26年12月5日(2014.12.5)

(51) Int.Cl.		F I
H O 1 L 21/205	(2006.01)	H O 1 L 21/205
C 2 3 C 16/46	(2006.01)	C 2 3 C 16/46

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2010-199230 (P2010-199230)	(73) 特許権者	803000115
(22) 出願日	平成22年9月6日(2010.9.6)		学校法人東京理科大学
(65) 公開番号	特開2012-59784 (P2012-59784A)		東京都新宿区神楽坂一丁目3番地
(43) 公開日	平成24年3月22日(2012.3.22)	(74) 代理人	100105201
審査請求日	平成25年9月3日(2013.9.3)		弁理士 椎名 正利
		(72) 発明者	大川 和宏
			東京都新宿区神楽坂1-3 学校法人東京理科大学内
		(72) 発明者	平子 晃
			東京都新宿区神楽坂1-3 学校法人東京理科大学内
		(72) 発明者	谷口 直之
			神奈川県相模原市中央区宮下本町2-7-29

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体薄膜製造装置及び窒化物半導体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属源を含むガスと窒素源を含むガスとをキャリアガスで運び、フローチャネル内に導入するガス導入手段と、

該フローチャネル内に配設された基板と、

該基板の周囲において前記ガス導入手段で導入されたガスを加熱又は冷却する加熱等手段と、

前記基板に対峙して配設され、該加熱等手段で加熱又は冷却されたガスの温度を温度特性調整率が所定の範囲内の比率となるように調整する温度特性調整手段とを備えた半導体薄膜製造装置であって、

前記温度特性調整率が、前記温度特性調整手段による制御を行ったときの前記基板のガス上流端での温度と該基板のガス下流端での温度間の差である第1の温度偏差を、該温度特性調整手段による制御の行われないうちの前記基板のガス上流端での温度と該基板のガス下流端での温度間の差である第2の温度偏差で除した比率であり、

前記所定の範囲内の比率が15%~35%であり、

前記温度特性調整手段による制御を行ったときの前記基板の対向面の反応炉壁面における温度が該基板のガス上流端に対応する位置で550K以上、該基板のガス下流端に対応する位置で700K以下であり、あるいは、前記温度特性調整手段による制御を行ったときの前記基板の対向面の反応炉壁面における温度が該基板のガス上流端に対応する位置で700K以下、該基板のガス下流端に対応する位置で550K以上であることを特徴とする

10

20

半導体薄膜製造装置。

【請求項 2】

前記温度特性調整手段が、
複数の温度計と、
該温度計に対応して配設された複数のヒーターと、
前記各温度計で計測された温度が所定の設定温度値となるように前記各ヒーターを制御する制御手段と、
少なくとも一つの冷却管とを備えたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体薄膜製造装置。

【請求項 3】

金属源を含むガスと窒素源を含むガスをキャリアガスで運び、フローチャネル内に導入し、
該フローチャネル内に配設された基板の周囲において前記導入されたガスを加熱又は冷却し、
該加熱又は冷却により前記基板周囲に生じた温度特性に対し、前記基板に対向したフローチャネル壁面の温度が $550 \sim 700$ K の範囲内となるように更に加熱及び / 又は冷却により温度調整することで、化学反応された窒化物を前記基板上に堆積成長させることを特徴とする窒化物半導体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体薄膜製造装置及び窒化物半導体の製造方法に係わり、特に基板面内均一性を保ちながら原料利用率を向上させ、かつ半導体製造コストを削減させた半導体薄膜製造装置及び窒化物半導体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

白色 LED や青色 LED の構成材料である窒化物半導体を結晶成長させるための MOCVD (有機金属気相成長) 分野に適用される半導体薄膜製造装置として、従来、図 6 の構成のものが知られている。

【0003】

図 6 において、石英ガラスを材料とし、断面が四角形状で $1 \sim 10$ mm 程度の高さを有するフローチャネル 1 が配設されている。フローチャネル 1 内には、図中左方より気相原料ガスが流されている。フローチャネル 1 の底面中央部分には切欠 3 が形成され、この切欠 3 内に円板状の石英トレイ 5 が配置されている。そして、この石英トレイ 5 の上には 6 インチのサファイア基板 7 が載置されている。

【0004】

石英トレイ 5 はサセプタ 9 により支持されており、かつ、このサセプタ 9 は回転自在になっている。この図 6 の従来の半導体薄膜製造装置の縦断面を図 7 に示す。図 7 において、サセプタ 9 の内部にはヒーター 11 が配設され、サセプタ 9 を介してサファイア基板 7 を加熱するようになっている。

【0005】

図 7 中に示したサファイア基板 7 上の原料反応領域 A では、気相原料ガスが加熱されることで熱分解された原料ガス分子がサファイア基板 7 上に堆積し、薄膜が気相成長される。原料反応領域 A 以外の部分は空冷又は水冷されている (特許文献 1 参照)。

また、フローチャネル 1 の上面のヒーター 11 と対峙する位置に別途ヒーターを配設した例が開示されている (特許文献 2 参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2006 - 173540 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】特開2007-81315号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、従来のように原料反応領域Aを加熱しただけでは図6におけるサファイア基板7の左端より右端にかけて右肩上がりに温度が上昇する温度特性となる。この温度特性が線形であれば、サセプタ9を回転させることで均一化された薄膜をサファイア基板7上に形成できる。

【0008】

しかしながら、加熱ヒーターを配設したのみだと、実際には、フローチャンネル1内を流れる気相原料ガスの流れ方は温風の乱れにより一様にはならず、原料のサファイア基板7上への堆積の仕方もムラを生じていた。

また、原料金属に応じての加熱温度も適正に調整されているとは言えず原料利用効率も悪かった。

【0009】

本発明はこのような従来課題に鑑みてなされたもので、基板面内均一性を保ちながら原料利用効率を向上させ、かつ半導体製造コストを削減させた半導体薄膜製造装置及び窒化物半導体の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

このため本発明(請求項1)は半導体薄膜製造装置の発明であって、金属源を含むガスと窒素源を含むガスとをキャリアガスで運び、フローチャンネル内に導入するガス導入手段と、該フローチャンネル内に配設された基板と、該基板の周囲において前記ガス導入手段で導入されたガスを加熱又は冷却する加熱等手段と、前記基板に対峙して配設され、該加熱等手段で加熱又は冷却されたガスの温度を温度特性調整率が所定の範囲内の比率となるように調整する温度特性調整手段とを備えた半導体薄膜製造装置であって、前記温度特性調整率が、前記温度特性調整手段による制御を行ったときの前記基板のガス上流端での温度と該基板のガス下流端での温度間の差である第1の温度偏差を、該温度特性調整手段による制御の行われないうちの前記基板のガス上流端での温度と該基板のガス下流端での温度間の差である第2の温度偏差で除した比率であり、前記所定の範囲内の比率が15%~35%であり、前記温度特性調整手段による制御を行ったときの前記基板の対向面の反応炉壁面における温度が該基板のガス上流端に対応する位置で550K以上、該基板のガス下流端に対応する位置で700K以下であり、あるいは、前記温度特性調整手段による制御を行ったときの前記基板の対向面の反応炉壁面における温度が該基板のガス上流端に対応する位置で700K以下、該基板のガス下流端に対応する位置で550K以上であることを特徴とする。

【0011】

加熱等手段と温度特性調整手段とは一体構成されてもよい。温度特性調整率を15%~35%の範囲内とすることで、基板のガス上流端からガス下流端までの間の温度特性をほぼ線形に近くでき、また、温風の流れも一様にできる。このため、基板面内均一性を保ちながら原料利用効率を向上させることができる。従って、半導体の製造コストを低減できる。

【0013】

更に、本発明(請求項2)は、前記温度特性調整手段が、複数の温度計と、該温度計に対応して配設された複数のヒーターと、前記各温度計で計測された温度が所定の設定温度値となるように前記各ヒーターを制御する制御手段と、少なくとも一つの冷却管とを備えて構成した。

【0014】

更に、本発明(請求項3)は窒化物半導体の製造方法の発明であって、金属源を含むガスと窒素源を含むガスとをキャリアガスで運び、フローチャンネル内に導入し、該フローチ

10

20

30

40

50

チャンネル内に配設された基板の周囲において前記導入されたガスを加熱又は冷却し、該加熱又は冷却により前記基板周囲に生じた温度特性に対し、前記基板に対向したフローチャンネル壁面の温度が $550 \sim 700$ K の範囲内となるように更に加熱及び / 又は冷却により温度調整することで、化学反応された窒化物を前記基板上に堆積成長させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

以上説明したように本発明（請求項1）によれば、温度特性調整手段による制御を行ったときの基板のガス上流端での温度とこの基板のガス下流端での温度間の差である第1の温度偏差を、温度特性調整手段による制御の行われないうちの基板のガス上流端での温度とこの基板のガス下流端での温度間の差である第2の温度偏差で除した比率である温度特性調整率を $15\% \sim 35\%$ の範囲内とした制御を行うことで、基板のガス上流端からガス下流端までの間の温度特性をほぼ線形にでき、また、温風の流れも一様にできる。このため、基板面内均一性を保ちながら原料利用効率を向上させることができる。従って、半導体の製造コストを低減できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態である横型反応炉の全体概念斜視構成図

【図2】図1の縦断面概念構成図

【図3】温度設定値をパラメータとしたときのサファイア基板の基板上流からの距離と GaN 成長レートの関係を示す図

20

【図4】温度特性調整機構の各温度設定値と原料利用効率の関係を示す図

【図5】温度特性調整機構を用いて所定の範囲内に温度特性を調整する方法（概念）を説明する図

【図6】従来の半導体薄膜製造装置の構成図

【図7】従来の半導体薄膜製造装置の簡略構成概念図

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について説明する。本発明の実施形態である横型反応炉の全体概念斜視構成図を図1に示す。また、図1についての縦断面図（概念図）を図2に示す。なお、図6及び図7と同一要素のものについては同一符号を付して説明は省略する。

30

【0018】

図1及び図2において、フローチャンネル1は高さ 7.5 mm、幅が 160 mm、長さが 500 mm で形成されている。フローチャンネル1の左端には直径 10 mm 程度のガス中継管21の一端が接続されている。そして、このガス中継管21の他端にはガス分岐管23、ガス分岐管24、ガス分岐管25が接続されている。ガス中継管21、ガス分岐管23、ガス分岐管24、ガス分岐管25はステンレスで形成されている。

【0019】

ガス分岐管23には例えば金属源としてのトリメチルガリウム ($TMGa$)、ガス分岐管24には窒素源としてのアンモニア (NH_3)、ガス分岐管25にはキャリアガスである水素 (H_2) が導入され、ガス中継管21内で混合されるようになっている。但し、金属源としてはトリメチルアルミニウム ($TMAI$)、トリメチルインジウム ($TMIIn$) が、また、キャリアガスには窒素 (N_2) が適用されてもよい。

40

【0020】

ガス分岐管23内の流量はトリメチルガリウム ($TMGa$) を 3.2 ミリリットル / 分、ガス分岐管24内の流量はアンモニア (NH_3) を 12 リットル / 分、ガス分岐管25内の流量は水素 (H_2) を 38 リットル / 分である。ガス中継管21内の流量はおよそ 50 リットル / 分である。また、これらの金属源のガス、窒素源のガス、キャリアガスの導入、フローチャンネル1、サセプタ9はチャンパー30の中に収納されており、このチャンパー30内は1気圧の窒素ガスが充填されている。フローチャンネル1の右端は絞り込みが

50

施された後、ガス出力管部 27 の左端と接続されている。ガス出力管部 27 の右端はチャンパー 30 外の図示しない配管に接続され、フローチャネル 1 内で使用されずに残ったガスが排気されるようになっている。

【0021】

サファイア基板 7 は直径約 150 mm であり、この中心には回転軸 29 が取り付けられている。この回転軸 29 は図示しないモータにより 20 回転 / 分で回転されるようになっている。

石英トレイ 5 の下部にはカーボン製のヒーター 11 がこの回転軸 29 の周囲に渦巻き状に捲回されている。このヒーター 11 は直径 150 mm 程度で構成され、ヒーター 11 の電源ケーブル 31 A、31 B がサセプタ 9 の外部へと出され図示しない電源に結ばれている。

10

【0022】

ヒーター 11 のフローチャネル 1 を挟んだ上側には温度特性調整機構 40 が配設されている。温度特性調整機構 40 の直径はヒーター 11 の大きさとはほぼ同じ程度の大きさに形成されている。温度特性調整機構 40 の内部にはガスの流れとは直交した方向にヒーター 41 a ~ 41 e が配設され、この各ヒーター同士の間には水配管 43 a ~ 43 e が配設されている。

【0023】

そして、これらの水配管 43 a ~ 43 e は、連結管 45 a ~ 45 d により直列に結ばれている。水配管 43 a の給水端から導入された冷却水は水配管 43 e の排水端から流出されるようになっている。ヒーター 41 a と水配管 43 a の間には温度計 47 a、ヒーター 41 b と水配管 43 b の間には温度計 47 b、ヒーター 41 c と水配管 43 c の間には温度計 47 c、ヒーター 41 d と水配管 43 d の間には温度計 47 d、ヒーター 41 e と水配管 43 e の間には温度計 47 e が配設されている。温度計 47 a ~ 温度計 47 e は例えば熱電対で構成される。

20

【0024】

温度計 47 a ~ 温度計 47 e に対応してそれぞれ独自に温度設定値が設定されている。そして、各温度計で測定された温度が温度設定値で設定された温度よりも低くなったときにこの温度計に隣接するヒーターがオンされ、一方、設定された温度よりも高くなったときにこの温度計に隣接するヒーターがオフされるようになっている。

30

【0025】

次に、本発明の実施形態の動作を説明する。

トリメチルガリウム (TMGa)、アンモニア (NH₃) は混合されキャリアガスである水素 (H₂) によってフローチャネル 1 内に運ばれる。ヒーター 11 により 1,300 K (ケルビン) で加熱されることで原料反応領域 A では、窒化ガリウム (GaN) が過飽和蒸気となって、サファイア基板 7 上に堆積して GaN 膜が成長する。

【0026】

本実施形態では、原料反応領域 A においてどの程度の温度になっていれば、サファイア基板 7 上への GaN 膜の堆積が均一で、かつ、金属源の原料としての利用効率が高くできるのかを実験的に調べた。

40

具体的には、まず、温度特性調整機構 40 の各温度設定値をすべて同一値とした上で温度特性調整機構 40 による制御を行いデータ取得を行った。この温度設定値をパラメータとしたときのサファイア基板 7 の基板上流からの距離 (mm) と GaN 成長レート (μm/h) の関係を図 3 に示す。

【0027】

従来技術ではヒーター 11 での加熱に伴い、温度特性調整機構 40 の配設されている位置でのフローチャネル 1 の壁の温度はおよそ 800 K 程度となる。このため従来特性は、図 3 中の 800 K の特性曲線に近い特性となる。但し、あくまでこの 800 K の特性曲線に近い特性という意味であって、温度特性調整機構 40 による何らの温度制御をしていない状態では、基板上流からの距離に対する堆積には経験的にムラが激しく生じていること

50

が分かっている。

【0028】

これは、ヒーター11による加熱だけでは、原料反応領域Aにおけるガスの流れを一様にはできず、このためサファイア基板7上への堆積もこのガスの流れの変化に影響されてしまっていることによるものである。

【0029】

また、従来技術では、ヒーター11に代えて反応炉壁面を冷却する場合もあるが、このような場合、図3中の300Kに近い特性曲線となる。但し、あくまでこの300Kの特性曲線に近い特性曲線という意味であって、温度特性調整機構40による何らの温度制御をしていない状態では、基板上流からの距離に対する堆積にはムラが激しく生じている点

10

は加熱の場合と同様である。

【0030】

また、図4には、温度特性調整機構40の各温度設定値と原料利用効率(%)の関係を示す。ここに、原料利用効率は、供給された金属源のガスの内、基板形成に使用された割合を示す。

【0031】

図3及び図4を参照すると、温度特性調整機構40によりサファイア基板7の対向面の反応炉壁面を500~700K(より望ましくは550~650K)の温度に制御すると基板上流からの距離に対するGaN成長レートの特性が最も線形に近く基板面内均一性を保つことができることが分かる。そして、この範囲では原料利用効率も37.5%程度と

20

高い。

【0032】

このように、温度特性調整機構40により500~700K(より望ましくは550~650K)の温度に制御することで、原料反応領域Aにおいて、下方からの温風を温度特性調整機構40により調整して原料反応領域Aにおけるガスの流れを安定かつ一様にさせる。その結果、基板面内均一性を保ちながら原料利用効率を向上させることができる。

【0033】

次に、温度特性調整機構40を用いて所定の範囲内に温度特性を調整する方法を図5の概念特性図を元に説明する。ここに、所定の範囲内とは温度値が500~700K、より望ましくは550~650Kである。

30

図5の従来特性イに示すように、ヒーター11で加熱をしている場合で、温度特性調整機構40による温度制御をしない場合(加熱、冷却ともに制御しない)には、例えば、サファイア基板7のガス上流端Hよりガス下流端Lまでの間でおよそ400K(温度偏差T1)の温度上昇偏差がある。

【0034】

温度特性調整機構40による温度制御を行うことで、サファイア基板7の対向面の反応炉壁面を550~650Kの温度に制御する場合には、この従来特性イがサファイア基板7のガス上流端Hよりガス下流端Lまでの間で温度特性口のようにおよそ100K(温度偏差T2)の温度上昇偏差の範囲内に収まるように調整する。具体的には、水配管43a~43eには冷却水を供給し続ける。一方、温度計47a~温度計47eに対応したそれぞれの温度設定値を温度特性口に沿って設定する。ヒーター41a~41eは、このそれぞれの温度設定値となるまでオンされ、温度設定値となった段階でオフされる。但し、温度設定値にはヒステリシスを持たせることでチャタリングを防止するのが望ましい。

40

【0035】

ここに、基板面内均一性を保ちながら原料利用効率を向上させることができる温度特性調整率(=(温度偏差T2/温度偏差T1)×100%)は、15%~35%が望ましく、より好ましくは20%~30%である。この範囲内に温度特性を調整することで、温度特性を線形に近くでき、また、温風の流れも一様にできる。このため、基板面内均一性を保ちながら原料利用効率を向上させることができる。

【0036】

50

なお、図5の温度特性八のように反応炉壁面を冷却する場合にも同様の温度特性調整率に調整されることが望ましい。

また、本実施形態では窒化ガリウム(GaN)の成膜例について説明したが、窒化アルミニウムガリウム(AlGaN)、窒化アルミニウム(AlN)、窒化インジウムガリウム(InGaN)、炭化ケイ素(SiC)についても同様に適用可能である。

【0037】

更に、ヒーター11と温度特性調整機構40とは一体構成されてもよい。

以上のように、本実施形態では、サファイア基板7の対向面の反応炉壁面部分に温度特性調整機構40を搭載したことで、サファイア基板7上の原料反応領域Aの温度を制御することが可能である。このため、従来の成膜方法では成膜にムラを生じていたり、原料の
10
利用効率も悪かったものが、サファイア基板7における成膜の均一性を保つことができると共に原料の利用効率をも向上させることができる。従って、半導体の製造コストを低減できる。

【符号の説明】

【0038】

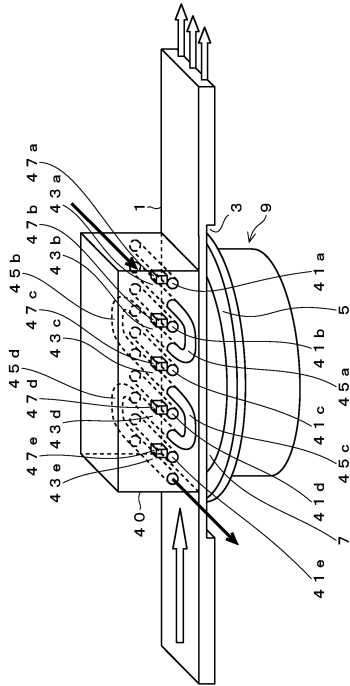
- 1 フローチャネル
- 3 切欠
- 5 石英トレイ
- 7 サファイア基板
- 9 サセプタ
- 11、41 ヒーター
- 21 ガス中継管
- 23、24、25 ガス分岐管
- 27 ガス出力管部
- 29 回転軸
- 30 チャンバー
- 31 電源ケーブル
- 40 温度特性調整機構
- 43 水配管
- 45 連結管
- 47 温度計

10

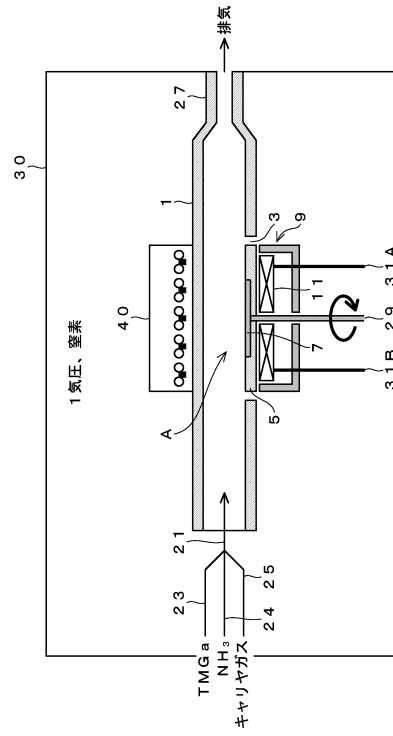
20

30

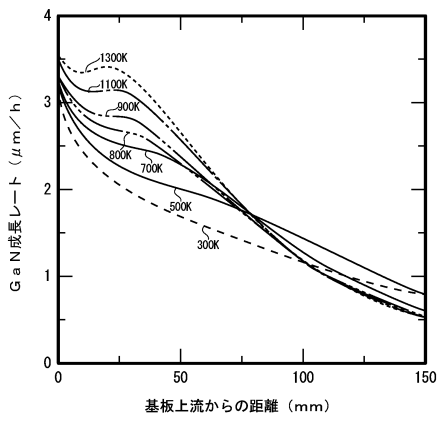
【図1】



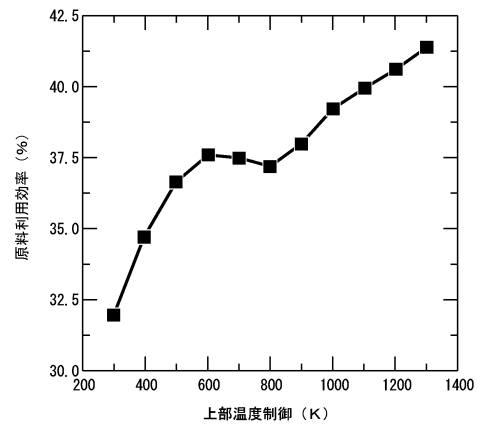
【図2】



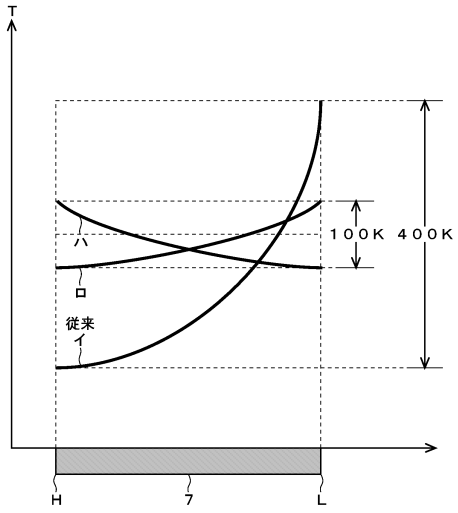
【図3】



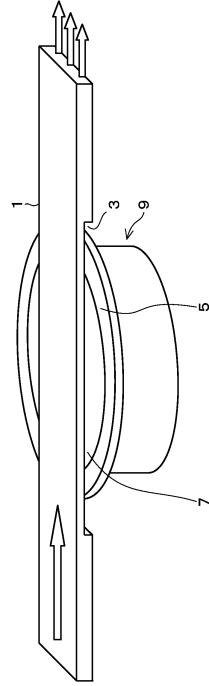
【図4】



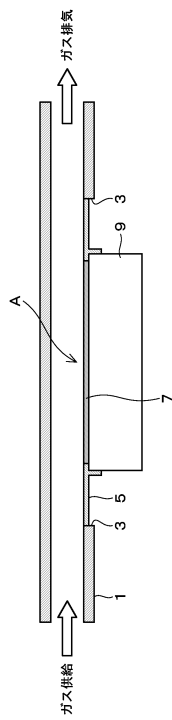
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開2008-235438(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/205
C23C	16/46