

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-515821

(P2010-515821A)

(43) 公表日 平成22年5月13日 (2010.5.13)

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

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 44 頁)

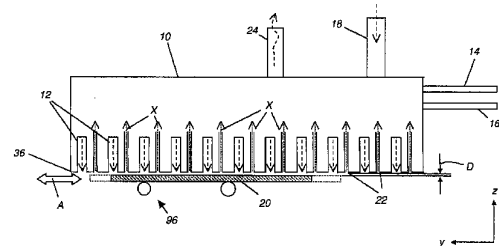
(21) 出願番号	特願2009-544851 (P2009-544851)	(71) 出願人	590000846
(86) (22) 出願日	平成19年12月26日 (2007.12.26)		イーストマン コダック カンパニー
(85) 翻訳文提出日	平成21年9月7日 (2009.9.7)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/026313		スター ステート ストリート 343
(87) 国際公開番号	W02008/085467	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開日	平成20年7月17日 (2008.7.17)		弁理士 青木 篤
(31) 優先権主張番号	11/620,744	(74) 代理人	100077517
(32) 優先日	平成19年1月8日 (2007.1.8)		弁理士 石田 敬
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100102990
			弁理士 小林 良博
		(74) 代理人	100128495
			弁理士 出野 知

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 堆積システム及び方法

## (57) 【要約】

薄膜材料を基体上に堆積させる方法であって、薄膜堆積システムの供給ヘッドの出力面から基体表面に向けて一連のガス流を同時に案内することを含み、一連のガス流が、少なくとも、第1反応性ガス状材料と、不活性パージガスと、第2反応性ガス状材料とを含み、第1反応性ガス状材料が、第2反応性ガス状材料で処理された基体表面と反応することができ、ガス流のうちの1つまたは2つ以上が、供給ヘッドの面からの基体の表面の分離に少なくとも寄与する圧力を提供する方法を開示する。かかる方法を実施することのできるシステムも開示する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基体上に固体材料を薄膜堆積させるための堆積システムであって、

a) 複数のガス状材料にそれぞれ対応する複数の供給源であって、第 1、第 2 及び第 3 のガス状材料にそれぞれ対応する第 1、第 2 及び第 3 供給源を少なくとも含む複数の供給源と；

b) 薄膜堆積を受ける基体にガス状材料を供給するための供給ヘッドであって、

(i) 第 1、第 2 及び第 3 ガス状材料をそれぞれ受容するための少なくとも第 1、第 2 及び第 3 流入ポートを含む複数の流入ポートと；

(b) 複数の出力開口部を含み、かつ、基体の表面から所定の距離をおいて対向する出力面；

を含む供給ヘッド、ここで、第 1、第 2 及び第 3 のガス状材料は前記出力面の出力開口部から同時に排出される；

c) 基体を支持するために任意選択的に用いてもよい基体支持体と；

を含み、

d) 薄膜堆積中に供給ヘッドの出力面と基体表面との間で実質的に均一な距離を維持することを含み、薄膜堆積のために基体表面への供給ヘッドからのガス状材料の 1 つまたは 2 つ以上の流れにより発生した圧力が、基体の表面から供給ヘッドの出力面を分離する力の少なくとも一部を提供する、基体上に固体材料を薄膜堆積させるための堆積システム。

**【請求項 2】**

実質的に均一な距離が、ガス状材料の 1 つ又は 2 つ以上の流れにより発生した圧力により実質的に維持され、1 つ又は 2 つ以上のガス状材料の流量を変えることにより距離を調節することができる、請求項 1 に記載の堆積システム。

**【請求項 3】**

供給ヘッドに結合されたアクチュエータをさらに含んで基体の表面に沿う供給ヘッドの往復運動を提供する、請求項 1 に記載の堆積システム。

**【請求項 4】**

少なくとも 1 つの出力開口部の幅が 0.05 ~ 2 mm である、請求項 1 に記載の堆積システム。

**【請求項 5】**

出力面が、断面で、曲率を有する、請求項 1 に記載の堆積システム。

**【請求項 6】**

断面で、出力開口部が四角形である、請求項 1 に記載の堆積システム。

**【請求項 7】**

供給ヘッドがさらに少なくとも 1 つの排気ポートを含む、請求項 1 に記載の堆積システム。

**【請求項 8】**

少なくとも 1 つの排気ポートによりガス状材料を再利用のために再循環させる、請求項 7 に記載の堆積システム。

**【請求項 9】**

基体を支持するための基体支持体をさらに含み、堆積システムは、動作中に、出力面と基体表面との間に相対運動を提供することができる、請求項 1 に記載の堆積装置。

**【請求項 10】**

供給ヘッドに結合されたアクチュエータをさらに含んで、出力開口部の長手方向に対して実質的に直交する方向に供給ヘッドの往復運動を提供し、それにより供給ヘッドに振動運動を提供する、請求項 9 に記載の堆積システム。

**【請求項 11】**

基体支持体が、供給ヘッドの出力面に沿って基体を運動させるための搬送装置を含む、請求項 9 に記載の堆積システム。

**【請求項 12】**

固体材料の薄膜堆積のための基体の総表面積が、供給ヘッドの出力面の表面積を超える、請求項 9 に記載の堆積システム。

【請求項 13】

基体支持体が移動ウェブを搬送する、請求項 9 に記載の堆積システム。

【請求項 14】

基体表面が、供給ヘッドの出力面から 0 . 4 mm 以内の分離距離で維持される、請求項 1 に記載の堆積システム。

【請求項 15】

搬送装置により提供されるウェブの運動が連続的であり、任意選択的に往復的であってもよい、請求項 13 に記載の堆積システム。

10

【請求項 16】

第 1、第 2 及び第 3 ガス状材料開口部の流れが薄膜堆積中に実質的に連続的である、請求項 1 に記載の堆積システム。

【請求項 17】

薄膜堆積中の供給ヘッド及び基体のためのチャンバハウジングを更に含む、請求項 1 に記載の堆積システム。

【請求項 18】

基体及び供給ヘッドが、大気に対して開放されている、請求項 13 に記載の堆積システム。

【請求項 19】

20

ウェブ基体を供給ヘッドの出力面を通り越して移動させてウェブ基体の所定の領域にわたって薄膜を堆積させるためのコンベヤをさらに含み、ここで、ウェブ基体は、供給ヘッドの出力面に実質的に均一に近接し、堆積システムは、当該システムの動作中に、上記の近接を維持したまま出力面と基体表面の間の相対運動を提供することができる、請求項 1 に記載の堆積システム。

【請求項 20】

ウェブの運動に対して直角な方向に供給ヘッドを運動させるための搬送集成体をさらに含む、請求項 19 に記載の堆積システム。

【請求項 21】

供給ヘッドの面から基体の表面を分離する圧力が、供給ヘッドの面からのガス流の全てにより実質的に等しく提供される、請求項 1 に記載の堆積システム。

30

【請求項 22】

一連のガス流が、供給ヘッドの出力面における排気出口により互いに分離されている、請求項 1 に記載の堆積システム。

【請求項 23】

第 1 及び第 2 反応性ガス状材料の流れが、少なくとも不活性バージガスおよび排気出口により空間的に実質的に分離されている、請求項 1 に記載の堆積システム。

【請求項 24】

ガス流が、供給ヘッドの出力面における実質的に平行な細長い開口部を通して供給される、請求項 1 に記載の堆積システム。

40

【請求項 25】

実質的に平行な細長い開口部が実質的に同心的である、請求項 24 に記載の堆積システム。

【請求項 26】

不活性ガス流を供給するさらなる細長い開口部が、実質的に平行な細長い開口部に対して垂直である、請求項 25 に記載の堆積システム。

【請求項 27】

実質的に垂直な細長い開口部が、実質的に平行な細長い開口部の端部と供給ヘッドのエッジの外面の間に位置する、請求項 26 に記載の堆積システム。

【請求項 28】

50

供給ヘッドの外面と基体の間に維持される実質的に均一な距離が1mm未満である、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項29】

供給ヘッドの外面と基体の間に維持される実質的に均一な距離が500マイクロメートル未満である、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項30】

供給ヘッドの外面と基体の間に維持される実質的に均一な距離が200マイクロメートル未満である、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項31】

供給ヘッドの出力面が当該外面の総面積の少なくとも95%であるランド面積を有する、請求項1に記載の堆積システム。

10

【請求項32】

供給ヘッドの出力面が当該外面の総面積の少なくとも85%であるランド面積を有する、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項33】

供給ヘッドの出力面が当該外面の総面積の少なくとも75%であるランド面積を有する、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項34】

細長い開口部を出るガス状材料が当該開口部の長手方向に沿って、偏差10%以内で実質的に等しい圧力を有する、請求項26に記載の堆積システム。

20

【請求項35】

基体が、プラテンである基体ホルダ上にある、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項36】

ガス流体支持によって、基体、又は、任意選択的に供給ヘッドのための支持を提供してもよい基体のための基体ホルダを浮かせ、このガス流体支持が、供給ヘッドに対向する第1表面とは反対側の基体の第2表面に対してガス圧を印加する、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項37】

基体を第1堆積部分と第2堆積部分の間でその位置を変位させずに基体の両側を薄膜体積に同時に又は逐次的にかけることができるように、前記供給ヘッドから見て基体の反対側にさらなる第2の供給ヘッドが設けられている、請求項20に記載の堆積システム。

30

【請求項38】

処理される基体の上方の出力面が硬質であり、かつ、平面的又は非平面的である、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項39】

処理される基体の上方の出力面が可撓性であり、基体に整合する、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項40】

出力面と基体の間の分離距離を維持するのを支援する力を提供するための浮揚又は加圧要素をさらに含む、請求項1に記載の堆積システム。

40

【請求項41】

基体ホルダが、堆積中に基体と接触し、及び/又は、基体を搬送する手段が、堆積中に基体と接触する、請求項1に記載の堆積システム。

【請求項42】

薄膜材料を基体上に堆積させる方法であって、薄膜堆積システムの供給ヘッドの出力面から基体の表面に向けて一連のガス流を同時に案内することを含み、ここで、一連のガス流は、少なくとも、第1反応性ガス状材料と、不活性パージガスと、第2反応性ガス状材料とを含み、第1反応性ガス状材料は、第2反応性ガス状材料で処理された基体表面と反応することができ、ガス流のうちの1つ又は2つ以上が、供給ヘッドの面から基体の表面を分離するのに少なくとも寄与する圧力を提供する、薄膜材料を基体上に堆積させるため

50

の方法。

【請求項 4 3】

ガス流が、基体に近接して位置する実質的に平行な一連の開放された細長い出力チャネルから提供され、供給ヘッドの出力面は、堆積にかけられる基体の表面から 1 mm 以内の間隔を置いて位置する、請求項 4 8 に記載の方法。

【請求項 4 4】

基体が、間隔を置いて配置された複数の供給ヘッドにより処理される、請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 4 5】

基体の所与の領域が、一度に 5 0 0 ミリ秒未満にわたって、第 1 反応性ガス状材料のガス流に曝露される、請求項 4 2 に記載の方法。

10

【請求項 4 6】

さらに、供給ヘッドと基体との間の相対運動を可能にすることを含む、請求項 4 8 に記載の方法。

【請求項 4 7】

反応性ガス状材料のうちの少なくとも 1 つの材料のガス流が少なくとも 1 s c c m である、請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 4 8】

堆積中の基体の温度が 3 0 0 未満である、請求項 4 8 に記載の方法。

【請求項 4 9】

20

第 1 反応性ガス状材料が金属含有化合物であり、第 2 の反応性ガス状材料が非金属化合物である、請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 5 0】

金属が周期表の I I , I I I , I V , V 又は V I 族の元素である、請求項 4 9 に記載の方法。

【請求項 5 1】

金属含有化合物が、3 0 0 未満の温度で蒸発することができる有機金属化合物である、請求項 4 9 に記載の方法。

【請求項 5 2】

金属含有反応性ガス状材料が非金属の反応性ガス状材料と反応することにより、五酸化タンタル、酸化アルミニウム、酸化チタン、五酸化ニオブ、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化亜鉛、酸化ランタン、酸化イットリウム、酸化セリウム、酸化バナジウム、酸化モリブデン、酸化マンガン、酸化錫、酸化インジウム、酸化タングステン、二酸化ケイ素、硫化亜鉛、硫化ストロンチウム、硫化カルシウム、硫化鉛、及びこれらの混合物から選択された酸化物又は硫化物材料を形成する、請求項 4 9 に記載の方法。

30

【請求項 5 3】

当該方法において使用される反応性ガス状材料が周囲の空気と混合することを防止できるように、供給ヘッドの出力面の最初及び最後の出力開口部における最初及び最後のガス流が反応性ガス状材料ではない、請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 5 4】

40

前記方法が、トランジスタにおいて使用するために、基体上に半導体又は誘電体薄膜を形成するために用いられ、当該薄膜は金属酸化物系材料を含み、前記方法は、金属酸化物系材料の少なくとも 1 つの層を 3 0 0 以下の温度で基体上に形成することを含み、金属酸化物系材料は、有機金属前駆体化合物を含む第 1 反応性ガス及び反応性酸素含有ガス状材料を含む第 2 反応性ガスを含む少なくとも 2 種の反応性ガスの反応生成物である、請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 5 5】

基体の表面が、基体に対向する出力面の開口部について、出力面から 1 mm 未満の距離に位置する、請求項 4 2 に記載の方法。

【請求項 5 6】

50

前記の近接度が 0.5 mm 未満である、請求項 55 に記載の方法。

【請求項 57】

前記方法の実施中に、基体支持体、もしくは供給ヘッドに結合されたアクチュエータ、またはこれらの両方が、出力面と基体の表面との間に相対運動を提供することができる、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 58】

堆積中に、供給ヘッドに振動運動を与えることをさらに含み、この振動運動は、任意選択的に、供給ヘッドの出力チャンネルの長手方向に対して直交していてもよい、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 59】

供給ヘッドの出力面に沿って基体を運動させることをさらに含み、この運動は任意選択的に一方向で連続的である、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 60】

薄膜材料堆積の表面積が供給ヘッドの出力面の表面積を上回る、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 61】

基体と供給ヘッドの出力面との分離距離が 0.3 mm 以内である、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 62】

第 1、第 2 及び第 3 出力チャンネルにおけるガス状材料の流れが、堆積操作中に実質的に連続的である、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 63】

基体及び供給ヘッドが、大気に対して開放されている、請求項 42 に記載の方法。

【請求項 64】

ウェブを供給ヘッドの出力面を通り越して移動させてウェブの所定の領域にわたって薄膜を堆積させるためのコンベヤをさらに含み、ここで、基体は、さらなる基体を支持するか又は薄膜堆積のための基体であり、基体は供給ヘッドの出力面に実質的に近接し、当該方法の実施中に、ウェブのための前記コンベヤ又は供給ヘッドのためのアクチュエータが、近接を維持したまま出力面と基体の間の相対運動を提供することができる、請求項 42 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、薄膜材料の堆積に関し、より詳しくは、同時に生じるガス流を基体上に案内する分配ヘッドを使用して、基体上に原子層を堆積させるための装置に関する。

【背景技術】

【0002】

薄膜堆積のために広く用いられている技術の中には、基体上に所望の膜を堆積させるために、反応チャンバ内で反応する化学的に反応性の分子を使用する化学蒸着法 (CVD) がある。CVD 用途に有用な分子状前駆体は、堆積させるべき膜の元素 (原子) 成分を含み、典型的には、付加的な元素も含む。CVD 前駆体は、基体において反応して当該基体上に薄膜を形成させるために、チャンバに気相で供給される揮発性分子である。化学反応によって、所望の膜厚を有する薄膜が堆積する。

【0003】

ほとんどの CVD 技術に共通することは、CVD 反応器内に 1 種又は 2 種以上の分子状前駆体のよく制御されたフラックスを適用する必要があることである。制御された圧力条件下でよく制御された温度に基体を保つことにより、副生成物の効率的な除去を伴って、これらの分子状前駆体間の化学反応が促進される。最適な CVD 性能を得るには、プロセス全体を通してガス流、温度及び圧力の定常状態条件を達成及び維持する能力と、過渡的現象を最低限に抑えるか又は無くす能力を必要とする。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

特に半導体、集積回路及び他の電子デバイスの分野では、従来のCVD技術の達成し得る限度を超えた、特に高品質の薄膜、優れたコンフォーマルコーティング特性を有する高密度膜、特に低温で製造することができる薄膜が要望されている。

## 【 0 0 0 5 】

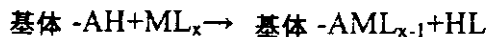
原子層堆積法 (ALD) は、その先行技術であるCVDと比較して、厚さ分解能及びコンフォーマル能力を改善することができる代替的膜堆積法である。ALD法は、従来のCVDの従来の薄膜堆積プロセスを、単原子層の堆積工程に分割する。都合良いことに、ALD工程は自動的に終結するので、自動的に終結する曝露時間まで、又は自動的に終結する曝露時間を超えて実施すると、一原子層を堆積させることができる。原子層は典型的には、0.1 ~ 0.5 分子単層であり、典型的な寸法は数オングストローム以下のオーダーにある。ALDにおいて、原子層の堆積は、反応性分子状前駆体と基体との間の化学反応の結果である。それぞれ別個のALD反応堆積工程において、正味の反応によって所期の原子層が堆積し、そして分子状前駆体中に元々含まれていた「余分」の原子は実質的に排除される。その最も純粋な形態では、ALDは、その他の反応前駆体の不存在下での、前駆体のそれぞれの吸着及び反応に關与する。実際には、いかなるシステムにおいても、少量の化学蒸着反応をもたらす種々異なる前駆体の若干の直接反応を回避することは難しい。ALDを実施すると主張するいかなるシステムにおいてもその目標は、少量のCVD反応を許容できることを認めながらもALDシステムに見合う装置の性能及び特質を得ることである。

## 【 0 0 0 6 】

ALD用途において、典型的には2種の分子状前駆体が、別個の段階においてALD反応器内に導入される。例えば、金属前駆体分子 $ML_x$ は、原子又は分子リガンドLに結合された金属元素Mを含む。例えばMは、Al, W, Ta, Si, Znなどであることができるが、これらに限定されない。基体表面が分子状前駆体と直接反応するように調製された場合、金属前駆体は基体と反応する。例えば、基体表面は、典型的には、金属前駆体に対して反応性の水素含有リガンドAHなどを含むように調製される。硫黄 (S)、酸素 (O) 及び窒素 (N) がいくつかの典型的なA種である。ガス状金属前駆体分子は、気体表面上のリガンドの全てと効率的に反応し、その結果、金属の単原子層が堆積する：

## 【 0 0 0 7 】

## 【 化 1 】



(1)

## 【 0 0 0 8 】

ここで、HLは反応副生成物である。反応中、初期表面リガンドAHは消費され、そして表面はLリガンドで覆われるようになる。これらのLリガンドは金属前駆体 $ML_x$ とさらに反応することはできない。従って、表面上の初期AHリガンドの全てが $AML_{x-1}$ 種で置換されると、反応は自動的に終結する。この反応段階の次に、典型的には、不活性ガスパージ段階が続く。この不活性ガスパージ段階は、第2反応性ガス前駆体材料を別個に導入する前に、チャンバから余分の金属前駆体を排除する段階である。

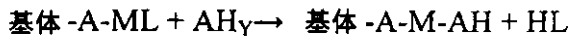
## 【 0 0 0 9 】

次に、金属前駆体に対する基体の表面反応性を回復させるために第2分子状前駆体を使用する。これは、例えばLリガンドを除去し、そしてAHリガンドを再堆積させることにより行われる。この場合、第2の前駆体は、典型的には、望ましい (通常は非金属の) 元素A (すなわちO, N, S) 及び水素を含む (すなわち $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$ )。次の反

応は下記の通りである：

【 0 0 1 0 】

【 化 2 】



(2)

10

【 0 0 1 1 】

これにより、表面は、A Hで覆われた状態に戻るように変換される（ここでは、便宜上、化学反応は平衡していない）。望ましい付加的な元素Aは膜中に取り込まれ、望ましくないリガンドLは揮発性副生成物として除去される。ここでもやはり、反応によって、反応性部位（この場合L末端部位）が消費され、そして基体上の反応性部位が完全に消耗したら自動的に終結する。第2分子状前駆体は、次いで、不活性パージガスを第2パージ段階で流すことにより堆積チャンバから除去される。

【 0 0 1 2 】

ここで要約すると、基本的なA L D法は、基体に対する化学物質のフラックスを順番に交互にすることを必要とする。上述のような代表的なA L D法は、4つの異なる作業段階を有するサイクルである：

20

- 1．M L<sub>x</sub>反応；
- 2．M L<sub>x</sub>パージ；
- 3．A H<sub>y</sub>反応；及び
- 4．A H<sub>y</sub>パージ、次いで段階1へ戻る。

【 0 0 1 3 】

表面反応と、パージ作業を介在させて基体表面をその初期反応状態に回復させる前駆体除去とを交互に行うこのようなシーケンスの繰り返しは、典型的なA L D堆積サイクルである。A L D作業の重要な特徴は、基体をその初期の表面化学反応状態に回復させることである。この反復工程セットを用いて、化学キネティクス、1サイクル当たりの堆積、組成、及び厚さがすべて同様である等しい量の層として膜を基体上に層形成することができる。

30

【 0 0 1 4 】

A L Dは、半導体デバイス及び支持用電子素子（例えば抵抗器及びキャパシタ）、絶縁体、バスライン及び他の導電性構造体を含む多くのタイプの薄膜電子デバイスを形成するための一製造工程として用いることができる。A L Dは、電子デバイスの構成要素中の金属酸化物薄層を形成するのに特に適する。A L Dで堆積させることができる一般的な部類の機能性材料としては、導体、誘電体又は絶縁体、及び半導体が挙げられる。

【 0 0 1 5 】

導体は、有用な導電性材料であればいかなるものであってもよい。例えば、導体は、透明材料、例えば酸化インジウム - 錫（I T O）、ドーパト酸化亜鉛Z n O、S n O<sub>2</sub>又はI n<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含んでいてよい。導体の厚さは様々であってよく、特定の例によれば、5 0 ~ 1 0 0 0 n mであることができる。

40

【 0 0 1 6 】

有用な半導体材料の例は、化合物半導体、例えばヒ化ガリウム、窒化ガリウム、硫化カドミウム、真性酸化亜鉛及び硫化亜鉛である。

【 0 0 1 7 】

誘電性材料は、パターン化回路の種々の部分を電氣的に絶縁する。誘電層は、絶縁体又は絶縁層と呼ぶことができる。誘電性材料として有用な材料の具体例としては、ストロンチウム酸塩、タンタル酸塩、チタン酸塩、ジルコン酸塩、酸化アルミニウム、酸化ケイ素

50

、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化チタン、セレン化亜鉛及び硫化亜鉛が挙げられる。さらに、これらの例の合金、組み合わせ、及び多層を誘電体として使用することもできる。これらの材料のうち、酸化アルミニウムが好ましい。

#### 【0018】

誘電性構造層は、異なる誘電定数を有する2つ又は3つ以上の層を含んでよい。このような絶縁体は、米国特許第5,981,970号明細書及び同時係属中の米国特許出願第11/088,645号明細書において論じられている。誘電性材料は典型的には5 eVを上回るバンドギャップを示す。有用な誘電層の厚さは様々であってよく、特定の例によれば10~300 nmであってよい。

#### 【0019】

様々なデバイス構造体を、上記機能層を有するように形成することができる。中ないし低導電性の導電性材料を選択することによって、抵抗器を製作することができる。2つの導体の間に誘電体を配置することにより、キャパシタを形成することができる。2つの導電性電極の間に相補キャリアタイプの2つの半導体を配置することにより、ダイオードを形成することができる。相補的キャリアタイプの半導体の間に、真性である半導体領域（その領域の自由電荷キャリア数が少ないことを示す）を配置されてもよい。2つの導体の間に単一の半導体を配置することにより、ダイオードを構成することもできる。この場合、導体/半導体界面のうちの1つが、一方向で電流を強く妨害するショットキー障壁を生成する。導体（ゲート）上に絶縁層を、続いて半導体層を配置することによりトランジスタを形成することができる。2つ又は3つ以上の付加的な導体電極（ソース及びドレイン）を上側の半導体層と接触した状態で所定の間隔を置いて配置すると、トランジスタを形成することができる。必要な界面が形成されるならば、上記装置のいずれも種々の形態で形成することができる。

#### 【0020】

薄膜トランジスタの典型的な用途において、デバイスを流れる電流を制御することができるスイッチが必要である。このようなものとして、スイッチはオンにされると、高い電流がデバイスを貫流できることが望ましい。電流フローの程度は、半導体電荷キャリア移動度に関連する。デバイスがオフにされているときには、電流フローは極めて小さいことが望ましい。これは、電荷キャリア濃度に関連する。さらに、可視光が薄膜トランジスタ応答に及ぼす影響はほとんど又は全くないことが一般的に好ましい。これを真に実現するためには、半導体バンドギャップは、可視光に対する曝露がバンド間遷移を引き起こさないように十分に大きく（ $> 3 \text{ eV}$ ）なければならない。高い移動度、低いキャリア濃度及び高いバンドギャップをもたらすことができる材料はZnOである。さらに、移動ウェブ上に大量生産するためには、プロセスに使用される化学物質が低廉かつ低毒性であることが非常に望ましい。このような条件は、ZnO及びその前駆体の大部分を使用することにより満たされる。

#### 【0021】

自己飽和型表面反応は、技術的な許容差及び流動システムの限界又は表面トポグラフィ（すなわち三次元高アスペクト比構造内への堆積）に関連する限界に起因する、さもなければ表面均一性を損なうおそれのある搬送不均一性に対して、ALDを比較的低感受性にする。通常は、反応プロセスにおける化学物質のフラックスが不均一であると、一般的に、表面領域の異なる部分で、完成時間は異なってしまう。しかし、ALDを用いた場合、反応のそれぞれを、基体表面全体で完了させることが可能である。従って、完了速度（completion kinetics）の相違は、均一性に対して何の不利益も与えない。その理由は、反応を最初に完了する領域は当該反応を自動的に終結し、他の領域は、完全に処理された表面が意図する反応を受けるまで反応を持続できるからである。

#### 【0022】

典型的には、ALD法では、単一のALDサイクル（1サイクルは前に挙げた1~4の番号の工程を有する）において0.1~0.2 nmの膜が堆積する。多くの又はほとんどの半導体用途において、3 nm~30 nmの均一な膜厚を、そして他の用途ではさらに厚

10

20

30

40

50

い膜を提供するために、有用なそして経済的に見合うサイクル時間が達成されるべきである。産業上のスループット標準によれば、基体は好ましくは2分～3分以内で処理され、これは、ALDサイクル時間が0.6秒～6秒の範囲にあるべきであることを意味する。

#### 【0023】

ALDは、高度に均一な薄膜堆積の制御されたレベルを提供するものとしてかなり期待されている。しかし、その固有の技術的能力及び利点にもかかわらず、多くの技術的なハードルがまだ残っている。1つの重要な考察事項は、必要となるサイクルの数に関連する。その繰り返される反応物質およびパージサイクルのため、ALDを有効に利用するためには、 $ML_x$ から $AH_y$ へ化学物質フラックスを急に変化させることができ、これとともにパージサイクルを迅速に実施できる装置が必要となる。従来のALDシステムは、種々異なるガス状物質を基体上に、必要とされる順序で迅速にサイクル状に提供するように構成されている。しかし、必要な一連のガス状配合物をチャンバ内に、所要の速度で、そして望ましくない混合なしに導入するための信頼性の高いスキームを得ることは難しい。さらに、ALD装置は、多くの基体のコスト効率が高い被覆を可能にするために、多くのサイクルに対して効率的に且つ信頼性高くこの迅速なシーケンシングを実行できなければならない。

10

#### 【0024】

任意の所与の反応温度で、ALD反応が自動的に終結に達するために必要とする時間を短縮するために、いわゆる「パルス化」システムを使用して、ALD反応器内への化学物質のフラックスを最大化する1つの取り組みがなされた。ALD反応器内への化学物質のフラックスを最大化するために、分子状前駆体を最低希釈の不活性ガスとともに高い圧力でALD反応器内に導入することが有利である。しかし、これらの手段は、短いサイクル時間と、ALD反応器からのこれらの分子状前駆体の迅速な除去を達成するという必要性に対して不都合に働く。迅速な除去は、ALD反応器内のガス滞留時間が最低限に抑えられることを決定づける。ガス滞留時間は、反応器の容積V、ALD反応器内の圧力P、及び流量Qの逆数に比例する。すなわち：

20

#### 【0025】

#### 【数1】

$$\tau = VP/Q$$

30

(3)

#### 【0026】

典型的なALDチャンバの場合、容積(V)及び圧力(P)は、機械的及びポンピングの制約によって独立に決まる。そのため、滞留時間を低い値に正確に制御することが困難である。従って、ALD反応器内の圧力(P)を低くすると、短いガス滞留時間が容易になり、また、ALD反応器からの化学的前駆体の除去(パージ)の速度も高くなる。対照的に、ALD反応時間を最低限にすると、ALD反応器内部で高い圧力を使用することにより、ALD反応器内への化学的前駆体フラックスを最大化することが必要となる。さらに、ガス滞留時間及び化学物質利用効率の両方は流量に反比例する。従って、流量を低下させると効率を高めることができるが、ガス滞留時間も長くなってしまう。

40

#### 【0027】

既存のALDアプローチは、化学物質利用効率を改善するとともに反応時間を短くする必要性と、他方では、パージガス滞留時間及び化学物質除去時間とを最低限にする必要性との間のトレードオフを伴う妥協の産物である。「パルス化された」ガス状材料供給の固有の限界を克服するための1つのアプローチは、各反応性ガスを連続的に提供すること、そして各ガスを通して基体を連続して動かすことである。例えば、「GAS DISTRIBUTION S

50

SYSTEM FOR CYCLICAL LAYER DEPOSITION」と題される米国特許第 6, 821, 563 号明細書 (Yudovsky) には、前駆体及びパージガスのための別個のガスポートと、各ガスポート間の真空ポンプポートとを交互に有する、真空下の処理チャンバが記載されている。各ガスポートは、そのガス流を鉛直方向で下向きに基体に向ける。別個のガス流は壁又は仕切りによって分離され、各ガス流の両側には排気のための真空ポンプが設けられている。各仕切りの下側部分は、基体に近接して、例えば基体表面から 0.5 mm 以上のところに延びている。このように、これらの仕切りの下側部分は、ガス流が基体表面と反応した後、ガス流が下側部分の周りで真空ポートに向かって流れるのを可能にするのに十分な距離だけ基体表面から離されている。

#### 【0028】

10

回転ターンテーブル又はその他の搬送装置が、1つ又は2つ以上の基体ウェハを保持するために設けられている。この配置によると、基体を異なるガス流の下で往復させ、それにより ALD 堆積を生じさせる。一実施態様において、基体は、チャンバを通して線状通路内で動かされ、この通路内で基体は多数回にわたって前後へパスされる。

#### 【0029】

連続ガス流を使用した別のアプローチが、「METHOD FOR PERFORMING GROWTH OF COMPOUND THIN FILMS」(Suntolaら)と題された米国特許第 4, 413, 022 号明細書に示されている。ガス流アレイには、ソースガス開口部、キャリアガス開口部及び真空排気開口部が交互に設けられている。アレイ上の支持体の往復運動が、この場合にもパルス化された動作を必要とせずに、ALD 堆積を生じさせる。具体的には図 13 及び図 14 の実施態様において、基体表面と反応性蒸気との順次の相互作用が、ソースガス開口部の固定アレイ上の基体の往復運動によって行われる。排気開口部間にキャリアガス開口部を有することにより、拡散バリアが形成されている。このような実施態様を伴う動作は大気圧においてさえも可能であると Suntolaらは述べているが、プロセスの詳細又は例はほとんど又は全く提供されていない。

20

#### 【0030】

上記第 563 号 (Yudovsky) 及び上記第 022 号 (Suntolaら) の開示物に記載されたもののようなシステムは、パルス化ガスのアプローチに固有の難点のうちのいくつかを回避することはできるが、これらのシステムは他の欠点を有する。上記第 563 号 (Yudovsky) の開示物のガス流供給ユニットも、上記第 022 号の Suntola 他の開示物のガス流アレイも、基体に 0.5 mm よりも近接して使用することはできない。上記第 563 号 (Yudovsky) 及び上記第 022 号 (Suntolaら) の特許明細書に開示されたガス流供給装置のいずれも、移動ウェハ表面、例えば電子回路、光センサ、又はディスプレイを形成するための可撓性基体として使用することもできる表面との潜在的な使用のためには配列されていない。それぞれがガス流及び真空の両方を提供する、上記第 563 号 (Yudovsky) 開示物のガス流供給ユニット及び第 022 号 (Suntolaら) のガス流アレイの複雑な装置は、これらの解決手段を実行困難にし、大量生産するにはコスト高なものにし、また限られた寸法の移動基体上への堆積用途にその潜在的利用可能性を制限する。さらに、アレイ内の異なる地点で均一な真空を維持すること、そして同期的なガス流及び真空を相補的な圧力で維持することは極めて難しく、ひいては基体表面に提供されるガスフラックスの均一性に関して妥協することになる。

30

40

#### 【0031】

米国特許出願公開第 2005/084610 号明細書 (Selitser) には、大気圧原子層化学蒸着法が開示されている。動作圧力を大気圧に変化させることにより、反応速度が著しく高くなり、このことは、反応物質の濃度を桁違いに増大させ、その結果として表面反応速度を高めることを、Selitserらは述べている。Selitserらの実施態様は、方法のそれぞれの段階毎に別個のチャンバを伴うが、米国特許出願公開第 2005/084610 号明細書の図 10 には、チャンバの壁が取り除かれている実施態様が示されている。一連の分離されたインジェクタが、回転する円形基体ホルダ軌道の周りに間隔を置いて設けられている。各インジェクタは、独立して操作される反応物質マニホルド、パージマニホルド

50

、及び排気マニホールドを内蔵しており、そしてそれぞれの基体毎に、この基体がプロセス中にインジェクタの下を通るのに伴って、1つの完結した単分子層堆積・反応物質パージサイクルとして制御し作用する。ガスインジェクタ又はマニホールドの詳細はほとんど又は全くSelitserらによって記載されてはいないが、隣接するインジェクタからの交差汚染がパージガスによって防止され、排気マニホールドが各インジェクタ内に内蔵されるように、インジェクタの間隔が選択されると述べられている。

#### 【0032】

特に注目されてきたALD処理の1つの特徴はシリコンウェハ基体の温度制御に関する。材料堆積中の正確な温度制御のために提案された解決法の中には、Grannemanによる米国特許出願公開第2004/0142558号明細書に記載されているものがある。Grannemanの第2558号の開示では、ウェハの上および下に配置されたプラテンがガス源および加熱要素として機能する。Grannemanらによる「METHOD AND APPARATUS FOR SUPPORTING A SEMICONDUCTOR WAFER DURING PROCESSING」と題された米国特許第6,183,565号明細書に記載されているパルス化堆積態様では、半導体ウェハ基体は、堆積中に加熱されたガスにより支持され、それによりこのプロセス中に、放射熱伝達というよりもむしろ伝導加熱(conductive heating)を用いて温度制御を提供する。同様に、CVD用途に関して、杉本による「ウェハ位置決め用テーブル」と題された特開昭62-021237号公報、橋本らによる「半導体気相成長装置」と題された特開平04-078130号公報、および時末らによる「気相浮上エピタキシャル成長装置」と題された特開昭61-294812号公報には、堆積処理中のガスジェットの流れによる半導体ウェハの「浮上」が記載されている。従って、化学堆積中の半導体ウェハの加熱及び搬送を、ガスジェットを使用して行うことが出来ることは認識されている。半導体製造に使用される少なくとも1つの商品、ASM International N.V.(オランダ国ビルトホーヘン)製のLEVITOR RTP(迅速熱処理)リアクターは、その熱移動及びウェハの取り扱い上の利点のために、この「ガス流体支持」法を用いる。しかしながら、このおよび類似の装置は、堆積中にガスを互いに分ける空間的分離を提供するものではなく、この背景技術の欄で先に記載したパルス化供給モデルに基づくものである。

10

20

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

#### 【0033】

30

【特許文献1】米国特許第5,981,970号明細書

【特許文献2】米国特許第6,821,563号明細書

【特許文献3】米国特許第4,413,022号明細書

【特許文献4】米国特許出願公開第2005/084610号明細書

【特許文献5】米国特許出願公開第2004/0142558号明細書

【特許文献6】米国特許第6,183,565号明細書

【特許文献7】特開昭62-021237号公報

【特許文献8】特開平04-078130号公報

【特許文献9】特開昭61-294812号公報

40

#### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0034】

空気支持の原理、あるいはより一般的には、ガス流体支持原理の使用は、蒸着中のウェハ搬送及びALDプロセスの改善について多くの利点をもたらすことができることが分かる。しかしながら、既存の解決法は、かなり複雑な機械的およびガス経路のシステム及び構成要素を必要とするパルス化堆積システムに対するものである。かかるシステムにおけるウェハの空気支持浮揚は、ウェハの片側に位置してウェハを浮揚させるための不活性ガスを連続的に供給するベースブロックと、ウェハの反対側に位置して有効な材料の堆積に必要な反応物質およびパージガスの迅速な順番するサイクルの繰り返しを提供するための堆積ブロックを有するチャンバを設けることを必要とする。従って、連続法で使用するこ

50

とができ、先の解決法に勝るガス移動度およびガス流分離の改善をもたらすことのできるALD堆積法及び装置が必要とされていることが分かるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0035】

本発明は、薄膜堆積システムの供給ヘッドの出力面から基体表面に向けて一連のガス流を同時に案内することを含む薄膜材料を基体上に堆積させるための装置及び方法であって、一連のガス流が、少なくとも、第1反応性ガス状材料と、不活性パージガスと、第2反応性ガス状材料とを含む方法を提供する。第1反応性ガス状材料は、第2反応性ガス状材料で処理された基体表面と反応することができる。ガス流の1つまたは2つ以上が、基体の表面を供給ヘッドの面から分離することに少なくとも寄与する圧力を提供する。

10

【0036】

本発明の別の側面は、基体上に固体材料を薄膜堆積させるための堆積システムであって、

a) 複数のガス状材料にそれぞれ対応する複数の供給源であって、第1、第2及び第3のガス状材料にそれぞれ対応する第1、第2及び第3供給源を少なくとも含む複数の供給源と；

b) 薄膜堆積を受ける基体にガス状材料を供給するための供給ヘッドであって、

(i) 第1、第2及び第3ガス状材料をそれぞれ受容するための少なくとも第1、第2及び第3流入ポートを含む複数の流入ポートと；

(b) 複数の出力開口部を含み、かつ、基体の表面から所定の距離をおいて対向する出力面；

20

を含む供給ヘッド、ここで、第1、第2及び第3のガス状材料は前記出力面の出力開口部から同時に排出される；

c) 基体を支持するために任意選択的に用いてもよい基体支持体と；

を含み、

d) 薄膜堆積中に供給ヘッドの出力面と基体表面との間で実質的に均一な距離を維持することを含み、薄膜堆積のために基体表面への供給ヘッドからのガス状材料の1つまたは2つ以上の流れにより発生した圧力が、基体の表面から供給ヘッドの出力面を分離する力の少なくとも一部を提供する、基体上に固体材料を薄膜堆積させるための堆積システムを提供する。

30

【0037】

一実施態様において、このシステムは、分配ヘッドと基体との間の相対的な往復運動を提供する。好ましい一実施態様において、このシステムは、薄膜堆積にかけられる基体の連続運動により動作し、このシステムは、支持体を、分配ヘッドを通過するウェブ上で又はウェブとして搬送することができ、好ましくは実質的に大気圧下で周囲に対して密閉されていない環境中で分配ヘッドを通過するウェブ上で又はウェブとして搬送することができる。

【発明の効果】

【0038】

本発明の利点は、多くの異なる基体及び堆積環境に適した、基体上へ原子層を堆積させるコンパクトな装置を提供できることである。

40

【0039】

本発明の更なる利点は、好ましい実施態様において大気圧条件下での操作を可能にすることである。

【0040】

本発明の更なる利点は、大面積基体上への堆積を含む、ウェブ又はその他の移動基体上の堆積に対して適合可能であることである。

【0041】

本発明の更なる利点は、大気圧における低温プロセスにおいて採用することができ、このプロセスを周囲大気に対して開いた、密閉されていない環境内で実施できることである

50

。本発明の方法は、単一の変数であるガス流量によって制御されるシステム圧力及び容積を用いて、等式(3)において前に示した関係でガス滞留時間を制御するのを可能にし、滞留時間を短くするのを可能にする。

【0042】

本発明のこれらの及びその他の目的、特徴、及び利点は、本発明の一例としての実施態様を示し記述した図面と併せて、下記詳細な説明を読めば、当業者は理解するであろう。

【0043】

本明細書は、本発明の手段を具体的に指摘し明確に主張する特許請求の範囲で締めくくられるが、添付の図面と併せて下記説明から本発明をより良く理解することができる。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】図1は、本発明による原子層堆積のための供給ヘッドの一実施態様を示す断面側方図である。

【図2】図2は、薄膜堆積にかけられた基体に提供されるガス状材料の1つの例示的配列を示す供給ヘッドの一実施態様を表す断面側方図である。

【図3A】図3Aは、付随する堆積動作を概略的に示す、供給ヘッドの一実施態様を示す断面側方図である。

【図3B】図3Bは、付随する堆積動作を概略的に示す、供給ヘッドの一実施態様を示す断面側方図である。

【図4】図4は、一実施態様によるディフューザユニットを含む堆積システム内の供給ヘッドを示す斜視分解図である。

【図5A】図5Aは、図4の供給ヘッドのための結合プレートを示す斜視図である。

【図5B】図5Bは、図4の供給ヘッドのためのガスチャンバプレートを示す平面図である。

【図5C】図5Cは、図4の供給ヘッドのためのガス案内プレートを示す平面図である。

【図5D】図5Dは、図4の供給ヘッドのためのベースプレートを示す平面図である。

【図6】図6は、一実施態様における供給ヘッド上のベースプレートを示す斜視図である。

【図7】図7は、一実施態様によるガスディフューザユニットを示す分解図である。

【図8A】図8Aは、図7のガスディフューザユニットのノズルプレートを示す平面図である。

【図8B】図8Bは、図7のガスディフューザユニットのガスディフューザプレートを示す平面図である。

【図8C】図8Cは、図7のガスディフューザユニットのフェイスプレートを示す平面図である。

【図8D】図8Dは、図7のガスディフューザユニット内部のガス混合物を示す斜視図である。

【図8E】図8Eは、図7のガスディフューザユニットを使用した通気路を示す斜視図である。

【図9A】図9Aは、鉛直方向に積み重ねられたプレートを使用した実施態様における供給ヘッドの一部を示す斜視図である。

【図9B】図9Bは、図9Aに示された供給ヘッドの構成要素を示す分解図である。

【図9C】図9Cは、積み重ねられたプレートを使用して形成された供給集成体を示す平面図である。

【図10A】図10Aは、図9Aの鉛直方向プレートの実施態様において使用されるセパレータプレートを示す平面図である。

【図10B】図10Bは、図9Aの鉛直方向プレートの実施態様において使用されるセパレータプレートを示す斜視図である。

【図11A】図11Aは、図9Aの鉛直方向プレートの実施態様において使用されるパージプレートを示す平面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 1 B】図 1 1 B は、図 9 A の鉛直方向プレートの実施態様において使用されるパー  
ジプレートを示す斜視図である。

【図 1 2 A】図 1 2 A は、図 9 A の鉛直方向プレートの実施態様において使用される排気  
プレートを示す平面図である。

【図 1 2 B】図 1 2 B は、図 9 A の鉛直方向プレートの実施態様において使用される排気  
プレートを示す斜視図である。

【図 1 3 A】図 1 3 A は、図 9 A の鉛直方向プレートの実施態様において使用される反応  
物質プレートを示す平面図である。

【図 1 3 B】図 1 3 B は、図 9 A の鉛直方向プレートの実施態様において使用される反応  
物質プレートを示す斜視図である。

10

【図 1 3 C】図 1 3 C は、別の配向を成す反応物質プレートを示す斜視図である。

【図 1 4】図 1 4 は、関連する距離寸法及び力方向とともに示す供給ヘッドの側面図であ  
る。

【図 1 5】図 1 5 は、基体搬送システムとともに使用される分配ヘッドを示す斜視図であ  
る。

【図 1 6】図 1 6 は、本発明の供給ヘッドを使用した堆積システムを示す斜視図である。

【図 1 7】図 1 7 は、移動ウェブに適用された堆積システムの一実施態様を示す斜視図で  
ある。

【図 1 8】図 1 8 は、移動ウェブに適用された堆積システムの別の実施態様を示す斜視図  
である。

20

【図 1 9】図 1 9 は、曲率を有する出力面を備えた供給ヘッドの一実施態様を示す断面側  
方図である。

【図 2 0】図 2 0 は、基体から供給ヘッドを分離するためにガスクッションを使用した実  
施態様を示す斜視図である。

【図 2 1】図 2 1 は、移動基体と一緒に使用するためのガス流体支持を含む堆積システム  
のための実施態様を示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0045】

この記載内容は、特に本発明による装置の部分、装置とより直接的に協働する部分を形  
成する要素に関する。具体的に示されていない又は記載されていない要素が、当業者によ  
く知られた種々の形態を成し得ることは言うまでもない。

30

【0046】

下記説明に関して「ガス」又は「ガス状材料」という用語は、広い意味で、所定の範囲  
の蒸発した又はガス状の元素、化合物、又は材料のいずれかを含むように使用される。本  
明細書中に使用されるその他の用語、例えば、反応物質、前駆体、真空及び不活性ガスは  
、材料堆積技術における当業者によってよく理解される従来通りの意味を有する。提供さ  
れる図面は、原寸に比例して描かれてはいないが、本発明のいくつかの実施態様の機能全  
体及び構造的配列を示すように意図されている。

【0047】

以下の記載について、「積み重ね」とは、1つの要素の部分が別の要素の対応部分と整  
合するように、そしてこれらの周囲が概ね一致するように、要素を互いに上下に配置され  
ているか又は互いに重なり合っているという、その従来通りの意味を有する。

40

【0048】

「上流」及び「下流」という用語は、ガス流の方向に関連する従来通りの意味を持つ。

【0049】

本発明の装置は、従来のアプローチからの有意義な脱却を A L D に提供し、大面積の、  
ウェブをベースとするか又はウェブで支持された基体上への堆積に適合することができ、  
また改善されたスループット速度で高度に均一な薄膜堆積を達成することができる、基体  
表面にガス状材料を供給するための改善された分配装置を採用する。本発明の装置及び方  
法は、（パルス化とは反対に）連続したガス状材料分配を採用する。本発明の装置は、大

50

気圧又は近大気圧並びに真空下での動作を可能にし、また、密閉されていない又はオープンエア環境内で動作することができる。

【0050】

図1を参照すると、本発明に係る、基体20上への原子層堆積のための供給ヘッド10の一実施態様の断面側方図が示されている。供給ヘッド10は、第1ガス状材料を受容するための流入ポートとして機能するガス流入導管14と、第2ガス状材料を受容する流入ポートのためのガス流入導管16と、第3ガス状材料を受容する流入ポートのためのガス流入導管18とを有する。これらのガスは、続いて説明するように、ディフューザを含んでいてもよい構造的配列を有する出力チャネル12を介して、出力面36で放出される。図1及び後続の図2～3Bにおいて破線の矢印は、供給ヘッド10から基体20へのガスの供給を意味する。図1において、点線の矢印Xは、排気経路（この図面では上方に向けて示されている）、及び排気ポートを形成する排気導管24と連通する排気チャネル22を示す。説明の便宜上、排気は図2～3Bには示されていない。排ガスは未反応の前駆体をまだ含有しているかもしれないので、主として1つの反応性種を含有する排気流を、主として別の種を含有する排気流と混合させることが望ましくない場合がある。このようなものとして、供給ヘッド10がいくつかの独立した排気ポートを含んでいてもよいことは明らかである。

10

【0051】

一実施態様において、ガス流入導管14及び16は、ALD堆積を生じさせるために基体表面上で順次反応する第1及び第2ガスを受容するように構成されており、ガス流入導管18が、第1及び第2ガスに対して不活性のパージガスを受容する。供給ヘッド10は、基体20から距離Dを置いて配置されている。基体20は、後でより詳細に説明するように、基体支持体上に設けられていてよい。基体20と供給ヘッド10との間には、基体20の運動によって、又は供給ヘッド10の運動によって、又は基体20及び供給ヘッド10の両方の運動によって、往復運動を提供することができる。図1に示された特定の実施態様において、矢印A、及び図1の基体20の左右の仮想線によって示すように、出力面36を往復的に横切る基体支持体96によって、基体20が移動する。なお、往復運動は、供給ヘッド10を使用する薄膜堆積にいつも必要とされるわけではない。基体20と供給ヘッド10との間の他のタイプの相対運動、例えば後でより詳細に説明するような、基体20又は供給ヘッド10の1つ又は2つ以上の方向における運動を提供することもできる。

20

30

【0052】

図2の断面図は、供給ヘッド10の出力面36の一部にわたって放出されたガス流を示す（前述の通り排気路は省く）。この特定の配列において、各出力チャネル12は、図1に見られるガス流入導管14、16又は18のうちの1つとガス流体連通している。各出力チャネル12は、典型的には、第1反応性ガス状材料O、又は第2反応性ガス状材料M、又は第3不活性ガス状材料Iを供給する。

【0053】

図2は、ガスの比較的基本的又は単純な配列を示す。複数の（材料Oのような）非金属堆積前駆体流、又は複数の（材料Mのような）金属含有前駆体材料流を、薄膜単一堆積の際に種々のポートに順次供給することも考えられる。或いは、例えば交互の金属層を有する、又は金属酸化物材料中に混和された少量のドーパントを有する複合薄膜材料を形成するときに、反応性ガスの混合物、例えば、金属前駆体材料の混合物、又は金属及び非金属前駆体の混合物を単一の出力チャネルに適用することもできる。有意義なことには、パージガスと呼ばれることもある不活性ガスとして符号Iを付けられた中間流が、ガスがその中で互いに反応する見込みのあるいかなる反応物質チャネルをも分離する。第1及び第2反応物質ガス状材料O及びMは、ALD堆積を生じさせるために互いに反応するが、しかし反応物質ガス状材料O又はMも不活性ガス状材料Iとは反応しない。図2以降に使用する用語は、何らかの典型的なタイプの反応性ガスを示す。例えば、第1反応物質ガス状材料Oは、酸化性ガス状材料であってもよく、第2反応物質ガス状材料Mは、金属含有化合

40

50

物、例えば亜鉛含有材料となる。不活性ガス状材料 I は、窒素、アルゴン、ヘリウム、又は A L D システムにおけるパージガスとして一般的に使用される他のガスであってよい。不活性ガス状材料 I は、第 1 及び第 2 反応物質ガス状材料 O 及び M に対して不活性である。第 1 及び第 2 反応物質ガス状材料間の反応は、金属酸化物又はその他の二化合物、例えば一実施態様において半導体に使用される酸化亜鉛  $ZnO$  又は  $ZnS$  を形成することになる。3 種以上の反応物質ガス状材料間の反応は三元化合物、例えば  $ZnAlO$  を形成することもできる。

#### 【0054】

図 3 A 及び 3 B の断面図は、反応物質ガス状材料 O 及び M を供給するときに基体 20 が供給ヘッド 10 の出力面 36 に沿って進むのに伴って実施される A L D コーティング動作を、単純化された概略形態で示す。図 3 A において、基体 20 の表面は先ず、第 1 反応物質ガス状材料 O を供給するものとして指定された出力チャネル 12 から連続的に放出された酸化材料を受容する。基体の表面はここでは、材料 O の部分的に反応した形態を含む。この部分的に反応した形態は、材料 M との反応をさせやすい。次いで、基体 20 が第 2 反応物質ガス状材料 M の金属化合物の経路内に入ると、M との反応が起こり、金属酸化物、又は 2 つの反応物質ガス状材料から形成することができる何らかの他の薄膜材料を形成する。従来の解決手段とは違って、図 3 A 及び 3 B に示された堆積シーケンスは、パルス化されているというよりも、所与の基体又はその特定領域に対する堆積中、連続的である。すなわち、基体 20 が供給ヘッド 10 の表面を横切る際に、又はその逆に供給ヘッド 10 が基体 20 の表面に沿って進む際に、材料 O 及び M は連続的に放出される。

10

20

#### 【0055】

図 3 A 及び 3 B が示すように、第 1 及び第 2 反応物質ガス状材料 O 及び M の流れの間に設けられた別の出力チャネル 12 には不活性ガス状材料 I が提供される。特に、図 1 に示すように、排気チャネル 22 があるが、出力チャネル 12 間に真空チャネルは散在しないことが好ましい。供給ヘッド 10 から放出され、処理において使用された使用済ガスを通気するには、少量の吸引を可能にする排気チャネル 22 のみを必要とする。

#### 【0056】

供給ヘッド 10 の動作についての 1 つの特徴は、加えられた圧力によって分離距離 D が少なくとも部分的に維持されるという基体 20 に対するその供給ガス圧に関する。出力面 36 と基体 20 の表面との間で或る程度の量のガス圧を維持することによって、本発明の装置は、供給ヘッド 10 自体、又は基体 20 に対する空気支持 (air bearing)、又はより適切にはガス流体支持の少なくとも或る程度の部分を提供する。この配列は、続いて説明するように、供給ヘッド 10 に対する搬送要件を単純化するのを助ける。重要なことは、ガス圧力によって支持されるように供給ヘッドが基体に接近するのを可能にするという効果が、ガス流間の隔離を提供する助けとなるということである。ヘッドをこれらの流れで浮遊させることにより、反応物質流及びパージ流の領域内に圧力場が形成される。これらの圧力場により、ガスは、他のガス流がほとんど又は全く混入することなしに流入部から排気部へ案内される。

30

#### 【0057】

一実施態様において、分離距離 D は比較的小さいので、距離 D の変化が小さくても (例えば 100 マイクロメートルであっても)、分離距離 D を提供する流量、ひいてはガス圧力の著しい変化を必要とすることになる。例えば、一実施態様において、1 mm 未満の変化を伴って分離距離 D を 2 倍にするには、分離距離 D を提供するガスの流量を 2 倍を上回る量、好ましくは 4 倍を上回る量にすることが必要となる。原則として、分離距離 D を最小化すること、ひいては低減された流量で動作することがより有利であると考えられる。

40

#### 【0058】

図 4 の分解図は、どのように供給ヘッド 10 をアパーチャ付きプレート集合から構成できるかを、一実施態様における集成体全体の小さな部分に関して示しており、またガスのうちの 1 つについて一部だけに関するガス流路の例も示す。供給ヘッド 10 のための結合プレート 100 は、供給ヘッド 10 の上流側にあり図 4 には示されていないガス供給部に

50

接続するための一連の入力ポート 104 を有する。各入力ポート 104 は案内チャンバ 102 と連通しており、この案内チャンバ 102 は、ガスチャンバプレート 110 に対して下流側に、受容されたガスを案内する。ガスチャンバプレート 110 は供給チャンバ 112 を有する。供給チャンバ 112 は、ガス案内プレート 120 上の個々の案内チャンネル 122 とガス流体連通している。案内チャンネル 122 から、ガス流はベースプレート 130 上の特定の細長い排気チャンネル 134 に進む。ガスディフューザユニット 140 は、入力ガスの拡散及び最終的な供給をその出力面 36 で可能にする。ガス流 F1 の一例は、供給ヘッド 10 の成分集成体のそれぞれを通して軌跡を描く。図 4 に示された x - y - z 軸配向はまた、本出願における図 5 A 及び 7 にも当てはまる。

#### 【0059】

図 4 の例において示したように、供給ヘッド 10 の供給集成体 150 は、積み重ねられたアパーチャ付きプレート：結合プレート 100、ガスチャンバプレート 110、ガス案内プレート 120、及びベースプレート 130 の配列体として形成されている。これらのプレートは、この「水平方向」の実施態様において、出力面 36 に対して実質的に平行に配置されている。ガスディフューザユニット 140 は、後で説明するように、積み重ねられたアパーチャ付きプレートから形成することもできる。言うまでもなく、図 4 に示されたプレートのうちのいずれも、それ自体、積み重ねられたプレートの積層体から加工することもできる。例えば、好適に結合された 4 つ又は 5 つの積層されたアパーチャ付きプレートから結合プレート 100 を形成することが有利である場合がある。このタイプの配列は、案内チャンバ 102 及び入力ポート 104 を形成する機械加工法又は成形法ほど複雑ではないことがある。

#### 【0060】

ガスディフューザユニット 140 は、基体にガス状材料を供給する出力チャンネルを通る流れを均等化するために使用できる。同時係属の本願と同じ出願人による「DELIVERY HEAD COMPRISING GAS DIFFUSER DEVICE FOR THIN FILM DEPOSITION」と題された米国特許出願番号第 11 / 620,740 号には、任意選択的に使用できる様々なディフューザシステムが開示されている。代わりに、Suntola らによる米国特許第 4,413,022 号におけるように、ディフューザを使用せずに、出力チャンネルを使用して、ガス状材料を供給することができる。非拡散流を供給することによって、より高いスループットを得ることができるが、堆積の均一さがより低くなるという犠牲を払うおそれがある。一方、ディフューザシステムは供給装置内で、ヘッドの浮遊を容易にする背圧を提供することができるため、ディフューザシステムは上記の浮遊ヘッドシステムに対して特に有利である。

#### 【0061】

図 5 A ~ 5 D は、図 4 の実施態様における供給ヘッド 10 を形成するために互いに組み合わせられた主要構成要素のそれぞれを示す。図 5 A は複数の案内チャンバ 102 を示す、結合プレート 100 の斜視図である。図 5 B は、ガスチャンバプレート 110 の平面図である。一実施態様における供給ヘッド 10 のためのパージガス又は不活性ガスに対して供給チャンバ 113 が使用される。供給チャンバ 115 は、一実施態様における前駆体ガス (O) のための混合を可能にし；排気チャンバ 116 が、この反応性ガスのための排気路を提供する。同様に、供給チャンバ 112 は、必要とされる他の反応性ガス、すなわち第 2 反応物質ガス状材料 (M) を提供し；排気チャンバ 114 は、このガスのための排気路を提供する。

#### 【0062】

図 5 C は、この実施態様における供給ヘッド 10 のためのガス案内プレート 120 を示す平面図である。第 2 反応物質ガス状材料 (M) を提供する複数の案内チャンネル 122 が、適切な供給チャンバ 112 (この図には示されていない) とベースプレート 130 とを結合するためのパターンを成して配列されている。案内チャンネル 122 の近くに、対応する排気案内チャンネル 123 が配置されている。案内チャンネル 90 は、第 1 反応物質ガス状材料 (O) を提供し、対応する排気案内チャンネル 91 を有する。案内チャンネル 92 は、第 3 不活性ガス状材料 (I) を提供する。ここでも強調すべきことは、図 4 及び 5 A ~ 5 D

は、一例としての実施態様を示しているのにすぎず、数多くのその他の実施態様も可能である。

【 0 0 6 3 】

図 5 D は、供給ヘッド 1 0 のためのベースプレート 1 3 0 の平面図である。ベースプレート 1 3 0 は、排気チャネル 1 3 4 が間に挟まれた複数の細長い放出チャネル 1 3 2 を有する。

【 0 0 6 4 】

図 6 は、水平方向プレートから形成されたベースプレート 1 3 0 の斜視図であり、入力ポート 1 0 4 が示されている。図 6 の斜視図は、細長い放出チャネル 1 3 2 と細長い排気チャネル 1 3 4 とを有する、出力面から見たベースプレート 1 3 0 の外面を示す。図 4 を基準として、図 6 は、基体に向いた側から見たものである。

10

【 0 0 6 5 】

図 7 の分解図は、図 4 の実施態様及び続いて説明する他の実施態様に使用されるような機械的ガスディフューザユニット 1 4 0 の一実施態様を形成するために使用される構成要素の基本配列を示す。これらは、図 8 の平面図に示されているノズルプレート 1 4 2 を含む。図 8 A の平面図に示されているように、ノズルプレート 1 4 2 がベースプレート 1 3 0 に装着されており、そして細長い放出チャネル 1 3 2 からそのガス流を得る。図示の実施態様において、出力通路 1 4 3 が、所要のガス状材料を提供する。続いて説明するように、排気路内に順次的な第 1 の排出スロット 1 8 0 が設けられている。

【 0 0 6 6 】

20

図 8 B に示されている、ノズルプレート 1 4 2 及びフェイスプレート 1 4 8 と協働して拡散を行うガスディフューザプレート 1 4 6 がノズルプレート 1 4 2 に装着される。ノズルプレート 1 4 2、ガスディフューザプレート 1 4 6、及びフェイスプレート 1 4 8 上の種々の通路の配列は、所要拡散量のガス流を提供するように、そして同時に、基体 2 0 の表面領域から離れる方向に排ガスを効率的に案内するように最適化されている。スロット 1 8 2 は排気ポートを提供する。図示の実施態様において、第 2 ディフューザ出力通路 1 4 7 を形成するガス供給スロットと、排気スロット 1 8 2 とが、ガスディフューザプレート 1 4 6 内に交互に形成されている。

【 0 0 6 7 】

図 8 C に示されたフェイスプレート 1 4 8 は基体 2 0 に対向する。ガスを提供する第 3 ディフューザ通路 1 4 9 と排気スロット 1 8 4 とがここでもこの実施態様では交互に形成されている。

30

【 0 0 6 8 】

図 8 D は、ガスディフューザユニット 1 4 0 を通るガス供給路に焦点を当てており；次いで図 8 E は、対応する形で排気路を示す。図 8 D を参照すると、ガスポートの代表的な組に関して、一実施態様において出力流 F 2 に対する徹底した反応性ガス拡散のために使用される配列全体が示されている。ベースプレート 1 3 0 からのガス（図 4）は、ノズルプレート 1 4 2 上の第 1 のディフューザ通路 1 4 3 を通って提供される。ガスは、ガスディフューザプレート 1 4 6 上の第 2 ディフューザ通路 1 4 7 に対して下流に進む。図 8 D に示されているように、一実施態様において、通路 1 4 3 及び 1 4 7 の間に、鉛直方向のずれ（すなわち、図 7 に示された水平方向プレート配列を使用する。鉛直方向とは、水平方向平面に対して垂直方向を意味する）を形成することができ、背圧を生成し、ひいてはより均一な流れを容易にするのを助ける。ガスは次いで、出力チャネル 1 2 を提供するために、フェイスプレート 1 4 8 上の第 3 ディフューザ通路 1 4 9 に対して下流側にさらに進む。異なるディフューザ通路 1 4 3、1 4 7 及び 1 4 9 は、空間的にオフセットされているだけでなく、混合を最適化するために異なるジオメトリを有していてもよい。

40

【 0 0 6 9 】

任意選択的に用いられるディフューザユニットがない場合には、ベースプレート内の細長い放出チャネル 1 3 2 は、第 3 のディフューザ出力通路 1 4 9 に代わって、供給ヘッド 1 0 のための出力チャネル 1 2 として機能することができる。

50

## 【 0 0 7 0 】

図 8 E は、同様の実施態様において通気するために設けられた排気路の軌跡を象徴的に描いている。ここでは下流方向では、ガスの供給側とは反対方向を意味する。流れ F 3 は、順番に第 3、第 2、及び第 1 排気スロット 1 8 4、1 8 2 及び 1 8 0 をそれぞれ通る通気路を示す。ガス供給流 F 2 のより遠回りな混合路とは異なり、図 8 E に示された通気用配列は、表面からの使用済ガスの迅速な移動のために意図されている。従って、流れ F 3 は、基体表面から離れる方向で流れる比較的直接的な通気ガスである。

## 【 0 0 7 1 】

図 4 に戻ると、結合プレート 1 0 0、ガスチャンバプレート 1 1 0、ガス案内プレート 1 2 0、及びベースプレート 1 3 0 として示された構成要素の組み合わせを、供給集成体 1 5 0 を提供するように、グループ分けすることができる。図 4 の座標配列及び図を使用した、水平方向ではなく鉛直方向のアパーチャ付きプレートから形成されたものを含む別の実施態様が、供給集成体 1 5 0 には可能である。

## 【 0 0 7 2 】

図 9 A を参照すると、底面から見た（すなわちガス放出側から見た）、鉛直方向に配置されたプレートの積層体、又は出力面 3 6 に対して垂直に配置された積み重ねアパーチャ付きプレートを使用して供給アセンブリ 1 5 0 のために使用することができる別の配置が示されている。説明をし易くするために、図 9 A の「鉛直方向」実施態様に示された供給集成体 1 5 0 の部分は、2 つの細長い放出チャネル 1 5 2 と、2 つの細長い排気チャネル 1 5 4 とを有する。図 9 A ~ 1 3 C の鉛直方向プレート配列は、多数の放出チャネル及び排気チャネルを提供するように容易に拡張することができる。図 9 A 及び 9 B に示されたような、出力面 3 6 の平面に対して垂直に配置されたアパーチャ付きプレートによって、それぞれの細長い放出チャネル 1 5 2 は、続いてより詳細に示す、反応物質プレートをセパレータプレートの間に配置して、セパレータプレートによって規定された側壁を持たせることにより形成されている。アパーチャの適切な位置合わせは、ガス状材料の供給との流体連通を可能にする。

## 【 0 0 7 3 】

図 9 B の分解図は、図 9 A に示された供給集成体 1 5 0 の小さな区分を形成するように使用されたアパーチャ付きプレートの配列を示す。図 9 C は、積層されたアパーチャ付きプレートを使用して形成された、放出ガスのための 5 つの細長いチャネルを有する供給集成体 1 5 0 を示す平面図である。次に図 1 0 A ~ 1 3 B は、種々のプレートを平面図及び斜視図で示す。便宜上、各タイプのアパーチャ付きプレートを符号で示す：セパレータ S、ページ P、反応物質 R、及び排気 E。

## 【 0 0 7 4 】

図 9 B の左から右に向かって見て、基体に向かう方向又は基体から離れる方向にガスを案内するために使用されるプレートの中で交互に、図 1 0 A 及び 1 0 B にも示されたセパレータプレート 1 6 0 (S) が設けられている。図 1 1 A 及び 1 1 B には、ページプレート 1 6 2 (P) が示されている。図 1 2 A 及び 1 2 B には、排気プレート 1 6 4 (E) が示されている。図 1 3 A 及び 1 3 B は、反応物質プレート 1 6 6 (R) を示す。図 1 3 C は、図 1 3 A の反応物質プレート 1 6 6 を水平方向に反転させることにより得られた反応物質プレート 1 6 6 を示す。この別の配向は、必要に応じて、排気プレート 1 6 4 とともに使用することもできる。アパーチャ付きプレートのそれぞれに設けられたアパーチャ 1 6 8 は、プレートを積み重ねたときに整合し、ひいては、図 1 を参照しながら説明したように、ガスが供給集成体 1 5 0 を通して細長い放出出力チャネル 1 5 2 及び細長い排気チャネル 1 5 4 内に入るのを可能にするようにダクトを形成する。

## 【 0 0 7 5 】

図 9 B に戻ると、供給集成体 1 5 0 の一部だけが示されている。この部分のプレート構造は、前に割り当てられた略字を使用して表すことができる。すなわち：

S - P - S - E - S - R - S - E - ( S )

( この配列中の最後のセパレータプレートは図 9 A 又は 9 B には示されていない。 ) この

配列が示すように、セパレータプレート 160 (S) は、側壁を形成することにより各チャンネルを規定する。所要のパージガスとともに 2 つの反応性ガスを提供するための最小の供給集成体 150、及び典型的な ALD 堆積のための排気チャンネルは、完全な略字配列を使用して表される：

S - P - S - E 1 - S - R 1 - S - E 1 - S - P - S - E 2 - S - R 2 - S - E 2 - S - P - S - E 1 - S - R 1 - S - E 1 - S - P - S - E 2 - S - R 2 - S - E 2 - S - P - S - E 1 - S - R 1 - S - E 1 - S - P - S

R 1 及び R 2 は、2 つの異なる反応性ガスが使用される場合に、異なる配向の反応物質プレート 166 を表し、E 1 及び E 2 は対応して、異なる配向の排気プレート 164 を表す。

10

#### 【0076】

排気チャンネル 154 は従来の意味で真空ポートである必要はなく、単に、その対応出力チャンネル 12 内の流れを引き抜き、ひいてはチャンネル内部の均一な流れパターンを促進するために設けられていればよい。隣接する細長い放出チャンネル 152 におけるガス圧力の対向圧力よりもわずかに低い負の吸引圧力が、秩序正しい流れを促進するのを助けることができる。負の吸引は、例えば 0.2 ~ 1.0 気圧の源（例えば真空ポンプ）の吸引圧力で動作することができるのに対して、典型的な真空は例えば 0.1 気圧未満である。

#### 【0077】

供給ヘッド 10 によって提供される流れパターンを使用することにより、従来のアプローチ、例えば背景技術の項で前述したアプローチ、堆積チャンバに個々に与えられるパルス状ガスを凌ぐ数多くの利点が提供される。堆積装置の可動性が改善され、そして本発明の装置は、基体の寸法が堆積ヘッドのサイズを上回るような大量堆積用途に適している。流体力学も以前のアプローチよりも改善される。

20

#### 【0078】

本発明に使用される流れ配列は、図 1 に示されているように、供給ヘッド 10 と基体 20 との間の極めて小さな距離 D、好ましくは 1 mm を下回る距離を可能にする。出力面 36 は、基体表面から 1 ミル（約 0.025 mm）以内に、極めて近接して位置決めすることができる。近接した位置決めは、反応性ガス流によって生成されたガス圧力によって容易になる。比較によると、CVD 装置は、著しく大きい分離距離を必要とする。前に引用した米国特許第 6,821,563 号明細書（Yudovsky）に記載されている繰り返し堆積のような以前のアプローチは、基体表面に対して 0.5 mm 以上の距離に限定されたのに対して、本発明の実施態様は、0.5 mm 未満、例えば 0.450 mm 未満で実際的であり得る。事実上、基体表面に近接して供給ヘッド 10 を位置決めすることが、本発明において好ましい。具体的に好ましい実施態様において、基体の表面からの距離 D は、0.20 mm 以下、好ましくは 100  $\mu$ m 未満であってよい。

30

#### 【0079】

積層プレートの実施態様において、多数のプレートを集成するときに、基体に供給されたガス流が、ガス流（I、M 又は O 材料）を供給するチャンネルの全てにわたって均一であることが望ましい。このことは、各細長い放出出力チャンネル又は排気チャンネルに対して再現可能な圧力降下を提供するように正確に機械加工される各プレートに対応する何らかの流れパターン部分に制限を有するような、アパーチャ付きプレートの適正な構成により達成することができる。一実施態様において、出力チャンネル 12 は開口部の長さ方向に沿って、偏差が 10 % 以内で、実質的に等しい圧力を示す。例えば 5 % 以内又は 2 % もの小さな偏差を可能にするより高い許容度を設定することもできる。

40

#### 【0080】

積層されたアパーチャ付きプレートを使用する方法は、特に有用な供給ヘッド構成方法ではあるが、別の実施態様において有用であり得るこのような構造を形成するための数多くの他の方法がある。例えば、この装置は、1 つの金属ブロック又は互いに付着したいくつかの金属ブロックを直接機械加工することにより構成することができる。さらに、当業者には明らかなように、内部の成形構成要件を伴う成形技術を採用することができる。装

50

置は、数多くの立体リソグラフィ技術のいずれかを用いて構成することもできる。

【0081】

本発明の供給ヘッド10により提供される1つの利点は、出力面36と基体20の表面との間に好適な分離距離D(図1)を維持することができることに関する。図14は、供給ヘッド10から放出されたガス流の圧力を用いて距離Dを維持するためのいくつかの重要な考察を示す。

【0082】

図14において、代表的な数の出力チャネル12及び排気チャネル22を示す。出力チャネル12のうちの1つ又は2つ以上から放出されたガスの圧力は、この図面では下向きの矢印によって示されている力を発生させる。この力が、供給ヘッド10のための有用なクッション効果又は「空気」支持(流体ガス支持)効果を提供するために、十分なランド面積、すなわち基体と密接に接触することができる出力面36に沿った十分な固体表面積が存在すべきである。ランド面積のパーセンテージは、下方にガス圧力の形成を可能にする出力面36の固体面積の相対量に相当する。簡単に言えば、ランド面積は、出力面36の総面積から出力チャネル12及び排気チャネル22の総表面積を引き算したものと計算することができる。これは、幅w1を有する出力チャネル、又は幅w2を有する排気チャネル22のガス流領域を除いた総表面積は、できる限り最大化されるべきであることを意味する。95%のランド面積が1つの実施態様において提供される。他の実施態様は、より小さなランド面積値、例えば85%又は75%を使用することができる。分離力又はクッション力を変化させ、ひいてはこれに応じて距離Dを変えるために、ガス流量を調節することもできる。

【0083】

言うまでもなく、供給ヘッド10が基体20の上方の距離Dのところで実質的に維持されるように、流体ガス支持を設けると有利である。この支持は、任意の好適なタイプの搬送メカニズムを使用して、供給ヘッド10の事実上摩擦のない運動を可能にする。供給ヘッド10を、前後にチャネリングされるのに伴って、基体20の表面の上方で「ホバリング」させ、材料堆積中に基体20の表面を横切るように擦過させることもできる。

【0084】

図14に示されているように、供給ヘッド10が余りにも重いことにより、下方に向かって働くガス力が、必要な分離を維持するには十分でないことがある。このような場合、補助つり上げ構成要素、例えばばね170、磁石、又はその他の装置を使用することにより、揚力を補足することもできる。他の事例において、ガス流は、逆の問題を引き起こすのに十分に高いことがあり、この場合、付加的な力が加えられなければ、余りにも大きい距離だけ基体20の表面から供給ヘッド10が強制的に離されることになる。このような場合において、距離Dを維持するのに必要な付加的な力(図14の配列に対して下方に向かう力)を提供するための圧縮ばねであってよい。或いは、ばね170は、磁石、エラストマーばね、又は下方に向かって作用する力を補足する何らかの他の装置であってよい。

【0085】

或いは、供給ヘッド10は、基体20に対して何らかの他の配向で位置決めされてもよい。例えば基体20は、重力と対向する流体ガス支持効果によって支持することにより、堆積中に基体20を供給ヘッド10に沿って動かすことができる。供給ヘッド10の上方にクッションングされた基体20に堆積させるための、流体ガス支持効果を用いた一実施態様を図20に示されている。供給ヘッド10の出力面36を横切る基体20の運動は、図示の複矢印に沿った方向で行われる。

【0086】

図21の別の実施態様は、供給ヘッド10と流体ガス支持98との間を方向Kに動く、基体支持体74、例えばウェブ支持体又はローラ上の基体20を示す。この場合、空気又は別の不活性ガスを単独で 사용할ことができる。この実施態様において、供給ヘッド10は、出力面36と基体20との間の所望の距離を維持するために、空気支持効果、あるいは、より適切には、ガス流体支持効果を有し、ガス流体支持98と協働する。ガス流体

支持 98 は、不活性ガス、又は空気、又は何らかの他のガス状材料の流れ F4 を使用して圧力を案内することができる。なお、本発明の堆積システムの場合、基体支持体又はホルダは、堆積中、基体と接触していてもよく、その基体支持体は基体を搬送する手段、例えばローラであってよい。従って、処理される基体の熱的隔離は本発明のシステムの要件ではない。

#### 【0087】

図 3A 及び 3B に関して具体的に記載したように、供給ヘッド 10 は、その堆積機能を発揮するには、基体 20 の表面に対する相対運動を必要とする。供給ヘッド 10 及び基体 20 のいずれか又は両方の運動を含むこの相対運動は、数多くの方法で、例えば基体支持体を提供する装置を動かすことにより、得ることができる。運動は振動又は往復運動であってよく、或いは、いかに多くの堆積サイクルが必要とされるかに応じて、連続運動であってよい。特にバッチ法において基体の回転を利用することもできるが、連続法が好ましい。アクチュエータを、供給ヘッドの本体に、例えば機械的接続によって結合してもよい。交互の力、例えば変化する磁力界が交互に使用されてもよい。

#### 【0088】

典型的には、ALD は、制御された膜深さを各サイクル毎に形成する複数の堆積サイクルを必要とする。上記のガス状材料タイプに対する用語を使用して、単一のサイクルは、例えば単純な構成において、第 1 反応物質ガス状材料 O を 1 回適用し、そして第 2 反応物質ガス状材料 M を 1 回適用することを可能にする。

#### 【0089】

O 及び M 反応物質ガス状材料のための出力チャネル間の距離は、各サイクルを完成するのに必要な往復運動距離を決定する。例えば図 4 の供給ヘッド 10 は、反応性ガスチャネル出力部と隣接パージチャネル出力部との間の幅において、公称チャネル幅 0.1 インチ (2.54 mm) を有することができる。従って、(本明細書中に使用される y 軸に沿った) 往復運動によって同じ表面の全ての領域が全 ALD サイクルを施されるのを可能にするために、少なくとも 0.4 インチ (10.2 mm) の行程が必要とされる。この例の場合、基体 20 の 1 領域を、第 1 反応物質ガス状材料 O 及び第 2 反応物質ガス状材料 M の両方に、この距離全体にわたって動かしながら曝露する。或いは、供給ヘッドは、その行程に関してより長い距離だけ動くこともでき、基体の一方の端部から他方の端部まで運動することさえもあり得る。この事例において、成長しつつある膜をその成長期間中、周囲条件に曝露することができ、多くの使用環境において不都合な影響を引き起こすことはない。いくつかの事例において、均一性を考慮して、例えば往復移動の端点に沿ったエッジ作用又はエッジ形成を低減するために、各サイクルにおける往復運動量に対するランダム性の尺度を必要とすることがある。

#### 【0090】

供給ヘッド 10 は、単一のサイクルを提供するのに十分な出力チャネル 12 だけを有していてもよい。或いは、供給ヘッド 10 は、複数サイクルの配列を有していて、より広い堆積面積に範囲が及ぶことを可能にするか、又は往復運動距離の 1 トラバースにおいて 2 つ又は 3 つ以上の堆積サイクルを許す距離全体にわたるその往復運動を可能にする。

#### 【0091】

例えば、1 つの特定の用途において、各 O - M サイクルが、処理済表面の 1/4 にわたって 1 原子直径の層を形成することが判った。従って、処理済表面の均一な 1 原子直径層を形成するためには、4 サイクルがこの場合必要となる。同様に、この事例において均一な 10 原子直径層を形成するためには、40 サイクルが必要であろう。

#### 【0092】

本発明の供給ヘッド 10 のために用いられる往復運動の利点は、これが出力面 36 の面積を上回る面積を有する基体 20 上への堆積を可能にすることである。図 15 は、矢印 A によって示された y 軸に沿った往復運動、及びこの往復運動に対して直交方向又は横方向の、x 軸方向に沿った運動を用いて、どのようにこの広い面積を被覆することができるかを概略的に示している。ここでも、強調すべき点は、図 15 に示されたような x 又は y 方

10

20

30

40

50

向における運動は、供給ヘッド 10 の動作によって、又、動作をもたらす基体支持体 7 4 によって提供される基体 20 の動作によって、又は供給ヘッド 10 及び基体 20 双方の動作によって生じさせ得ることである。

#### 【0093】

図 15 において、供給ヘッドと基体との相対運動方向は互いに垂直である。この相対運動を平行にすることも可能である。この場合、相対運動は、振動を表す非ゼロ周波数成分と、基体の変位を表すゼロ周波数成分とを有することが必要である。この組み合わせは、固定基体上の供給ヘッドの変位と組み合わされた振動；固定供給ヘッドに対する基体の変位と組み合わされた振動；又は振動と固定運動とが供給ヘッド及び基体の両方の動作によって提供される任意の組み合わせによって達成することができる。

10

#### 【0094】

有利には、多くのタイプの堆積ヘッドにとって可能であるよりも小さいサイズで供給ヘッド 10 を製造することができる。例えば、一実施態様において、出力チャネル 12 は 0 . 005 インチ ( 0 . 127 mm ) の幅 w1 を有しており、3 インチ ( 75 mm ) までの長さで延びている。

#### 【0095】

好ましい実施態様において、ALD は、大気圧又は近大気圧で、また周囲及び基体の広範囲の温度、好ましくは 300 未満の温度で実施することができる。好ましくは、汚染の可能性を最小限にするために、比較的清浄な環境が必要となるが、しかし、本発明の装置の好ましい実施態様を使用すると、良好な性能を得るために、完全な「クリーンルーム」条件又は不活性ガス充填閉鎖容器が必要とされることはない。

20

#### 【0096】

図 16 は、比較的良好に制御され、汚染なしの環境を提供するためのチャンバ 50 を有する原子層堆積 ( ALD ) システム 60 を示す。ガス供給部 28 a , 28 b 及び 28 c は、供給ライン 32 を通して供給ヘッド 10 に、第 1、第 2 及び第 3 ガス状材料を提供する。可撓性供給ライン 32 を任意選択的に使用することは、供給ヘッド 10 の運動を容易にするのを促進する。便宜上、任意選択的な真空蒸気回収装置及びその他の支持構成要素は図 16 には示されていないが、これらを使用することもできる。搬送サブシステム 54 は、供給ヘッド 10 の出力面 36 に沿って基体 20 を搬送する基体支持体を提供し、本発明の開示に採用された座標軸システムを使用して、x 方向における運動を可能にする。運動制御、並びに弁及び他の支持構成要素の全体的な制御を、制御論理プロセッサ 56、例えばコンピュータ又は専用マイクロプロセッサ集成品によって提供することができる。図 16 の配列において、制御論理プロセッサ 56 は、供給ヘッド 10 に往復運動を提供するためのアクチュエータ 30 を制御し、そして搬送サブシステム 54 の搬送モータ 52 も制御する。アクチュエータ 30 は、移動する基体 20 に沿って ( 或いは、定置基体 20 に沿って ) 供給ヘッド 10 の前後運動を引き起こすのに適した様々な装置のうちのいずれであってもよい。

30

#### 【0097】

図 17 は、ウェブ基体 66 上に薄膜堆積するための原子層堆積 ( ALD ) システム 70 の別の実施態様を示す。ウェブ基体 66 は、基体支持体として作用するウェブコンベヤ 62 に沿って供給ヘッド 10 を越えて搬送される。ウェブはそれ自体が、基体であってよく、或いはウェブは、さらなる基体のための支持を提供してもよい。供給ヘッド搬送装置 64 は、ウェブ移動方法に対して横方向にウェブ基体 66 の表面を横切るように供給ヘッド 10 を搬送する。一実施態様において、ガス圧力によって提供される完全分離力によって、ウェブ基体 66 の表面を横切るように前後に推進される。別の実施態様において、供給ヘッド搬送装置 64 は、ウェブ基体 66 の幅を横断する親ねじ又は同様のメカニズムを使用する。別の実施態様において、供給ヘッド 10 は、ウェブコンベヤ 62 に沿った好適な位置で使用される。

40

#### 【0098】

図 18 は、流れパターンが図 17 の構造に対して直交方向に配向されている定置の供給

50

ヘッド10を使用した、ウェブ配列における別の原子層堆積（ALD）システム70の別の実施態様を示す。この配列では、ウェブコンベヤ62自体の運動が、ALD堆積に必要な動作を提供する。この環境において往復運動を用いることもできる。図19を参照すると、出力面36が所定の量の曲率を有する供給ヘッド10の一部の実施態様が示されている。このような曲率は、いくつかのウェブコーティング用途に対して有利なことがある。凸面状又は凹面状の湾曲を設けることができる。

#### 【0099】

ウェブ製造のために特に有用であり得る別の実施態様において、ALDシステム70は、複数の供給ヘッド10、又は1つのヘッドがウェブ基体66の各側に配置されているデュアル供給ヘッド10を有することができる。可撓性供給ヘッド10を代わりに設けることもできる。これによって、堆積表面に対する少なくとも或る程度の一致を示す堆積装置が提供される。

10

#### 【0100】

さらに別の実施態様において、供給ヘッド10の1つ又は2つ以上の出力チャンネル12が、前に引用した2006年3月29日付けで出願された「APPARATUS FOR ATOMIC LAYER DEPOSITION」と題された米国特許出願第11/392,006号明細書（Levyら）に開示された横方向ガス流配列を使用することができる。このような実施態様において、供給ヘッド10と基体20との間の分離を支持するガス圧力は、いくつかの数の出力チャンネル12によって、例えばパージガスを放出するチャンネル（図2～3Bで符号Iを付けられたチャンネル）によって維持することができる。次いで、反応性ガスを放出する1つ又は2つ以上の出力チャンネル12（図2～3Bで符号O又はMを付けられたチャンネル）のために横方向流が使用されることになる。

20

#### 【0101】

本発明の装置は、いくつかの実施態様における室温又は近室温を含む、広範囲の温度にわたって基体上への堆積を実施できる点で有利である。本発明の装置は真空環境において動作することができるが、しかし、大気圧又は近大気圧での動作に特によく適している。

#### 【0102】

本発明の方法に従って形成される半導体膜を有する薄膜トランジスタは、 $0.01\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 超、好ましくは少なくとも $0.1\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、より好ましくは $0.2\text{ cm}^2/\text{Vs}$ の電界効果電子移動度を示すことができる。加えて本発明の方法に従って形成される半導体膜を有するnチャンネル薄膜トランジスタは、少なくとも $10^4$ 、有利には少なくとも $10^5$ のオン/オフ比を提供することができる。オン/オフ比は、ドレイン電流の最大値/最小値として測定される。それというのもゲート電圧は、ディスプレイのゲートライン上で使用することができる関連電圧を代表する1つの値から別の値へ掃引されるからである。典型的な値集合は $-10\text{ V} \sim 40\text{ V}$ となり、この場合ドレイン電圧は $30\text{ V}$ で維持される。

30

#### 【0103】

基体20の表面から供給ヘッド10を少なくとも部分的に分離するために空気支持効果を用いることができるが、本発明の装置はその代わりに、供給ヘッド10の出力表面36から基体20をつり上げるか又は浮揚させるために使用することもできる。或いは、例えばプラテンなどの、他のタイプの基体ホルダを使用することもできる。

40

#### 【実施例】

#### 【0104】

比較例C1：

本発明との比較のために、Levyらにより2006年3月29日付けで出願された「APPARATUS FOR ATOMIC LAYER DEPOSITION」と題された米国特許出願第11/392,006号明細書に開示されているような対照APALD（大気圧原子層堆積）を使用してシリコンウェハ上に $\text{Al}_2\text{O}_3$ の膜を成長させた。このAPALD装置は、以下のとおりの構成で11個の出力チャンネルを有するように構成されていた：

チャンネル1：パージガス

50

チャンネル 2 : 酸化剤含有ガス  
チャンネル 3 : パージガス  
チャンネル 4 : 金属前駆体含有ガス  
チャンネル 5 : パージガス  
チャンネル 6 : 酸化剤含有ガス  
チャンネル 7 : パージガス  
チャンネル 8 : 金属前駆体含有ガス  
チャンネル 9 : パージガス  
チャンネル 10 : 酸化剤含有ガス  
チャンネル 11 : パージガス

10

#### 【0105】

このフィルムは 150 の基体温度で成長した。A P A L D コーティングヘッドに供給したガス流は以下のとおりであった：

( i ) 総流量 2000 s c c m ( 標準立方センチメートル毎分 ( standard cubic centimeters per minute ) ) でチャンネル 1 , 3 , 5 , 7 , 9 及び 11 に窒素不活性パージガスを供給した。

( i i ) トリメチルアルミニウム ( T M A ) を含有する窒素を基にするガス流をチャンネル 4 及び 8 に供給した。このガス流は、300 s c c m の純粋窒素の流れと、室温の T M A で飽和した 7 s c c m の窒素の流れとを混合することにより生成させた。

( i i i ) 水蒸気を含有する窒素を基にするガス流をチャンネル 2 , 6 及び 10 に供給した。このガス流は、300 s c c m の純粋窒素と、室温の水蒸気で飽和した 25 s c c m の窒素の流れとを混合することにより生成させた。

20

#### 【0106】

マイクロメートル調整機構を使用して、上記のガス供給流でコーティングヘッドを、基体の上方約 30 マイクロメートルの定位置に移動させた。この時点で、コーティングヘッドを基体全体にわたって 175 サイクル振動させることにより、約 900 厚の  $Al_2O_3$  膜が生成した。

#### 【0107】

アルミニウム蒸発中にシャドーマスクを使用して、 $Al_2O_3$  層の上側にアルミニウムコンタクトパッドをコーティングすることにより、電流漏れ試験構造体を形成した。このプロセスの結果、面積 500 ミクロン  $\times$  200 ミクロンで約 500 厚の、 $Al_2O_3$  層の上側のアルミニウムコンタクトパッドが形成された。

30

#### 【0108】

シリコンウェハから  $Al$  コンタクトまでの漏れ電流は、所与のアルミニウムコンタクトパッドとシリコンウェハとの間に 20 V を印加し、H P - 4155 C ( 登録商標 ) パラメータ分析装置を用いて電流量を測定することにより求めた。

#### 【0109】

この試料では、20 V の電位において、漏れ電流は  $8.2 \times 10^{-8}$  A であった。

#### 【0110】

実施例 E 1 :

40

本発明の A P A L D 装置を使用して、 $Al_2O_3$  の膜をシリコンウェハ上に成長させた。この A P L A D 装置は、比較例 C 1 の装置と同様の構成であった。膜を 150 の基体温度で成長させた。A P A L D コーティングヘッドに供給されたガス流は以下の通りであった：

( i ) 総流量 3000 s c c m でチャンネル 1 , 3 , 5 , 7 , 9 及び 11 に窒素不活性パージガスを供給した。

( i i ) トリメチルアルミニウムを含有する窒素を基にするガス流をチャンネル 4 及び 8 に供給した。このガス流は、約 400 s c c m の純粋窒素の流れと、室温の T M A で飽和した 3.5 s c c m の窒素の流れとを混合することにより生成させた。

( i i i ) 水蒸気を含有する窒素を基にするガス流をチャンネル 2 , 6 及び 10 に供給し

50

た。このガス流は、約 350 sccm の純粋窒素の流れと、室温の水蒸気で飽和した 20 sccm の窒素の流れとを混合することにより生成させた。

【0111】

上記のガス供給流でコーティングヘッドを、基体に近接させ、次いで解放すると、先に述べたようにガス流に基づいて基体の上にコーティングヘッドが浮遊した。この時点で、コーティングヘッドを基体全体にわたって 300 サイクル振動させることにより、約 900 厚の  $Al_2O_3$  膜が生成した。

【0112】

例 C1 におけるのと同じ手順およびコンタクトパッドサイズで  $Al_2O_3$  層の上にアルミニウムコンタクトパッドをコーティングすることにより電流漏れ試験構造体を形成した。

10

【0113】

20 V の電位において、 $Al_2O_3$  誘電体を通る漏れは  $1.3 \times 10^{-11}$  A であった。この試験データから判るように、この例のガス上昇コーティングヘッドは、有用な誘電体膜の製造にとって望ましい、電流漏れが著しく少ない膜を生成する。

【符号の説明】

【0114】

- 10 供給ヘッド
- 12 出力チャネル
- 14, 16, 18 ガス流入導管
- 20 基体
- 22 排気チャネル
- 24 排気導管
- 28a, 28b, 28c ガス供給部
- 30 アクチュエータ
- 32 供給ライン
- 36 出力面
- 50 チャンバ
- 52 搬送モータ
- 54 搬送サブシステム
- 56 制御論理プロセッサ
- 60 原子層堆積 (ALD) システム
- 62 ウェブコンベア
- 64 供給ヘッド搬送
- 66 ウェブ基体
- 70 原子層堆積 (ALD) システム
- 74 基体支持体
- 90 前駆体材料のための案内チャネル
- 91 排気案内チャネル
- 92 パージガスのための案内チャネル
- 96 基体支持体
- 98 ガス流体支持
- 100 結合プレート
- 102 案内チャンバ
- 104 入力ポート
- 110 ガスチャンバプレート
- 112, 113, 115 供給チャンバ
- 114, 116 排気チャンバ
- 120 ガス案内プレート
- 122 前駆体材料のための案内チャネル
- 123 排気案内チャネル

20

30

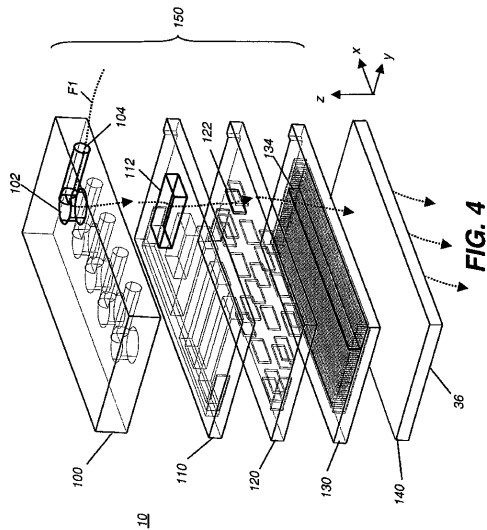
40

50

1 3 0	ベースプレート	
1 3 2	細長い放出チャネル	
1 3 4	細長い排気チャネル	
1 4 0	ガスディフューザユニット	
1 4 2	ノズルプレート	
1 4 3 , 1 4 7 , 1 4 9	第 1、第 2、第 3 ディフューザ通路	
1 4 6	ガスディフューザプレート	
1 4 8	フェイスプレート	
1 5 0	供給集成体	
1 5 2	細長い放出チャネル	10
1 5 4	細長い排気チャネル	
1 6 0	セパレータプレート	
1 6 2	パージプレート	
1 6 4	排気プレート	
1 6 6 , 1 6 6 '	反応物質プレート	
1 6 8	アパーチャ	
1 7 0	ばね	
1 8 0	連続した第 1 排気スロット	
1 8 2	連続した第 2 排気スロット	
1 8 4	連続した第 3 排気スロット	20
A	矢印	
D	距離	
E	排気プレート	
F 1 , F 2 , F 3 , F 4	ガス流	
I	第 3 不活性ガス状材料	
K	方向	
M	第 2 反応物質ガス状材料	
O	第 1 反応物質ガス状材料	
P	パージプレート	
R	反応物質プレート	30
S	セパレータプレート	
w 1 , w 2	チャネル幅	
X	矢印	



【図 4】



【図 5 A】

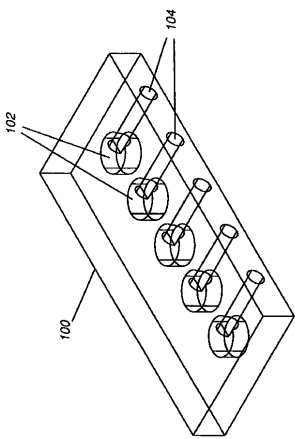


FIG. 5A

【図 5 B】

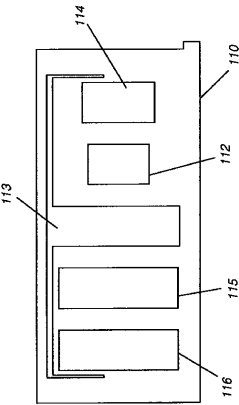


FIG. 5B

【図 5 C】

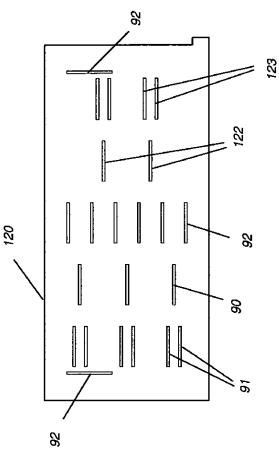


FIG. 5C

【図 5 D】

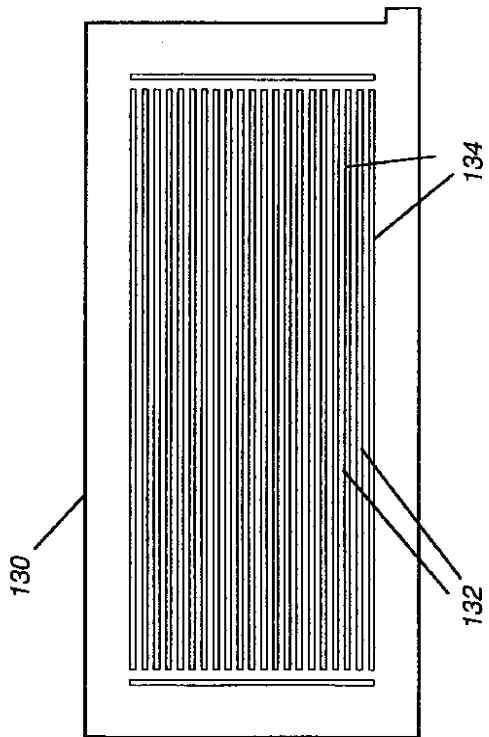


FIG. 5D

【図 6】

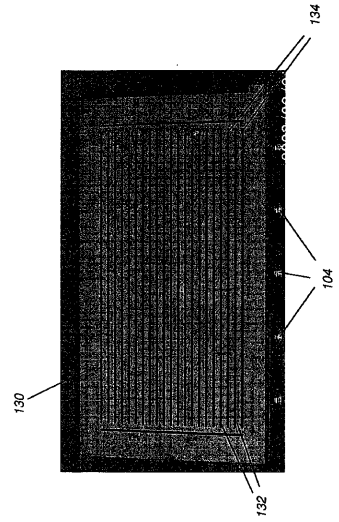


FIG. 6

【図 7】

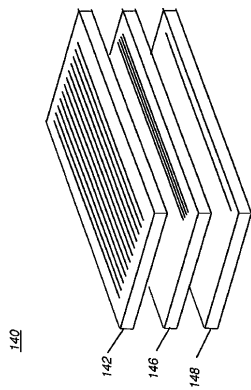


FIG. 7

【図 8 A】

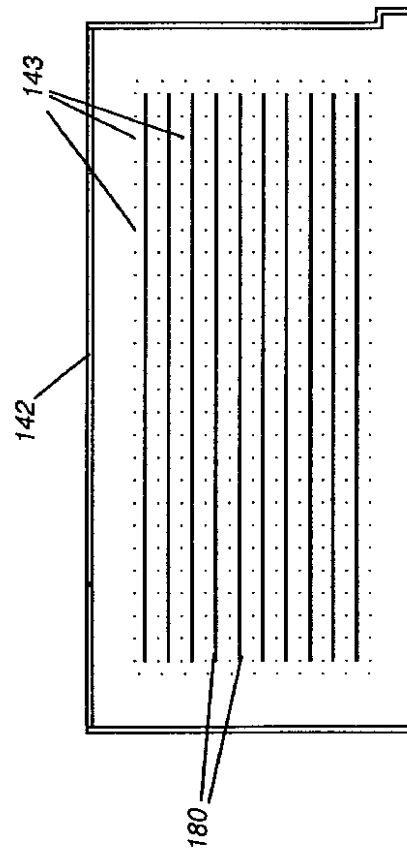
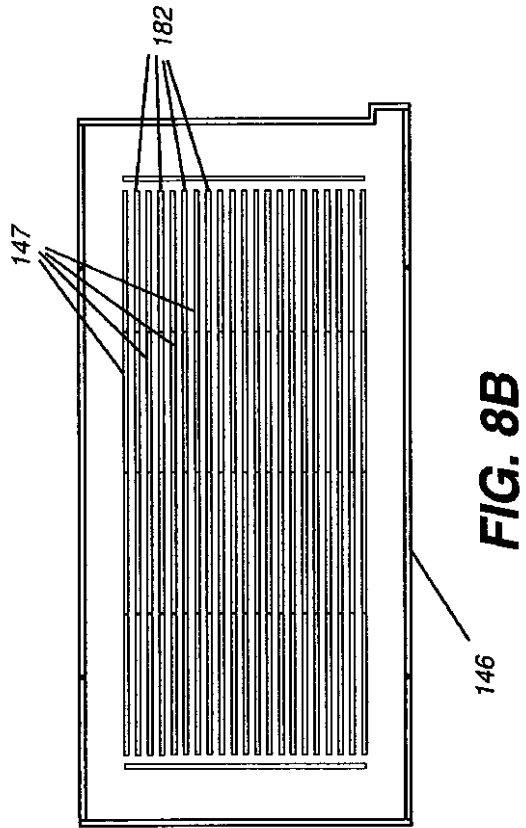
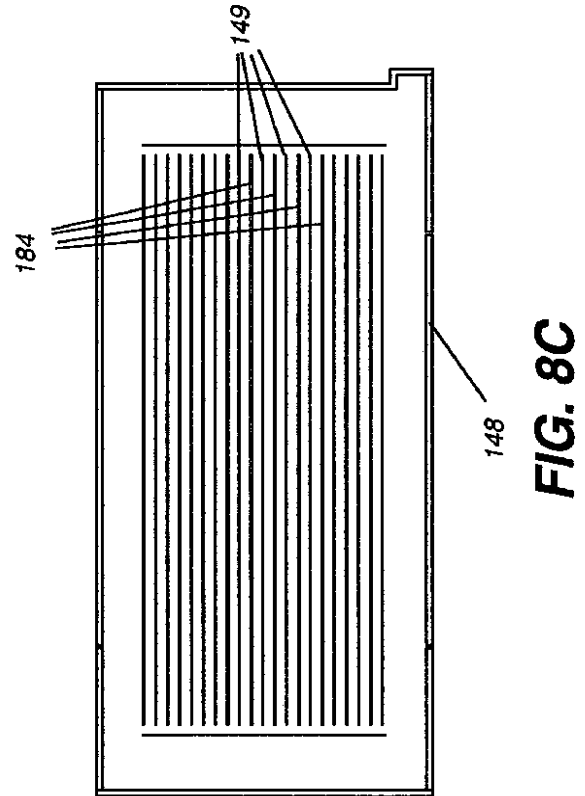


FIG. 8A

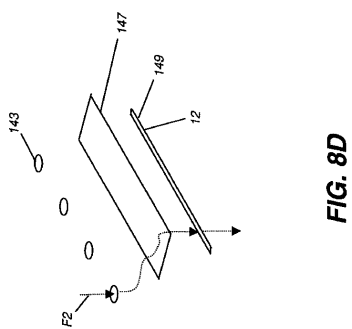
【 図 8 B 】



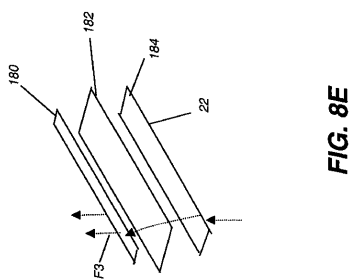
【 図 8 C 】



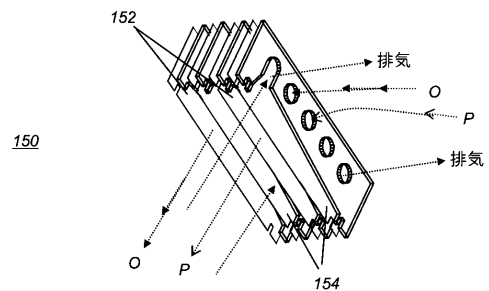
【 図 8 D 】



【 図 8 E 】



【 図 9 A 】



【 図 9 B 】

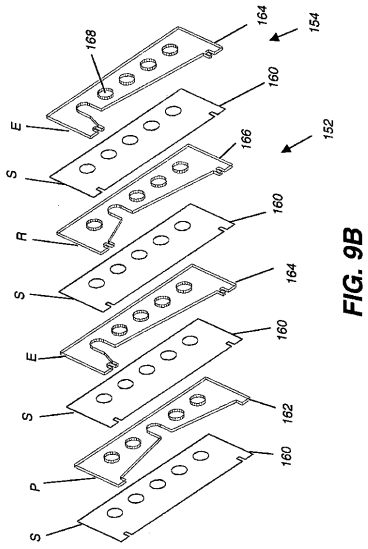


FIG. 9B

【 図 1 0 A 】

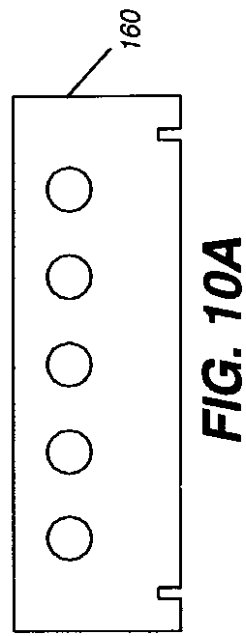


FIG. 10A

【 図 1 0 B 】

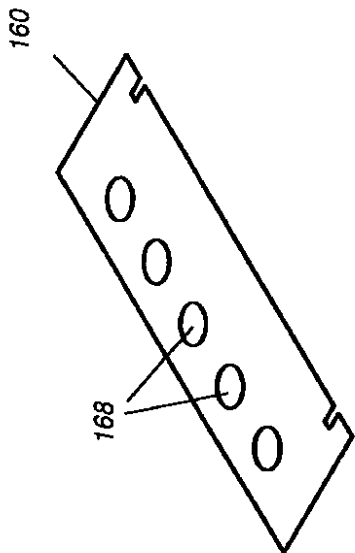


FIG. 10B

【 図 1 1 A 】

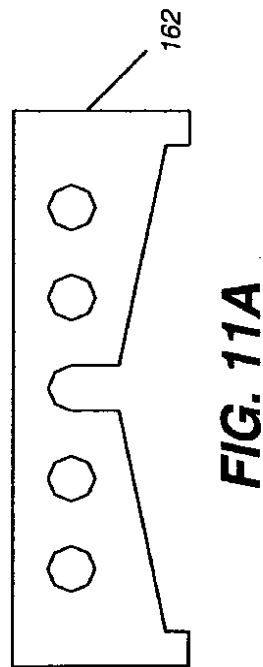


FIG. 11A

【図 1 1 B】

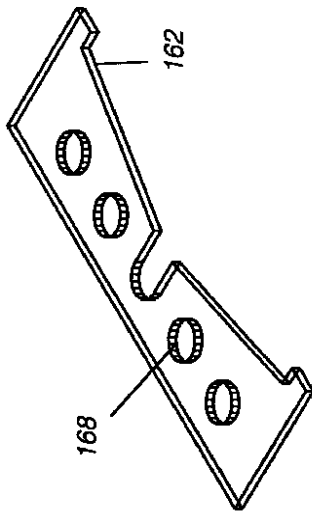


FIG. 11B

【図 1 2 A】

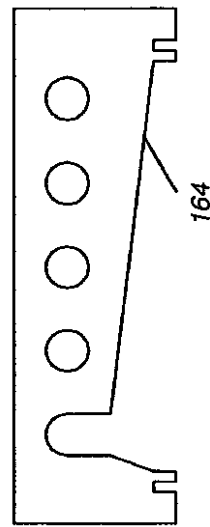


FIG. 12A

【図 1 2 B】

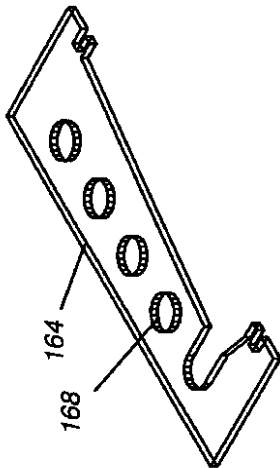


FIG. 12B

【図 1 3 A】

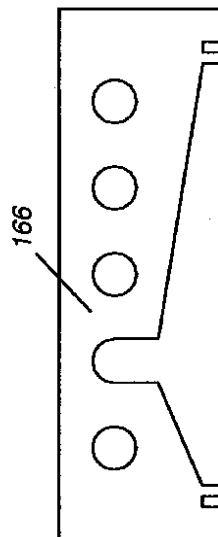


FIG. 13A

【図 1 3 B】

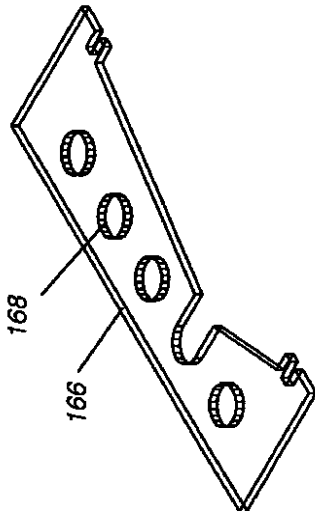


FIG. 13B

【図 1 3 C】

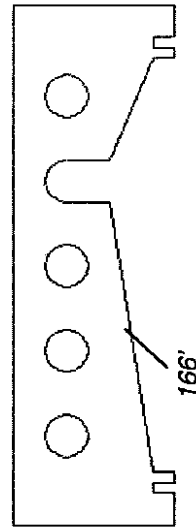


FIG. 13C

【図 1 4】

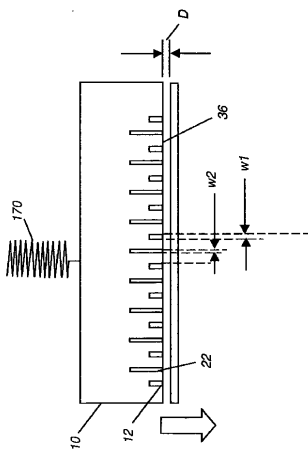


FIG. 14

【図 1 5】

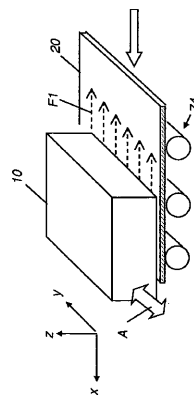
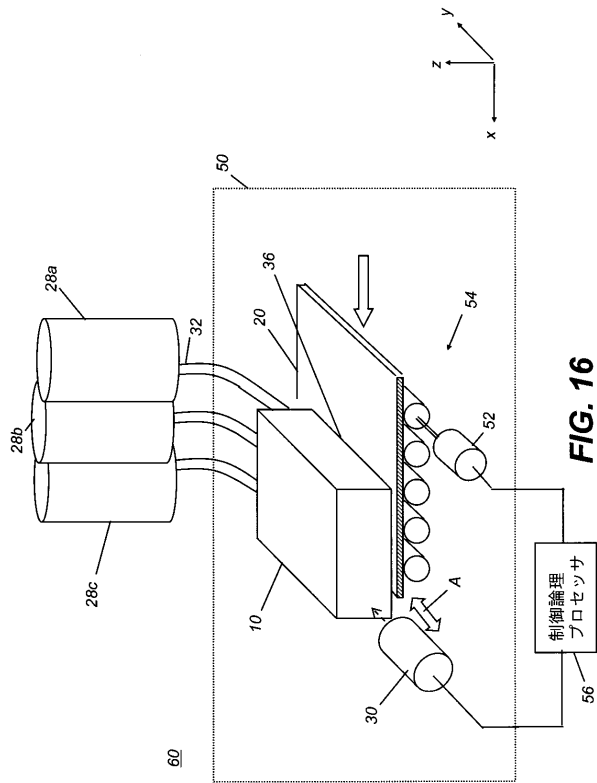
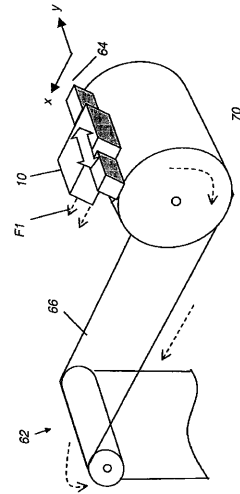


FIG. 15

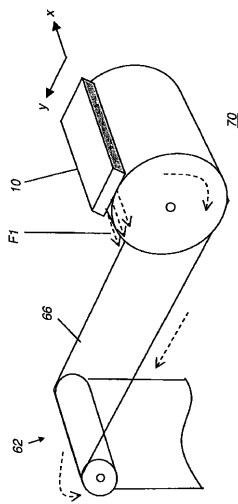
【図 16】



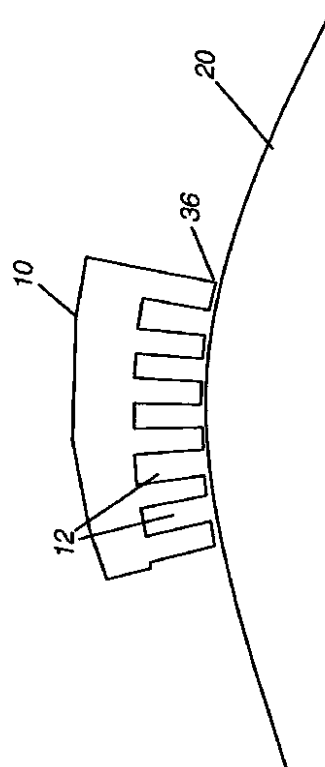
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【図 20】

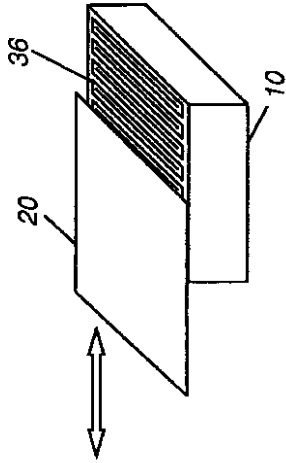


FIG. 20

【図 21】

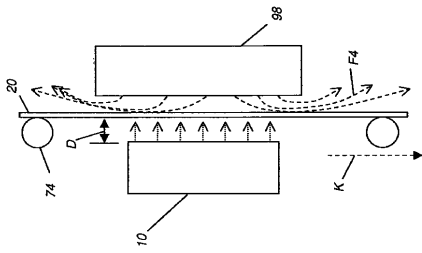
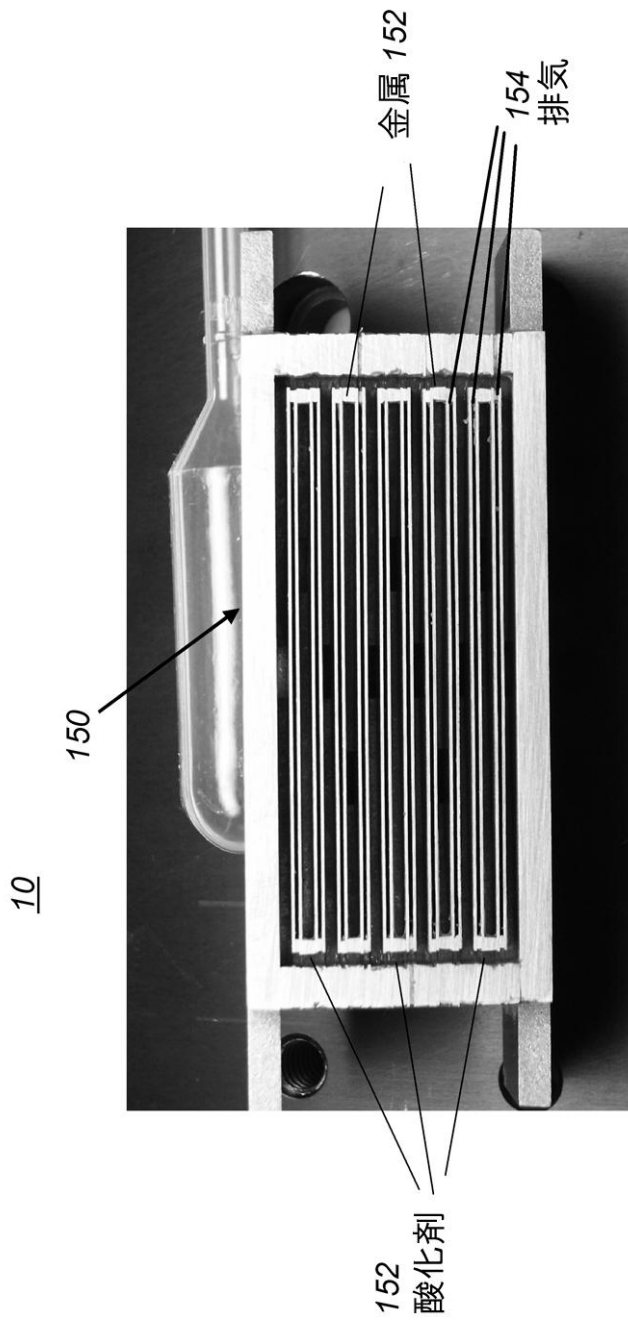


FIG. 21

【 図 9 C 】



**FIG. 9C**

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2007/026313
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. C23C16/455 C23C16/54  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C23C  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2004/142558 A1 (GRANNEMAN ERNST H A [NL]) 22 July 2004 (2004-07-22) cited in the application page 2, paragraph 24 - paragraph 25; figures 2-4,6  page 5, paragraph 55 - page 6, paragraph 60 page 8, paragraph 75 - paragraph 79; claims 1-14	42-52, 55-57, 60,62,63 1-41,53, 54,58, 59,61,64
A	US 6 183 565 B1 (GRANNEMAN ERNST HENDRIK AUGUST [NL] ET AL) 6 February 2001 (2001-02-06) cited in the application column 3, line 47 - line 65; figures 1,2  -/--	1-64
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 document 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 'Z' document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  18 April 2008		Date of mailing of the international search report  28/04/2008
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Teppo, Kirsil-Marja

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2007/026313

## C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/112537 A1 (YAMAZAKI SHUNPEI [JP] ET AL) 17 June 2004 (2004-06-17) page 2, paragraph 27 - page 3, paragraph 27 page 3, paragraph 31; figures 2,3 -----	1-64
A	US 4 574 093 A (COX HERBERT M [US]) 4 March 1986 (1986-03-04) column 3, line 12 - line 37; claims 1-11; figures 7,8; example 3 column 5, line 22 - line 45 -----	1-64
A	JP 61 294812 A (HITACHI LTD) 25 December 1986 (1986-12-25) cited in the application abstract -----	1-64

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US2007/026313

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

## Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2007 /026313

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-41

A deposition system having a delivery head with a plurality of inlet ports for receiving gaseous materials and an output face, the output face comprising a plurality of output openings being simultaneously exhausted and the substrate is kept at a uniform distance from the output face. The special technical feature being in that the output face having plurality of openings is used for simultaneously exhausting the gaseous materials.

---

2. claims: 42-62

An ALD process for depositing a thin film, wherein the output face is used for simultaneously directing the gaseous materials to the deposition system and wherein substrate is kept away from the output face by gas flow pressure. The special technical feature being the ALD deposition type and the fact that the output face is used for directing the gaseous materials to the deposition system.

---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2007/026313

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004142558	A1	22-07-2004	US 2007015374 A1	18-01-2007
US 6183565	B1	06-02-2001	NONE	
US 2004112537	A1	17-06-2004	US 2006189170 A1	24-08-2006
US 4574093	A	04-03-1986	CA 1226766 A1	15-09-1987
			DE 3485722 D1	17-06-1992
			EP 0168409 A1	22-01-1986
			JP 2636832 B2	30-07-1997
			JP 61500994 T	15-05-1986
			WO 8503088 A1	18-07-1985
JP 61294812	A	25-12-1986	NONE	

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, JP, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100093665

弁理士 蛸谷 厚志

(72)発明者 レビー, デイビッド ハワード

アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 1 8, ロチェスター, ハンプシャー ドライブ 1 1 4

Fターム(参考) 4K030 AA11 AA14 AA18 AA24 BA43 EA04 EA05 EA06 EA11 FA10

GA02 GA12 HA01 JA03 JA05 JA09 JA11 LA15

5F045 AA15 AB31 AC00 AC08 AD05 AF03 BB08 DP23 DP27 EF05