

FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光学膜又は光学アレイを製造する方法であって、

a) 第 1 薄膜を基板上に形成するために、実質的に平行な細長チャンネルに沿って一連のガス流を同時に方向付けする工程、ここで該一連のガス流は、順番に、少なくとも第 1 反応ガス材料と、不活性パージガスと、第 2 反応ガス材料とを含み、該第 1 反応ガス材料は、該第 1 薄膜を形成するために、該第 2 反応ガス材料で処理された基板表面と反応することができる；

b) 第 1 光学特性を有する第 1 膜層の第 1 厚を生成するように、工程 a) を複数回繰り返す工程、ここで該方法は大気圧で、又は大気圧を上回る圧力で行われる；

c) 第 2 膜層を生成するように、工程 a) 及び b) を繰り返す工程を含み；

そして、該方法が実質的に大気圧で、又は大気圧を上回る圧力で行われる、光学膜又は光学アレイを製造する方法。

【請求項 2】

該堆積中の該基板の温度が 250 未満である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 2 膜層が第 2 の厚みを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 2 膜層を形成するために、第 3 反応ガス及び第 4 反応ガスが使用される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 2 膜層が第 2 光学特性を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 及び第 2 膜層が該基板をカプセル化する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記基板が O L E D デバイスを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記基板が太陽光発電装置を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記基板がセンサ又はセンサ・アレイを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 1 反応ガスがガス混合物を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 1 膜層が干渉フィルタである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 1 膜層が周囲の紫外線を選択的に反射する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

光学膜又は光学アレイを製造する方法であって、

a) 第 1 薄膜を基板上に形成するために、実質的に平行な細長チャンネルに沿って一連のガス流を同時に方向付けする工程、ここで該一連のガス流は、順番に、少なくとも第 1 反応ガス混合物と、不活性パージガスと、第 2 反応ガス混合物とを含み、該第 1 反応ガス混合物は、該第 1 薄膜を形成するために、該第 2 反応ガス混合物で処理された基板表面と反応することができる；

b) 第 3 反応ガス混合物で、工程 a) を繰り返す工程；

c) 第 1 光学特性を有する第 1 膜層の第 1 の厚みを生成するように、工程 a) 及び b) を複数回繰り返す工程を含み；

そして該方法が大気圧で、又は大気圧を上回る圧力で行われる、光学膜又は光学アレイを製造する方法。

10

20

30

40

50

【請求項 14】

d) 第2膜層を生成するように、工程 a)、b)、及び c) を反復することを含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

工程 d) の前に、前記第3反応ガス混合物の代わりに、第4反応ガス混合物が置換される、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

工程 d) の前に、前記第2反応ガス混合物の代わりに、第5反応ガス混合物が置換される、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記第1ガス混合物が、第1濃度の第1材料から成っており、そして前記第3ガス混合物が、第2濃度の前記第1材料から成っている、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 18】

前記第1膜層が勾配層である、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 19】

前記第1膜層がルゲート・フィルタである、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

該第1又は第2ガス混合物が、ディアレクティック(dialectic)酸化物を含む群から選択される、請求項 13 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概ね、薄膜デバイス及び構成部分、例えば電子発光ディスプレイ、センサ・アレイ、及びその他の電子デバイス、環境バリア層、光学薄膜層に関し、ここでは薄膜層は、蒸着によって、そして詳細には大気圧原子層堆積法によって形成される。具体的には、本発明は、電子デバイス、特にディスプレイ内で光出力及び寿命を改善するために使用することができる薄膜材料層、例えば光学被覆層、カラーフィルタ層、及び保護薄膜材料層を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

種々の用途において、薄膜材料が利用されている。その例としては、特に化合物半導体、ディスプレイ、LED、光学部品、及び眼科用機器の分野における研究及び開発及び製造の用途が挙げられる。薄膜材料はまた、一般にセンサ、フラット・パネル・ディスプレイ、マイクロ電子機械システム(MEMS)、マイクロ回路、生物医学装置、光学機器、マイクロ波通信装置、集積回路、及びマイクロ電子装置のためのカスタム被膜及びパターン付き基板を形成するためにも使用される。

【0003】

光学被膜は、デバイス又は光学部品、例えばレンズ、ディスプレイ又はセンサ上に配置された材料薄層であって、この薄層は例えば光線が反射され透過される様式を変化させる。1つのタイプは、入射光の99%超を反射するミラーを製造するために使用される高反射被膜である。別のタイプの光学被膜は、表面からの不所望の反射を軽減する反射防止膜であり、また一般に眼鏡用及び写真用レンズ上に使用される。Wright他、Double Layer Anti-reflective Coatings for Silicon Solar Cells, 2005 IEEE, pp. 1237-1240に記載されているように、多層反射防止膜、例えばSiN、又はSiN及びSiO₂から成る二重層反射防止膜を、高効率太陽電池のために使用することができる。このタイプの光学被膜は紫外線をブロックする一方、可視光を透過する。

【0004】

複合光学被膜は、ある範囲の波長にわたって高い反射を、そして別の範囲にわたって反射防止を示し、例えば米国特許第6,859,323号明細書(Gasololi他)に記載されているように、二色性薄膜光学フィルタの製造を可能にする。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

干渉フィルタは、全ての該当波長に対する吸収係数をゼロ近くに維持しつつ、1つ又は2つ以上のスペクトル帯を反射して他のスペクトル帯を透過する光学フィルタである。このような光学フィルタは、基板上の多層被膜（通常は誘電体層又は金属層）から成り、これらの多層被膜は異なる屈折率を有し、そのスペクトル特性は、薄膜境界において異なる波長の入射光と反射光との間で生じる波長干渉効果の結果である。

【 0 0 0 6 】

干渉フィルタはカラーフィルタとして、そしてアレイ形態でカラーフィルタ・アレイとして使用することにより、ディスプレイ、光導波路、光学スイッチ、カメラ背面の光センサなどのための反射光及び透過光の組成を修正して制御することができる。このような多層薄膜カラーフィルタの一例は、米国特許第5,999,321号明細書（Bradley）に記載されており、これを参考のため本明細書中に引用する。電子デバイスにおいて、カラーフィルタはカラーフィルタ・アレイ（CFA）として編成されている。カメラ内で使用されるようなセンサの場合、CFAは、有色信号の検出を可能にするように、バンククロマティック・センサの前面に使用される。CFAは通常、パターンを成して設けられたレッド、グリーン及びブルー領域から成るアレイである。デジタルカメラにおいて使用される一般的なアレイは、Bayerパターン・アレイである。各色の分解能の低減は、 2×2 セルを使用することによりできる限り少なくされ、そして3つの色のうちグリーンは、これに対して眼が最も高い感受性を有する色であるので、各セル内で2倍感知されるように選ばれる色である。

10

20

【 0 0 0 7 】

同様のアレイをディスプレイ内に使用することもでき、この場合、CFAは、色情報を見るのを可能にするように、白光画素の前面と整合した状態で配置される。例えば米国特許第4,877,697号明細書（Vollmann他）には、液晶ディスプレイ（LCD）のためのアレイが記載されており、そして米国特許出願公開第2007/0123133号明細書（Winters）には、OLEDデバイスのためのアレイが記載されている。

【 0 0 0 8 】

アレイは、所望の様式で種々異なる有色材料をパターン化するためにフォトリソグラフィなどを用いて、カラーインクのインクジェットを含む多くの方法で製造することができる。カラーフィルタ・アレイは、干渉（又は二色性）フィルタのパターンとして構成することもできる。例えば、米国特許第5,120,622号明細書（Hanrahan）には、2つの異なるフォトレジスト材料層を堆積し、露光し、そして現像することにより、後続の誘電体層の堆積のために基板をパターン化し、続いてリフトオフ法を用いて不所望の材料を除去する、フォトリソグラフィ技術を用いる方法が記載されている。

30

【 0 0 0 9 】

LCDディスプレイ及びCCDアレイのための二色性干渉フィルタ・システムを形成する方法が、米国特許第6,342,970号明細書（Sperger他）に記載されている。この方法によれば、種々異なるフィルタ要素が、例えばリソグラフィ法、プラズマ・エッチング及びリフトオフ技術を介した基板の被覆、マスキングを用いて調製される。

【 0 0 1 0 】

有機発光ダイオード（OLED）は、フラット・パネル・ディスプレイ及びエリア照明ランプのための技術である。この技術は、基板上に被覆された有機材料薄膜層に依存する。OLEDデバイスは一般に、米国特許第4,476,292号明細書（Ham他）に開示されているような小分子デバイス、及び米国特許第5,247,190号明細書（Friend他）に開示されているようなポリマーOLEDデバイスとして知られる2つのフォーマットを有することができる。いずれのタイプのOLEDデバイスも、順番に、アノード、有機EL素子、及びカソードを含むことができる。アノードとカソードとの間に配置された有機EL素子は、有機正孔輸送層（HTL）、発光層（EL）及び有機電子輸送層（ETL）を含む。正孔及び電子が再結合して、そしてEL層内で光を放つ。Tang他（Applied Physics Letter, 51, 913 (1987), Journal of Applied Physics, 65, 3610 (1989)及び

40

50

米国特許第 4, 769, 292 号明細書) は、このような層構造を使用して、高効率な O L E D を実証した。このとき以来、高分子材料を含む別の層構造を有する数多くの O L E D が開示され、そしてデバイス性能が改善されている。しかしながら、有機 E L 素子を含む材料は感受性が高く、特に湿気や高い温度 (例えば 140 °C を上回る温度) によって容易に破壊される。

【0011】

有機発光ダイオード (O L E D) は典型的には、デバイスの指定された動作及び / 又は貯蔵寿命以内にデバイス性能が時期尚早に劣化するのを防止するために、約 1000 p p m 未満の湿度レベルを必要とする。パッケージングされたデバイス内部のこの湿度レベル範囲まで環境を制御することは、典型的には、カプセル化層でデバイスをカプセル化することにより、および / 又は、デバイスをシールすることにより、および / 又はカバー内部に乾燥剤を提供することにより、達成される。乾燥剤、例えば金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、硫酸塩、金属ハロゲン化物、及び過塩素酸塩が、上記指定レベル未満の湿度レベルを維持するために使用される。例えば湿分感受性の電子デバイスのための乾燥剤材料を記載した米国特許第 6, 226, 890 号明細書 (Boroson 他) を参照されたい。このような乾燥剤材料は典型的には、O L E D デバイスの周辺又は O L E D デバイス自体の上に配置される。

10

【0012】

別のアプローチにおいて、O L E D デバイスは、耐湿性材料から成る多層薄膜を使用してカプセル化される。例えば、有機ポリマー層によって分離された、無機材料、例えば金属又は金属酸化物から成る層を使用することができる。このような被膜は、例えば、米国特許第 6, 268, 695 号明細書 (Affinito)、同第 6, 413, 645 号明細書 (Graff 他)、同第 6, 522, 067 号明細書 (Graff 他)、及び米国特許出願公開第 2006/0246811 号明細書 (Winters 他) (その全体を引用することにより本明細書中に組み入れる) に記載されている。

20

【0013】

このようなカプセル化層は、原子層堆積 (A L D) を含む種々の技術によって堆積することができる。このような原子層堆積はさらに、国際公開第 01/82390 号パンフレット (Ghosh 他) にも記載されており、ここには、異なる材料から形成された第 1 及び第 2 の薄膜カプセル化層を使用することが記載されており、これらの薄膜層のうちの一方は、下記原子層堆積を使用して 50 nm で堆積される。この開示内容によれば、別個の保護層、例えばパリレンも採用される。このような薄膜層被膜は典型的には、O L E D 材料を十分に保護するために、湿分透過率 $5 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{日}$ 未満を提供しようとする。対照的に、典型的には高分子材料は、湿分透過率がほぼ $0.1 \text{ g/m}^2/\text{日}$ であり、追加の湿分ブロック層なしで O L E D 材料を十分に保護することはできない。無機湿分ブロック層を付加すると、 $0.01 \text{ g/m}^2/\text{日}$ を達成することができ、そして無機層を含む比較的厚いポリマー平滑化層を使用すると、必要とされる保護を提供できることが報告されている。コンベンショナルな堆積技術、例えばスパッタリング又は真空蒸着によって適用される厚い無機層、例えば I T O 又は Z n S e から成る 5 ミクロン以上の層は、十分な保護を提供することもできるが、しかしコンベンショナルな技術で被覆されたより薄い層は、 $0.01 \text{ mg/m}^2/\text{日}$ の保護しか提供することができない。米国特許出願公開第 2007/0099356 号明細書 (Park 他) には同様に、原子層堆積を用いてフラット・パネル・ディスプレイを薄膜カプセル化する方法が記載されている。

30

40

【0014】

国際公開第 04/105149 号パンフレット (Carcia 他) には、原子層堆積によってプラスチック又はガラス基板上に堆積することができるガス透過バリアが記載されている。原子層堆積は原子層エピタキシー (A L E) 又は原子層 C V D (A L C V D) としても知られており、本明細書中で A L D に言及する場合には、これは、このような全ての同等の方法を意味するものとする。A L D 被膜を使用すると、被覆欠陥濃度が低い状態で、数 10 ナノメートルの厚さで何桁分も透過を低減することができる。これらの薄膜は、プラ

50

スチック基板の可撓性及び透明性を維持する。このような物品は、容器、電氣的及び電子的な用途において有用である。しかし、このような保護層も、発光有機層よりも屈折率が低い場合があるため、これらの層内の光トラッピングに関連する追加の問題を招く。

【 0 0 1 5 】

OLEDディスプレイのバリア層に対する要件が完全に明らかにされているわけではないが、Park他 (Park他, Ultrathin Film Encapsulation of an OLED by ALD, Electrochemical and Solid-State Letters, 8 (2), H21-H23, 2005) は、水透過率 $10^{-6} \text{ g / m}^2 / \text{日}$ 未満及び酸素透過率 $10^{-5} \text{ cc / m}^2 / \text{日}$ 未満のバリア特性が十分なものとして考えられ得ると、述べている。

【 0 0 1 6 】

一般に、具体的には無機誘電体層とポリマー層との多層複合体が、おそらく、透過時間のずれが増大することに起因して、無機単層よりも3桁を上回る分だけ少ない水・酸素透過率を有し得ることが判っている (G. L. Graff他, Mechanisms of Vapor Permeation through Multilayer Barrier Films: Lag Time Versus Equilibrium Permeation, J. Appl. Physics, Vol. 96, No. 4, 2004, pp. 1840-1849)。12もの個々の層を有する交互の無機/有機層を含むバリアが、報告によれば、OLEDによって必要とされる性能に近づく (M.S. Weaver他, Applied Physics Letter 81, 2929, 2002)。結果として、多くの既存の薄膜カプセル化技術は、多層の薄膜、大抵の場合は有機/無機複合体を形成することに焦点を当てているが、しかし純粋に無機又は有機のカプセル化も知られている。無機材料が関与する場合には、高バリア無機層の堆積は、カプセル化過程全体において最も重要な技術と考えられる。それというのも、カプセル化層の透過は大抵、無機膜内の欠陥によってコントロールされるからである。

【 0 0 1 7 】

多層は、OLEDディスプレイのためのより良好な保護を提供する一方、厚い層は透明性を損ない、その結果、ディスプレイの明るさ及び色飽和度を減少させる。

【 0 0 1 8 】

従って、有利な光学特性を有するカプセル化バリア層の薄膜堆積のためのプロセス及び方法を開発する必要がある。

【 0 0 1 9 】

薄膜堆積のために幅広く用いられる技術の中には、基板上の所望の膜を堆積するために反応チャンバ内で反応する化学反応性分子を使用する化学蒸気堆積法 (CVD) がある。CVD用途に有用な分子前駆体は、堆積されるべき膜の元素 (原子) 成分を含み、また典型的には、追加の元素をも含んでいる。CVD前駆体は、基板で反応して薄膜を形成す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。化学反応は、所望の膜厚を有する薄膜を堆積する。

【 0 0 2 0 】

ほとんどのCVD技術に一般的なのは、CVD反応器内に1つ又は2つ以上の分子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で基板を保つことにより、効率的な副産物除去と同時にこれらの分子前駆体間の化学反応を促進する。最適なCVD性能を得るためには、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して維持する能力、及び過渡現象を最小化又は排除する能力が必要となる。

【 0 0 2 1 】

特に半導体、集積回路、及びその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被膜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に対する需要がある。

【 0 0 2 2 】

原子層堆積法 (ALD) は、そのCVD先行技術と比較して、厚さ解決手段及びコンフォーマル能力を改善することができる代わりの膜堆積技術である。ALD法は、従来のCVDの従来の薄膜堆積プロセスを、単一原子層の堆積工程に分割する。有利には、ALD

10

20

30

40

50

工程は自己終結型であり、自己終結曝露時間まで、又は自己終結曝露時間を超えて実施すると、1つの原子層を堆積することができる。原子層は典型的には、 $0.1 \sim 0.5$ 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の場合、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、正味の反応が所望の原子層を堆積し、そして分子前駆体内に元々含まれる「余分」の原子を実質的に排除する。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における、前駆体のそれぞれの吸着及び反応に関与する。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し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の目標も、少量のCVD反応を許容できることを認識しつつ、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。

10

【0023】

ALD用途の場合、典型的には2種の分子前駆体が、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としては、Al, W, Ta, Si, Znなどが挙げられる。基板表面が分子前駆体と直接反応するように調製されている場合、金属前駆体は基板と反応する。例えば、基板表面は典型的には、金属前駆体と反応する水素含有リガンド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果的に反応し、その結果、金属の単一原子層を堆積する：

20



上記式中HLは反応副産物である。反応中、所望の表面リガンド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、表面上の所望AHリガンドの全てが AML_{x-1} 種で置換されると、反応は自己終結する。この反応段階には、不活性ガスパージ段階が続き、この不活性ガスパージ段階は、第2反応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。

【0024】

第2分子前駆体は次いで、金属前駆体に対する基板の表面反応性を回復させるために使用される。このことは、例えばLリガンドを除去し、そしてAHリガンドを再堆積することにより行われる。この場合、第2前駆体は典型的には、所望(通常は非金属)元素A(すなわちO, N, S)、及び水素(すなわち H_2O , NH_3 , H_2S)を含む。次の反応は下記の通りである：

30



これにより、表面は、AHで覆われた状態に戻るように変換される(この場合、便宜上、化学反応は平衡されない)。所望の追加の元素Aは膜内に内蔵され、また望ましくないリガンドLは揮発性副産物として排除される。ここでもやはり、反応は反応性部位(この場合L末端部位)を消費し、そして基板上の反応性部位が完全に消耗したら自己終結する。第2分子前駆体は次いで、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。

40

【0025】

ここで要約すると、基本的なALD法は、基板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ALD法は、4つの異なる作業段階を有するサイクルである：

1. ML_x 反応；
2. ML_x パージ；
3. AH_y 反応；及び
4. AH_y パージ、次いで段階1へ戻る。

【0026】

表面反応と、パージ動作を介在させて、基板表面をその所望反応状態に回復させる前駆

50

体除去とを交互に行うことのこのようなシーケンスの繰り返しは、典型的なALD堆積サイクルである。ALD作業の重要な特徴は、基板をその所望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く計量された層として膜を基板上に層形成することができる。

【0027】

ALD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、バスライン及びその他の導電性構造を含む数多くのタイプの薄膜電子デバイスを形成するための製作工程として用いることができる。ALDは、電子デバイスの構成部分内の金属酸化物薄層を形成するのに特に適している。ALDで堆積することができる一般クラス

10

【0028】

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（ITO）、ドープ型酸化亜鉛 ZnO 、 SnO_2 又は In_2O_3 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、約50～約1000nmであってよい。

【0029】

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、固有酸化亜鉛、及び硫化亜鉛である。

【0030】

誘電材料は、パターン付き回路の種々の部分を電気的に絶縁する。誘電体層は、絶縁体又は絶縁層と呼ぶことができる。誘電材料として有用な材料の具体例は、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、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化チタン、セレン化亜鉛、及び硫化亜鉛を含む。加えて、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。

20

【0031】

誘電構造層は、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（Dimitrakopoulos他）（参考のため本明細書中に引用する）、及び同時係属中の米国特許出願公開第2006/0214154号明細書（Yang他）（参考のため本明細書中に引用する）において論じられている。誘電材料は典型的には約5eVを上回るバンドギャップを示している。有用な誘電体層の厚さは様々であってよく、特定の例によれば約10～約300nmであってよい。

30

【0032】

数多くのデバイス構造を、上記機能層を有するように形成することができる。中導電性から低導電性まで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。相補キャリアタイプの半導体の間に、固有半導体領域が配置されてもよく、このことは、その領域の自由電荷キャリア数が少ないことを示す。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、1つの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つ以上の追加の導体電極（ソース及びドレイン）が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されると、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、上記装置のいずれかをも種々の形態で形成することができる。

40

【0033】

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

50

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場合には、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、可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且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。

10

【0034】

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移動不均一性に対して A L D を比較的低感受性にする。原則として、反応プロセスにおける不均一な化学物質フラックスは一般に、表面領域の異なる部分に対する完成時間を異なるものにする。しかし A L D を用いた場合、反応のそれぞれが基板表面全体上で完成することが許される。従って、完成キネティクスの相違は、均一性に対して何の不利益も与えない。その理由は、最初に反応を完成するようになっている領域は反応を自己終結し、他の領域は、完全処理された表面が所望の反応を受けるまで持続することができるからである。

20

【0035】

典型的には A L D 法は、単一の A L D サイクル（1 サイクルは前に挙げた 1 ~ 4 の番号の工程を有している）において約 $0.1 \sim 0.2 \text{ nm}$ の膜を堆積する。多くの又はほとんどの半導体用途において、約 $3 \text{ nm} \sim 30 \text{ nm}$ の均一な膜厚を、そして他の用途ではさらに厚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、基板は好ましくは 2 分 ~ 3 分以内で処理され、これは、A L D サイクル時間が約 $0.6 \text{ 秒} \sim 6 \text{ 秒}$ の範囲になければならないことを意味する。

【0036】

A L D 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、数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・パージサイクルのため、A L D を効果的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突然変化させることができ、これとともにパージサイクルをすぐ実施することができる装置が必要となる。従来の A L D システムは、種々異なるガス状物質を基板上に、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、A L D 装置は、多くの基板のコスト効率が高い被覆を可能にするために、多くのサイクルにわたっ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。

30

40

【0037】

任意の所与の反応温度で、A L D 反応が自己終結に達するために必要とする時間を最小化しようと、1 つのアプローチでは、いわゆる「パルス化」システムを使用して、A L D 反応器内へ流入する化学物質フラックスを最大化するようになっている。A L D 反応器内へ流入する化学物質フラックスを最大化するために、最小限に希釈した不活性ガスとともに、そして高い圧力で A L D 反応器内に分子前駆体を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、及び A L D 反応器からのこれらの分子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、A L D 反応器内のガス滞留時間が最小化されることを決定づける。ガス滞留時間は、反応器の容積 V 、

50

A L D 反応器内の圧力 P、及び流量 Q の逆数に対して比例する。すなわち：

$$= V P / Q \quad (3)$$

【 0 0 3 8 】

典型的な A L D チャンバの場合、容積 (V) 及び圧力 (P) は独立して機械的制約及びポンプ制約によって決定づけられ、このことは、滞留時間を低い値に正確に制御することを難しくする。従って、A L D 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、A L D 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、A L D 反応時間を最小限にすると、A L D 反応器内部で高い圧力を使用することにより、A L D 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。加えて、ガス滞留時間及び化学物質利用効率の両方が流量に対して反比例する。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、ガス滞留時間をも長くしてしまう。

10

【 0 0 3 9 】

既存の A L D 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小化する必要性との間の歩み寄りを伴う妥協の産物である。「パルス化された」ガス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、各反応ガスを連続的に提供すること、そして各ガスを通して基板を連続して動かすことである。例えば、米国特許第 6 , 8 2 1 , 5 6 3 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見て下向きに基板に向かって導く。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、基板に近接して、例えば基板表面から 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、ガス流が基板表面と反応した後、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、基板表面から離されている。

20

【 0 0 4 0 】

回転ターンテーブル又はその他の移動装置が、1 つ又は 2 つ以上の基板ウエハーを保持するために設けられている。この装置を用いると基板は異なるガス流の下で往復させられ、これにより A L D 堆積を生じさせる。1 つの態様の場合、基板は、チャンバを通して線状通路内で動かされ、この通路内で基板は多数回にわたって前後へパスされる。

30

【 0 0 4 1 】

連続ガス流を使用した別のアプローチが、米国特許第 4 , 4 1 3 , 0 2 2 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、キャリアガス開口、及び真空排気開口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、パルス化された動作を必要とすることなしに、ここでも A L D 堆積を生じさせる。具体的には図 1 3 及び図 1 4 の態様の場合、基板表面と反応性蒸気との順次の相互作用が、ソースガス開口の固定アレイ上の基板の往復運動によって行われる。排気開口間にキャリアガス開口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 他は述べているが、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。

40

【 0 0 4 2 】

‘ 563 Yudovsky 及び ‘ 022 Suntola 他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しさ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。‘ 563 Yudovsky の開示物のガス流供給ユニットも、‘ 022 Suntola 他の開示物のガス流アレイも、基板に 0 . 5 mm よりも近接して使用することはできない。‘ 563 Yudovsky 及び ‘ 022 Suntola 他の特許明細書に開示されたガス流供給装置のいずれも、可動ウェブ表面、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板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、‘ 563 Yudovsky 開示物のガス流供給ユニット及び ‘ 022 Suntola 他開示物のガス流アレイの複雑な装置は、これらの解決手

50

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可動基板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、ひいては基板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。

【 0 0 4 3 】

米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 8 4 6 1 0 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が、米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 8 4 6 1 0 号明細書に述べられている。米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 8 4 6 1 0 号明細書の態様は、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 2 0 0 5 / 0 8 4 6 1 0 号明細書の図 1 0 には、チャンバの壁が取り除かれている態様が示されている。一連の分離されたインジェクタが、回転する円形基板ホルダー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ールド、パージ・マニホールド、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板毎に、この基板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、米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 8 4 6 1 0 号明細書にはほとんど又は全く記載されていないが、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予防され、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ていると述べられている。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 4 4 】

上記に照らして、薄膜材料層の密度、厚さ、組成、ひいては薄膜材料層のバリア特性及び光学特性をより正確に制御するのを可能にするための改善された特徴を提供することができる A L D 堆積法及び装置を含む、薄膜材料堆積のプロセス及び方法を開発する必要があることは明らかである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 4 5 】

手短に述べると、本発明の 1 態様によれば、光学膜又は光学アレイを製造する方法は、a) 第 1 薄膜を基板上に形成するために、実質的に平行な細長チャンネルに沿って一連のガス流を同時に方向付けする工程、ここで該一連のガス流は、順番に、少なくとも第 1 反応ガス材料と、不活性パージガスと、第 2 反応ガス材料とを含み、該第 1 反応ガス材料は、該第 1 薄膜を形成するために、該第 2 反応ガス材料で処理された基板表面と反応することができる；b) 第 1 光学特性を有する第 1 膜層の第 1 厚を生成するように、工程 a) を複数回繰り返す工程、ここで該方法は大気圧で、又は大気圧を上回る圧力で行われる；c) 第 2 膜層を生成するように、工程 a) 及び b) を繰り返す工程を含み；そして、該方法が実質的に大気圧で、又は大気圧を上回る圧力で行われる。

【 0 0 4 6 】

本発明及びその目的及び利点は、下記好ましい態様の詳細な説明においてより明らかになる。

【 0 0 4 7 】

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 】

【 0 0 4 8 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明による原子層堆積のための供給装置の 1 つの態様を示す断面側方図である。

【図 2】図 2 は、薄膜堆積を施された基板に提供されるガス材料の 1 配列例を示す供給装置の 1 つの態様を表す断面側方図である。

【図 3 A】図 3 A は、付随する堆積動作を概略的に示す、供給装置の 1 つの態様を示す断面側方図である。

【図 3 B】図 3 B は、付随する堆積動作を概略的に示す、供給装置の 1 つの態様を示す断面側方図である。

【図 4】図 4 は、任意のディフューザ・ユニットを含む 1 つの態様による堆積システム内の供給装置を示す斜視分解図である。

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

【図 5 B】図 5 B は、図 4 の供給装置のためのガス・チャンバ・プレートを示す平面図である。

【図 5 C】図 5 C は、図 4 の供給装置のためのガス誘導プレートを示す平面図である。

【図 5 D】図 5 D は、図 4 の供給装置のためのベース・プレートを示す平面図である。

【図 6】図 6 は、1 つの態様における供給装置上のベース・プレートを示す斜視図である。

【図 7】図 7 は、1 つの態様によるガス・ディフューザ・ユニットを示す分解図である。

【図 8 A】図 8 A 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 8 B】図 8 B 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 8 C】図 8 C 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 8 D】図 8 D 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 8 E】図 8 E 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 9 A】図 9 A は、鉛直方向に積み重ねられたプレートを使用した態様における供給装置の一部を示す斜視図である。

【図 9 B】図 9 B は、図 9 A に示された供給装置の構成部分を示す分解図である。

【図 9 C】図 9 C 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 10 A】図 10 A は、図 9 A の鉛直方向プレートの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 10 B】図 10 B は、図 9 A の鉛直方向プレートの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 11 A】図 11 A は、図 9 A の鉛直方向プレートの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。

【図 11 B】図 11 B は、図 9 A の鉛直方向プレートの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 12 A】図 12 A は、図 9 A の鉛直方向プレートの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 12 B】図 12 B は、図 9 A の鉛直方向プレートの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 13 A】図 13 A は、図 9 A の鉛直方向プレートの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 13 B】図 13 B は、図 9 A の鉛直方向プレートの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。

【図 13 C】図 13 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 14】図 14 は、浮動型供給装置を含む堆積システムの 1 つの態様を、関連する距離寸法及び力方向とともに示す側面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 5】図 1 5 は、基板移動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、本発明の供給装置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、可動ウェブに適用された堆積システムの 1 つの態様を示す斜視図である。

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

【図 1 9】図 1 9 は、湾曲を有する出力面を備えた供給装置の 1 つの態様を示す断面側方図である。

【図 2 0】図 2 0 は、基板から供給装置を分離するためにガスクッションを使用した態様を示す斜視図である。

【図 2 1】図 2 1 は、可動基板と一緒に使用するための「空気」軸受けの態様を含む堆積システムのための態様を示す側面図である。

【図 2 2 A】図 2 2 A は、堆積作業を用いて製造された光学フィルタ、及びその吸光度を示す図である。

【図 2 2 B】図 2 2 B は、堆積作業を用いて製造された光学フィルタ、及びその吸光度を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0049】

本発明は、具体的には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。

【0050】

下記説明に関して「ガス」又は「ガス材料」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。

【0051】

下記の説明に関して、「積み重ね」はその従来通りの意味を有し、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置くか又は互いに重ね合わせる。

【0052】

「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。

【0053】

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板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、基板表面にガス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）連続したガス材料分配を採用する。本発明の装置は、大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。

【0054】

図 1 を参照すると、本発明による基板 2 0 上への原子層堆積のための供給ヘッド 1 0 の 1 つの態様の断面側方図が示されている。供給ヘッド 1 0 は、第 1 ガス材料を受容するための流入ポートとして役立つガス流入導管 1 4 と、第 2 ガス材料を受容する流入ポートのためのガス流入導管 1 6 と、第 3 ガス材料を受容する流入ポートのためのガス流入導管 1 8 とを有している。これらのガスは、続いて説明する構造的配列を有する出力チャネル 1 2 を介して、出力面 3 6 で放出される。図 1 及び後続の図 2 ~ 3 B において破線で示す矢

10

20

30

40

50

印は、供給ヘッド10から基板20へのガスの供給を意味する。図1において、点線矢印Xは、排気経路（この図面では上方に向いて示されている）、及び導管24に接続された排気ポートと連通する排気チャンネル22を示している。説明の便宜上、排気は図2～3Bには示されていない。排ガスは未反応量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が、主として別の種を含有する排気流と混合するのを可能にす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有してよいことが明らかである。

【0055】

1つの態様の場合、ALD堆積を生じさせるために基板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、ガス流入導管14及び16が適合されており、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、基板20から距離Dを置いて配置されている。基板20は、後でより詳細に説明するように、基板支持体上に設けられていてよい。基板20と供給ヘッド10との間には、基板20の運動によって、又は供給ヘッド10の運動によって、又は基板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に示された特定の態様の場合、矢印A、及び図1の基板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板支持体96によって、基板20が動かされる。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。基板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、基板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。

10

20

【0056】

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している（前述の通り排気路は省く）。この特定の配列において、各出力チャンネル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。各出力チャンネル12は典型的には、第1反応ガス材料O、又は第2反応ガス材料M、又は第3不活性ガス材料Iを供給する。

【0057】

図2は、ガスの比較的基本的又は単純な配列を示している。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場合に、反応ガスの混合物、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ン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ンネルをも分離する。第1及び第2反応ガス材料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、しかし反応ガス材料O又はMも不活性ガス材料Iとは反応しない。図2以降に使用された用語は、何らかの典型的なタイプの反応ガスを示唆している。例えば、第1反応ガス材料Oは、酸化ガス材料であってもよく、第2反応ガス材料Mは、金属含有化合物、例えば亜鉛含有材料となる。不活性ガス材料Iは、窒素、アルゴン、ヘリウム、又はALDシステムにおけるパージガスとして一般に使用されるその他のガスであってよい。不活性ガス材料Iは、第1及び第2反応ガス材料O及びMに対して不活性である。第1及び第2反応ガス材料間の反応は、金属酸化物又はその他の二元化合物、例えば1つの態様において半導体を使用される酸化亜鉛 ZnO 又は ZnS を形成することになる。3種以上の反応ガス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。

30

40

【0058】

図3A及び3Bの断面図は、反応ガス材料O及びMを供給する場合に基板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ALD被覆作業を、単純化された概略形態で示している。図3Aにおいて、基板20の表面は先ず、第1反応ガス材料Oを供給するものとして指定された出力チャンネル12から連続的に放出された酸化材料を受

50

容する。基板の表面はここでは、材料Oの部分反応形態を含有している。この部分反応形態は、材料Mと反応させられ易い。次いで、基板20が第2反応ガス材料Mの金属化合物の経路内に入ると、Mとの反応が行われ、金属酸化物、又は2つの反応ガス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3A及び3Bに示された堆積シーケンスは、パルス化とは異なり、所与の基板又はその特定領域に対する堆積中、連続している。すなわち、基板20が供給ヘッド10の表面を横切るのに伴って、又はその逆に供給ヘッド10が基板20の表面に沿って進むのに伴って、材料O及びMは連続的に放出される。

【0059】

図3A及び3Bが示すように、第1及び第2反応ガス材料O及びMの流れの間に設けられた別の出力チャンネル12内には不活性ガス材料Iが提供されている。とりわけ図1に示すように、排気チャンネル22があるが、しかし、出力チャンネル12間に真空チャンネルは存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されたガスを通気するには、少量の吸引を可能にする排気チャンネル22しか必要でない。

【0060】

同時係属中の同一譲受人による米国特許出願第11/620,744号明細書により詳細に記載されている1つの態様において、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ように、ガス圧力が基板20に対して提供される。出力面36と基板20の表面との間で或る程度の量のガス圧力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、又は基板20に対する空気軸受け、又はより適切にはガス流体軸受け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に対する移動要件を単純化するのを助ける。ガス圧力によって支持されるように供給ヘッドが基板に接近するのを可能にするという効果は、ガス流間の隔離を提供する助けとなる。ヘッドがこれらの流れに浮かぶのを可能にすることにより、反応物質流及びパージ流の領域内に圧力フィールドが形成される。これらの圧力フィールドにより、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導かれる。1つのこのような態様の場合、分離距離Dは比較的小さいので、距離Dの変化は小さいものであっても（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1つの態様の場合、1mm未満の変化を伴う分離距離Dを2倍にするために、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。

【0061】

しかしながら本発明は浮動型ヘッド・システムを必要としているわけではなく、供給装置及び基板は、従来のシステムにおけるように固定距離Dにあることが可能である。例えば、供給装置及び基板は、互いに分離距離を置いて機械的に固定することができ、この場合、ヘッドは流量の変化に応じて基板に対して、鉛直方向に可動ではなく、そして基板は鉛直方向に固定された基板支持体上にある。

【0062】

本発明の1つの態様の場合、基板上に薄膜材料を堆積するための、ガス材料を提供する出力面を有する供給装置は：

(a) 第1ガス材料、第2ガス材料、及び第3ガス材料のための共通の供給部をそれぞれ受容することができる、少なくとも第1流入ポート、第2流入ポート、及び第3流入ポートを含む複数の流入ポートを含み；

さらに供給装置は、

(b) 第1の複数の第1細長放出チャンネル、第2の複数の細長放出チャンネル、及び第3の複数の細長放出チャンネルを含み、そして第1、第2、及び第3の細長放出チャンネルのそれぞれが、対応する第1流入ポート、第2流入ポート、及び第3流入ポートのうちの1つとそれぞれガス流体連通可能であり；

第1、第2、及び第3の複数の細長放出チャンネルのそれぞれは、長さ方向で延びており、そして実質的に平行であり；

10

20

30

40

50

各第 1 細長放出チャネルがそれぞれの細長い側で、第 3 細長放出チャネルによって、最も近い第 2 細長放出チャネルから分離されており；

各第 1 細長放出チャネルと各第 2 細長放出チャネルとが、第 3 細長放出チャネルの間に位置しており；

複数の第 1、第 2 及び第 3 の細長放出チャネルから成る群のうちの少なくとも 1 つの群における細長放出チャネルのそれぞれが、第 1 ガス材料、第 2 ガス材料、及び第 3 ガス材料のうちの少なくとも 1 つの材料の流れをそれぞれ、供給装置の出力面に対して実質的に直交方向に導くことができ、このガス材料流は、少なくとも 1 つの群における細長放出チャネルのそれぞれから直接又は間接に基板表面に対して実質的に直交方向に提供されることが可能であり；そして

供給装置が、複数のアパーチャ付きプレートとして形成されており、これらのプレートは、出力面に対して実質的に平行に配置されていて、相互接続供給チャンバと、第 1、第 2、及び第 3 ガス材料のそれぞれをその対応流入ポートからその対応する複数の細長排気チャネルに送るための誘導チャネルとから成る網状構造を画定するように重ねられている。

【0063】

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、1 つこのような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 つの一部だけに関するガス流路の例も示している。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接続するための一連の入力ポート 104 を有している。各入力ポート 104 は誘導チャンバ 102 と連通しており、この誘導チャンバ 102 は、ガス・チャンバ・プレート 110 に対して下流側に、受容されたガスを導く。ガス・チャンバ・プレート 110 は供給チャンバ 112 を有している。供給チャンバ 112 は、ガス誘導プレート 120 上の個々の誘導チャネル 122 とガス流体連通している。誘導チャネル 122 から、ガス流はベース・プレート 130 上の特定の細長排気チャネル 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 F 1 の一例は、供給ヘッド 10 の部品集成体のそれぞれを通るように軌跡を描く。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。

【0064】

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、ガス誘導プレート 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、積み重ね型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、それ自体を積み重ねプレートのスタック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 つのスタック型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、誘導チャンバ 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。

【0065】

ガス材料を基板に提供する出力チャネルを通る流れを均一にするために、ガス・ディフューザ・ユニット 140 を使用することができるが、米国特許第 4,413,022 号明細書 (Suntola 他) (参考のために本明細書中に引用する) に記載されているように、ディフューザなしでガス材料を提供するために、出力チャネルを使用することができる。拡散されていない流れを提供することにより、場合によっては堆積の均一性の低下という犠牲を払って、より高いスループットを得ることができる。他方において、上記浮動型ヘッド・システムにとってはディフューザ・システムが特に有利である。それというのも、ヘッドの浮動を容易にする供給装置内部の背圧を提供することができるからである。

【 0 0 6 6 】

図 5 A ~ 5 D は、図 4 の態様における供給ヘッド 1 0 を形成するために互いに組み合わされた主要構成部分のそれぞれを示している。図 5 A は複数の誘導チャンバ 1 0 2 を示す、結合プレート 1 0 0 の斜視図である。図 5 B は、ガス・チャンバ・プレート 1 1 0 を示す平面図である。1 つの態様における供給ヘッド 1 0 のパージガス又は不活性ガスのために、供給チャンバ 1 1 3 が使用される（定常状態の作業中に同じ分子種間で分子ベースで混合することを伴う）。供給チャンバ 1 1 5 は、1 つの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 1 1 6 が、この反応ガスのための排気路を提供する。同様に、供給チャンバ 1 1 2 は、必要とされる他の反応ガス、すなわち第 2 反応ガス材料（M）を提供し；排気チャンバ 1 1 4 は、このガスのための排気路を提供する。

10

【 0 0 6 7 】

図 5 C は、この態様における供給ヘッド 1 0 のためのガス誘導プレート 1 2 0 を示す平面図である。第 2 反応ガス材料（M）を提供する複数の誘導チャンネル 1 2 2 が、適切な供給チャンバ 1 1 2（この図面には示していない）とベース・プレート 1 3 0 とを結合するためのパターンを成して配列されている。誘導チャンネル 1 2 2 の近くに、対応排気誘導チャンネル 1 2 3 が配置されている。誘導チャンネル 9 0 は、第 1 反応ガス材料（O）を提供する。誘導チャンネル 9 2 は、パージガス（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、一例としての態様を示しているのにすぎないことであり、数多くのその他の態様も可能である。

20

【 0 0 6 8 】

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 を示す平面図である。ベース・プレート 1 3 0 は、細長排気チャンネル 1 3 4 が間に挟まれた複数の細長放出チャンネル 1 3 2 を有している。

【 0 0 6 9 】

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 を示し、そして入力ポート 1 0 4 を示す斜視図である。図 6 の斜視図は、細長放出チャンネル 1 3 2 と細長排気チャンネル 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 の外面を示している。図 4 を基準として、図 6 は、基板に向いた側から見て示されたものである。

【 0 0 7 0 】

図 7 の分解図は、図 4 の態様及び続いて説明する他の態様に使用されるような任意選択のガス・ディフューザ・ユニット 1 4 0 の 1 つの態様を形成するために使用される構成部分の基本配列を示す。これらは、図 8 A 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 6、7、及び 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、そして細長放出チャンネル 1 3 2 からそのガス流を得る。図示の態様において、ノズル孔の形の第 1 のディフューザ出力通路 1 4 3 が、所要のガス材料を提供する。続いて説明するように、排気路内にスロット 1 8 0 が設けられている。

30

【 0 0 7 1 】

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、基板 2 0 の表面領域から離れる方向に排ガスを効率的に導く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。図示の態様の場合、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。

40

【 0 0 7 2 】

図 8 C に示されたフェイス・プレート 1 4 8 は基板 2 0 に面している。ガスを提供する第 3 ディフューザ出力通路 1 4 9 と排気スロット 1 8 4 とがここでもこの態様では交互に形成されている。

50

【 0 0 7 3 】

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している。図 8 D を参照すると、代表的なガスポート集合に関して、1 つの態様において出力流 F 2 に対する徹底した反応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 のディフューザ出力通路 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 ディフューザ出力通路 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、1 つの態様の場合、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、出力チャンネル 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 ディフューザ出力通路 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、空間的にずらされているだけでなく、供給ヘッドを貫流する場合にガス材料の分子間混合及び均一な拡散に貢献するために異なるジオメトリを有していてもよい。

10

【 0 0 7 4 】

任意選択のディフューザ・ユニットが存在しない場合には、ベース・プレート内の細長放出チャンネル 1 3 2 は、第 3 ディフューザ出力通路 1 4 9 の代わりに供給ヘッド 1 0 のための出力チャンネル 1 2 として役立つことができる。

【 0 0 7 5 】

図 8 E は、同様の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。ここでは下流方向は、ガスの供給側とは反対方向である。流れ F 3 は、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している。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、表面からの使用された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、基板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。

20

【 0 0 7 6 】

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、ガス誘導プレート 1 2 0、及びベース・プレート 1 3 0 として示された構成部分の組み合わせを、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態様が、供給集成体 1 5 0 には可能である。

30

【 0 0 7 7 】

基板上への薄膜材料堆積のためのガス材料を提供するための出力面を有する供給装置の別の態様は：

（ a ） 第 1 ガス材料、第 2 ガス材料、及び第 3 ガス材料のための共通の供給部をそれぞれ受容することができる、少なくとも第 1 流入ポート、第 2 流入ポート、及び第 3 流入ポートを含む複数の流入ポートを含み；さらに、

（ b ） 当該第 1、第 2、及び第 3 細長放出チャンネルのそれぞれが、対応する第 1、第 2、及び第 3 流入ポートのうちの 1 つとガス流体連通可能である、第 1 の複数の細長放出チャンネル、第 2 の複数の細長放出チャンネル、及び第 3 の複数の細長放出チャンネルを含む、基板上への薄膜材料堆積のためのガス材料を提供するための出力面を有する供給装置を含み；

40

第 1、第 2、及び第 3 の細長放出チャンネルのそれぞれは、長さ方向で延びており、そして実質的に平行であり；

各第 1 細長放出チャンネルがそれぞれの細長い側で、第 3 細長放出チャンネルによって、最も近い第 2 細長放出チャンネルから分離されており；

各第 1 細長放出チャンネルと各第 2 細長放出チャンネルとが、第 3 細長放出チャンネルの間に位置しており；

複数の第 1、第 2 及び第 3 の細長放出チャンネルから成る群のうちの少なくとも 1 つの群

50

における細長放出チャネルのそれぞれが、第 1、第 2、及び第 3 ガス材料のうちの少なくとも 1 つの材料の流れをそれぞれ、供給装置の出力面に対して実質的に直交方向に導くことができ、このガス材料流は、少なくとも 1 つの群における細長放出チャネルのそれぞれから直接又は間接に基板表面に対して実質的に直交方向に提供されることが可能であり；

供給装置の少なくとも一部が、複数のアパーチャ付きプレートとして形成されており、これらのプレートは、相互接続供給チャンバと、第 1、第 2、及び第 3 ガス材料のそれぞれをその対応流入ポートからその対応する複数の細長排気チャネルに送るための誘導チャネルとから成る網状構造を画定するように重ねられており、アパーチャ付きプレートが、出力面に対して実質的に垂直に配置されており；そして

第 1、第 2、及び第 3 の複数の細長放出チャネルのそれぞれに対して、それぞれ個々の細長放出チャネルが：(i) 個々の細長放出チャネルの長さに沿って側壁を画定する、中央プレートの各側に 1 つのセパレータ・プレートが位置する 2 つのセパレータ・プレート；(i i) 2 つのセパレータ・プレートの間にサンドイッチされた、個々の細長放出チャネルの幅を画定する中央プレート、を含み；そして、2 つのセパレータ・プレート及び中央プレートのアパーチャの整合が、第 1、第 2 又は第 3 のガス材料のうちの 1 種のガス材料の供給部との流体連通を可能にし、そして、第 1、第 2、又は第 3 のガス材料のうちの 1 種だけが個々の細長放出チャネル内に入るのを許す。

【 0 0 7 8 】

図 9 A を参照すると、このような別の態様が示されており、底面図（すなわちガス放出側から見た図）から、出力面 3 6 に対して垂直方向に配置された積み重ねアパーチャ付きプレートのスタック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。説明しやすさのために、図 9 A の「鉛直方向」態様に示された供給集成体 1 5 0 の部分は、2 つの細長放出チャネル 1 5 2 と、2 つの細長排気チャネル 1 5 4 とを有している。図 9 A ~ 1 3 C の鉛直方向プレート配列は、多数の細長放出チャネル及び細長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とともに、続いてより詳細に示す、各反応物質プレートが間にセンタリングされているセパレータ・プレートによって画定された側壁を有することにより、それぞれの細長放出チャネル 1 5 2 が形成されている。この場合アパーチャの適正な整合が、ガス材料の供給部と流体連通するのを可能にする。

【 0 0 7 9 】

図 9 B の分解図は、図 9 A に示された供給集成体 1 5 0 の小さなセクション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している。図 9 C は、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、種々のアパーチャ付きプレートを平面図及び斜視図の両方で示している。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、パージ P、反応物質 R、及び排気 E。

【 0 0 8 0 】

図 9 B の左から右に向かって見て、基板に向かう方向又は基板から離れる方向にガスを導く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、パージ・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 には、反応物質プレート 1 6 6 (R) が示されている。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 ' を示している。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。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場合に整合し、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 を通して細長放出出力チャネル 1 5 2 及び細長排気チャネル 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 8 1 】

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 1 6 0 (S) は、側壁を形成することにより各チャンネルを画定する。所要のパージガスとともに 2 つの反応ガスを提供するための最小の供給集成体 1 5 0、及び典型的な A L D 堆積のための排気チャンネルは、全略字配列を使用して表されることになる：

S-P-S-E1-S-R1-S-E1-S-P-S-E2-S-R2-S-E2-S-P-S-E1-S-R1-S-E1-S-P-S-E2-S-R2-S-E2-S-P-S-E1-S-R1-S-E1-S-P-S

R 1 及び R 2 は、2 つの異なる反応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 1 6 6 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 1 6 4 を表す。

【 0 0 8 2 】

細長排気チャンネル 1 5 4 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 1 2 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。隣接する細長放出チャンネル 1 5 2 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。

【 0 0 8 3 】

供給ヘッド 1 0 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、基板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。

【 0 0 8 4 】

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 1 0 と基板 2 0 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 3 6 は、基板表面から 1 ミル (ほぼ 0 . 0 2 5 mm) 以内に、極めて近接して配置することができる。比較によると、前に引用した米国特許第 6 , 8 2 1 , 5 6 3 号明細書 (Yudovsky) に記載されているような以前のアプローチは、基板表面に対して 0 . 5 mm 以上の距離に限定されたのに対して、本発明の態様は、0 . 5 mm 未満、例えば 0 . 4 5 0 mm 未満で実際的であり得る。事実上、基板表面に近接して供給ヘッド 1 0 を配置することが、本発明において好ましい。具体的に好ましい態様の場合、基板の表面からの距離 D は、0 . 2 0 mm 以下、好ましくは 1 0 0 μ m 未満であってよい。

【 0 0 8 5 】

スタック型プレートの態様において多数のアパーチャ付きプレートを集成する場合に、基板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。1 つの態様の場合、出力チャンネル 1 2 は開口の長さに沿って、偏差が 1 0 % 以下までの、実質的に等価の圧力を示す。より厳密な許容差、例えば 5 % 以下又は 2 % もの小さな偏差さえ可能にする。

【 0 0 8 6 】

本発明の 1 つの態様の場合、本発明の供給ヘッド 1 0 は、浮動システムを使用することにより、出力面 3 6 と基板 2 0 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。図 1 4 は、供給ヘッド 1 0 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考察を示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

図 1 4 において、代表的な数の出力チャンネル 1 2 及び排気チャンネル 2 2 を示す。出力チャンネル 1 2 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 1 0 のための有用なクッション効果又は「空気」軸受け（流体ガス軸受け）効果を提供するために、十分な着地面積、すなわち基板と密接に接触することができる出力面 3 6 に沿った十分な固体表面積が存在すべきである。着地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 3 6 の固体表面積の相対量に相当する。簡単に言えば、着地面積は、出力面 3 6 の総面積から出力チャンネル 1 2 及び排気チャンネル 2 2 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 w_1 を有する出力チャンネル、又は幅 w_2 を有する排気チャンネル 2 2 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%の着地面積が 1 つの態様において提供される。他の態様は、より小さな着地面積値、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。

10

【 0 0 8 8 】

言うまでもなく、供給ヘッド 1 0 が基板 2 0 の上方の距離 D のところで実質的に維持されるように、流体ガス軸受けを設けると有利である。この軸受けは、任意の好適なタイプの移動メカニズムを使用して、供給ヘッド 1 0 の事実上摩擦のない運動を可能にする。供給ヘッド 1 0 を、前後にチャネリングされるのに伴って、基板 2 0 の表面の上方で「ホバリング」させ、材料堆積中に基板 2 0 の表面を横切るように擦過させることもできる。

20

【 0 0 8 9 】

図 1 4 に示されているように、供給ヘッド 1 0 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、補助つり上げ構成部分、例えばばね 1 7 0、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、追加の力が加えられなければ、余りにも大きい距離だけ基板 2 0 の表面から供給ヘッド 1 0 が強制的に離されることになる。このような事例において、距離 D を維持するのに必要な追加の力（図 1 4 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 1 7 0 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。

30

【 0 0 9 0 】

或いは、供給ヘッド 1 0 は、基板 2 0 に対して何らかの他の配向で配置されてもよい。例えば基板 2 0 は、重力と対向する流体ガス軸受け効果によって支持することにより、堆積中に基板 2 0 を供給ヘッド 1 0 に沿って動かすことができる。供給ヘッド 1 0 の上方にクッションングされた基板 2 0 に堆積するための、流体ガス軸受け効果を用いた 1 つの態様を図 2 0 に示されている。供給ヘッド 1 0 の出力面 3 6 を横切る基板 2 0 の運動は、図示の複矢印に沿った方向で行われる。

【 0 0 9 1 】

図 2 1 の別の態様は、供給ヘッド 1 0 と流体ガス軸受け 9 8 との間を方向 K に動く、基板支持体 7 4、例えばウェブ支持体又はローラ上の基板 2 0 を示している。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。この態様の場合、供給ヘッド 1 0 は、出力面 3 6 と基板 2 0 との間の所望の距離 D を維持するために、空気軸受け効果を有し、ガス流体軸受け 9 8 と協働する。ガス流体軸受け 9 8 は、不活性ガス、又は空気、又は何らかの他のガス材料の流れ F_4 を使用して圧力を導くことができる。なお、本発明の堆積システムの場合、基板支持体又はホルダーは、堆積中、基板と接触していてもよく、その基板支持体は基板を移動する手段、例えばローラであってよい。従って、処理される基板の熱的隔離は本発明のシステムの要件ではない。

40

【 0 0 9 2 】

図 3 A 及び 3 B に関して具体的に記載したように、供給ヘッド 1 0 は、その堆積機能を

50

発揮するために、基板 20 の表面に対する相対運動を必要とする。供給ヘッド 10 及び基板 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、例えば基板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、連続運動であってもよい。特にパッチ法において基板の回転を利用することもできるが、連続法が好ましい。供給ヘッドの本体にはアクチュエータが、例えば機械的接続によってカップリングされてよい。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。

【0093】

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 反応ガス材料 O を 1 回適用し、そして第 2 反応ガス材料 M を 1 回適用することを可能にする。

10

【0094】

O 及び M 反応ガス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、基板 20 の 1 領域を、第 1 反応ガス材料 O 及び第 2 反応ガス材料 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、供給装置は、その行程に関してより長い距離だけ動くこともでき、基板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。

20

【0095】

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。

30

【0096】

例えば、1 つの特定の用途において、各 O - M サイクルが、処理された表面の 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、処理された表面の均一な 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 サイクルが必要となる。

【0097】

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板 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、動作をもたらす基板支持体 74 によって提供される基板 20 の動作によって、又は供給ヘッド 10 及び基板 20 双方の動作によって生じさせ得ることである。

40

【0098】

図 15 において、供給装置と基板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有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、基板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

50

、固定基板上の供給ヘッドの変位と組み合わせられた振動；固定供給ヘッドに対する基板の変位と組み合わせられた振動；又は振動と固定運動とが供給ヘッド及び基板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。

【0099】

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を製作することができる。例えば、1つの態様の場合、出力チャネル12は0.005インチ(0.127mm)の幅w1を有しており、3インチ(75mm)までの長さで延びている。

【0100】

好ましい態様の場合、ALDは、大気圧又は近大気圧で、また周囲及び基板の広範囲の温度、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。

【0101】

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28a, 28b及び28c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と、供給ヘッド10を運動させやすくなる。便宜上、任意選択の真空蒸気回収装置及びその他の支持構成部分は図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。移動サブシステム54は、供給ヘッド10の出力面36に沿って基板20を移動する基板支持体を提供し、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、並びに弁及びその他の支持構成部分の全体的な制御を、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体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、そしてまた移動サブシステム54の移動モーター52を制御する。アクチュエータ30は、可動基板20に沿って(或いは、定置基板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多数の装置のうちのいずれであってもよい。

【0102】

図17は、ウェブ基板66上に薄膜堆積するための原子層堆積(ALD)システム70の別の態様を示している。ウェブ基板66は、基板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を超えて移動される。供給ヘッド移動装置64は、ウェブ移動方法に対して横方向にウェブ基板66の表面を横切るように供給ヘッド10を移動する。1つの態様の場合、ガス圧力によって提供される完全分離力によって、ウェブ基板66の表面を横切るように前後に推進される。別の態様の場合、供給ヘッド移動装置64は、ウェブ基板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。別の態様の場合、複数の供給装置10が、ウェブ・コンベヤ62に沿った好適な位置で使用される。

【0103】

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を示している。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が所定の量の湾曲を有する供給ヘッド10の一部の態様が表示されている。このような湾曲は、いくつかのウェブ被覆用途にとっ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。

【0104】

ウェブ製作のために特に有用であり得る別の態様において、ALDシステム70は、複数の供給装置10、又は1つのヘッドがウェブ基板66の各側に配置されているデュアル供給装置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

10

20

30

40

50

る。このことは、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を提供することになる。

【0105】

本発明の装置は、いくつかの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板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。

【0106】

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 V で維持される。

【0107】

好ましい態様を参照しながら本発明について詳細に説明してきたが、上記の、そして添付の特許請求の範囲に記載した本発明の範囲内で、当業者によって本発明の範囲を逸脱することなしに変更及び改変を施し得ることは明らかである。例えば、基板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軸受け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から基板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、例えばプラテンを含む、他のタイプの基板ホルダーを使用することもできる。

【0108】

供給ヘッド10のために使用されるアパーチャ付きプレートを、数多くの方法で形成して結合することもできる。有利には、周知の方法、例えば順送りダイ、成形、機械加工、又はスタンピングを用いて別々に製作することができる。アパーチャ付きプレート上に入り組んだ開口を形成する特に望ましい方法は、ワイヤ放電機械加工(ワイヤEDM)又はフォトリソグラフィ技術である。アパーチャ付きプレートの組み合わせは、図4及び9A及び9Bの態様に示されたものとは種々に異なっていてよく、任意の数のプレート、例えば5~100枚のプレートを有するように供給ヘッド10を形成することができる。1つの態様においてステンレス鋼が使用されており、ステンレス鋼は耐化学物質性及び耐腐食性にとって有利である。一般にアパーチャ付きプレートは金属であるが、用途に応じて、そして堆積プロセスにおいて使用される反応ガス材料に応じて、セラミック、ガラス、又はその他の耐久性材料がアパーチャ付きプレートのいくつか又は全てを形成するのに適していることもある。

【0109】

集成のために、アパーチャ付きプレートは、接着するか、又は機械的ファスナ、例えばボルト、クランプ、又はねじを使用して一緒に結合することができる。シーリングのために、アパーチャ付きプレートは、好適な接着剤又はシーラント材料、例えば真空グリースでスキン塗布することができる。エポキシ、例えば高温エポキシを接着剤として使用することができる。供給ヘッド10のための重なったアパーチャ付きプレートを一緒にボンディングするために、溶融ポリマー材料、例えばポリテトラフルオロエチレン(PTFE)又はTEFLON(登録商標)の接着特性も用いられている。1つの態様の場合、PTFE塗膜が、供給ヘッド10内に使用されるアパーチャ付きプレートの各プレート上に形成される。プレートをスタックし(積み重ね)、PTFE材料の融点(公称327)近くで加熱しながら押し合わせる。熱と圧力との組み合わせはこの場合、塗布されたアパーチャ付きプレートから供給ヘッド10を形成する。塗布材料は、接着剤としてそしてシーラントとして作用する。或いは、接着のために間質塗布材料として、カプトン及びその他の

ポリマー材料を使用することもできる。

【 0 1 1 0 】

図 4 及び 9 B に示すように、アパーチャ付きプレートは、相互接続供給チャンバと、ガス材料を出力面 3 6 に送る誘導チャンネルとから成る網状構造を形成するのに適正な順序で一緒に集成されなければならない。集成する場合には、整合ピン又は同様の構成要件の配列を提供する固定具を使用することもでき、この場合、アパーチャ付きプレート内のオリフィス及びスロットの配列は、これらの整合構成要件と合致する。

【 0 1 1 1 】

上記方法及び装置は、種々の基板上に薄膜材料を堆積するために使用することができる。基板の一例は、米国特許出願第 1 1 / 8 6 1 , 5 3 9 号明細書（全体を参考のため本明細書中に引用する）に記載された O L E D デバイスであってよい。このような O L E D デバイスは、例えば交互に堆積された酸化亜鉛及び酸化アルミニウムを含む無機材料の多層から成るカプセル化パッケージを有している。この無機多層スタックは、最大光透過率をもたらすために、又は防眩膜又は反射防止膜をディスプレイ上に設けるために、又は有色減光フィルタ又は色変換フィルタをディスプレイ上に設けるために最適化することができる。フィルタ、偏光子、及び防眩膜又は反射防止膜の個々の層は、具体的にはカプセル化パッケージ上に設けられていてよく、或いは、特に多層薄膜の場合に、カプセル化パッケージの予め設計された構成要件として含まれていてもよい。

10

【 0 1 1 2 】

上記方法及び装置は、干渉フィルタの形で薄膜材料層を製造するために本発明において用いることができる蒸着法の一例である。

20

【実施例】

【 0 1 1 3 】

この例では、上記の装置と同様の装置を使用して、薄膜材料被覆を行った。アルミナ又は酸化亜鉛を被覆した。アルミナに対しては、トリメチルアルミニウムの 1 M ヘプタン溶液を一方のバブラー内に、水を他方のバブラー内に入れた。酸化亜鉛に対しては、ジエチレンの 1 5 重量 % ヘキサン溶液を一方のバブラー内に、水を他方のバブラー内に入れた。

【 0 1 1 4 】

全ての酸化物に関して、バブラーを通るキャリアガスの流量は 5 0 m l / 分であった。希釈用キャリアガスの流量は、水反応物質に関して 3 0 0 m l / 分であった。不活性セパレータガスの流量は 2 l / 分であった。全ての事例においてキャリアガスのために窒素を使用した。酸化物に対する厚さ対基板振動数を決定するために、校正を実施した。基板温度はほぼ 2 2 0 度であった。

30

【 0 1 1 5 】

例 1

6 2 × 6 2 × 1 m m のガラス・スライド上に、A L D システムを用いて酸化亜鉛層及びアルミナ層を交互に堆積することにより、干渉フィルタを形成した。層の目標厚は、基板から上へ順番に：

酸化亜鉛	1 0 0 n m
アルミナ	1 0 0 n m
酸化亜鉛	1 0 0 n m
アルミナ	1 0 0 n m
酸化亜鉛	1 0 0 n m
アルミナ	2 0 0 n m
酸化亜鉛	1 0 0 n m
アルミナ	1 0 0 n m
酸化亜鉛	1 0 0 n m
アルミナ	1 0 0 n m
酸化亜鉛	1 0 0 n m

40

であった。

50

【 0 1 1 6 】

フィルタ層の概略図を図 2 2 a に示す。フィルタの吸光度を測定し、これは、図 2 2 b に示すように、570 nm の近く及び 700 nm 周辺でピークを示した。

【 0 1 1 7 】

好ましい態様を参照しながら本発明について詳細に説明してきた。本発明の範囲内で変更及び改変を施し得ることは当業者には明らかである。

【 符号の説明 】

【 0 1 1 8 】

1 0	供給ヘッド	
1 2	出力チャネル	10
1 4	ガス流入導管	
1 6	ガス流入導管	
1 8	ガス流入導管	
2 0	基板	
2 2	排気チャネル	
2 4	排気ポート導管	
2 8 a	ガス供給部	
2 8 b	ガス供給部	
2 8 c	ガス供給部	
3 0	アクチュエータ	20
3 2	供給ライン	
3 6	出力面	
5 0	チャンバ	
5 2	移動モーター	
5 4	移動サブシステム	
5 6	制御論理プロセッサ	
6 0	原子層堆積 (A L D) システム	
6 2	ウェブ・コンベア	
6 4	供給ヘッド移動装置	
6 6	ウェブ基板	30
7 0	原子層堆積 (A L D) システム	
7 4	基板支持体	
9 0	前駆体材料のための誘導チャネル	
9 2	パージガスのための誘導チャネル	
9 6	基板支持体	
9 8	ガス流体軸受け	
1 0 0	結合プレート	
1 0 2	誘導チャンバ	
1 0 4	入力ポート	
1 1 0	ガス・チャンバ・プレート	40
1 1 2	供給チャンバ	
1 1 3	供給チャンバ	
1 1 5	供給チャンバ	
1 1 4	排気チャンバ	
1 1 6	排気チャンバ	
1 2 0	ガス誘導プレート	
1 2 2	前駆体材料のための誘導チャネル	
1 2 3	排気誘導チャネル	
1 3 0	ベース・プレート	
1 3 2	細長放出チャネル	50

1 3 4	細長排気チャネル	
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	第 1 ディフューザ出力通路	
1 4 6	ガス・ディフューザ・プレート	
1 4 7	第 2 ディフューザ出力通路	
1 4 8	フェイス・プレート	
1 4 9	第 3 ディフューザ出力通路	
1 5 0	供給集成体	
1 5 2	細長放出チャネル	10
1 5 4	細長排気チャネル	
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	反応物質プレート	
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	20
1 8 4	連続した第 3 排気スロット	
A	矢印	
D	距離	
E	排気プレート	
F 1	ガス流	
F 2	ガス流	
F 3	ガス流	
F 4	ガス流	
I	第 3 不活性ガス材料	
K	方向	30
M	第 2 反応ガス材料	
O	第 1 反応ガス材料	
P	パージ・プレート	
R	反応物質プレート	
S	セパレータ・プレート	
w 1	チャネル幅	
w 2	チャネル幅	
X	矢印	

【図 4】

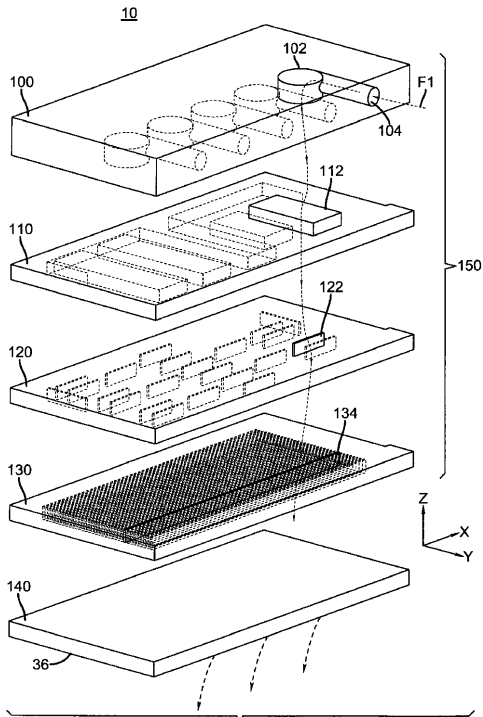


FIG. 4

【図 5 A】

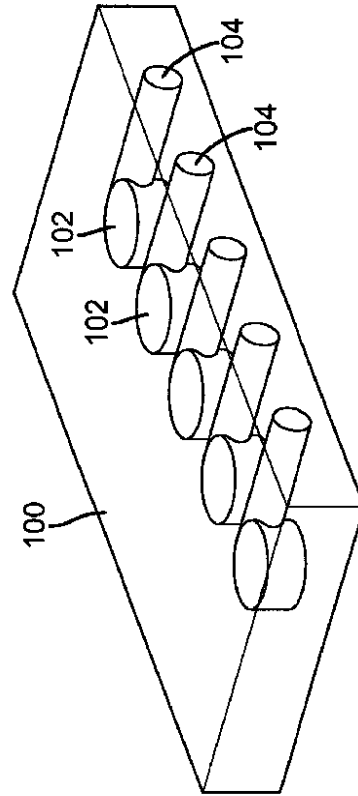


FIG. 5A

【図 5 B】

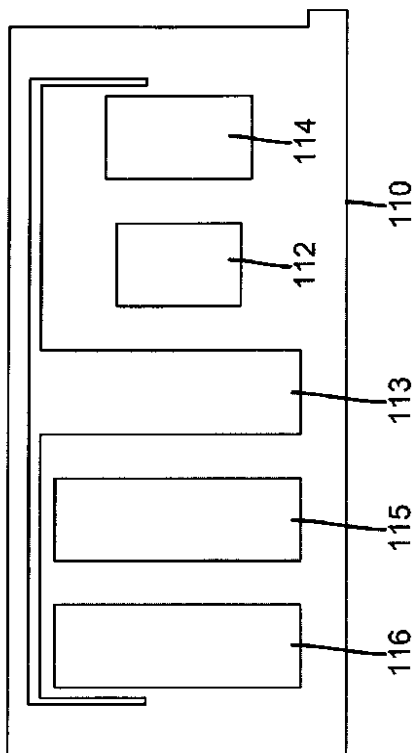


FIG. 5B

【図 5 C】

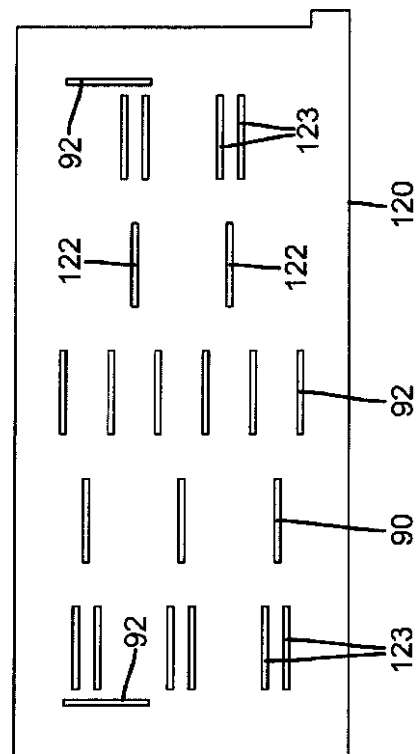


FIG. 5C

【 図 5 D 】

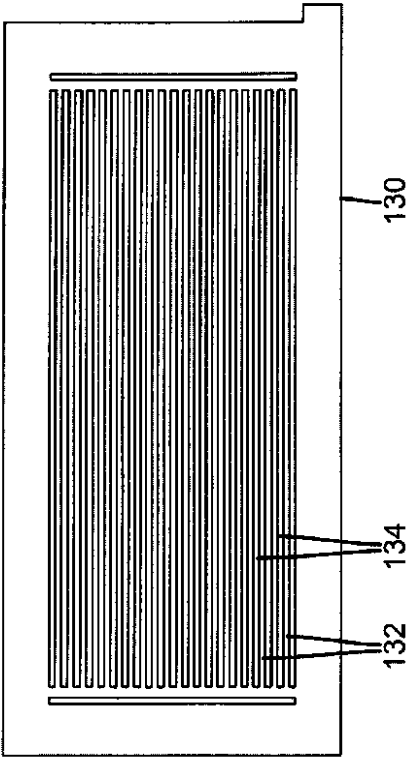


FIG. 5D

【 図 6 】

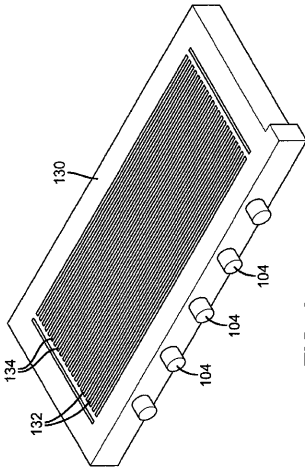


FIG. 6

【 図 7 】

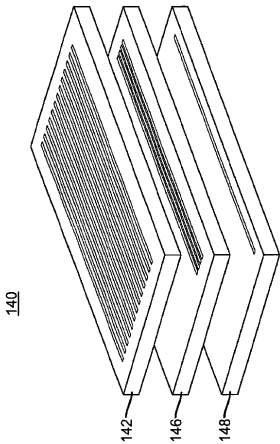


FIG. 7

【 図 8 A 】

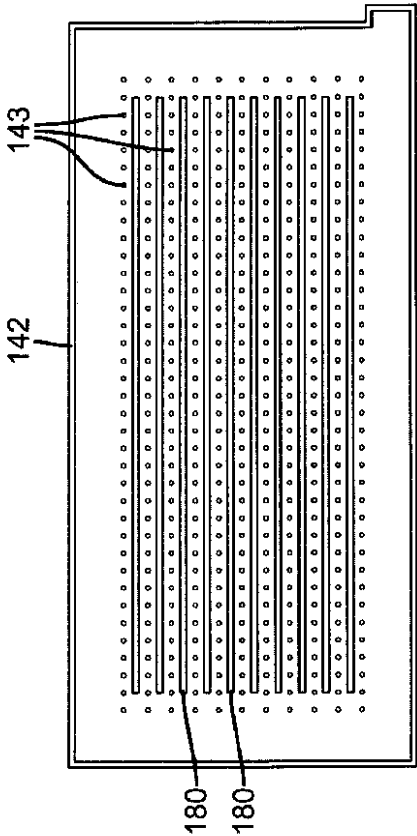
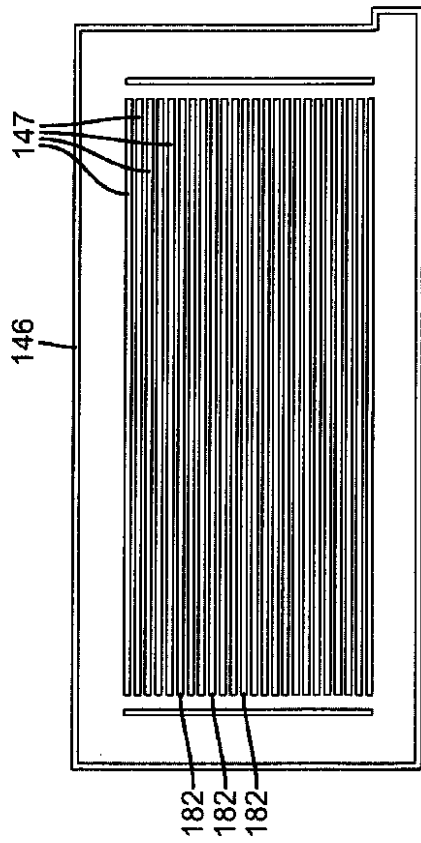
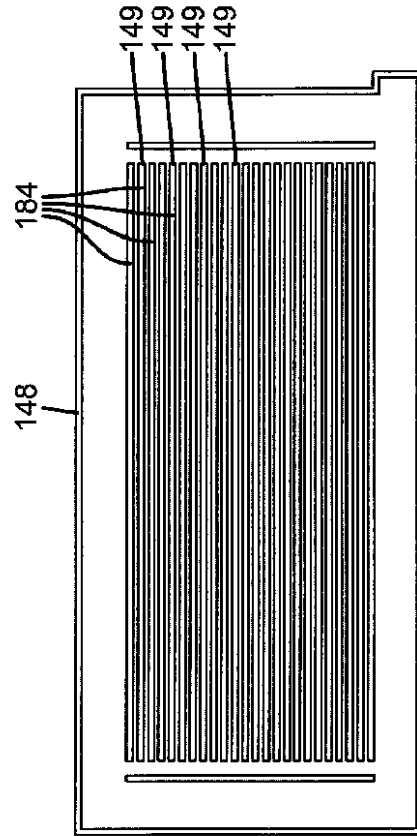


FIG. 8A

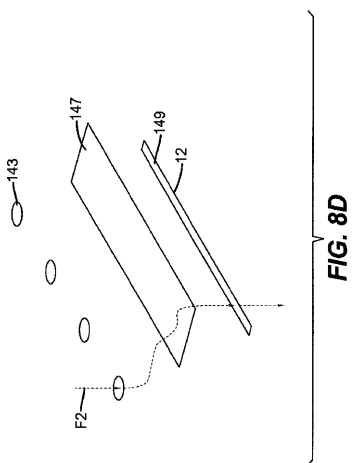
【図 8 B】

**FIG. 8B**

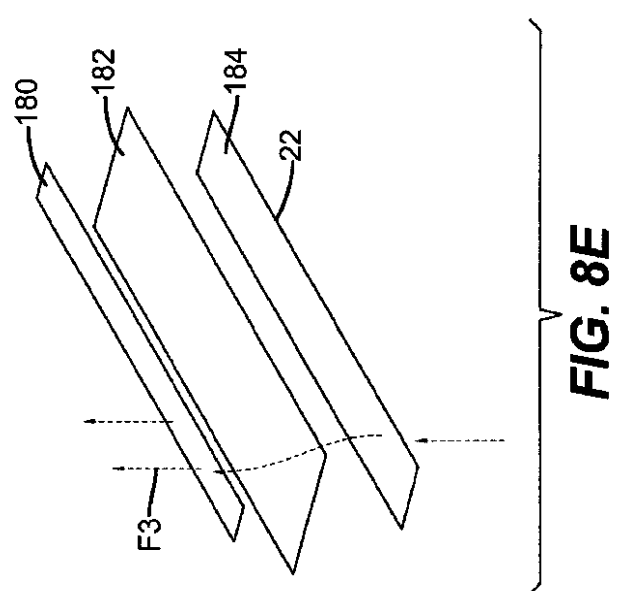
【図 8 C】

**FIG. 8C**

【図 8 D】

**FIG. 8D**

【図 8 E】

**FIG. 8E**

【図 9 A】

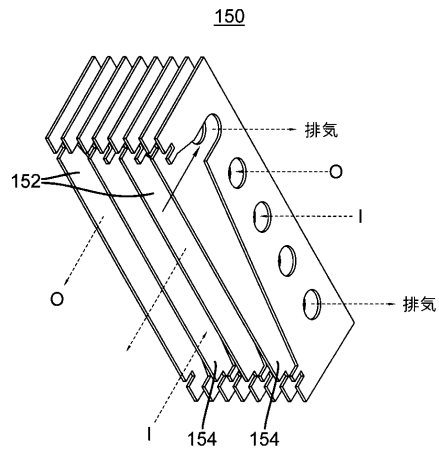


FIG. 9A

【図 9 B】

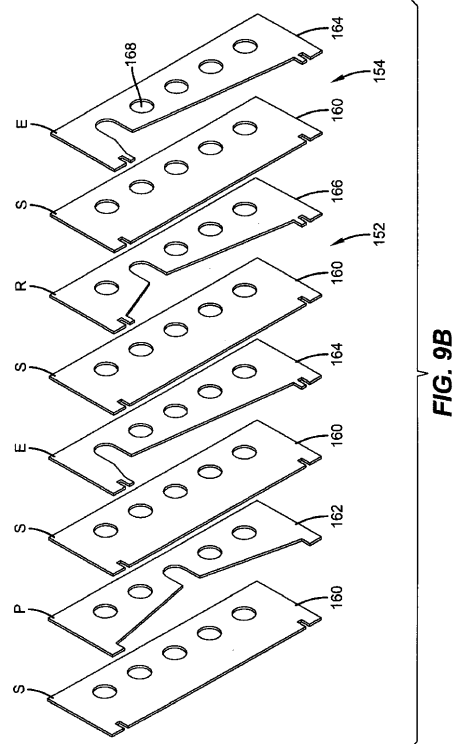


FIG. 9B

【図 9 C】

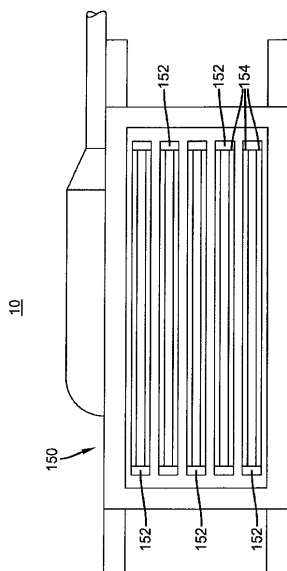


FIG. 9C

【図 10 B】

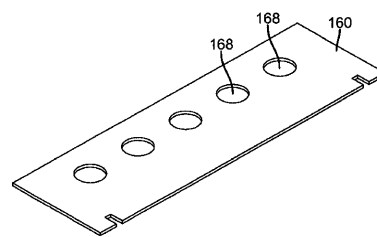


FIG. 10B

【図 11 A】

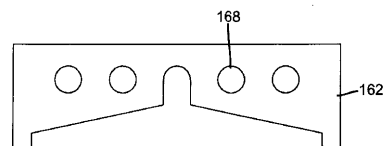


FIG. 11A

【図 10 A】

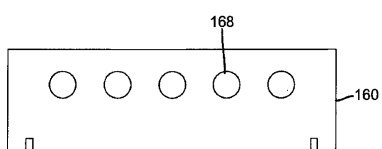


FIG. 10A

【図 11 B】

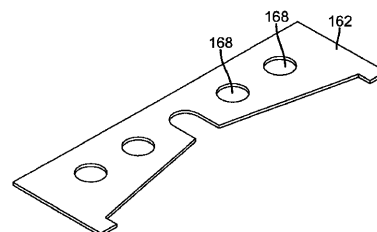


FIG. 11B

【図 12 A】

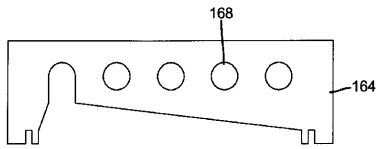


FIG. 12A

【図 12 B】

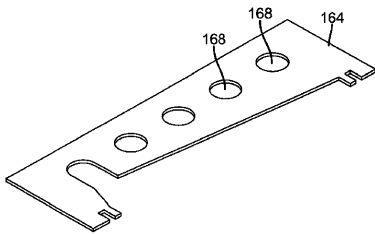


FIG. 12B

【図 13 A】

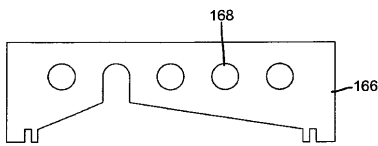


FIG. 13A

【図 13 B】

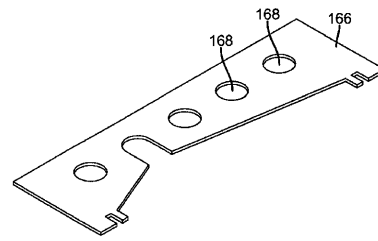


FIG. 13B

【図 13 C】

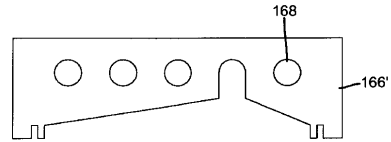


FIG. 13C

【図 14】

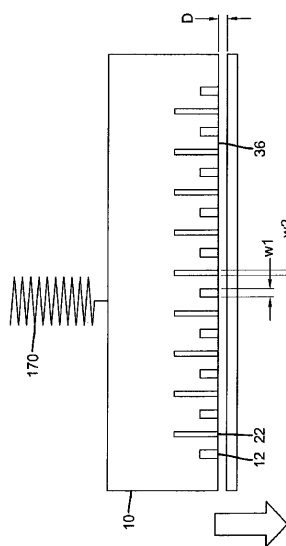


FIG. 14

【図 15】

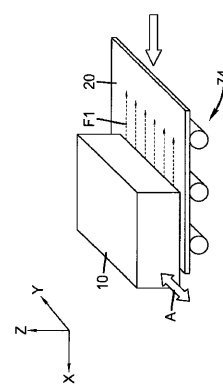
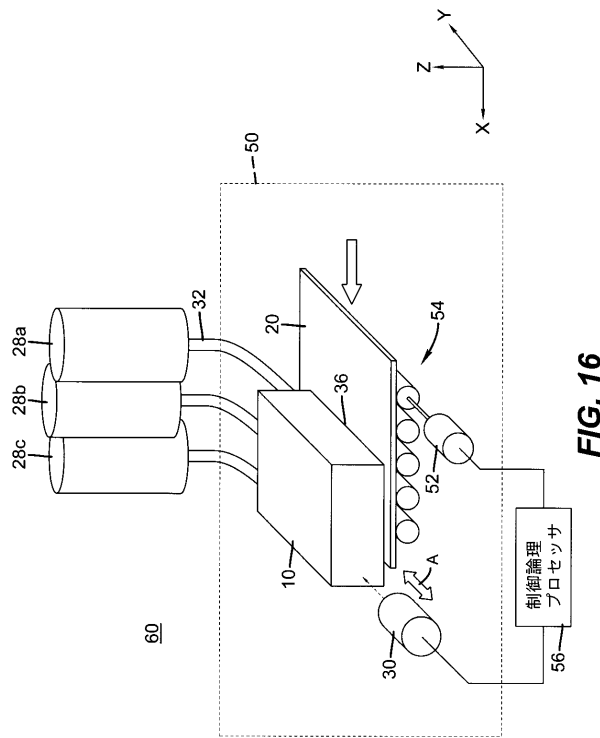
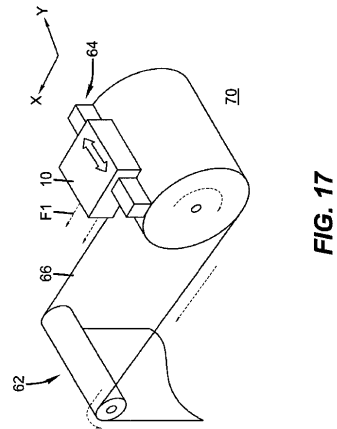


FIG. 15

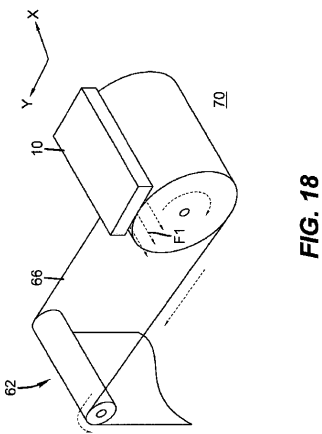
【図 16】



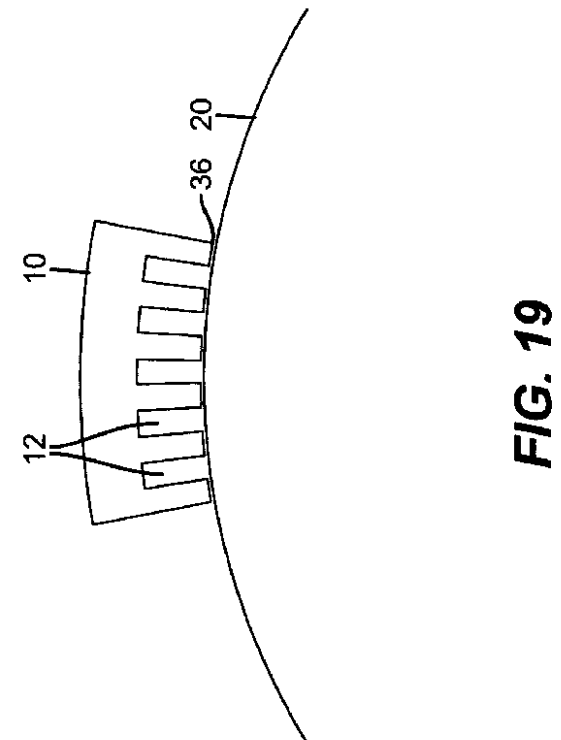
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【図 2 0】

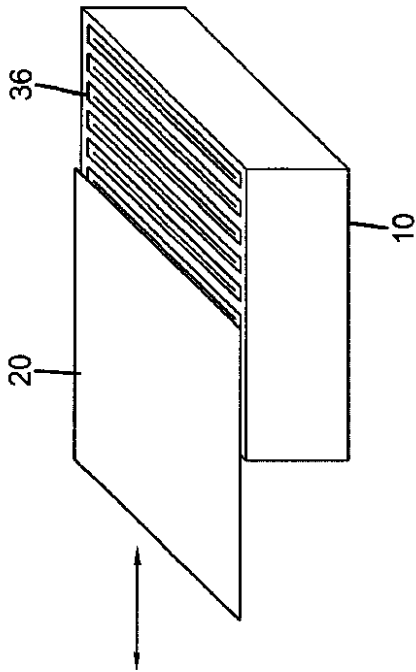


FIG. 20

【図 2 1】

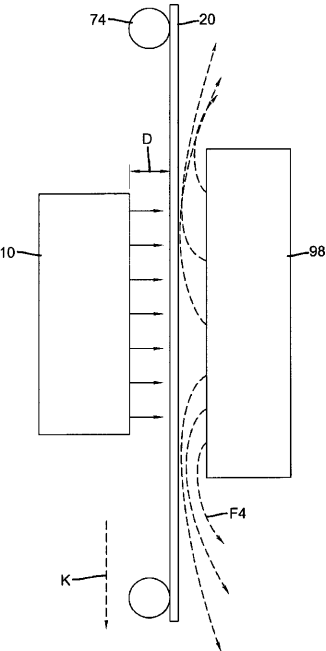


FIG. 21

【図 2 2 A】

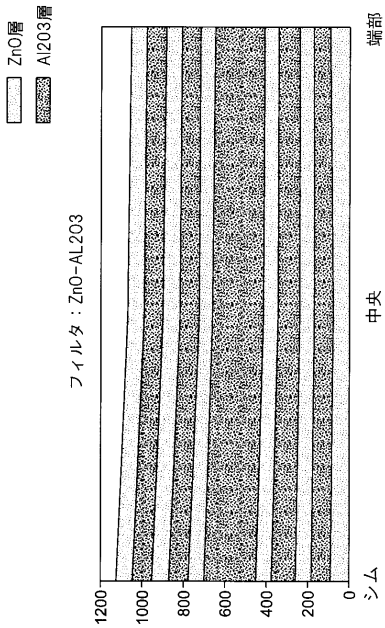


FIG. 22A

【図 2 2 B】

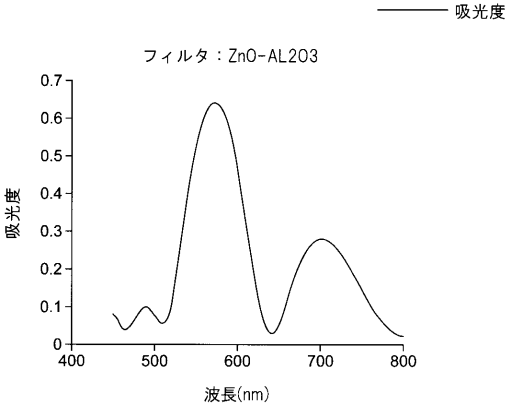


FIG. 22B

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2008/010943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C23C16/455

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 674 890 A (PLANAR SYSTEMS OY [FI]) 28 June 2006 (2006-06-28) paragraphs [0043], [0054] - [0057]	1-20
Y	US 2007/077356 A1 (MIENO FUMITAKE [CN]) 5 April 2007 (2007-04-05) paragraphs [0010], [0032]; figure 2	1-20
Y	JP 2004 176081 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD) 24 June 2004 (2004-06-24) abstract	1-20
A	US 2005/239297 A1 (SENZAKI YOSHIHIDE [US] ET AL) 27 October 2005 (2005-10-27) figure 1	13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier 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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 January 2009

Date of mailing of the international search report

26/01/2009

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schuhmacher, Jörg

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2008/010943

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1674890	A	28-06-2006	CN 1794014 A FI 117728 B1 US 2006134433 A1	28-06-2006 31-01-2007 22-06-2006
US 2007077356	A1	05-04-2007	NONE	
JP 2004176081	A	24-06-2004	NONE	
US 2005239297	A1	27-10-2005	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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, 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, AO, 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, 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 蛸谷 厚志

(72)発明者 フェドロフスカヤ, エレナ エー .

アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 5 0 , ロチェスター, ステイト ストリート 3 4 3

(72)発明者 ファイソン, ジョン リチャード

アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 5 0 , ロチェスター, ステイト ストリート 3 4 3

(72)発明者 コク, ロナルド スティーブン

アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 5 0 , ロチェスター, ステイト ストリート 3 4 3

Fターム(参考) 2H048 GA04 GA12 GA33 GA60

4K030 AA11 AA14 AA18 BA43 BA47 BB12 CA06 CA12 EA04 FA10

GA04 HA01 JA09 JA10 LA16 LA18

5F151 BA11 HA03 HA06