

(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2010-541236

(P2010-541236A)

(43) 公表日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(51) Int.Cl.

**H01L 21/31 (2006.01)**  
**C23C 16/455 (2006.01)**  
**H01L 21/365 (2006.01)**

F 1

H01L 21/31  
C23C 16/455  
H01L 21/365

B

テーマコード(参考)

4K030  
5FO45

(43) 公表日 平成22年12月24日(2010.12.24)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全41頁)

(21) 出願番号 特願2010-526893 (P2010-526893)  
(86) (22) 出願日 平成20年9月16日 (2008.9.16)  
(85) 翻訳文提出日 平成22年5月21日 (2010.5.21)  
(86) 國際出願番号 PCT/US2008/010752  
(87) 國際公開番号 WO2009/042044  
(87) 國際公開日 平成21年4月2日 (2009.4.2)  
(31) 優先権主張番号 11/861,359  
(32) 優先日 平成19年9月26日 (2007.9.26)  
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 590000846  
イーストマン コダック カンパニー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロ彻エ  
スター ステート ストリート 343  
(74) 代理人 100099759  
弁理士 青木 篤  
(74) 代理人 100077517  
弁理士 石田 敏  
(74) 代理人 100087413  
弁理士 古賀 哲次  
(74) 代理人 100111903  
弁理士 永坂 友康  
(74) 代理人 100128495  
弁理士 出野 知

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】反応性ガスを空間的に分離するガス配達ヘッドを用い、配達ヘッドを通過する基板の移動を伴う  
、薄膜形成のための方法及び堆積装置

## (57) 【要約】

基板上に薄膜材料を堆積させるための方法を開示し、  
その方法は、一連のガスフローを同時に薄膜堆積装置の  
配達ヘッドのアウトプット面から基板の表面に向けるこ  
とを含み、前記一連のガスフローは第一の反応性気相材  
料、不活性バージガス及び第二の反応性気相材料を少な  
くとも含み、前記第一の反応性気相材料は前記第二の反  
応性気相材料で処理した基板表面と反応することができ  
、1つ以上のガスフローは前記基板の表面を前記配達ヘ  
ッドの前記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。このような方法を実施することができる  
装置も開示される。

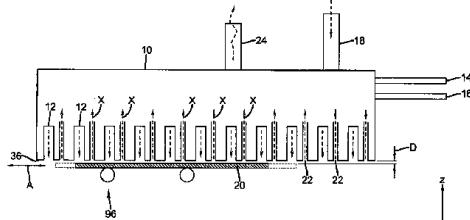


FIG. 1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

順次に基板上に固体材料の薄膜を堆積させるための堆積装置であって、

(A)入り口セクション、

(B)(i)それぞれ第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料のための第一の源、第二の源及び第三の源を少なくとも含む、それぞれ複数の気相材料のための複数の源、(ii)薄膜堆積を受ける基板に前記複数の気相材料を配送するための配送ヘッドであって、

(a)前記第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料をそれぞれ受けるための第一のインレットポート、第二のインレットポート及び第三のインレットポートを少なくとも含む、複数のインレットポート、及び、

(b)前記基板から距離をおいて離れた堆積アウトプット面であって、前記第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料の各々のための実質的に平行に延在しているアウトプット開口部を含む、堆積アウトプット面、

を含み、前記堆積アウトプット面におけるアウトプット開口部から、前記第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料を同時に配送するように設計されている配送ヘッド、

を含むコーティングセクション、

(C)出口セクション、

(D)前記コーティングセクションを通る一方向通路に前記基板を移動させるための手段、及び、

(E)薄膜堆積の間に、前記基板の表面と、前記配送ヘッドの堆積アウトプット面との間に実質的に均一な距離を維持するための手段、

を含み、

前記コーティングセクション中の配送ヘッドは、薄膜堆積のための基板表面への1つ以上の気相材料のフローを提供するとともに、基板表面から配送ヘッドの堆積アウトプット面を分離する力の少なくとも一部をも提供するように設計されており、

場合により、入り口セクション及び／又は出口セクションは、堆積装置の通路の少なくとも一部を通過している間に、基板の表面に非反応性ガスのガスフローを提供するように設計された、複数の非堆積性アウトプット開口部を有する非堆積性アウトプット面を各々含み、

前記配送ヘッドはコーティングセクションを通して単一回の一方向の通過での基板の移動の間のみで基板上に薄膜堆積を行うように設計されている、堆積装置。

## 【請求項 2】

前記コーティングセクション中の配送ヘッドは配送ヘッドの堆積アウトプット面における複数の排気開口部をさらに含み、かつ、場合により、入り口セクション及び／又は出口セクションにおける非堆積性アウトプット面も複数の排気ポートを含む、請求項1記載の堆積装置。

## 【請求項 3】

前記入り口セクション又は出口セクションは、各々、非堆積性アウトプット面から非反応性ガスを出すための複数の非堆積性アウトプット開口部及び非堆積性アウトプット面から非反応性ガスを排気するための複数の排気ポートを有する非堆積性アウトプット面を含み、前記非堆積性アウトプット開口部は各開口部が少なくとも1つの排気ポートによって少なくとも1つの他の非堆積性アウトプット開口部から分離されるような配置である、請求項1記載の堆積装置。

## 【請求項 4】

前記入り口セクション又は出口セクションの非堆積性アウトプット面における前記非堆積性アウトプット開口部及び／又は排気ポートはスロット、円形孔又は正方形孔である、請求項3記載の堆積装置。

## 【請求項 5】

10

20

30

40

50

前記堆積性アウトプット面又は非堆積性アウトプット面であって、当てはまる場合には、前記入り口セクション、コーティングセクション又は出口セクションのうちの少なくとも1つの堆積性アウトプット面又は非堆積性アウトプット面は少なくとも1つの方向で曲断面を有する、請求項1記載の堆積装置。

【請求項6】

前記コーティングセクションにおける前記複数の排気開口部は複数の気相材料を再使用のためにリサイクルすることができ、そして、場合により、前記入り口セクション及び／又は出口セクションにおける複数の排気ポートは非反応性ガスを再使用のためにリサイクルすることができる、請求項2記載の堆積装置。

【請求項7】

前記基板を移動させるための手段は少なくとも部分的には重力である、請求項1記載の堆積装置。

【請求項8】

前記基板の表面は前記配送ヘッドの堆積アウトプット面から0.4mm以内の分離距離に維持される、請求項1記載の堆積装置。

【請求項9】

薄膜堆積の間の配送ヘッド及び基板のためのチャンバーハウジングをさらに含む、請求項1記載の堆積装置。

【請求項10】

薄膜堆積の間に前記基板及び配送ヘッドが大気に開放されることを防止しないように設計されている、請求項1記載の堆積装置。

【請求項11】

前記第一の気相材料及び第二の気相材料が反応性でありかつ前記第三の気相材料が不活性バージガスである前記配送ヘッドは、前記第一の気相材料のフローと前記第二の気相材料のフローが少なくとも不活性バージガスのフロー及び排気開口部によって実質的に空間的に分離されるように設計されている、請求項2記載の堆積装置。

【請求項12】

ガス流体支持で、場合によって不活性ガスを用いたガス流体支持は、前記配送ヘッドに対面する基板の第一の面と反対面である前記基板の第二の面に対面するように配置されている、請求項1記載の堆積装置。

【請求項13】

前記コーティングセクションにおいて、追加の第二の配送ヘッドが第一の配送ヘッドから見て前記基板の反対面に配置されており、このため、コーティングセクションを通して基板を通過させている間に、前記基板の両面が同時に又は順次に薄膜堆積を受けることができる、請求項1記載の堆積装置。

【請求項14】

薄膜堆積の間の堆積アウトプット面と基板との間の分離距離を維持するのを補助する力を提供する持ち上げ部品又は圧縮部品をさらに含む、請求項1記載の堆積装置。

【請求項15】

前記コーティングセクションは複数の堆積モジュールからなり、前記複数の堆積モジュール中の各堆積モジュールはコーティングセクションの堆積機能に少なくとも部分的に寄与し、場合により、前記入り口セクション及び／又は出口セクションは複数の非堆積モジュールからなり、前記複数の非堆積モジュール中の各非堆積モジュールはそれぞれ入り口セクション又は出口セクションの輸送及び／又は随意の物理的処理の機能に少なくとも部分的に寄与する、請求項1記載の堆積装置。

【請求項16】

前記コーティングセクション内の複数の堆積モジュールの各々は、薄膜堆積の間に堆積装置の使用によって要求されるとおりに、他のモジュールから分離することが可能であり、別の堆積モジュールと交換することが可能であり、取り外しが可能であり、又は、数を追加するように設計されている、請求項15記載の堆積装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 17】**

前記コーティングセクションは複数の堆積モジュールを含み、各堆積モジュールは原子層堆積の少なくとも1サイクルを実質的に完了するためのある数のアウトプット開口部を含む、請求項15記載の堆積装置。

**【請求項 18】**

前記コーティングセクションは少なくとも第一の堆積モジュール及び第二の堆積モジュールからなり、前記第一の堆積モジュールは前記第二の堆積モジュールによって形成されるのとは異なる組成の薄膜を形成する、請求項15記載の堆積装置。

**【請求項 19】**

前記堆積モジュール及び／又は非堆積性モジュールの表面は少なくとも1つの方向で曲断面を有する、請求項15記載の堆積装置。 10

**【請求項 20】**

前記堆積モジュール及び／又は非堆積モジュールはそれぞれその堆積アウトプット面及び／又は非堆積アウトプット面の複合体が曲面表面を形成するように取り付けられる、請求項15記載の堆積装置。

**【請求項 21】**

前記コーティングセクションに対して、各堆積モジュールは10～200個の延在アウトプット開口部を含み、モジュールの合計数は少なくとも3である、請求項15記載の堆積装置。

**【請求項 22】**

前記入り口セクション、コーティングセクション及び／又は出口セクションは加熱されることができ、又は、堆積装置を通して通過する間に基板を加熱処理することができる、請求項1記載の堆積装置。 20

**【請求項 23】**

堆積ヘッドから見て前記基板の反対面に配置された熱源をさらに含み、前記熱源は輻射熱又は対流熱を提供することができる、請求項1記載の堆積装置。

**【請求項 24】**

基板上に固体材料の薄膜を堆積させるための方法であって、

(A)基板を入り口セクションに輸送すること、

(B)前記基板を前記入り口セクションからコーティングセクションに輸送すること、 30

(C)前記基板を前記コーティングセクションを通して輸送すること、ここで、前記コーティングセクションは、(i)それぞれ第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料のための第一の源、第二の源及び第三の源を少なくとも含む、それぞれ複数の気相材料のための複数の源、

(ii)薄膜堆積を受ける基板に前記気相材料を配送するための配送ヘッドであって、

(a)前記第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料をそれぞれ受けるための第一のインレットポート、第二のインレットポート及び第三のインレットポートを少なくとも含む、複数のインレットポート、及び、

(b)前記基板から距離をおいて離れた堆積アウトプット面であって、前記第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料の各々のための複数の実質的に平行に延在しているアウトプット開口部を含む、堆積アウトプット面、 40

を含み、前記堆積アウトプット面におけるアウトプット開口部から、前記第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料を同時に配送するように設計されている配送ヘッド、

を含み、薄膜堆積の間に、前記配送ヘッドの堆積アウトプット面と基板表面との間は実質的に均一な距離が維持されており、薄膜堆積のための基板表面への配送ヘッドからの1つ以上の気相材料のフローは基板表面から配送ヘッドのアウトプット面を分離するための力の少なくとも一部を提供する、及び、

(D)前記コーティングセクションから少なくとも部分的に出口セクション中に前記基板を輸送すること、 50

を含み、

少なくとも 1 種の薄膜材料の所望の厚さの完成した薄膜は、基板を入り口セクションからコーティングセクションを通して出口セクションに單一回、一方向に通過させることで、又は、基板を入り口セクションからコーティングセクションを通して出口セクションに一回のみ通過させ、そしてコーティングセクションを通して入口セクションに一回のみ戻すことにより、單一回、二方向に通過させることで、前記基板上に形成される、方法。

**【請求項 25】**

(E) 前記基板を完成した薄膜とともに前記出口セクション又は入り口セクションのいずれかから取り出す工程をさらに含む、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 26】**

前記基板を輸送する工程は、コーティングセクションを通した通路の一部のみについて、基板に対して力を課すことを含む、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 27】**

前記配達ヘッドにおいて、前記第一の気相材料及び第二の気相材料は異なる反応性ガスでありかつ前記第三の気相材料は不活性バージガスであり、そして薄膜堆積の間に、所与の基板の領域を、一度に約 500 ミリ秒未満の間、第一の反応性気相材料のガスフローに暴露させる、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 28】**

薄膜堆積の間の基板の温度は 300 未満である、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 29】**

前記第一の気相材料は金属含有反応性気相材料である反応性ガスであり、前記第二の気相材料は第一の気相材料と反応して酸化物又は硫化物材料を生成する非金属反応性気相材料である反応性ガスであり、該酸化物又は硫化物材料は五酸化タンタル、酸化アルミニウム、酸化チタン、五酸化ニオブ、酸化ジルコニア、酸化ハフニウム、酸化亜鉛、酸化ランチウム (lantanium)、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、酸化スズ、酸化インジウム、酸化タンゲステン、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、硫化鉛又はそれらの混合物からなる群より選ばれる、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 30】**

前記配達ヘッドの堆積アウトプット面の最初と最後のアウトプット開口部における最初と最後のガスフローは非反応性気相材料であり、これにより、プロセスにおいて使用される反応性気相材料が周囲空気と混合することを防止する、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 31】**

トランジスタにおける使用のための金属酸化物をベースとする材料を含む半導体又は誘電体薄膜を基板上に製造するために使用され、

基板上で 300 以下の温度で金属酸化物をベースとする材料を少なくとも一層形成することを含み、該金属酸化物をベースとする材料は第一の反応性ガスが有機金属前駆体化合物を含みかつ第二の反応性ガスが反応性酸素含有気相材料を含む少なくとも 2 つの反応性ガスの反応生成物である、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 32】**

前記基板の表面は該基板に対面するアウトレット開口部について配達ヘッドの堆積アウトレット面から 0.5 mm 未満の距離で維持される、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 33】**

前記基板及び配達ヘッドは大気に開放されている、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 34】**

前記コーティングセクションは前記基板を支持するための空気支持を実質的に提供する、請求項 24 記載の方法。

**【請求項 35】**

前記配達ヘッドの堆積アウトプット面を通過してウェブを移動して、前記基板の領域上で薄膜堆積を行うためのコンベアをさらに含み、前記ウェブは薄膜堆積のための追加の基

10

20

30

40

50

板を支持するか又は薄膜堆積のための基板であり、該基板は前記配送ヘッドの堆積アウトプット面に近接している、基板上の薄膜堆積のための請求項 2 4 記載の方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0 0 0 1】**

**発明の分野**

本発明は、一般に、薄膜材料の堆積に関し、より詳細には複数の同時ガスフローを基板上に向ける配送ヘッドを用いた、基板上への原子層堆積の装置に関する。

**【背景技術】**

**【0 0 0 2】**

**発明の背景**

薄膜堆積に広く使われる技術の中には、反応チャンバー内で反応して基板上に所望の膜を堆積させる化学反応性分子を用いる化学気相堆積 (CVD) がある。CVD用途に有用な分子前駆体は堆積すべき膜の元素（原子）成分を含み、通常、追加的な元素も含む。CVD前駆体は基板で反応してその上に薄膜を形成するために気相でチャンバーに配送される揮発性分子である。化学反応によって所望の膜厚の薄膜が堆積される。

**【0 0 0 3】**

ほとんどのCVD技術に共通するのは、一つ以上の分子前駆体のよく制御されたフラックスをCVD反応器中に加える必要があることである。これら分子前駆体の間の化学反応を促進するとともに副生成物の効率的な除去を行うために、基板は制御された圧力条件下でよく制御された温度に保たれる。最適なCVD性能を得るためにには、プロセスを通じたガスフロー、温度及び圧力の定常条件を達成し、維持する能力及び過渡物を除去し又は最少にする能力が要求される。

**【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技術で達成可能な限界を超える薄膜、特により高品質なより高密度の膜で、より優れた共形被覆 (conformal coating) 属性を持つもの、特により低温で製造できる薄膜への需要がある。

**【0 0 0 5】**

原子層堆積 (ALD) は、その先行のCVDと比べ、改善された厚さ解像度及び共形機能を提供できる代替的な膜堆積技術である。ALD法は従来のCVDの薄膜堆積法を複数工程の単一原子層堆積工程に分割する。有利なことに、ALD工程は自己終結式 (self-terminating) であり、自己終結曝露時間まで又はそれを超えて実施されたときに 1 原子層を堆積できる。1 原子層は、通常、約 0.1 ~ 約 0.5 単分子層の範囲であり、典型的な寸法は数オングストローム以下程度である。ALDでは、原子層の堆積は反応性分子前駆体と基板との間の化学反応の結果生じるものである。別個の各ALD反応 堆積工程において、正味の反応は所望の原子層を堆積させ、分子前駆体にもともと含まれていた「余剰」原子を実質的になくす。最も純粋な形では、ALDは各前駆体の吸着及び反応を伴い、その反応の他の前駆体（単数又は複数）の非存在下に行われる。実際には、いかなる装置においても、異種の前駆体の何らかの直接反応によって少量の化学気相堆積反応が生じるのを回避することは難しい。ALDを実施するものとうたっている装置の目的は、少量のCVD反応が許容できることを認識しながら、ALD装置に見合う装置性能及び属性を得ることである。

**【0 0 0 6】**

ALD用途において、通常、2つの分子前駆体がALD反応器に別々の段階において導入される。たとえば、金属前駆体分子 $ML_x$ は、原子又は分子リガンドLに結合した金属元素Mを含む。たとえば、Mは、限定するわけではないが、Al、W、Ta、Si、Znなどであることができる。金属前駆体は、基板表面が上記の分子前駆体と直接反応するよう調製されている場合に、基板と反応する。たとえば、基板表面は、通常、金属前駆体と反応性である水素含有リガンド、AHなどを含むよう調製される。硫黄(S)、酸素(O)及び窒素(N)はいくつかの典型的なA種である。気相金属前駆体分子は効率的に基板表面上のリガンドの全部と反応し、上記の金属の単一原子層を堆積させる：

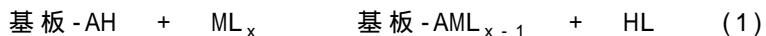
10

20

30

40

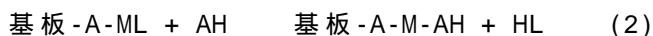
50



上式中、HLは反応副生成物である。反応の間に、初期の表面リガンドAHが消費され、表面はLリガンドで覆われ、それ以上金属前駆体ML<sub>x</sub>と反応できなくなる。したがって、反応は表面上の初期のAHリガンドが全部AML<sub>x-1</sub>種で置き換えられたときに自己終結する。通常、反応段階の後には不活性ガスバージ段階が続き、それにより、第二の反応体気相前駆体材料の別個の導入に先立ってチャンバーから余剰の金属前駆体をなくす。

#### 【0007】

次いで、第二の分子前駆体を用いて金属前駆体に対する基板の表面反応性を回復させる。このことは、たとえば、Lリガンドを除去してそしてAHリガンドを再堆積させることによってなされる。この場合、第二の前駆体は、通常、所望の（通例は非金属の）元素A（すなわち、O、N、S）及び水素を含む（すなわち、H<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S）。次の反応は下記のとおりである：



これは表面をもとのAHに覆われた状態に変換する。（ここで、単純化のために、化学反応は平衡とされていない。）所望の追加的元素Aは膜に組み込まれ、望まれないリガンドLは揮発性の副生成物として排除される。いま一度、反応が反応性部位（今回はLで終端された部位）を消費し、基板上の反応性部位が完全に枯渇したら自己終結する。次いで第二の分子前駆体は、第二のバージ段階において不活性バージガスを流すことによって堆積チャンバーから除去される。

#### 【0008】

要約すると、基本的なALD法は基板への化学物質のフラックスを順次、交互させることを必要とする。上で論じたような代表的なALD法は、四つの異なる操作段階：

1. ML<sub>x</sub>反応；
2. ML<sub>x</sub>バージ；
3. AH<sub>y</sub>反応；及び
4. AH<sub>y</sub>バージ、次いで段階1.への戻り

を有するサイクルである。

#### 【0009】

ALDは、金属前駆体がハロゲン化合物、アルコキシド、ジケトネートキレート又は有機金属化合物である無機化合物の堆積のために最も典型的に利用されてきた。第二の前駆体は、通常、酸化物、窒化物又は硫化物がそれぞれ堆積される場合に、酸素、窒素又は硫黄物の源となってきた。比較的に一般的ではないが、有機化合物又は有機/無機ハイブリッド層のALDによる堆積も知られている。これらの場合においても、そのような方法により生成される制御層が、原子層とは対照的に分子層であることを除いては、自己制御反応の交互のシーケンスとすることが可能である。したがって、基本的概念及び堆積装置がALD法及び装置と類似しているけれども、そのような技術は分子層堆積（MLD）とも呼ばれる。そのため、本明細書中ではALDなる用語を用いて、分子層堆積をも参照する。有機膜の原子層又は分子層堆積の例は、Journal of Materials Chemistry中のMatti Putkonenによる“Atomic Layer Deposition of Polyimide Thin Films”に見ることができる。

#### 【0010】

表面反応と、基板表面をその初期の反応性状態に復元させる前駆体除去とを交互させ、バージ操作を介在させる、この反復シーケンスが典型的なALD堆積サイクルである。ALD操作の重要な特徴は、基板をその初期の表面化学状態に復元させることである。この反復された一組の工程を用いて、均等に計量された複数の層として膜が基板上に層化することができる。その複数の層は化学反応速度論、サイクル当たりの堆積、組成及び厚さにおいてみな同様である。

#### 【0011】

ALDは、半導体デバイスならびに抵抗及びコンデンサ、絶縁体、バス線及び他の導電性構造などの補助電子部品を含む、いくつものタイプの薄膜電子デバイスを形成するための製造工程として使用できる。ALDは、電子デバイスの部品において金属酸化物の薄層を形

10

20

30

40

50

成するために特に好適である。ALDを用いて堆積できる機能性材料の一般的なクラスとして、導体、誘電体すなわち絶縁体及び半導体が挙げられる。

#### 【0012】

導体はいかなる有用な導電性材料であってもよい。たとえば、導体はインジウムスズ酸化物(ITO)、ドーピングされた酸化亜鉛ZnO、SnO<sub>2</sub>又はIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの透明材料を含んでよい。導体の厚さは様々であることができる。具体例によれば、その厚さは約50～約1000nmの範囲とすることができます。

#### 【0013】

有用な半導体材料の例は、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などの化合物半導体である。

10

#### 【0014】

誘電体材料はパターン形成された回路のさまざまな部分を電気的に絶縁する。誘電体層は絶縁体層又は絶縁層と呼ぶこともできる。誘電体として有用な材料の特定の例として、ストロンチウム酸塩(strontiates)、タンタル酸塩(tantalates)、チタン酸塩(titanates)、ジルコン酸塩(zirconates)、アルミニウム酸化物、シリコン酸化物、タンタル酸化物、ハフニウム酸化物、チタン酸化物、セレン化亜鉛及び硫化亜鉛が挙げられる。さらに、これらの例のアロイ、組み合わせ及び多層体が誘電体として使用されうる。これらの材料のうち、アルミニウム酸化物が好ましい。

#### 【0015】

誘電体構造層は、異なる比誘電率をもつ二つ以上の層を含むことができる。そのような絶縁体は米国特許第5,981,970号明細書(参照によって本明細書に取り込む)及び同時係属中の米国特許出願公開第2006/0214154号明細書(参照によって本明細書に取り込む)で論じられている。誘電体材料は典型的には約5eVより大きなバンドギャップを示す。有用な誘電体層の厚さは様々であることができ、具体例によれば、約10～約300nmの範囲とすることができます。

20

#### 【0016】

上記の機能層を用いていくつかのデバイス構造を作ることができる。抵抗は中程度ないし低導電率をもつ導電性材料を選択することによって製造できる。コンデンサは二つの導体の間に誘電体を配置することによって作成できる。ダイオードは、相補的なキャリア型の二つの半導体を二つの導電性電極の間に配置することによって作成できる。相補的なキャリア型の半導体の間に真性半導体領域が配置されてもよい。これは、その領域は自由電荷キャリアの数が少ないことを示す。ダイオードは二つの導体の間に单一の半導体を配置することによって構築されてもよい。この場合、導体／半導体界面の一つが一方向の電流の流れを強く阻害するショットキー障壁を生成する。トランジスタは導体(ゲート)上に絶縁層、続いて半導体層を配置することによって作成できる。二つ以上の追加的な導体電極(ソース及びドレイン)が離間して、上部半導体層と接触状態で配置されれば、トランジスタが形成できる。上記のデバイスのいずれも、必要な界面ができる限り、さまざまな構成で作成できる。

30

#### 【0017】

薄膜トランジスタの典型的な用途では、必要なのは、デバイスを流れる電流の流れを制御できるスイッチである。よって、スイッチがオンにされるとき、高電流がデバイスを通って流れることができることが望まれる。電流の流れの程度は、半導体電荷キャリア易動度に関係している。デバイスがオフにされるときは、電流が非常に小さいことが望まれる。これは電荷キャリア濃度に関係している。さらに、可視光が薄膜トランジスタの応答にほとんど又は一切影響を与えないことが一般に望ましい。これを実現するためには、可視光への曝露がバンド間遷移を引き起こさないように、半導体バンドギャップを十分大きく(>3eV)しなければならない。高い易動度、低いキャリア濃度及び高いバンドギャップを与えることのできる材料はZnOである。さらに、動いているウェブへの大量(high volume)製造方式では、プロセス中に使用される化学物質が安価かつ毒性が低いことが望ましい。これは、ZnO及び多くの前駆体の使用によって満たすことができる。

40

50

## 【0018】

普通なら、工学上の許容誤差及びフローシステムの制約あるいは表面形態（すなわち、三次元の、高アスペクト比構造中への堆積）に関係した制約のために、表面均一性を損なうところであるが、自己飽和性表面反応のために、ALDは輸送の不均一性には比較的敏感でない。一般論として、反応プロセスにおける化学物質の不均一なフラックスは、一般に表面領域の異なる部分における異なる完了時間につながる。しかしながら、ALDでは、各反応は基板表面全体で完了させることができる。よって、完了反応速度の違いは均一性に害を及ぼさない。これは、反応を最初に完了する領域が反応を自己終結させ、他の領域は、処理された表面のすべてが意図された反応を経るまで続くことができるからである。

## 【0019】

通常、ALD法は単一のALDサイクル（先に挙げた番号付けされた1から4の工程を有する一つのサイクル）において約0.1～0.2nmの膜を堆積する。多くの又はほとんどの半導体用途のために約3nm～30nmの範囲の均一な膜厚を提供し、さらには他の用途のためにより厚い膜を提供するために、有用かつ経済的に現実性のあるサイクル時間を達成しなければならない。業界のスループット標準によると、基板が2分又は3分以内で処理されることが好ましい。これは、ALDサイクル時間が約0.6秒～約6秒の範囲でなければならないことを意味する。

## 【0020】

ALDは、制御されたレベルの高度に均一な薄膜堆積物を提供するためのかなりの展望を提供する。しかしながら、その内在的な技術能力及び利点にもかかわらず、いくつかの技術的なハードルがまだ残っている。一つの重要な考察は、必要とされるサイクル数に関する。反復される反応体及びバージサイクルのために、ALDを有効に使用するには、化学物質のフラックスを突然 $ML_x$ から $AH_y$ に変更するとともに、バージサイクルを迅速に実行できる装置が必要とされてきた。従来のALD装置は、異なる気相物質を必要とされる順序で基板上に高速にサイクルを行なうように設計されている。しかしながら、必要とされる一連の気相配合物をチャンバーに必要とされる速度で、何らかの望ましくない混合なしに導入するための信頼できる方式を得ることは難しい。さらに、多数の基板のコスト効率のよいコーティングを可能にするためには、ALD装置は、このシーケンス処理を多くのサイクルに対して効率的かつ信頼性をもって実行できる必要がある。

## 【0021】

任意の所与の反応温度でALD反応が自己終結に達するのに必要な時間を最小にしようとする努力において、一つのアプローチは、ALD反応器に流入する化学物質のフラックスを、いわゆる「パルス化(pulsing)」装置を用いて最大化することであった。ALD反応器への化学物質のフラックスを最大化するためには、不活性ガスによる最小限の希釈で、高圧で、分子前駆体をALD反応器に導入することが有利である。しかしながら、これらの手段は、短いサイクル時間及びこれらの分子前駆体のALD反応器からの急速な除去を達成するという要求に反する方向に作用する。急速除去は、ガスのALD反応器内の滞在時間を最小化することを要求する。ガス滞在時間は反応器の体積V、ALD反応器内の圧力P及びフローQの逆数に比例する。すなわち：

$$= VP/Q \quad (3)$$

となる。

## 【0022】

典型的なALDチャンバーでは、体積(V)及び圧力(P)は機械的制約及びポンピングの制約に独立して左右され、それにより滞在時間を低い値に厳密に制御することが困難となっている。したがって、ALD反応器内の圧力(P)を下げるこによって、低いガス滞在時間を容易にし、ALD反応器からの化学前駆体の除去(バージ)の速度を増す。これに対し、ALD反応時間を最小にするには、ALD反応器内での高圧を使うことを通じて、ALD反応器への化学前駆体のフラックスを最大化することが要求される。さらに、ガス滞在時間及び化学物質使用効率はいずれもフローに反比例する。よって、フローを下げることで効率を増すことができるものの、ガス滞在時間を増加させることになる。

10

20

30

40

50

## 【0023】

既存のALDアプローチは、化学物質利用効率を改善して反応時間を短くするという要求と、他方ではバージガス滞在時間及び化学物質除去時間を最小化するという要求との間のトレードオフのために妥協させられてきた。気相材料の「パルス化」配送の内在的な限界を克服するための一つのアプローチは、各反応体ガスを連続的に提供し、逐次に各ガスを含む領域を通じて基板を動かすことである。これらの装置では、基板が移動している間にすべてのガスを採取することができるが、個々の相互に反応性のガスが混合して望ましくないCVD堆積を生じさせることができないように、特定のガスを空間領域に閉じ込める、何らかのメカニズムを採用しなければならない。そのような装置は空間的に閉じ込められたALD装置と呼ぶことができる。たとえば、Yudovskyの“Gas Distribution System for Cyclical Layer Deposition”という発明の名称の米国特許第6,821,563号明細書は、前駆体ガス及びバージガスについての別個のガスポートを有し、各ガスポートの間に真空ポンプポートが交互にはいる、真空下の処理チャンバーを記載している。各ガスポートはそのガスのストリームを基板に向かって垂直下方に向ける。別個のガスのフローは壁又は仕切りによって隔てられ、真空ポンプが各ガスストリームの両側でガスを排気する。各仕切りの下部は基板近くにまで、たとえば基板表面から約0.5mm以上まで延在している。この仕方では、仕切りの下部は、ガスストリームを基板表面と反応させた後、ガスストリームが真空ポートに向かって該下部を回って流れるために十分な距離だけ基板表面から離されている。

10

## 【0024】

20

回転式ターンテーブル又は他の輸送デバイスが、一つ以上の基板ウエハーを保持するために設けられる。この配置では、基板は異なるガスストリームの下でシャトルされ、それによりALD堆積が行われる。1つの実施形態では、基板はチャンバーを通じて線形経路で動かされ、基板は何度か行ったり来たりその経路を通される。

## 【0025】

30

連続的なガスの流れを使うもう一つのアプローチは、Suntolaらの“Method for Performing Growth of Compound Thin Films”という発明の名称の米国特許出願第4,413,022号明細書に示されている。交互の原料ガス開口部、キャリアガス開口部及び真空排気開口部を備えたガスフローアレイが設けられる。そのアレイ上での基板の往復運動がALD堆積を実施する。ここでもまた、パルス化操作は必要ない。図13及び図14の実施形態では、特に、基板表面と反応性蒸気との間の順次の相互作用が、原料開口部の固定アレイ上の基板の往復運動によってなされる。排気開口部の間にキャリアガス開口部を持つことによって拡散障壁が形成される。Suntolaらは、そのような実施形態での動作は大気圧でも可能であると述べている。ただし、その方法の詳細又は実施例はほとんど又は全く提供されていない。

## 【0026】

30

'563号のYudovsky及び'022号のSuntolaらの特許に記載されているような装置は、パルス化ガスのアプローチに内在的な困難のいくつかを回避するかもしれないが、これらの装置は他の欠点を有する。'563号のYudovskyの特許のガスフロー配送ユニット及び'022号のSuntolaらの特許のガスフローアレイはいずれも、約0.5mmより基板に接近して使用することはできない。'563号のYudovsky及び'022号のSuntolaらの特許で開示されているガスフロー配送装置はいずれも、電子回路、光センサー又はディスプレイなどを形成するためのフレキシブル基板として使用することができるような移動ウェブ表面で使用できるようになっていない。それぞれガスフロー及び真空を提供する'563号のYudovskyの特許のガスフロー配送ユニット及び'022号のSuntolaらの特許のガスフローアレイの両方の複雑な配置は、これらの解決策の実装を困難にし、大規模化をコスト高にし、その潜在的な使用可能性を限られた寸法の移動中の基板上への堆積の用途に限定する。さらに、アレイ内の種々の点において均一な真空を維持し、相補的な圧力でガスフロー及び真空を維持することは非常に難しく、こうして基板表面に提供されるガスフラックスの均一性が損なわれる。

40

## 【0027】

50

Selitserの米国特許出願公開第2005/0084610号明細書は大気圧での原子層化学気相堆積法を開示している。Selitserは、操作圧力を大気圧に変えることによって、反応体の濃度の何桁もの増大を伴うことになり、結果として表面反応体割合が向上し、反応速度が極端に増大すると述べている。Selitserらの実施形態は、米国特許出願第2005/0084610号明細書の図10はチャンバーの壁が除去された実施形態を示しているが、プロセスの各段階のための別個のチャンバーを必要としている。一連の別個の注入器が回転する円形基板ホルダートラックのまわりに離間されている。各注入器は独立して操作される反応体ガス、バージガス及び排気ガスのマニホールド及びコントロールを組み込んでおり、プロセスにおいてその下を通される各基板のための一つの完全な単層堆積及び反応体バージのサイクルとして作用する。Selitserらは、注入器の間隔は隣接している注入器からの相互汚染がバージガスフロー及び各注入器に組み込まれている排気マニホールドによって防止されるように選択されると述べてはいるものの、ガス注入器又はマニホールドの具体的な詳細についてはほとんど又は全く記載していない。

10

#### 【0028】

ALD加工装置で空間的にガスを閉じ込めるもう一つのアプローチは、横方向フローALDデバイスを開示している上記で引用した米国特許出願第11/392,006号明細書に記述されている。このようなデバイスでは、さまざまなガスが相互に平行に向けられ、向流の度合いを制限することによってガスが混合することを抑制する。

20

#### 【0029】

ガス分離を可能にする効率的な方法は、上記に引用した米国特許出願第11/620,738号明細書の浮動ヘッドALDデバイスである。このデバイスでは、反応性ガス及びバージガスの圧力をコーティングヘッドを基板から分離する手段として使用する。このような装置で生成できる比較的大きな圧力によって、ガスが強制的に適切に画定されたパスを移動し、それにより、好ましくないガス混合を排除する。

30

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0030】

ALD堆積法における単一サイクルは約1原子層の原子を堆積するのみであるから、典型的な薄膜堆積は多くの成長サイクルを必要とする。通常、1原子層は約1程度の厚さである。半導体装置中の多くの膜は約1000又はそれ以上であるから、このような成長は、それゆえ、約1000回又はそれ以上のALDサイクルを必要とする。空間依存型ALDについて上記に引用した多くの文献では、基板上でのある種の繰り返し又は往復運動で移動される比較的に小さい堆積面積で多数回のALDサイクルを達成することが提案されている。それゆえ、このような往復を伴う堆積装置の必要性をなくすことができ、また、より単純かつ高速の堆積設備が可能になる堆積装置が要求されている。

30

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0031】

#### 発明の要旨

本発明は基板上に薄膜材料を堆積させるための方法を提供し、その方法は一連のガスフローを同時に薄膜堆積装置の配達ヘッドの堆積アウトプット面から基板の表面に向けることを含み、この一連のガスフローは第一の反応性気相材料、不活性バージガス及び第二の反応性気相材料を少なくとも含む。第一の反応性気相材料は第二の反応性気相材料で処理した基板表面と反応することができる。1つ以上のガスフローは基板の表面を配達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。

40

本発明の1つの態様は順次に基板上に固体材料の薄膜を堆積させるための堆積装置を提供し、その装置は、

- (A)入り口セクション、
- (B)(i)それぞれ第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料のための第一の源、第二の源及び第三の源を少なくとも含む、それぞれ複数の気相材料のための複数の源、
- (ii)薄膜堆積を受ける基板に上記の複数の気相材料を配達するための配達ヘッドであつ

50

て、

(a) 上記の第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料をそれぞれ受けるための第一のインレットポート、第二のインレットポート及び第三のインレットポートを少なくとも含む、複数のインレットポート、及び、

(b) 上記の基板から距離をおいて離れた堆積アウトプット面であって、上記の第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料の各々のための実質的に平行に延在しているアウトプット開口部を含む、堆積アウトプット面、  
を含み、上記の堆積アウトプット面におけるアウトプット開口部から、上記の第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料を同時に配達するように設計されている配達ヘッド、

を含むコーティングセクション、

(C) 出口セクション、

(D) 上記のコーティングセクションを通る一方向通路のみに上記の基板を移動させるための手段、及び、

(E) 薄膜堆積の間に、上記の基板の表面と、上記の配達ヘッドの堆積アウトプット面との間に実質的に均一な距離を維持するための手段、

を含み、

上記のコーティングセクション中の配達ヘッドは、薄膜堆積のための基板表面への1つ以上の気相材料のフローを提供するとともに、基板表面から配達ヘッドの堆積アウトプット面を分離する力の少なくとも一部をも提供するように設計されており、

場合により、入り口セクション及び／又は出口セクションは、薄膜堆積の間に少なくとも部分的に、又は、さもなければ堆積装置を基板が通過している間に、基板表面に非反応性ガスのフローを提供するように設計された、複数の非堆積アウトプット開口部を有する非堆積アウトプット面を各々含み、

上記の配達装置はコーティングセクションを通して単一の一方向の通過で基板の移動の間のみ基板上に薄膜堆積を行うように設計されている。

### 【0032】

本発明の別の態様は基板上に固体材料の薄膜を堆積させるための方法を提供し、その方法は、

(A) 基板を入り口セクションに輸送すること、

(B) 上記の基板を上記の入り口セクションからコーティングセクションに輸送すること、

(C) 上記の基板を上記のコーティングセクションを通して輸送すること、ここで、上記のコーティングセクションは、(i) それぞれ第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料を少なくとも含む、それぞれ複数の気相材料のための複数の源、

(ii) 薄膜堆積を受ける基板に上記の気相材料を配達するための配達ヘッドであって、

(a) 上記の第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料をそれぞれ受けるための第一のインレットポート、第二のインレットポート及び第三のインレットポートを少なくとも含む、複数のインレットポート、及び、

(b) 上記の基板から距離をおいて離れた堆積アウトプット面であって、上記の第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料の各々のための実質的に平行に延在しているアウトプット開口部を含む、堆積アウトプット面、

を含む、配達ヘッドで、上記の堆積アウトプット面におけるアウトプット開口部から、上記の第一の気相材料、第二の気相材料及び第三の気相材料を同時に配達するように設計されている配達ヘッド、

を含み、薄膜堆積の間に、上記の配達ヘッドの堆積アウトプット面と基板表面との間は実質的に均一な距離が維持されており、薄膜堆積のための基板表面への配達ヘッドからの1つ以上の気相材料のフローは基板表面から配達ヘッドのアウトプット面を分離するための少なくとも一部の力を提供する、及び、

(D) 上記のコーティングセクションから少なくとも部分的に出口セクション中に上記の

10

20

30

40

50

基板を輸送すること、  
を含み、

少なくとも 1 種の薄膜材料の所望の厚さの完成した薄膜は、基板を入り口セクションからコーティングセクションを通して出口セクションに單一回、一方向に通過させることで、又は、基板を入り口セクションからコーティングセクションを通して出口セクションに一回のみ通過させ、コーティングセクションを通して入口セクションに一回のみ戻すことにより、單一回、二方向に通過させることで、上記の基板上に形成される。

**【 0 0 3 3 】**

好ましい実施形態において、装置は薄膜堆積を受ける基板の連続移動によって操作でき、その装置は好ましくは実質的に大気圧で周囲条件に対してシールされていない環境下で支持体又はウェブを配送ヘッドを通過して輸送することができる。10

**【 0 0 3 4 】**

本発明の利点は、幾つかの異種の基板及び堆積環境によく適合する、基板上での原子層堆積のためのコンパクトな装置を提供することができることである。

**【 0 0 3 5 】**

本発明のさらなる利点は、好ましい実施形態において、大気圧条件で操作を行うことが可能となることである。

**【 0 0 3 6 】**

本発明のなおもさらなる利点は大面積の基板上の堆積を含む、ウェブ又は他の移動している基板上での堆積に適合されうることである。20

**【 0 0 3 7 】**

本発明のなおもさらなる利点は大気圧での低温プロセスに用いることができることであり、その方法は周囲雰囲気に開放された、シールされていない環境下に実施されうる。本発明の方法はガスの滞在時間 を上記の式(3)の関係に制御することが可能であり、滞在時間を低減でき、單一の変数であるガスフローによって装置圧力及び体積を制御することができる。

**【 0 0 3 8 】**

本発明のこれらの及び他の目的、特徴及び利点は本発明の例示の実施形態が示されそして記載されている図面と組み合わせて下記の詳細な説明を読んだときに当業者に明らかになるであろう。30

**【 0 0 3 9 】**

**図面の簡単な説明**

本明細書は特許請求の範囲が本発明の構成を特に示しそして明確に請求しているものと結論づけているが、本発明は添付の図面と組み合わせたときに下記の説明からよりよく理解されるものと信じられる。

**【 図面の簡単な説明】**

**【 0 0 4 0 】**

**【 図 1 】**図 1 は本発明に係る原子層堆積のための配送ヘッドの一実施形態の側断面図である。

**【 図 2 】**図 2 は薄膜堆積を受ける基板に提供される気相材料の 1 つの例示の配置を示す配送ヘッドの一実施形態の側断面図である。40

**【 図 3 】**図 3 A 及び 3 B は付属の堆積操作を模式的に示している、配送ヘッドの一実施形態の側断面図である。

**【 図 4 】**図 4 は一実施形態に係る堆積装置中の配送ヘッドの分解斜視図である。

**【 図 5 A 】**図 5 A は図 4 の配送ヘッドのためのコネクションプレートの斜視図である。

**【 図 5 B 】**図 4 の配送ヘッドのためのガスチャンバープレートの平面図である。

**【 図 5 C 】**図 4 の配送ヘッドのためのガス方向付けプレートの平面図である。

**【 図 5 D 】**図 5 D は図 4 の配送ヘッドのためのベースプレートの平面図である。

**【 図 6 】**図 6 は一実施形態における配送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 は一実施形態に係るガスディフューザユニットの分解図である。50

【図 8 A】図 8 A は図 7 のガスディフューザーユニットのノズルプレートの平面図である。

【図 8 B】図 8 B は図 7 のガスディフューザーユニットのガスディフューザープレートの平面図である。

【図 8 C】図 8 C は図 7 のガスディフューザーユニットのフェースプレートの平面図である。

【図 8 D】図 8 D は図 7 のガスディフューザーユニット内のガス混合の斜視図である。

【図 8 E】図 8 E は図 7 のガスディフューザーユニットを用いた通気路の斜視図である。

【図 9 A】図 9 A は垂直積み重ねプレートを用いた実施形態における配送ヘッドの一部の斜視図である。

【図 9 B】図 9 B は図 9 A に示した配送ヘッドの部品の分解図である。

【図 9 C】図 9 C は積み重ねプレートを用いて形成された配送アセンブリーを示す平面図である。

【図 10】図 10 A 及び 10 B は、それぞれ、図 9 A の垂直プレートの実施形態において使用されるセパレータプレートの平面図及び斜視図である。

【図 11】図 11 A 及び 11 B は、それぞれ、図 9 A の垂直プレートの実施形態において使用されるバージプレートの平面図及び斜視図である。

【図 12】図 12 A 及び 12 B は、それぞれ、図 9 A の垂直プレートの実施形態において使用される排気プレートの平面図及び斜視図である。

【図 13】図 13 A 及び 13 B は、それぞれ、図 9 A の垂直プレートの実施形態において使用される反応体プレートの平面図及び斜視図である。図 13 C は交互配置の反応体プレートの平面図である。

【図 14】図 14 は適切な距離寸法及び力方向を示す配送ヘッドの側面図である。

【図 15】図 15 は主コーティングセクションならびに入り口セクション及び出口セクションを示す堆積装置の側面図である。

【図 16】図 16 は本発明に合致したモジュールを含む堆積装置を示す斜視図である。

【図 17】図 17 は本発明の堆積装置の一実施形態を用いた薄膜形成を示す斜視図である。

【図 18】図 18 は曲面を有する堆積アウトプット面を用いた堆積装置の一実施形態の側断面図である。

【図 19 A】図 19 A は本発明のモジュール式堆積装置の一実施形態の側断面図である。

【図 19 B】図 19 B は本発明のモジュール式堆積装置の別の実施形態の側断面図である。

【図 20】図 20 は裏面ガス流体支持を含む堆積装置の一実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0041】

発明の詳細な説明

本記載は本発明に係る装置の部品を形成する要素又はその装置と比較的に直接的に共働する要素に特に向けられている。詳細に示し又は記載していない要素は当業者によく知られた変更形態を取ってよいことが理解されるべきである。

【0042】

下記の記載に関し、用語「ガス」又は「気相材料」はあらゆる範囲の蒸発した又は気相の元素、化合物又は材料を包含する広い意味で使用される。本明細書中に使用される他の用語、たとえば、反応体、前駆体、真空及び不活性ガスなどはすべて、材料堆積技術における当業者により十分に理解されるとおりの従来の意味である。提供した図面は寸法通りに示しておらず、本発明のある実施形態の全体の機能及び構造上の配置を示すことが意図されている。

【0043】

多くの薄膜用途では、基板は平面であっても又は平面でなくてもよい材料シートと一般に考えられる。典型的な基板の例はガラス、金属又はプラスチックのシートである。又は

、コーティングされる基板は、堆積ヘッドが物体の表面に近接することができるかぎり、任意の形状の剛性物体であつてよい。このような物体の例は筒型ドラム又は球形物体であることができる。基板が完全に平面でない場合には、適切な場合には、ヘッドから基板までの距離は堆積の領域にわたって平均されうる。

#### 【0044】

下記の説明に関して、「重なり」は従来の意味であり、1つの要素の部分が別の要素の対応する部分と位置合わせされそしてそれらの周囲が概して一致しているように要素どうしが互いの上に又は互いに対して横たえている。

#### 【0045】

用語「上流」と及び「下流」はガスフローの方向に関するときに従来の意味である。

10

#### 【0046】

本発明の装置は従来のアプローチからALDへ有意に進歩させ、基板表面への気相材料の配送のための改良された分配デバイスを用い、より大きなウェブベースの基板又はウェブ支持された基板上への堆積に適合されており、そして改良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。本発明の装置及び方法は連続（パルス化とは対照的に）の気相材料分配を用いる。本発明の装置によって、真空下だけでなく、大気圧もしくは大気圧付近での操作が可能となり、また、シールされていない又は空気に開放された環境下で操作をすることができる。

#### 【0047】

図1を参照すると、本発明に係る、基板20上への原子層堆積のための配送ヘッド10の一実施形態の側断面図が示されている。配送ヘッド10は、第一の気相材料を受けるためのインレットポートとして機能するガスインレット導管14、第二の気相材料を受けるインレットポートのためのガスインレット導管16、及び、第三の気相材料を受けるインレットポートのためのガスインレット導管18を有する。これらのガスはアウトプットチャンネル12を介して堆積アウトプット面36で射出され、そのアウトプットチャンネル12は下記に記載されるとおり、ディフューザーを含むことができる構造的配置を有する。図1及び続く図2～3B中の波線矢印は配送ヘッド10から基板20へのガスの配送を示す。図1において、Xの矢印はガス廃棄物のための通路（この図中、上向きに示されている）を示し、排気ポートを提供する排気導管24に連通している排気チャンネル22が示されている。記載の単純化のために、ガス廃棄物は図2～3Bには示していない。排気ガスはなおもある量の未反応前駆体を含みうるので、ある反応性種を主として含む排気フローを、別の種を主として含む排気フローと混合させることは望ましくないことがある。そのため、配送ヘッド10は幾つかの独立の排気ポートを含みうることが理解される。

20

30

30

#### 【0048】

一実施形態において、ガスインレット導管14及び16はALD堆積を行うために基板表面上で順次に反応する第一のガス及び第二のガスを受けるようになっており、ガスインレット導管18は第一のガス及び第二のガスに対して不活性であるバージガスを受ける。配送ヘッド10は基板20から距離Dの空間を空けており、基板20は下記により詳細に記載されるとおり、基板支持体上に提供されうる。基板20と配送ヘッド10との間に往復運動を提供することができ、その往復運動は基板20の移動、配送ヘッド10の移動又は基板20と配送ヘッド10の両方の移動によって提供されうる。図1に示す特定の実施形態において、基板20は、図1中の矢印A及び基板20の右と左に架空の外周線によって示されるとおり、往復様式で堆積アウトプット面36を横切って基板支持体96によって移動される。往復運動は配送ヘッド10を用いた薄膜堆積に常に必要とされるわけではないことに注意すべきである。基板20及び配送ヘッド10の間の他のタイプの相対運動も提供されてよく、たとえば、下記により詳細に記載されるとおり、基板20又は配送ヘッド10の一方向又はそれ以上の方向への移動も提供されうる。

40

#### 【0049】

図2の断面図は配送ヘッド10の堆積アウトプット面36の部分にわたって射出されているガスフローを示している（上記のように排気通路は省略している）。この特定の配置

50

において、各アウトプットチャンネル12は図1に見られるガスインレット導管14、16又は18のいずれかに気体流連通している。各アウトプットチャンネル12は、通常、第一の反応体気相材料O、又は、第二の反応体気相材料M又は第三の不活性気相材料Iを配達する。

#### 【0050】

図2は比較的に基本的又は単純なガスの配置を示している。複数の非金属堆積前駆体(たとえば、材料O)又は複数の金属含有前駆体材料(たとえば、材料M)を薄膜單一堆積において様々なポートで順に配達することができると考えられる。又は、反応体ガスの混合物、たとえば、金属前駆体材料の混合物、又は、金属前駆体と非金属前駆体の混合物は複合薄膜材料、たとえば、金属の交互の層を有するか又は金属酸化物材料中に混合された比較的に少量のドーパントを有する複合薄膜材料を製造するときに单一のアウトプットチャンネルで適用されうる。有意には、バージガスとも呼ぶ不活性ガスについてIと符号付けしたインターフストリームはガスどうしが互いに反応する傾向がある反応体チャンネルを分離する。第一の反応体気相材料及び第二の反応体気相材料O及びMは互いに反応してALD堆積を行うが、反応体気相材料のO又はMのいずれも不活性気相材料Iと反応しない。図2及びこれ以降において使用されている用語は幾つかの典型的なタイプの反応体ガスを提示する。たとえば、第一の反応体気相材料Oは酸化性気相材料であることができ、第二の反応体気相材料Mは金属含有化合物、たとえば、亜鉛含有材料であることができる。不活性気相材料Iは窒素、アルゴン、ヘリウム又はALD装置でバージガスとして一般的に使用される他の気体であることができる。不活性気相材料Iは第一の反応体気相材料又は第二の反応体気相材料O及びMに対して不活性である。第一の反応体気相材料と第二の反応体気相材料との反応は、一実施形態において、半導体で使用されるZnO又はZnOなどの金属酸化物又は他の二元化合物を形成するであろう。二つより多くの反応体気相材料の反応によって、三元化合物、たとえば、ZnAlOを形成することができる。

10

20

30

#### 【0051】

図3A及び3Bの断面図は、単純化された模式図の形で、ALDコーティング操作を示し、ALDコーティング操作は反応体気相材料O及びMを配達しているときに配達ヘッド10の堆積アウトプット面36にそって基板20を通過させるときに行われる。図3Aにおいて、基板20の表面は最初に、第一の反応体気相材料Oを配達するように指定されたアウトプットチャンネル12から連続的に射出される酸化性材料を受ける。ここで、基板の表面は部分的に反応した形の材料Oを含み、その材料は材料Mとの反応を受けやすい。その後、基板20が第二の反応体気相材料Mの金属化合物の通路を通過するときに、Mとの反応が起こり、金属酸化物又は2つの反応体気相材料から形成されうるある種の他の薄膜材料を形成する。従来の解決法とは異なり、図3A及び3Bに示される堆積シーケンスはパルス化されるのではなく、所与の基板又はその特定の領域に対して堆積の間に連続である。すなわち、材料O及びMは、基板20が配達ヘッド10の表面を横切って通過するときに又は、逆に、配達ヘッド10が基板20の表面を通過するときに、連続的に射出される。

#### 【0052】

図3A及び3Bが示すとおり、不活性気相材料Iは、第一の反応体気相材料Oのフロー及び第二の反応体気相材料Mのフローの間で、交互のアウトプットチャンネル12中に提供されうる。顯著には、図1に示したとおり、排気チャンネル22が存在するが、好ましくは、アウトプットチャンネル12の間に真空チャンネルは介在されない。少量の吸引を行う排気チャンネル22のみが、配達ヘッド10から射出されそして処理に使用された使用後ガスを通気させるために必要である。

40

#### 【0053】

配達ヘッド10の操作の1つの態様は基板20に対するガス圧の提供に関し、分離距離Dが少なくとも部分的には課せられる圧力によって維持される。堆積アウトプット面36と基板20の表面との間にある量のガス圧力を維持することによって、本発明の装置は、配達ヘッド10自体、又は、基板20に対する空気支持、又は、より適切にはガス流体支

50

持の少なくとも一部を提供する。この配置は、下記に記載されるように、配送ヘッド 10 のための輸送要求を単純化する助けになる。重要なことには、基板をガス圧によって支持するように配送ヘッドを基板に近接させることにより生じる効果はガストリーム間の分離を助けることである。ヘッドをこれらのストリーム上で浮遊させることによって、圧力場は反応性及びバージフロー領域でセットアップされ、他のガストリームと混合することがほとんどなく又は全くなく、インレットから排気にガスを送ることになる。

#### 【0054】

一実施形態において、分離距離 D は比較的に小さいので、距離 D のわずかな変化でさえ（たとえば、 $100 \mu m$  でさえ）、流速の有意な変化を要求し、そして結果として分離距離 D を提供しているガス圧力を要求する。たとえば、一実施形態において、 $1 mm$  未満の変化を伴う分離距離 D を 2 倍にするには、分離距離 D を提供しているガスの流速を 2 倍より大きく、好ましくは 4 倍より大きくする必要がある。一般的な原則として、実施に際して分離距離 D を最小にし、結果的に、減じられた流速で操作することがより有利であると考えられる。

10

#### 【0055】

図 4 の分解図は、一実施形態における全体アセンブリーの小さな部分について、配送ヘッド 10 がどのように一連の孔付きプレートで構成されうるかを示し、そして複数のガスのうちの 1 つの一部分についてのみ例示のガスフロー通路を示している。配送ヘッド 10 についてのコネクションプレート 100 は配送ヘッド 10 の上流にあり、図 4 に図示していないガス供給源に連結するための一連のインプットポート 104 を有する。各インプットポート 104 は受け入れたガスを下流のガスチャンバープレート 110 に方向付ける方向付けチャンバー 102 に連結されている。ガスチャンバープレート 110 はサプライチャンバー 112 を有し、そのサプライチャンバー 112 はガス方向付けプレート 120 にある個々の方向付けチャンネル 122 とガスフロー連結されている。方向付けチャンネル 122 から、ガスフローはベースプレート 130 にある特に延長された排気チャンネル 134 に進行する。ガスディフューザーユニット 140 は拡散を行い、そして堆積アウトプット面 36 でインレットガスの最終の配送を行う。例示のガスフロー F1 は配送ヘッド 10 の各部品アセンブリーを通して追跡される。図 4 に示している x - y - z 軸の向きは本明細書の図 5A 及び 7 にも適用される。

20

#### 【0056】

図 4 の例に示すとおり、配送ヘッド 10 の配送アセンブリー 150 は重なった孔付きプレート：コネクションプレート 100、ガスチャンバープレート 110、ガス方向付けプレート 120 及びベースプレート 130 の配置として形成される。これらのプレートはこの「水平」実施形態において、堆積アウトプット面 36 に対して実質的に平行に配置される。ガスディフューザーユニット 140 も下記に記載されるように、重なった孔付きプレートから形成される。図 4 に示すプレートのいずれも、それ自体が、重なったプレートの積層物から形成されうることが理解できる。たとえば、適切に組み合わされた 4 枚又は 5 枚の積層された孔付きプレートからコネクションプレート 100 を形成することが有利であることがある。このタイプの配置は方向付けチャンバー 102 及びインプットポート 104 を形成するための機械加工法又は成形法よりも複雑でないことがある。

30

#### 【0057】

ガスディフューザーユニット 140 は基板に気相材料を提供するアウトプットチャンネルを通したフローを均一化するために使用することができる。同時係属の同一出願人の米国特許出願第 11 / 620,740 号明細書（発明の名称：DELIVERY DEVICE COMPRISING GAS DIFFUSER FOR THIN FILM DEPOSITION、参照により本明細書中に取り込む）は、場合により使用されうる様々なディフューザー装置を開示している。気相材料を拡散し及び／又は所望の背圧を提供するための他の手段が配送ヘッド内に代わりに提供されてもよい。さらに別の方法として、米国特許第 4,413,022 号明細書（Suntola ら、参照により本明細書中に取り込む）のように、ディフューザーなしに、アウトプットチャンネルを気相材料を提供するために使用することができる。未拡散フローを提供することにより、

40

50

より高いスループットを達成することができるが、より低い均質性の堆積という犠牲を払う可能性がある。一方、ヘッドの浮遊を促進する配送デバイス内の背圧を提供することができるので、上記の浮遊ヘッド装置に対して、ディフューザー装置は特に有利である。

#### 【0058】

図5A～図5Dは図4の実施形態における配送ヘッド10を形成するために組み合わせた主要部品の各々を示している。図5Aはコネクションプレート100の斜視図であり、複数の方向付けチャンバー102を示している。図5Bはガスチャンバープレート110の平面図である。サプライチャンバー113は一実施形態において配送ヘッド10のためのページ又は不活性ガスのために使用される。サプライチャンバー115は一実施形態において前駆体ガス(O)の混合を提供し、排気チャンバー116はこの反応性ガスの排気通路を提供する。同様に、サプライチャンバー112はもう一つの必要な反応性ガスである金属前駆体ガス(M)を提供し、排気チャンバー114はこのガスの排気通路を提供する。

10

#### 【0059】

図5Cはこの実施形態における配送ヘッド10のためのガス方向付けプレート120の平面図である。金属前駆体材料(M)を提供する複数の方向付けチャンネル122は適切なサプライチャンバー112(この図に示していない)をベースプレート130に接続するようなパターンで配置される。対応する排気方向付けチャンネル123は方向付けチャンネル122付近に配置される。方向付けチャンネル90はもう一つの前駆体材料(O)を提供し、そして対応する排気方向付けチャンネル91を有する。方向付けチャンネル92はページガス(I)を提供する。ここでも、図4及び5A～5Dは1つの例示の実施形態を示し、多くの他の実施形態も可能であることを強調しなければならない。

20

#### 【0060】

図5Dは配送ヘッド10のためのベースプレート130の平面図である。ベースプレート130は排気チャンネル134が間に挿入された複数の延在射出チャンネル132を有する。

20

#### 【0061】

図6は水平プレートから形成されたベースプレート130を示しそしてインプットポート104を示す斜視図である。図6の斜視図はアウトプット側から見たときのベースプレート130の外側表面を表し、ベースプレート130は延在射出チャンネル132及び延在排気チャンネル134を有する。図4を参照すると、図6の図はガスディフューザユニット140に面する側から取ったものである。

30

#### 【0062】

図7の分解図は図4の実施形態において及び下記に記載される他の実施形態において使用される、随意に存在しうるガスディフューザユニット140の一実施形態を形成するために使用される部品の基本配置を示している。これらの部品は図8Aの平面図に示すノズルプレート142を含む。図6、7及び8Aの図面に示すように、ノズルプレート142はベースプレート130に対して取り付けられ、延在射出チャンネル132からのガスフローを得る。示した実施形態において、アウトプット通路143は必要とされる気相材料を提供する。順次の第一の排気スロット180は下記に記載されるように排気通路において提供される。

40

#### 【0063】

図8Bを参照すると、プレート142及び148(図7に示す)と共に動いて拡散するガスディフューザプレート146はノズルプレート142に対して取り付けられている。ノズルプレート142、ガスディフューザー146及びフェースプレート148の様々な通路の配置は必要量のガスフローの拡散を提供し、そして同時に、基板20の表面領域から離れる方向に排気ガスを効率的に方向付けるのに最適化されている。スロット182は排気ポートを提供する。示した実施形態において、第二のディフューザーアウトプット通路147を形成するガスサプライスロット及び排気スロット182はガスディフューザープレート146において交互になっている。

50

**【 0 0 6 4 】**

図 8 C に示すとおり、フェースプレート 148 は、その後、基板 20 に対面する。ガスを提供するための第三のディフューザーアウトプット通路 149 及び排気スロット 182 もこの実施形態で交互になっている。

**【 0 0 6 5 】**

図 8 D はガスディフューザユニット 140 を通るガス配送通路に焦点が当てられており、図 8 E は、対応して、ガス排気通路を示している。図 8 D を参照すると、代表的なガスポートに組み合わせについて、一実施形態におけるアウトプットフロー F 2 のための反応体ガスの徹底的な拡散のために使用される全体配置が示されている。ベースプレート 130 (図 4) からのガスはノズルプレート 142 にある第一のアウトプット通路 143 を通して提供される。ガスは下流のガスディフューザープレート 146 にある第二のディフューザーアウトプット通路 147 に向かっていく。図 8 D に示すとおり、一実施形態において、通路 143 と通路 147 との間に垂直オフセット (すなわち、図 7 に示す水平プレート配置を用い、垂直とは水平プレートの平面に対して法線方向) が存在することができ、それにより、背圧を発生させ、より均一なフローを容易に作り出す。その後、ガスはさらに下流のフェースプレート 148 にある第三のディフューザーアウトプット通路 149 に向かっていく。異なるアウトプット通路 143, 147 及び 149 は空間的にずれているだけでなく、異なる幾何学形状を有し、それにより混合を最適化することができる。

10

**【 0 0 6 6 】**

随意のディフューザユニットの非存在下に、ベースプレート中の延在射出チャンネル 132 は第三のディフューザーアウトプット通路 149 の代わりに配送ヘッド 10 のためのアウトプットチャンネル 12 として機能することができる。

20

**【 0 0 6 7 】**

図 8 E は、下流方向が供給ガスの場合と反対である同様の実施形態において、ガスを通氣するために提供される排気パスを模式的にトレースしている。フロー F 3 は順次の第三の排気スロット 184、第二の排気スロット 182 及び第一の排気スロット 180 をそれぞれ通った通気ガスの通路を示す。ガスサプライのためのフロー F 2 の回路のような混合パスとは異なり、図 8 E 中に示す通気構成は表面からの使用済みガスの急速な移動が意図されている。このため、フロー F 3 は基板表面から離れていく比較的直接的な通気ガスである。

30

**【 0 0 6 8 】**

戻って図 4 を参照すると、コネクションプレート 100、ガスチャンバープレート 110、ガス方向付けプレート 120 及びベースプレート 130 として示している部品の組み合わせは配送アセンブリー 150 を提供するものとしてグループ分けできる。図 4 の図面及び座標軸配置を用いて、水平でなく垂直の孔付きプレートから形成される配送アセンブリーを含む配送アセンブリー 150 の別の実施形態が可能である。

40

**【 0 0 6 9 】**

図 9 A を参照すると、堆積アウトプット面 36 に対して垂直に配置された重なった孔付きプレートの積層体を用いた配送アセンブリー 150 に使用できる別の配列の底面図が示されている (すなわち、ガス射出面から見たもの)。説明の単純化のために、図 9 A の「垂直形態」中に示す配送アセンブリー 150 の部分は 2 つの延在射出チャンネル 152 及び 2 つの延在排気チャンネル 154 を有する。図 9 A ~ 13 C の垂直プレート配列は多数の射出チャンネル及び排気チャン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 のように、堆積アウトプット面 36 の平面に対して垂直に配置される孔付きプレートを用いて、各延在射出チャンネル 152 は下記に詳細に示すセパレータプレートと、そのセパレータプレートの間の中心にある反応体プレートで画定される側壁によって形成される。その後、孔の適当な位置合わせによって気相材料の供給源との流体連通が提供される。

**【 0 0 7 0 】**

図 9 B の分解図は図 9 A に示している配送アセンブリー 150 の小さいセクションを形

50

成するために使用される孔付きプレートの配置を示している。図 9 C は、5 つの射出ガス用延在チャンネル 152 を有し、積層された孔付きプレートを用いて形成された配送アセンブリー 150 を示す平面図である。次いで、図 10 A ~ 図 13 C は様々な孔付きプレートを平面図及び斜視図の両方で示している。単純化のために、各タイプの孔付きプレートを文字で指定している：セパレータ S、バージ P、反応体 R 及び排気 E。

#### 【0071】

セパレータプレート 160 (S) が図 9 B の左から右に示されており、また、図 10 A 及び 10 B にも示されている。セパレータプレートはガスを基板に向けて又は基板から離れていくように方向付けするために使用されるプレートの間に交互に存在する。バージプレート 162 (P) は図 11 A 及び 11 B に示されている。排気プレート 164 (E) は図 12 A 及び 12 B に示されている。反応体プレート 166 (R) は図 13 A 及び 13 B に示されている。図 13 C は図 13 A の反応体プレート 166 を水平にひっくり返すことにより得られる反応体プレート 166' を示している。この交互の配向は必要ならば排気プレート 164 でも用いてよい。各孔付きプレートの孔 168 はプレートを重ねた際に整列しており、このため、図 1 を参照して説明したように、配送アセンブリー 150 を通じてガスを延在射出アウトプットチャンネル 152 及び排気チャンネル 154 に通過させることができるダクトを形成する。

#### 【0072】

図 9 B に戻ると、配送アセンブリー 150 の一部のみが示されている。この部分のプレート構造は上記で指定した略文字を用いて示すことができる：すなわち、

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

(この配列の最後のセパレータプレートは図 9 A 又は 9 B には示していない)。この配列が示すとおり、セパレータプレート 160 (S) は側壁を形成することで各チャンネルを画定している。典型的な ALD 堆積のための 2 つの反応体ガスと必要なバージガスならびに排気チャンネルを提供するための最小配送アセンブリー 150 は下記の完全な略語シーケンスを用いて表される。

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

#### 【0073】

R 1 及び R 2 は使用される異なる 2 種の反応体ガスのための、異なる配向の反応体プレート 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。

#### 【0074】

排気プレート 154 は従来の意味の真空ポートである必要はなく、対応するアウトプットチャンネル 12 からフローを抜き出し、それにより、チャンネル内で均一フローパターンを促進するために単に供給されるものであってよい。隣接する延在射出チャンネル 152 のガス圧力の正反対の圧力より若干低い負の吸引で、均一なフローを促進させることができる。負の吸引は、たとえば、0.2 ~ 1.0 気圧の源（たとえば、真空ポンプ）での吸引圧で操作することができ、一方、典型的な真空は、たとえば、0.1 気圧未満である。

#### 【0075】

配送ヘッド 10 により提供されるフローパターンを使用すると、堆積チャンバーに個々にガスをパルス化する、背景セクションで上述したような従来のアプローチに対して多くの利点がある。堆積装置の移動性が改良され、そして本発明の装置は基板の寸法が堆積ヘッドのサイズを超える高体積堆積用途に適する。流体力学的性質も従来のアプローチよりも改良される。

#### 【0076】

本発明で使用されるフロー構成では図 1 に示したとおり、配送ヘッド 10 と基板 20 との間の非常に小さい距離 D が可能になり、好ましくは 1 mm 未満である。堆積アウトプット面 36 は基板表面に非常に近接して配置することができ、約 1 ミル（約 0.025 mm

10

20

30

40

50

)以内とすることができます。近接配置は反応体ガスフローによって発生されるガス圧力によって容易になる。対照的に、CVD装置は有意に大きな分離距離を必要とする。上記で引用したYudovskyの米国特許第6,821,563号明細書に記載されているサイクル堆積などの以前のアプローチは基板表面に対する距離が0.5mm以上に限定されていたが、本発明の実施形態では0.5mm未満、たとえば、0.450mmで実施することができる。実際、基板表面に配送ヘッドをより近づけて配置することが本発明で好ましい。特に好ましい実施形態において、基板表面からの距離Dは0.20mm以下であることができ、好ましくは100μm未満である。

#### 【0077】

積層プレートの実施形態において多数のプレートを組み立てる場合には、基板に送られるガスフローはガスフローを配達するすべてのチャンネル(I、M又はOチャンネル)にわたって均一である。これは孔付きプレートの適切な設計によって達成でき、たとえば、各射出アウトプットチャンネル又は排気チャンネルに再現可能な圧力損失を提供するように正確に機械加工された各プレートのフローパターンのある部分に流体制限を与えるなどによって達成されうる。一実施形態において、アウトプットチャンネル12は約10%以下の誤差範囲で、開口部の長さに沿って実質的に等価の圧力を示す。約5%以下の誤差又はさらには2%という小さい誤差を許容するような、より高度な許容限度を提供することもできる。

#### 【0078】

積層した孔付きプレートを用いる方法は本発明の物品を製造する特に有用な方法であるが、別の実施形態で有用であることができるこのような構造を製造する他の幾つかの方法が存在する。たとえば、装置は金属ブロックを直接的に機械加工することで製造でき、又は、幾つかの金属ブロックを互いに接着することで製造できる。さらに、内部成型形状を用いた成形技術も、当業者に理解されるとおり、使用されうる。装置はまた、いくつかの立体リソグラフィー技術のいずれかを用いて製造されうる。

#### 【0079】

本発明の配送ヘッド10によって与えられる利点の1つは堆積アウトプット面36と基板20の表面との間に適切な分離距離(D)(図1)を維持することに関する。図14は、配送ヘッド10から射出されるガスフローの圧力を用いて距離Dを維持するための幾つかの重要な考慮点を示している。

#### 【0080】

図14において、代表的な数のアウトプットチャンネル12及び排気チャンネル22を示している。1つ以上のアウトプットチャンネル12からの射出ガスの圧力はこの図で下向き矢印で示すとおりの力を発生している。この力が配送ヘッド10に有用なクッション又は「空気」支持(ガス流体支持)効果を与えるために、基板20に近接することができる、十分なランド面積、すなわち、堆積アウトプット面36にそった固体表面が存在しなければならない。ランド面積の百分率は堆積アウトプット面36の固体面積の相対量に対応しており、それにより、その下のガス圧力の蓄積が可能になる。最も単純な用語で、ランド面積は堆積アウトプット面36の合計面積 - アウトプットチャンネル12及び排気チャンネル22の合計面積として計算できる。このことは幅w1のアウトプットチャンネル12又は幅w2の排気チャンネル22のガスフロー面積を除く合計面積をできるかぎり大きくしなければならないことを意味する。一実施形態において、95%のランド面積が提供される。他の実施形態は、たとえば、85%又は75%などの、より小さいランド面積値を用いる。分離力又はクッション力を変更しそれにより距離Dを変更するためにガスフロー速度の調節を用いることもできる。

#### 【0081】

配送ヘッド10が基板20上に距離Dを実質的に維持するように、ガス流体支持を提供することが有利であることが理解できる。これにより、あらゆる適切なタイプの輸送機構を用いても配送ヘッド10の本質的に摩擦を生じない移動が可能になる。配送ヘッド10は、配送ヘッド10が前後に導かれ、材料堆積の間に基板20の表面を横切ってさっと通

10

20

30

40

50

過するときに、基板 20 の表面上を「浮遊」することができる。

#### 【0082】

図 14 に示すとおり、配送ヘッド 10 は下方へのガス力が必要な分離を維持するために十分ではないほど重すぎることがある。このような場合には、スプリング 170、磁石又は他のデバイスなどの補助リフティング部品を用いて持ち上げ力を補助することができる。他の場合には、逆の問題を生じるほどガス流が高すぎることがあり、それにより、追加の力を課さないと、基板 20 の表面から配送ヘッド 10 が大きな距離で離されすぎことがある。このような場合には、スプリング 170 は圧縮力を与えることができ、距離 D を維持するために追加の必要な力を提供する（図 14 の配置に対して下向き）。又は、スプリング 170 は下向きの力を補充するマグネット、エラストマースプリング又は他のデバイスであってよい。本発明のある実施形態において、配送ヘッド 10 は固定されていてよい。配送ヘッド 10 が固定されておりそして基板が浮遊されうる場合には、図 14 中にスプリング 172 によって示されるように、追加の力が基板 20 に適用されてよい。

10

#### 【0083】

又は、配送ヘッド 10 は基板 20 に対して、特定の他の配向で配置されることがある。たとえば、基板 20 は空気支持効果によって重力に抗して支持されることができ、それにより、基板 20 は堆積の間に配送ヘッド 10 にそって移動されうる。基板 20 が配送ヘッド 10 の上方でクッショニングされている、基板 20 上での堆積のための空気支持効果を用いた一実施形態を図 20 に示す。

20

#### 【0084】

図 20 の別の実施形態は配送ヘッド 10 とガス流体支持 98 との間で方向 K で移動している基板 20 を示す。この実施形態において、配送ヘッド 10 は空気支持効果、又は、より適切には、ガス流体支持効果を有し、そして配送ヘッド 10 の堆積アウトプット面と基板 20 との間の望ましい距離 D を維持するためにガス流体支持 98 と共に働いている。ガス流体支持 98 は不活性ガスもしくは空気又はある他の気相材料のフロー F4 を用いて圧力を向けることができる。本堆積装置において、基板支持体又はホルダーは堆積の間に基板と接触していてよく、その基板支持体は基板を輸送する手段、たとえば、ローラーであってよい。このため、処理される基板の熱的遮断は本装置において必要ない。

30

#### 【0085】

堆積は反応性ガスの交互のシーケンスを示す堆積ヘッドの領域のみで起こるが、実際上の考慮によれば、堆積装置はコーティングセクションに基板を入れ又はコーティングセクションから基板を取り出し、また、図 15 の堆積装置 60 に示す堆積領域を超えて延びている基板の部分を場合により支持する領域を提供する、堆積ヘッドに隣接するセクションを有することが要求され、ここで、基板 20 の部分は拡大部分 21a 及び 21b として示される。定義の目的で、入り口セクション 200 は、基板の輸送方向を考慮して、堆積もしくはコーティングセクション 220 の前のセクションであり、出口セクション 240 は堆積もしくはコーティングセクション 220 の後のセクションである。

40

#### 【0086】

堆積ヘッドはガス支持効果によって配送ヘッドを基板の近傍に維持しているので、入り口セクション及び出口セクションも同様の効果を用いることが便利である。これらのセクションは分配されたガス配送スロット（又は、より一般的にはポート）を有することができ、そのスロットは堆積セクションのものと非常に類似している。実際、入り口スロット及び出口スロットは、単一のガスのみを供給することを除いて、堆積領域のアウトプットスロットと同一であることがある環境下では可能である。

#### 【0087】

入り口セクション 200 及び出口セクション 240 には、薄膜の製造及び機能に悪影響を及ぼさない浮遊用ガスを供給することができる。多くの場合には、入り口セクション 200 及び出口セクション 240 用の浮遊ガスとして不活性ガスを使用することが望ましいことがある。又は、基板は堆積の前及び後に空気と遭遇する傾向があるので、場合によっては、これらのセクションの一方又は両方の浮遊ガスとして空気を使用することによって

50

ガス使用のコスト節約が達成されうる。

【0088】

入り口セクション200及び出口セクション240は、場合により、追加のガス取り扱いを考慮することなく、単一のガス供給のみを用いることもできる。好ましい実施形態において、入り口セクション200及び出口セクション240の非堆積性アウトプット面には入り口セクション又は出口セクションの非堆積性アウトプット面にガスを供給する非堆積性アウトプット開口部252が配置されており、また、非堆積性アウトプット面の表面からガスを吸引するガス排気ポート254が配置されている。排気ポート254の使用により、より強固な基板の配置及び基板と非堆積性アウトプット面との適切なギャップの維持が可能である。

10

【0089】

上記に示したとおり、入り口セクション200及び出口セクション240について、非堆積性アウトプット面はアウトプット開口部252及び排気ポート254を有することができ、それらは堆積もしくはコーティングセクションについて考えられるようなスロットの形態を取ることができる。しかしながら、これらの開口部はどんな便利な形状であってもよい。というのは、コーティングセクションとは対照的に、1つのタイプの開口部からのガスを別のタイプの開口部からのガスとを分離し、又は閉じ込めることがこれらのセクションでは要求されないからである。他のタイプの開口部の例は、幾つかを述べるとすると、正方形、五角形、又は、好ましくは円形の開口部がある。

20

【0090】

非堆積性アウトプット開口部252及び排気ポート254がスロットである場合には、スロットの好ましい配置では、各排気ポート又はチャンネル254は非堆積性アウトプット開口部252で各サイドが包囲され、また、同様に、各非堆積性アウトプット開口部252が各サイドで排気ポート254で包囲されている。好ましい実施形態において、入り口セクション及び出口セクションの最も遠い末端の開口部は非堆積性アウトプット開口部である。非堆積性アウトプット開口部252及び出口ポート254が円形開口部である場合には、これらの開口部は上記のタイプの交互の開口部を提供するような様式で配置できる。1つの好ましい配置は、各アウトプット開口部252が最も近い隣接部の排気ポート254で包囲されそして同様に各排気ポートは非堆積性アウトプット開口部252で包囲された正方形パターンの孔である。

30

【0091】

又は、入り口セクション及び出口セクションは非堆積性アウトプット面にガスを配達するために多孔性材料を用いることができる。

【0092】

入り口セクション、出口セクション及びコーティングセクションは特定の予め選択された温度又は温度範囲に維持することができ、場合により、各セクションの異なる温度設定点とすることができます。

【0093】

コーティングヘッドからの交互のシーケンスのガスに繰り返して基板を暴露するいずれかの方法によって、膜のALD成長が起こるであろう。このような成長には従来技術において往復運動が考えられてきた。しかしながら、往復運動には、基板を載せそして基板の方向を繰り返し逆転させることができる複雑な機械装置が用いられる。往復運動でのあまり明確ではないがなおも大きな問題は、各ストロークの間に堆積領域から成長中の基板の少なくとも一部を引き出さなければならず、引き出された領域の制御されえない環境への暴露をもたらす可能性があることである。

40

【0094】

上記の問題への本発明の解決法は、特定の薄膜のために要求される堆積量を受けるために、基板がコーティング領域を通した單一回の通過のみ又は單一回の二方向の通過のみを必要とする十分なALDサイクルのコーティング又は配達ヘッドを設計することを含む。このような形態では、1つの好ましい実施形態において、堆積目的で基板の方向を逆転させ

50

る必要なく、基板上のどの位置でも完全なALD成長を行うことができる事が判る。

#### 【0095】

また、図15の実施形態の堆積装置60を再び参照すると、所望の厚さの完全な膜厚の完全な薄膜層は基板を入り口セクション200に入れ、基板を入り口セクション200からコーティングセクション220へそしてそれを通して輸送し、続けて基板を出口セクション240に輸送することで形成することができ、基板20は完成した薄膜とともに取り出すことができる。このことで、所望の膜厚が完成される前に基板をコーティング領域から取り出す理由がないという追加の利点がある。制御されない環境への暴露を回避することに加えて、単一回通過での連続成長は基板上のあらゆる所与の点での全体としての堆積速度を増加させるはずである。

10

#### 【0096】

上記の一方向移動の別の利点は基板輸送に要求される機械装置が単純であることである。直線運動を生じさせるあらゆる種類の装置、たとえば、リニアモータ駆動リニアステージ、ロー・タリー・モータ駆動リニアステージ、ベルトドライブ又は当業者に知られたとおりの直線運動を導入するあらゆる他の方法を使用して基板輸送を行うことができる。基板の移動を行う非接触方法も達成できる。このような方法として、方向付けされたガストリームなどの粘性力、磁気力及び電気力が挙げられる。

#### 【0097】

装置は基板の方向を変更する必要がなく、ガス支持効果が低い摩擦力を生じさせてので、堆積領域を通る基板の輸送は、また、初期速度で基板を提供し、その後、その慣性によって少なくともある程度は堆積領域を通して基板を滑空させることで行える。基板に対する初期速度は上記の運動方法のいずれかによって与えることができる。

20

#### 【0098】

重力の効果により基板初期速度を与えることも可能である。このように、コーティングセクション、入り口セクション及び出口セクションは傾いてよく、それにより、基板の運動の一部又はすべてを達成するために重力を与えることができる。さらに、これらのセクションの傾き角度は機械的に変更することができ、これにより、堆積の進行の間に、コーティングセクション、入り口セクション又は出口セクションの傾きを水平からあるレベルの傾きに変更することによって静止状態の基板を加速させることができる。

30

#### 【0099】

一方向の単一回の通過による堆積装置は基板輸送の単純さのために好ましいけれども、より小さい設置面積の堆積装置のためには二方向装置が好ましいことがある。二方向装置の場合には、入り口セクション及び出口セクションは一方向装置と同様の長さであるが、相対的に述べるならば、コーティングセクションはわずか半分の長さしか必要ない。再び図15を参照すると、このような実施形態において、基板20を入り口セクション200に入れ、コーティングセクション220へ入れそしてそれを通し、続けて基板を出口セクション240に入れ、基板の輸送方向を逆転させ、基板をコーティングセクション220に戻して通し、入り口セクション200に入れて輸送し、完成した薄膜とともに基板を取り出すことで所望の厚さの完全な薄膜層が形成できる。

#### 【0100】

本発明のコーティングセクション220、入り口セクション200及び出口セクション240は多数の内部通路及び堆積アウトプット面開口部を有する複雑な機械装置である。しばしば、これらの装置は多数の結合された部品から形成されるであろう。さらに、単一回の通過による堆積を達成するために、コーティングセクションの長さ及び堆積アウトプット面スロットの数は非常に大きいことがある。たとえば、単一の堆積サイクルには8つの延在スロットが要求される：ページ - 排気 - 第一の反応性ガス - 排気 - ページ - 排気 - 第二の反応性ガス - 排気。もし、単一の堆積サイクルが1の層厚を生じさせると仮定するならば、1000の層厚を達成するために、1000回の上記のサイクルが要求されるであろう。もし、各々の延在スロットがその隣接のものから0.025インチ離れているとさらに仮定するならば、堆積領域の合計長さは16.7フィートであろう。さらに、

40

50

もし、入り口セクション及び出口セクションが基板を支持するために特定の合理的な長さである必要があるならば、これらのセクションは 5 フィートの長さを容易に超えることができるであろう。

#### 【 0 1 0 1 】

このような大きな堆積領域を形成することは単一の一体物としての堆積ヘッドを形成することによって達成することが困難であることがある。幾つかの要因からこの困難さが生じる。まず第一に、このような長いヘッドは何千もの部品からなり、そしてうまくできたヘッドではこの多数の部品を、重大な欠陥又は許容されない欠陥を生じることなく、組み立てる必要があるであろう。さらに、非常に大きなヘッドを全体の堆積装置に取り付けそして取り扱うのに重大な問題があるであろう。最後に、もし、ヘッドが操作において損傷を受けるならば、単一の大きなヘッドを取り替えることは非常にコストが高くそして時間がかかるであろう。

10

#### 【 0 1 0 2 】

単一の大きな堆積ヘッドの代わりとなるのは独立のモジュールからヘッドを組み立てることである。モジュールは全セクションとすることができます、たとえば、入り口セクション、出口セクション又はコーティングセクションとすることができます。又は、所与のセクションは幾つかのモジュールから構成されることができる。図 16 はモジュール形態を用いる一実施形態の図を示す。図 16 において、入り口セクション 200 は 4 つのモジュール、202a、202b、202c 及び 202d からなる。堆積装置 60 のコーティングセクション 220 は 5 つのモジュール、222a、222b、222c、222d 及び 222e からなる。コーティングセクションの拡大部分は基板部分 21c に対して近接している 2 つのモジュールを示しており、基板に対するモジュール面の位置のずれは改良された結果を得るための最大の望ましい距離 × × 以内に維持される。これらのコーティングセクションモジュールは最終の堆積装置 60 の設計によって、同一であっても又は異なっていてもよい。実用上の目的で、複数のコーティングセクションモジュールの各々は単一の ALD サイクルを完了するために適切な数のアウトプット開口部及び排気ポートを最小限含む。好ましくは、モジュールは 1 ~ 50 の完全な ALD サイクルが得られるように設計されている。図 16 は単一のモジュールを構成する出口セクション 240 を示している。最終の堆積装置の製造のためのモジュールの組み合わせが多く存在し、図 16 は単に例示の一実施形態又は可能な配置を示すように与えられているにすぎず、その組み合わせは、もちろん、コーティングを行う特定の基板、特定のプロセス、関与する材料及び薄膜、ならびに、製造されるデバイスの特定のタイプによって決まり、そしてそれに適合されるであろうということが当業者に理解されるはずである。

20

30

#### 【 0 1 0 3 】

1 つの好ましい実施形態において、堆積装置は、たとえば、コーティングセクションに 8 又はそれ以上のモジュールを含み、好ましくは 10 ~ 100 個のモジュールを含む。このようなモジュールの各々は実質的に別個にかつ独立に製造され、組み立てられそして堆積装置に配置される配送ヘッドを含むことができる。

40

#### 【 0 1 0 4 】

モジュールの数がコーティングセクションを製造するのに収率にどのように影響を及ぼすことができるかを理解するために、8000 のプレートから構成されるコーティングセクションの例を考える。200 枚のプレートを組み立てる際に、アセンブリー中に 2 % の確率で欠陥を有するような欠陥率がアセンブリー中にあるものと仮定する。各 200 枚のプレートのモジュールとしてこのセクションを組み立てる際に、40 個の動作モジュールが要求され、それゆえ、40 個の使用可能なモジュールを生じるためには約 41 個のモジュールを組み立てることが必要であろう（約 2 % の廃棄加工品）。8000 のプレートの単一の構造物を試みると、単一の構造物の動作の確率は  $0.98^{40} = 44\%$ 。結果として、1 つの動作セクションを得るために約 2 つの完全なコーティングセクションが要求される（約 50 % の廃棄加工品）。本発明の一実施形態の本モジュールの態様はその問題を有意に回避し又は低減することができる。

50

**【 0 1 0 5 】**

好ましい実施形態において、本発明のコーティングセクション、入り口セクション及び出口セクションはすべてガス支持効果を用いて操作する。そのため、基板と堆積ヘッドとの間の分離は非常に小さくすることができ、ときに 10 ミクロンという小ささである。それゆえ、セクションの堆積アウトプット面は表面に不連続性がないことが非常に重要である。モジュール形態では、図 16 のコーティングセクションで例示されているセクションのモジュールは良好に位置合わせされた堆積アウトプット面を有しなければならない。この位置合わせを行いそして位置 / 高さの不整合が非常に小さくなるように、図 16 の挿入物の距離 × × は小さくする必要がある。距離 × × は 10 ミクロン未満にすべきであり、好ましくは 5 ミクロン未満であり、さらにより好ましくは 2 ミクロン未満である。

10

**【 0 1 0 6 】**

モジュールの適切な高さ配置を行うために幾つかの方法がある。モジュールを個々に位置調節手段の上に取り付けることができ、そして、所与のモジュールを設置するときに、位置調節手段を用いて、堆積アウトプット面の高さをある望ましい位置に調節することができる。高さ調節手段の例としては回転式マイクロメータポジショナー、焦電性ポジショナー及び当業界で既知の他の手段がある。

**【 0 1 0 7 】**

しばしば、単一の材料からなる薄膜をコーティングすることが望ましい。しかしながら、異なる材料の幾つかの層を含む完成膜が有用である薄膜が望ましい場合がある。モジュールコーティングセクションの場合、コーティングセクション内にある複数のモジュールが異なるガスを配達し、このため、すべてのモジュールが同一のコーティングを生じるものでないことも可能である。図 17 は、コーティングセクションのモジュールが異なる堆積化学物質を配達する堆積装置 60 の一実施形態を示している。コーティングセクション 220 は 9 個のモジュールから構成される。モジュール 232a は第一の薄膜材料を形成する化学物質を配達するようになっており、モジュール 232b は第二の薄膜材料を形成する化学物質を配達するようになっており、そしてモジュール 232c は第三の薄膜材料を形成する化学物質を配達するようになっている。モジュール 232a、232b 及び 232c は、出口セクション 240 に入る完成薄膜コーティングがそれぞれ第一の薄膜材料 332a、第二の薄膜材料 332b 及び第三の薄膜材料 332c の交互の薄膜層を全体の複数層の薄膜構造 330 ( 基板部分 21d に対して示されている ) に含むように配置されている。これらの層の各層の厚さはコーティングセクション 220 の対応するモジュール内の ALD サイクルの数によって決定される。第一の材料、第二の材料及び第三の材料は上述のとおりのこの ALD 堆積装置を用いて適切に堆積されうるいかなる材料であってもよいことは当業者に理解されるべきである。図 17 は限定するものと解釈されるべきでなく、複数の薄膜を形成するための 1 つの可能な構成として作用すべきである。図 17 の出口セクション 240 、及び入り口セクション 200 のモジュール 202a ~ 202d は上記の図面で説明したものと同様である。

20

30

**【 0 1 0 8 】**

平らな基板をコーティングする目的では、一般に、コーティング装置の堆積アウトプット面も平らであるものと考えられる。しかし、ある程度の曲率を有する堆積アウトプット面を有することが有利である可能性がある。

40

**【 0 1 0 9 】**

表面の曲率は一般に曲面の半径によって定義されうる。曲面の半径は円の一部が堆積アウトプット面の曲面に整合する円の半径である。表面の曲面が変化し、单一の半径で記載できない場合には、最大の曲面及び最小の曲面の半径を用いて、装置の曲面の特性半径を規定することができる。

**【 0 1 1 0 】**

特定の基板では、基板の移動方向において特定の曲率の配達ヘッドを有することが有用なことがある。このことは、ヘッドの曲率がコーティングセクションの堆積アウトプット面から離れる方向に基板の前方縁を引っ張る傾向があるので、基板の前方縁に基板の残り

50

の部分よりも小さい下向きの力を持たせることができるという有益な効果を有することができる。

#### 【0111】

ある基板では、基板の移動方向に垂直の方向に曲率を有することが有用なことがある。この曲率は波状効果を有し、基板の剛性を増加し、そしてより強健なコーティングをもたらす。

#### 【0112】

モジュールタイプの堆積装置の場合、個々のモジュールの表面は曲面であっても又は曲面でなくてもよい。図18は堆積の間の基板の所望の弧に適合する弧に沿ってモジュールを配置しそして回転させる曲面堆積領域の例を示している。図18の部品は図16の部品に対応するが、モジュールに対して与えられる曲面はモジュールの曲面支持体250に整合している。

10

#### 【0113】

あるプロセスにおいてある材料を堆積させるために、基板を加熱することが有利であることがある。図19A及び19Bは堆積装置の一実施形態の部品としてそれぞれ輻射式熱源及び対流式熱源を示している。輻射式熱源260は図19Aに示すようなIRランプ265、あるいは、石英ハロゲンランプのような当該技術分野において知られたあらゆる輻射式熱源から作られていてよい。図19Bに示す対流式熱源270は熱風プロアを用いることができる。又は、対流式熱源270は冷風プロアを用いて、基板を冷却するために用いることができる。図19A及び19Bの他の部品は図19A及び19Bに関して上述した部品を除いては図16の部品に対応する。本発明の装置はある実施形態において、室温又は室温付近の温度を含む広い範囲の温度にわたって基板上で堆積を行うことができる能力の点で利点がある。本発明の装置は真空環境で操作することができるが、大気圧又は大気圧付近の圧力での操作に特に適している。

20

#### 【0114】

好ましい実施形態において、ALDは大気圧又は大気圧付近の圧力及び広い範囲の雰囲気温度及び基板温度で、好ましくは、300未満の温度で行うことができる。好ましくは、汚染の可能性を最小にするために比較的にクリーンな環境が必要であった。しかし、本発明の装置の好ましい実施形態を用いるときに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包囲状態は必要ない。

30

#### 【0115】

図15をもう一度参照すると、原子層堆積(ALD)装置60は、比較的に良好に制御されそして汚染物のない環境を提供するためのチャンバー又はハウジング(図示しない)を場合により有することができる。堆積装置60は、また、供給ライン(図示していない)を通してコーティングセクション220に第一、第二及び第三の気相材料を提供するためのガスサプライ(図示していない)を含むことができる。好ましくは、これらのサプライラインは急速開放機構を有することができるであろう。また、その排気ラインも好ましくは急速開放機構を有する。単純化のために、随意に存在しうる真空蒸気回収装置及び他の補助部品は図15に示していないが、それらも使用することができる。このような蒸気回収装置は入り口セクション200及び出口セクション240において使用されるガスをリサイクルするために使用することができる。輸送副装置(図示していない)は入り口セクション200、コーティングセクション220及び出口セクション240の非堆積性アウトプット面に沿って基板20を輸送することができ、それは本開示で使用される座標軸系を用いてX軸方向に移動させる。移動制御ならびにバルブ及びその他の補助部品の全体の制御は、コンピュータ又は他の専用マイクロプロセッサー・アセンブリーなどの制御ロジックプロセッサー、たとえば、PLC又はプログラム可能なロジックコンピュータによって与えられることができる。このようなコンピュータを用いたプロセス制御を堆積装置において用いて、コーティングセクションを通す單一回の一方向の通過で基板を移動させている間のみで、基板上に薄膜堆積を提供することができる。コーティングセクションに基板を通して移動させるため手段によって一方向の移動が提供されうる。又は、このような

40

50

一方向の移動は薄膜堆積の間の配送ヘッドの機能又は操作が堆積装置を通した各基板の移動と組み合わせて制御されるプロセス制御デバイス又はスキームによっても少なくとも部分的に提供されうる。

#### 【0116】

ウェブ製造に特に有用であることができる別の実施形態において、ALD装置は多数の配送ヘッド又はデュアル配送ヘッドであって、その配送ヘッドが堆積を受ける基板の両側に配置されるものを有することができる。可とう性材料の可とう性配送ヘッドを1つ置きに提供することもできる。これにより、堆積表面に少なくともある程度のコンフォーマル性(共形性)を示す堆積装置を提供する。

#### 【0117】

さらに別の実施形態において、配送ヘッドの1つ以上のアウトプットチャンネルを用いて上記において引用しそして参照により取り込んだ米国特許出願第11/392,006号明細書によって開示されている横方向ガスフロー配置を用いることができる。このような実施形態において、配送ヘッドと基板との間の分離を支持するガス圧は、たとえば、ページガスを射出するチャンネル(図2~3BにIとして示しているチャンネル)などの幾つかのアウトプットチャンネルによって維持されうる。次いで、反応体ガスを射出する1つ以上のアウトプットチャンネル(図2~3BにO又はMとして示しているチャンネル)のために横方向のフローを用いる。

#### 【0118】

又、基板の表面から配送ヘッド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、配送ヘッドの堆積アウトプット面から基板を持ち上げ又は空中に浮揚させるために本発明の装置を代わりに用いることができる。たとえば、プラテンを含む他のタイプの基板ホルダーを代わりに用いることができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0119】

#### 部品リスト

1 0	配送ヘッド	
1 2	アウトプットチャンネル	
1 4 , 1 6 , 1 8	ガスインレット導管	
2 0	基板	30
2 1 a , 2 1 b , 2 1 c , 2 1 d	基板の部分	
2 2	排気チャンネル	
2 4	排気導管	
3 6	堆積アウトプット面	
6 0	原子層堆積(ALD)装置	
9 0	前駆体材料の方向付けチャンネル	
9 1	排気方向付けチャンネル	
9 2	ページガスの方向付けチャンネル	
9 6	基板支持体	
9 8	ガス流体支持	40
1 0 0	コネクションプレート	
1 0 2	方向付けチャンバー	
1 0 4	インプットポート	
1 1 0	ガスチャンバープレート	
1 1 2 , 1 1 3 , 1 1 5	サプライチャンバー	
1 1 4 , 1 1 6	排気チャンバー	
1 2 0	ガス方向付けプレート	
1 2 2	前駆体材料の方向付けチャンネル	
1 2 3	排気方向付けチャンネル	
1 3 0	ベースプレート	50

1 3 2	延在射出チャンネル	
1 3 4	延在排気チャンネル	
1 4 0	ガスディフューザーユニット	
1 4 2	ノズルプレート	
1 4 3 , 1 4 7 , 1 4 9	第一、第二、第三のディフューザーアウトプット通路	
1 4 6	ガスディフューザープレート	
1 4 8	フェースプレート	
1 5 0	配達アセンブリー	
1 5 2	延在射出チャンネル	10
1 5 4	延在排気チャンネル	
1 6 0	セパレータプレート	
1 6 2	ページプレート	
1 6 4	排気プレート	
1 6 6 , 1 6 6 '	反応体プレート	
1 6 8	開口部	
1 7 0 , 1 7 2	スプリング	
1 8 0	順次の第一の排気スロット	
1 8 2	順次の第二の排気スロット	
1 8 4	順次の第三の排気スロット	
2 0 0	入り口セクション	20
2 0 2 a , 2 0 2 b , 2 0 2 c , 2 0 2 d	入り口セクションモジュール	
2 2 0	コーティングセクション	
2 2 2 a , 2 2 2 b , 2 2 2 c , 2 2 2 d , 2 2 2 e	コーティングセクションモジ ュール	
2 3 2 a	第一の薄膜材料に適合したモジュール	
2 3 2 b	第二の薄膜材料に適合したモジュール	
2 3 2 c	第三の薄膜材料に適合したモジュール	
2 4 0	出口セクション	
2 5 0	モジュールのための曲面支持体	
2 5 2	アウトプット開口部	30
2 5 4	排気ポート	
2 6 0	輻射式熱源	
2 6 5	I R ランプ	
2 7 0	対流式熱源	
3 3 0	完成した薄膜	
3 3 2 a	第一の薄膜材料の薄膜	
3 3 2 b	第二の薄膜材料の薄膜	
3 3 2 c	第三の薄膜材料の薄膜	
A	矢印	
D	距離	40
E	排気プレート	
F 1 , F 2 , F 3 , F 4	ガスフロー	
H	高さ	
I	第三の不活性気相材料	
K	方向	
M	第二の反応体気相材料	
O	第一の反応体気相材料	
P	ページプレート	
R	反応体プレート	
S	セパレータプレート	50

X 矢印

【図 1】

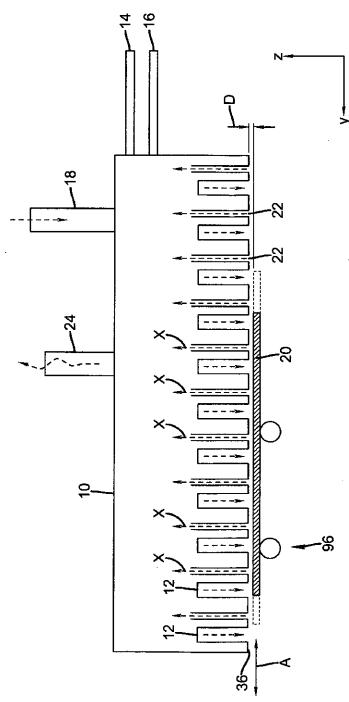


FIG. 1

【図 2】

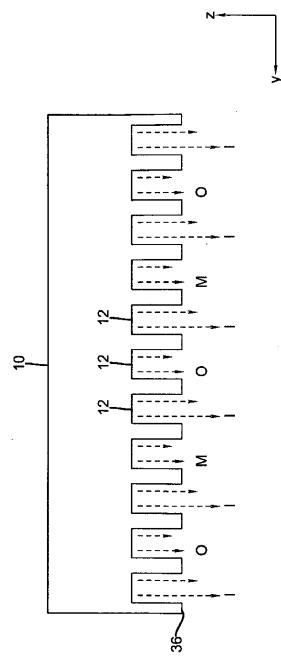
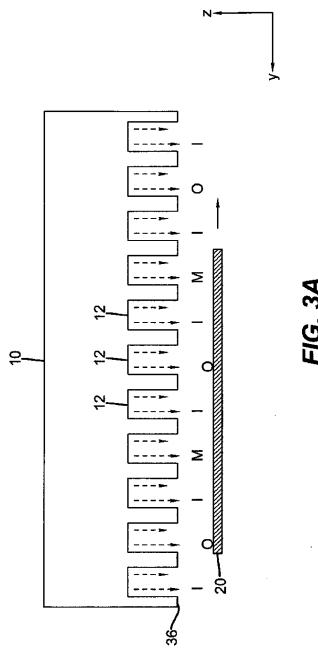
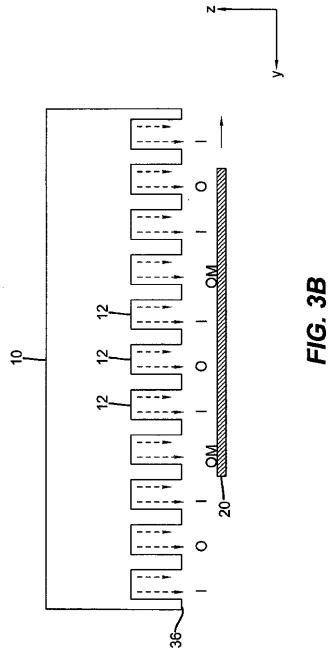


FIG. 2

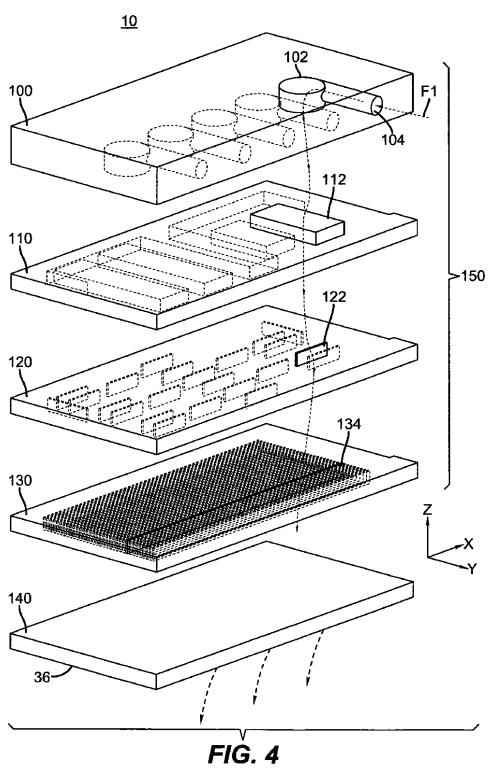
【図 3 A】



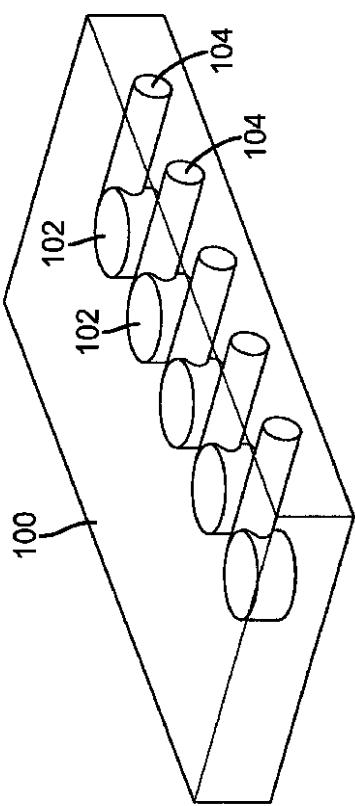
【図 3 B】



【図 4】



【図 5 A】



【図 5 B】

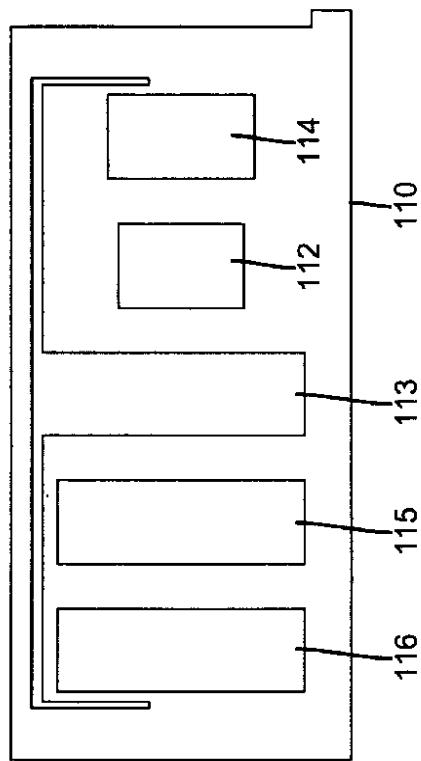


FIG. 5B

【図 5 C】

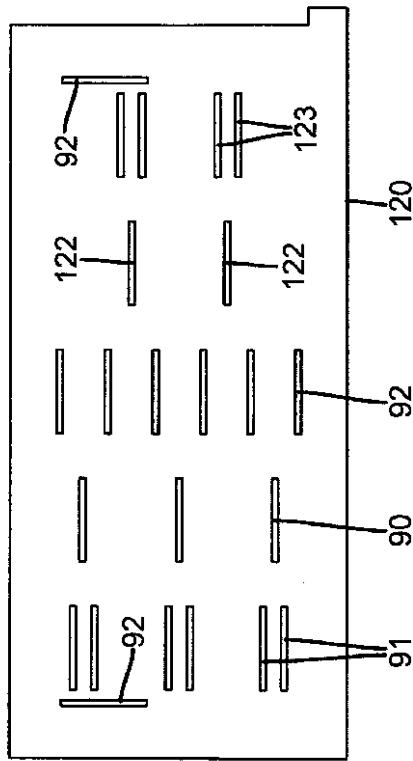


FIG. 5C

【図 5 D】

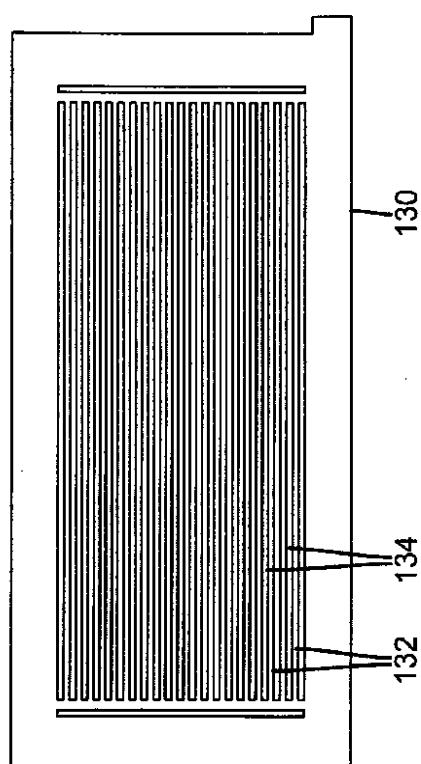


FIG. 5D

【図 6】

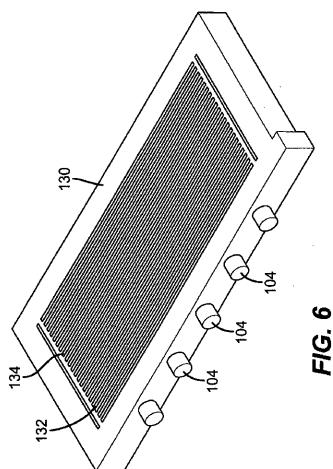
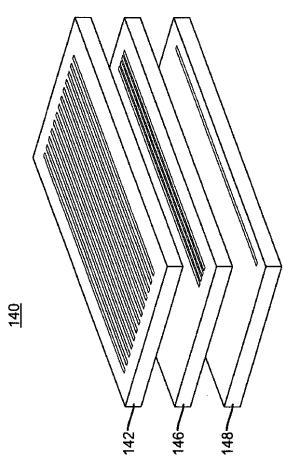
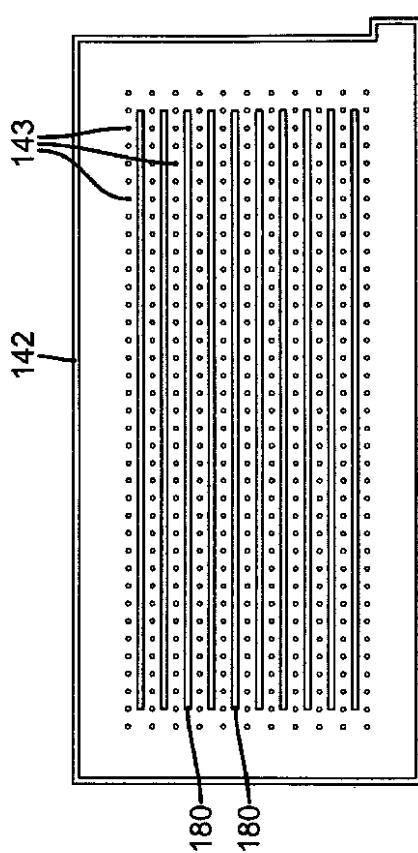


FIG. 6

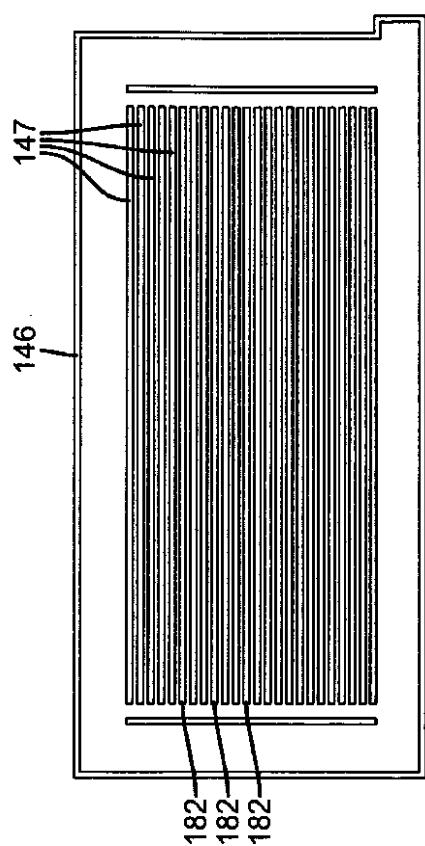
【図 7】



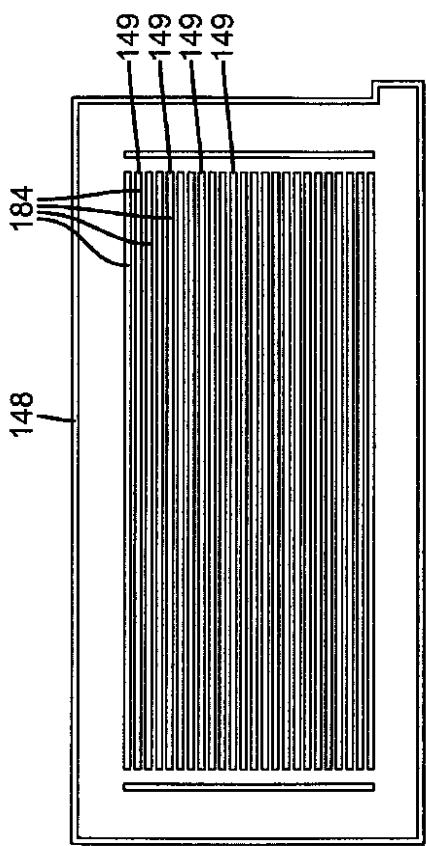
【図 8 A】



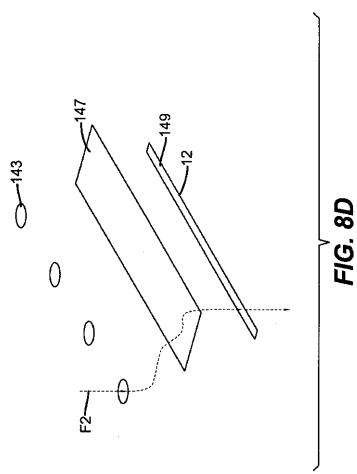
【図 8 B】



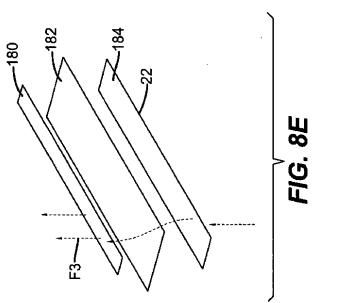
【図 8 C】



【図 8 D】



【図 8 E】



【図 9 A】

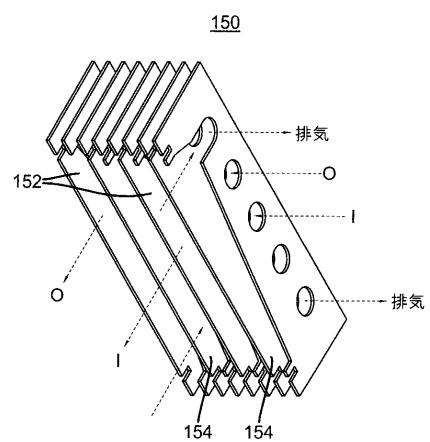
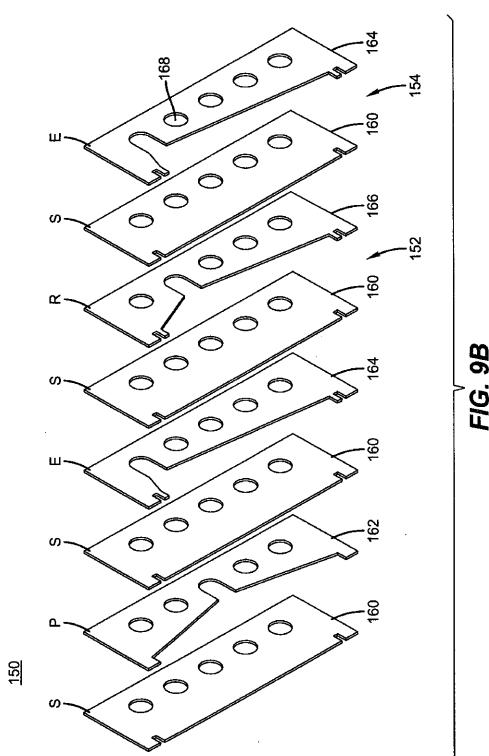


FIG. 9A

【図 9 B】



【図 9 C】

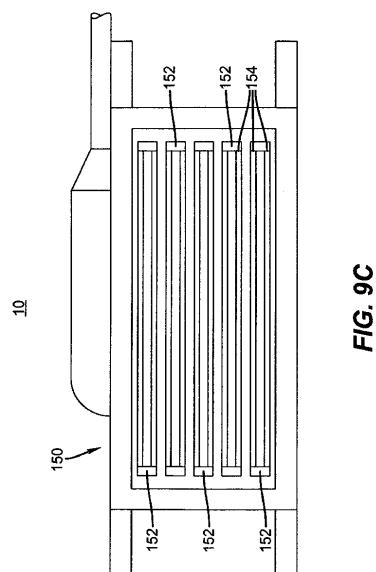


FIG. 9C

【図 10 A】

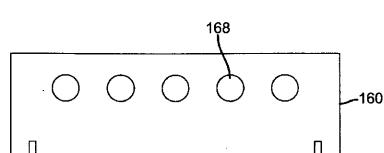


FIG. 10A

【図 10B】

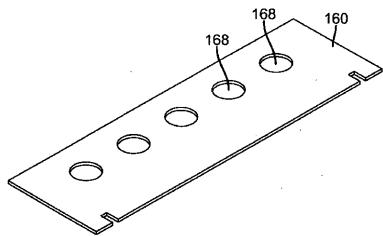


FIG. 10B

【図 11A】

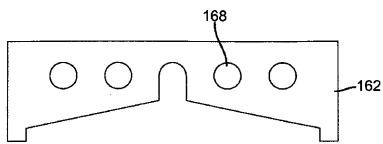


FIG. 11A

【図 11B】

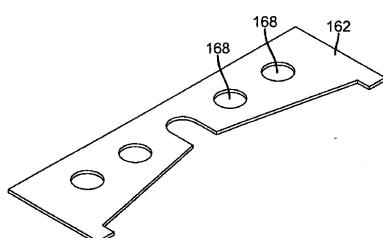


FIG. 11B

【図 13B】

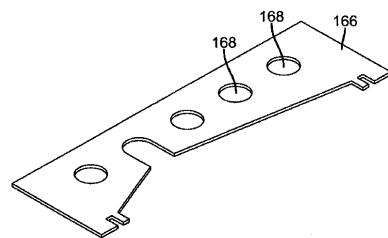


FIG. 13B

【図 13C】

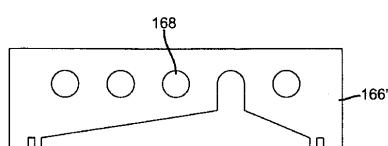


FIG. 13C

【図 12A】

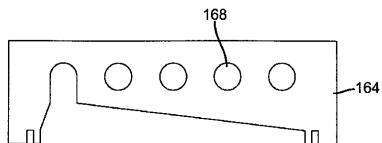


FIG. 12A

【図 12B】

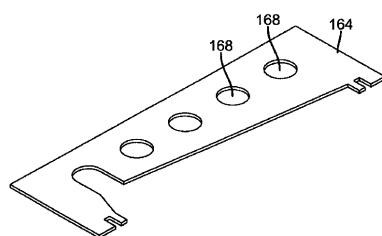


FIG. 12B

【図 13A】

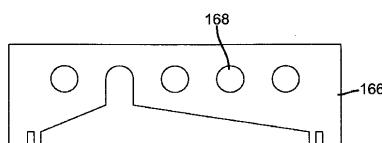


FIG. 13A

【図 14】

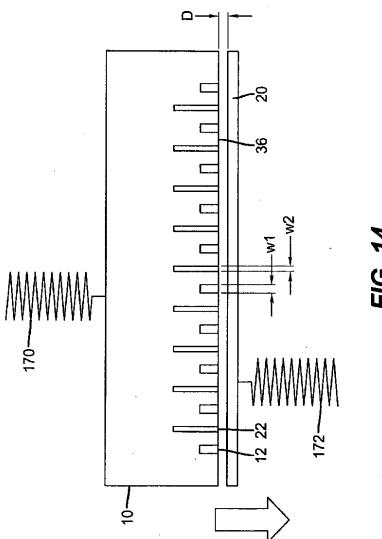
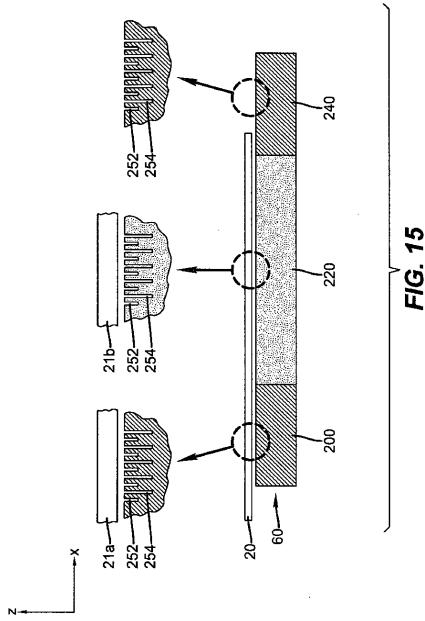
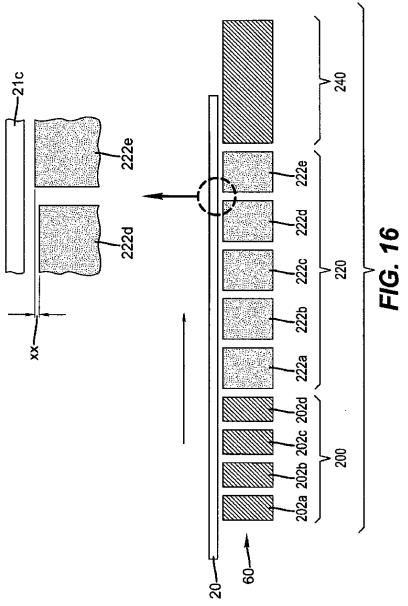


FIG. 14

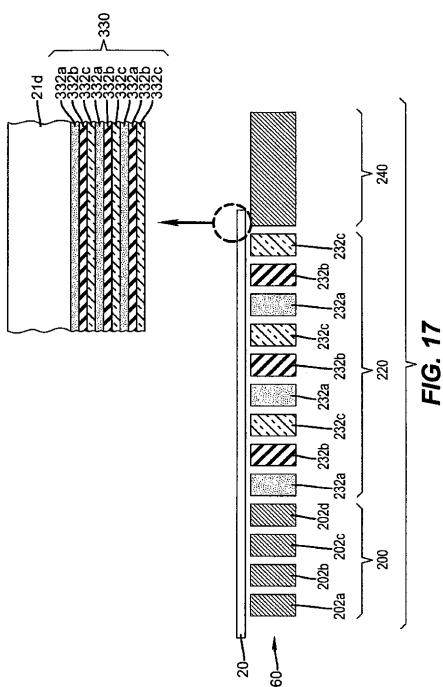
【図 15】



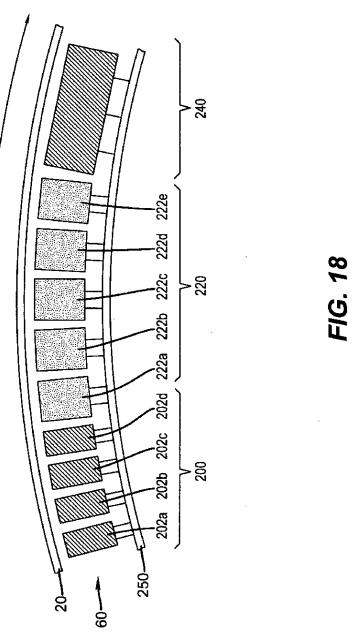
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19A】

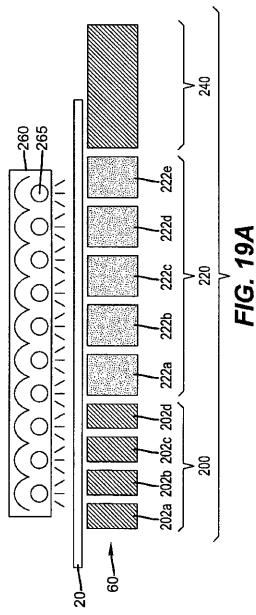


FIG. 19A

【図 19B】

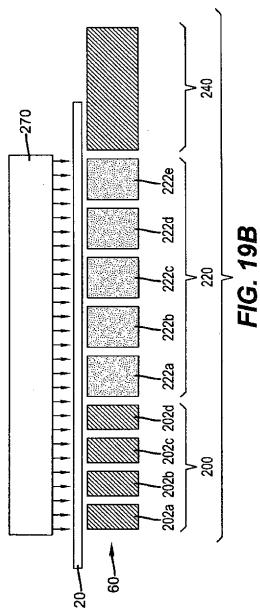


FIG. 19B

【図 27】

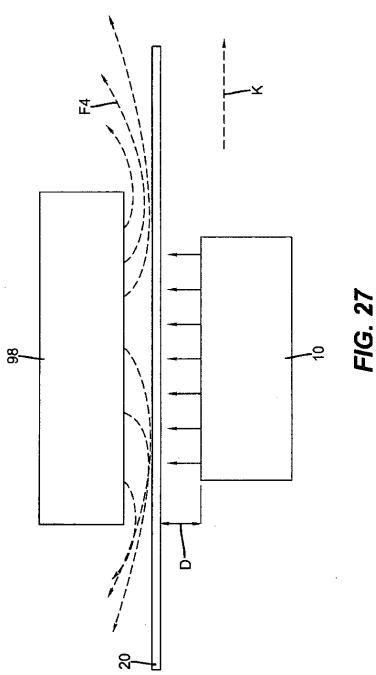


FIG. 27

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2008/010752
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. C23C16/455		
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, INSPEC, COMPENDEX		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 2008/085468 A (EASTMAN KODAK CO [US]; LEVY DAVID HOWARD [US]; KERR ROGER STANLEY [US]) 17 July 2008 (2008-07-17) cited in the application page 18, line 20 - page 19, line 11; figure 1	1,24
P, X	WO 2008/091504 A (EASTMAN KODAK CO [US]; COWDERY-CORVAN PETER JEROME [US]; LEVY DAVID HO) 31 July 2008 (2008-07-31) cited in the application page 35, line 1 - line 23; figures 1,2	1,24
P, X	WO 2008/085467 A (EASTMAN KODAK CO [US]; LEVY DAVID HOWARD [US]) 17 July 2008 (2008-07-17) page 25, line 31 - page 26, line 15; figure 14	1,24
	-/-	
<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		
Date of the actual completion of the International search  18 December 2008	Date of mailing of the International search report  30/12/2008	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5018 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Schuhmacher, Jörg	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No PCT/US2008/010752
---

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	WO 2008/085474 A (EASTMAN KODAK CO [US]; NELSON SHELBY FORRESTER [US]; LEVY DAVID HOWARD) 17 July 2008 (2008-07-17) page 41, line 19 - page 42, line 14; figure 1	1,24
A	US 6 821 563 B2 (YUDOVSKY JOSEPH [US]) 23 November 2004 (2004-11-23) cited in the application column 9, line 4 - line 60; figures 1,4	1,24
A	US 7 064 089 B2 (YAMAZAKI SHUNPEI [JP] ET AL) 20 June 2006 (2006-06-20) column 1, line 37 - line 42; claim 2; figure 3	1,24

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2008/010752

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 2008085468	A	17-07-2008	US	2008166880 A1		10-07-2008
WO 2008091504	A	31-07-2008	US	2008182358 A1		31-07-2008
WO 2008085467	A	17-07-2008		NONE		
WO 2008085474	A	17-07-2008	US	2008166884 A1		10-07-2008
US 6821563	B2	23-11-2004	US	2004067641 A1		08-04-2004
US 7064089	B2	20-06-2006	US	2006189170 A1		24-08-2006
			US	2004112537 A1		17-06-2004

---

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,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,T  
R),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,  
BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,D0,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,K  
G,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,ST,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 蛭谷 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 14650,ロチェスター,ステイトストリート 343

(72)発明者 ケール,ロジャー スタンレー

アメリカ合衆国,ニューヨーク 14650,ロチェスター,ステイトストリート 343

(72)発明者 キャリー,ジェフリー トッド

アメリカ合衆国,ニューヨーク 14650,ロチェスター,ステイトストリート 343

Fターム(参考) 4K030 BA02 BA21 BA42 EA03 EA04 HA01 LA12

5F045 AA03 AB31 AB32 AC07 AC15 AC16 AC17 AE29 BB08 CA05

DP03 DP05 DP23 DQ10 DQ12 EE14 EE20 EF08 EF09 EF14

EF20 EK11 EN02 GB15