(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3741440号
(P3741440)
(45)発行日　平成18年2月1日(2006.2.1)　(24)登録日　平成17年11月18日(2005.11.18)

(51)Int.Cl.　F I
B01D 69/12 (2006.01)　B01D 69/12
B01D 67/00 (2006.01)　B01D 67/00
B01D 71/70 (2006.01)　B01D 71/70

請求項の数 52　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願平7-523562
(86)(22)出願日　平成7年3月7日(1995.3.7)
(65)公表番号　特表平9-511439
(43)公表日　平成9年11月18日(1997.11.18)
(86)国際出願番号　PCT/US1995/002754
(87)国際公開番号　WO1995/024261
(87)国際公開日　平成7年9月14日(1995.9.14)
審査請求日　平成14年3月7日(2002.3.7)
(31)優先権主張番号　08/207,457
(32)優先日　平成6年3月7日(1994.3.7)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者
ザ　リージェンツ　オブ　ザ　ユニバーシティ　オブ　カリフォルニア
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９４６１２－３５５０　オークランド　レイクサイドドライブ　３００　トゥエンティファーストフロア
(74)代理人
弁理士　中村　稔
(74)代理人
弁理士　大塚　文昭
(74)代理人
弁理士　宍戸　嘉一
(74)代理人
弁理士　竹内　英人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】微小組み立てされた粒子フィルタ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

それを通る間隙を有する第１薄膜構造体、及びそれを通る間隙を有する第２薄膜構造体を含むフィルタであって、第２薄膜構造体が、第１薄膜構造体の間隙を部分的にふさぐように第１薄膜構造体に対して位置しており、第２薄膜構造体の間隙が第１薄膜構造体により部分的にふさがれて、実質的に均一な所定の幅の細孔を形成し、この細孔が第１薄膜構造体と第２薄膜構造体の間のスペースである、上記フィルタ。

【請求項２】

前記細孔が第1ミクロン～約10000ミクロンの長さを有する請求項１記載のフィルタ。

【請求項３】

それを通る間隙を有する第１薄膜構造体を用意すること、
この第１薄膜構造体の少なくとも一部の上に第１犠牲層を形成すること、
第１薄膜構造体及び第１犠牲層を覆って第２薄膜構造体を形成すること、ここで、第１犠牲層及び第２薄膜構造体は第１薄膜構造体の前記間隙をふさいでいること、及び第２薄膜構造体はそれを通る間隙を有し、この間隙は第１犠牲層の一部を露出させること、及び
第１犠牲層をエッチングすること
を含む、フィルタを組み立てる方法。

【請求項４】

第１薄膜構造体を用意する工程が、ウェーファを用意すること、ウェーファ上に第２犠牲層を生成すること、第２犠牲層上に第１構造層を生成すること、及び第１構造層にパター

ンを形成することのサブ工程を含み、
更にウェーファが再使用できるように、第２薄膜構造体が形成された後に第２犠牲層をエッチングする工程を含む請求項３記載の方法。
【請求項５】
請求項３の方法により製造されたフィルタ。
【請求項６】
さらに、少なくとも１の補強用リブを含む請求項１記載のフィルタ。
【請求項７】
リブの高さが約0.01～約0.25mmである請求項６記載のフィルタ。
【請求項８】
幅が最大約3000オングストロームである請求項１記載のフィルタ。
【請求項９】
幅が最大約2000オングストロームである請求項８記載のフィルタ。
【請求項１０】
幅が最大約1000オングストロームである請求項９記載のフィルタ。
【請求項１１】
幅が実質的に均一である請求項８～１０のいずれか１項記載のフィルタ。
【請求項１２】
薄膜構造体がケイ素を含む請求項１記載のフィルタ。
【請求項１３】
細孔の壁がホウ素でドープされている請求項１２記載のフィルタ。
【請求項１４】
細孔が約1000～約5000オングストロームの長さを有する請求項１３記載のフィルタ。
【請求項１５】
長さが約2～約4ミクロンである請求項２記載のフィルタ。
【請求項１６】
細孔が直線状の細孔である請求項１記載のフィルタ。
【請求項１７】
細孔がお互いの視覚線上にない終点を有する請求項１記載のフィルタ。
【請求項１８】
第２構造体が、第１構造体の下にリベット状形状を形成する請求項１記載のフィルタ。
【請求項１９】
細孔が約500～約5000オングストロームの長さを有する請求項１記載のフィルタ。
【請求項２０】
細孔を有する少なくとも１つの薄膜構造体及び該薄膜構造体を保持するポリマーマトリックスをさらに含む請求項１記載のフィルタ。
【請求項２１】
第１及び第２の薄膜構造体が導電性であるが、お互いに電気的に接触していない請求項１記載のフィルタ。
【請求項２２】
第１及び第２の薄膜構造体の少なくとも１つが金属フィルムを含む請求項２１記載のフィルタ。
【請求項２３】
反対側に金属フィルムを有する請求項２２記載のフィルタ。
【請求項２４】
薄膜構造体が疎水性表面を有する請求項１記載のフィルタ。
【請求項２５】
幅が約3000オングストローム未満である請求項２４記載のフィルタ。
【請求項２６】
薄膜構造体が、モノクローナル抗体が結合した表面を有する請求項１記載のフィルタ。

【請求項２７】
薄膜構造体が、化学被覆が共有結合した表面を有する請求項１記載のフィルタ。
【請求項２８】
化学被覆が凍結点以下で有効に結晶化でき、細孔を通る流れを止められる請求項２７記載のフィルタ。
【請求項２９】
化学被覆が高度に偏光可能な鎖状分子である請求項２７記載のフィルタ。
【請求項３０】
第１薄膜構造体を用意する工程が、基板上のトレンチに補強用リブを形成することを含む請求項３記載の方法。
【請求項３１】
第１薄膜構造体が、化学蒸着により形成される請求項３０記載の方法。
【請求項３２】
第１犠牲層が、第１薄膜構造体の露出表面での化学反応により形成される請求項３記載の方法。
【請求項３３】
第１薄膜構造体がケイ素を含み、化学反応が酸化である請求項３２記載の方法。
【請求項３４】
第１犠牲層を形成する前に、第１薄膜構造体の最初に露出した表面の一部がアンカー層で被覆される請求項３２記載の方法。
【請求項３５】
第１及び第２薄膜構造体が導電性で、アンカー層が絶縁性である請求項３４記載の方法。
【請求項３６】
第１及び第２薄膜構造体がケイ素を含み、化学反応が酸化である請求項３５記載の方法。
【請求項３７】
アンカー層が、アルミナ及び窒化ケイ素からなる群から選ばれる材料を含有する請求項３６記載の方法。
【請求項３８】
第２薄膜構造体が、化学蒸着により形成される請求項３記載の方法。
【請求項３９】
第２薄膜構造体を形成する工程が、パターンニングなしに第２薄膜構造体をエッチングバックすることを含む請求項３８記載の方法。
【請求項４０】
第１薄膜構造体が、側壁構造体である請求項３９記載の方法。
【請求項４１】
第２薄膜構造体を形成した後であって、第１犠牲層のエッチング前に、第１及び第２薄膜構造体の露出表面にホウ素をドープする工程、及び第１犠牲層のエッチング後に、第１及び第２薄膜構造体の未ドープ部分を部分的にエッチングする工程をさらに含み、ここで、第１及び第２薄膜構造体がケイ素を含む請求項３記載の方法。
【請求項４２】
第２薄膜構造体を形成する工程が、第１薄膜構造体のエッチングしていない部分に間隙をパターンニングすることを含む請求項３記載の方法。
【請求項４３】
第１犠牲層を形成する工程が、第１犠牲層にアンカー穴をエッチングして第１薄膜構造体を暴露させる工程を含む請求項３記載の方法。
【請求項４４】
第１犠牲層を形成した後で、第２薄膜構造体を形成する前に、アンカー穴によって暴露されている第１薄膜構造体を通して部分的にエッチングする工程をさらに含む請求項４３記載の方法。
【請求項４５】

第１犠牲層を形成した後で、第２薄膜構造体を形成する前に、アンカー穴によって暴露されている第１薄膜構造体を通して部分的にエッチングする工程及びアンカー穴によって暴露されている第１薄膜構造体の下を部分的にエッチングして第２薄膜構造体のリベット様形状のためのスペースを与える工程をさらに含む請求項４３記載の方法。
【請求項４６】
トレンチをエッチングしてフィルタの島を形成する工程、ポリマーマトリックスを施し硬化させる工程、及びポリマーマトリックス中の入口穴をパターンニングする工程をさらに含む請求項３記載の方法。
【請求項４７】
第１犠牲層をエッチングした後で、フィルタの細孔の壁に薄膜を形成する工程をさらに含む請求項３記載の方法。
【請求項４８】
薄膜をエッチングすることをさらに含む請求項４７記載の方法。
【請求項４９】
基板の犠牲トップ層上に第１構造層を形成すること、
細孔の幅を規定する厚みの細孔犠牲層を形成すること、
側壁を支持する犠牲層の垂直側壁を覆う第２構造層を形成すること、ここで、第２構造層の厚みが細孔の長さを規定する、
第２構造層に異方性エッチングを施してその水平部分を除去すること、
第２構造層の底部を覆う入口穴犠牲層を形成し、そして、第２構造層の上部を暴露されたままで残すこと、
第３構造層を形成すること、
第３構造層に入口穴をエッチングすること、及び
細孔を満たしフィルタの基盤をなす全ての犠牲層をエッチングすること、
を含む、短い細孔長のフィルタを組み立てる方法。
【請求項５０】
細孔犠牲層が、第１構造層に出口穴をエッチングしそして側壁支持犠牲層を形成した後に形成される請求項４９記載の方法。
【請求項５１】
特定の凍結点以下で有効に結晶化できる直鎖分子コーティングでコーティングされた細孔を有する請求項１記載のフィルタを用意すること、
そして、前記コーティングの温度をコントロールすること、
を含む分子結晶バルブの操作方法。
【請求項５２】
高度に偏光可能な鎖状分子でコーティングされた細孔を有する請求項１記載のフィルタを用意すること、
そして、細孔を横切る電場をコントロールすること、
を含む分子偏光バルブの操作方法。
【発明の詳細な説明】
発明の利用分野
本発明は、一般的に粒子フィルタ、特に微小組み立てされた薄膜粒子フィルタに関する。
発明の背景
有機または無機フィルタのための、５０～１００オングストロームの範囲におけるフィルタの細孔寸法の精密な制御は、例えば生物学的に重要な微粒子を、大きさを基準として機械的に分離することを可能にする。この技術の現状では、写真平版法の０．３５ミクロンという分離限界よりもずっと小さい細孔を有するフィルタに関しては、非常に限定された選択しか存在しない。これまで知られたこの範囲の細孔寸法を有するフィルタは、ポリカーボネート膜フィルタ、焼結フィルタ、ゼオライト及び一例の微小組立容積微小加工フィルタ（microfabricated bulk micrimachined filter）を含んでいる。
ポリカーボネート膜フィルタ（核孔フィルタ(nucleopore filter)）は、５００～３５０

０オングストロームの範囲の細孔寸法が必要なときに使用される。しかしながらこれらのフィルタは、高温、強い有機溶剤、あるいは抽出されたオリゴマが許容されないところでは使用できない。またポリカーボネート膜フィルタの細孔は不規則に位置している。単位面積当たりに充分大きい数の細孔を有することと部分的に重なる細孔が多すぎることとの間に妥協が必要でもある。部分的に重なる細孔は、フィルタの定格的遮断寸法よりも径の大きい粒子が通り抜けることを許してしまうような通路をフィルタを通して形成する。

金属またはセラミックのような他の材料で利用可能なフィルタは、分離した粒子を焼結結合することにより造られる。この技法は比較的大きいデッドボリュームでそれ以上では通過ができない正確な遮断寸法がない不規則な構造を生じる。

大きな通路を備えた結晶構造を有するゼオライトのような材料は、約５～５０オングストロームの限定された範囲の微粒子ふるいとして使用できる。ゼオライトは薄い膜に加工されてはくれない。

容積微小加工された構造（bulk micromachined structure）を備えた微小組み立てされたフィルタは、「センサ及びアクチュエータ」（Sensors and Actuators）A21-A23（1990）PP.904-907において、キッティルスランド（Kittilsland）により述べられている。このデザインは、珪素はホウ素で高度にドーピングされた場合ある種のエッチング剤に対し抵抗するようになるという珪素の特別な特性を使用している。このフィルタの細孔の長さは、単結晶珪素の熱酸化界面における表面源（surface source）からのホウ素の横方向拡散により規定される。知られているように、そのような横方向拡散は、源の面における源から離れる拡散である。この技法の使用は細孔の長さを精密に制御することを非常に困難にする。このフィルタはまた、完全に薄膜からはなっていない、すなわち膜は陰極スパッタリング、真空蒸着及び化学的蒸着（chemical vapor deposition,CVD）のような技法により基板上に生成される。どちらかと言えば、このフィルタの組立は、基板の大規模なエッチングを含む容積微小加工を必要とする。結果として、フィルタは他の微小組み立てされた装置と集積することが困難である。またこのフィルタを組み立てる方法は、珪素以外の材料に適用することができない。

従って、広範囲の材料から組み立てられ、３５００オングストロームより小さくまた重なる可能性を排除するような精密なパターンに配列されてよく制御された形状及び寸法の細孔を有するフィルタは現在のところ存在しないということがわかるであろう。

従って、本発明の一つの目的は、精密に制御された幅及び長さを備えたミクロン以下の幾何学的に規定された細孔を有する薄膜の無機膜フィルタを提供することである。

本発明の他の目的は、試薬または薬物の制御された時間的放出のための薄膜の拡散遮断層を提供することである。

本発明の付加的目的及び利点は、これに続く記述において延べられ、一部は説明より明らかになり、または発明の実施により知得されるであろう。本発明の目的及び利点は、特に請求の範囲において示された手段及び組み合わせにより了解されまた得られるであろう。

発明の要約

本発明は、それを通る間隙を有する第１薄膜構造、及び予め定められた幅の細孔を生成するようにこの第１薄膜構造に対してその間隙を部分的にふさぐように位置された第２薄膜構造よりなるフィルタに向けられている。

本発明の方法は、それを通る間隙を有する第１薄膜構造を用意することを含んでいる。犠牲層がこの第１薄膜構造の表面の少なくとも一部上に形成される。第２薄膜構造が第１薄膜構造及び犠牲層を覆って形成される。犠牲層及び第２薄膜構造は第１薄膜構造の間隙をふさぎ、また第２薄膜構造は犠牲層の一部を露出させたままで残す。犠牲層はフィルタの細孔を生成するようにエッチングされる。

組立は表面微小加工を用いてなされる。細孔の位置は写真平版法により決められるが、細孔の幅は犠牲的な薄膜層の厚さにより決められる。細孔の幅は精密に制御でき、約５０オングストローム程度に小さい。細孔の長さ及び横方向（幅及び長さの両方に直角）の大きさは、写真平版法により決められ、約０．３ミクロンから多数ミクロンまでの範囲にわたっている。いくつかの実施例では、細孔の幅及び長さの両方が薄膜層の厚さにより決めら

れ、従って、写真平版法で得られる分離の限度よりも小さくなり得る。
無機質薄膜のフィルタは高温及び多くの苛酷な溶剤を伴う使用に適している。適用は純粋の粒子フィルタ、免疫学的な防護カプセル、及び時間的放出の拡散遮断層を含んでいる。以下に述べる分子結晶化バルブ及び液晶バルブも、使用中にフィルタ特性が変わることを許容する。

【図面の簡単な説明】

明細書に組み込まれてその一部を構成する添付図面は本発明の好適な実施例を概略的に図示するものであり、上述した一般的説明及び後述する好適な実施例の詳細な説明と共に、本発明の原理を説明するものである。
図１Ａ～１Ｆは、図１Ｇ及び１Ｈのフィルタの組立工程における中間段階の、概略的で斜視的な断面図である。
図１Ｇ及び１Ｈは、本発明による２つのフィルタの概略的で斜視的な断面図である。
図２Ａ～２Ｉは、図２Ｊのフィルタの組立工程における中間段階の概略的で斜視的な断面図である。
図２Ｊは、本発明によるフィルタの概略的で斜視的な断面図である。
図３Ａ～３Ｄは、図３Ｅのフィルタの組立工程における中間段階の概略的で斜視的な断面図である。
図３Ｅは、本発明によるフィルタの概略的で斜視的な断面図である。
図４Ａ～４Ｄは、フィルタ構造を他のフィルタ構造に固着している概略的な断面図である。
図５Ａ～５Ｆは、図５Ｇのフィルタの組立工程における中間段階の概略的な断面図である。
図５Ｇは、本発明による短い拡散経路のフィルタの概略的な断面図である。
図６Ａは、本発明によるポリママトリックス内に分離した細孔を有するフィルタの概略的な平面図である。
図６Ｂは、図６Ａのフィルタの図６Ａの線６Ｂ－６Ｂに沿った概略的な断面図である。
図６Ｃ及び６Ｄは、図６Ａのフィルタの組立工程における中間段階の概略的な断面図である。
図７Ａ～７Ｄは、図７Ｅのフィルタの組立工程における中間段階の概略的な断面図である。
図７Ｅは、細孔の壁が互いに電気的に絶縁されている、本発明によるフィルタの概略的な断面図である。
図８Ａ～８Ｄは、細孔の壁に電気的に接触するための金属線を有している、本発明によるフィルタの概略的な断面図である。
図９Ａ～９Ｇは、フィルタの裏側金属被覆における段階の概略的な断面図である。
図１０Ａ及び１０Ｂは、共有結合された機能的な化学的単分子層で被覆された壁を有するフィルタ細孔の概略的な断面図である。
図１１Ａ及び１１Ｂは、高度に分極された分子で被覆された壁を有し、壁の間に電圧が印加されまたは印加されていないフィルタ細孔の概略的な断面図である。
図１２は、本発明によるフィルタの概略的な斜視図である。
図１３は、ガラス管内に封入された本発明によるフィルタの概略的な斜視図である。
図１４は、本発明によるフィルタアセンブリの概略的な正面図である。

好適な実施例の詳細な説明

本発明はいくつかの好適な実施例により説明される。この好適な実施例は、微小組み立てされた粒子フィルタ及びそれの組立のための方法である。上面２３及び底面２５を有し、その細孔がスリット２８であるそのようなフィルタの一部分２０は、図１Ｇに示されている。
図１Ｇに示されたフィルタは、架橋部２６により相互接続されて複数のスリット２８の壁を形成する複数の部材２２及び２４よりなっている。矢印Ｗにより示された細孔の幅は、細孔を通過できる最大の球状の粒子の直径である。矢印Ｌにより示された細孔の長さはス

リットを通る最も短い通路である。フィルタは破線で示されたリブ３０のような補強リブを任意的に含んでいてもよい。フィルタはアモルファスシリコンの薄膜で形成してもよい。

図１Ａに示すように、フィルタの組立は、シリコンウェーファのような平らな基板３４で開始するのがよい。もし補強リブが望まれるならば、破線で示された深溝３６がウェーファにエッチングされる。この深溝は、写真平版法で(photolithographically)パターン形成された二酸化珪素のマスクを有するシリコンウェーハを、異方性のプラズマエッチングを用いてエッチングするのがよく、この二酸化珪素のマスクは深溝のエッチングが完了した後にエッチングで除かれる。本発明の薄膜フィルタが任意の形状の容積微小加工された（bulkmicromachined）部材に集積できることが明記されるべきであり、補強リブは単なる一例に過ぎない。

次いで、完成されたフィルタが基板から分離されるように、犠牲層３２が基板３４上に生成される。補強リブが設けられるならば、犠牲層は深溝３６の垂直な側壁３８及び底４０を効率的に覆うような方法により生成されなければならない。一例をあげれば、１１００℃の高温の蒸気（pyrogenic steam）及び酸素内で２ミクロンの厚さの二酸化珪素の薄膜が生成される。基板の露出面はこのようにして犠牲層３２で被覆される。基板が深溝３６を有しているならば、前述のようにその底及び側壁も層３２により被覆される。

次いで任意的なリブ３０を造るために構造層（パターン形成前には示されていない）が生成され、パターン形成後に部材２２が生成される。この層は化学蒸着（chemical vapor deposition,ＣＶＤ）により堆積された２ミクロンの厚さの珪素の膜でよい。これは写真平版法によりパターン形成されて部材２２を形成するためにエッチングされ、その側壁４６は長い細孔２８（図１Ｇ）の２つの壁のひとつである。

次いで図１Ｂに示すように、細孔２８の形状を規定するための細孔犠牲層を形成するために、薄膜４２が部材２２上に生成される。この膜の厚さはフィルタ内の細孔の所望の幅に等しい。この幅は、５０～３０００オングストローム、更に好ましくは５０～２０００オングストロームで、典型的には５０～１０００オングストロームの範囲内がよい。膜４２は部材２２を酸化することにより生成された二酸化珪素がよい。膜４２は、写真平版法によりパターン形成されて、下にある部材２２を形成する構造層を図１Ｃに示す領域４４内で露出させるために、等方性でフォトレジストを侵さない緩衝されたＨＦを用いて、エッチングされる。この領域４４で、前記構造層は、部材２２によって形成されない細孔２８の壁４８を提供する第２構造層に結合される。

次いで図１Ｄに図示するように、第２構造層５０が堆積される。部材２２の第１構造層と同様、この第２構造層は、ＣＶＤにより生成された２ミクロンの厚さの珪素の膜でよい。第２構造層の一部５３は、犠牲層で被覆された部材２２の間の隙間を埋める。次いで図１Ｅに示すように、膜５０は、フィルタ２０の部材２４を形成するために第２構造層の一部５３だけが残るようにエッチングバックされる。

図１Ｇのフィルタを得るために、犠牲層３２及び４２は、部材２２及び２４を形成する構造層をエッチングしない処理法を用いてエッチングされる。その例としては、先に言及したように、犠牲層は二酸化珪素で作られて弗化水素酸(ＨＦ)を用いてエッチングすればよい。フィルタを基板に連結する酸化物膜が、基板を酸化することにより生成されるのではなく、堆積されるならば、結果として得られるむき出しの基板は元の状態と同じであり、追加のフィルタを組み立てるのに再使用できるであろう。通常ポリシリコンはドーピングされないが、電気伝導性のためにドーピングされるならば、ＨＦの剥離が光を排除する容器内でなされる。

細孔２８の長さＬ（図１Ｇ）は、部材２２を形成するために用いられた第１構造層の厚さと対応しており、２ミクロンである。この第１構造層の厚さは、細孔の幅を規定する細孔犠牲層４２の厚さよりはるかに大きくなければならない。フィルタを通る流体処理量を大きくするには、細孔の長さを可能な限り短くすることが望ましい。

構造層が珪素により造られるならば、フィルタ２０を組み立てるための上述した処理法の簡単な変形が、非常に短い有効長さの細孔の形成を可能にする。このようなフィルタ２１

が図１Ｈに示されている。図１Ｅに示された処理法の時点において、細孔犠牲層４２は、細孔の側壁を露出させることなしに部材２２の上面を露出させるように短時間エッチングすればよい。部材２２及び２４の露出された上部領域５２（図１Ｆ）は、イオン注入または熱拡散により、ホウ素でドーピングされる。次いで細孔犠牲層４２の残っている部分は、下部がドーピングされていない細孔の側壁を露出させるようにエッチングされる。次いでホウ素でドーピングされていない珪素をエッチングするが、ホウ素でドーピングされた珪素をエッチングしない水酸化カリウムの水溶液のようなエッチング剤を用いて、決められた時間の湿式エッチングがなされる。このエッチング剤は、有効な細孔の長さＬがホウ素でドーピングされた層５２の厚さと等しくなるように、部材２２及び２４のドーピングされていない部分５４（図１Ｆ，１Ｈ）の幅を減少させる。最後のステップとして、フィルタを基板に結合している犠牲層３２がエッチングされ、結果として図１Ｈに示されたフィルタ構造が得られる。細孔の最適な幅Ｗ及び長さＬ（図１Ｈ）は、それぞれ約５０～１０００オングストローム及び１０００～５０００オングストロームである。

以上に述べた処理法では、ピッチすなわち細孔の中心から中心までの間隔は、写真平版法により達成できる線幅により限定される。図２Ａ～２Ｊに示された処理法を説明するに際して以下に述べるように、このピッチは、第１の一連の部材（図１Ａにおいて２２で示されている）を側壁構造として形成することにより半減されるであろう。

組立は、犠牲層５６により被覆されているシリコンウェーファのような基板３４で開始され、前記犠牲層５６は、写真平版法でパターン形成されて部分的に異方性的にプラズマエッチングされ、その結果リブ６０及び深溝５８が生じる。例えば、犠牲層５６は５ミクロンのＣＶＤ二酸化珪素（低温酸化物(low temperature oxide)すなわちＬＴＯ）であり、深溝５８は４ミクロンの深さにエッチングされる。次いで、第１構造層６２（図２Ｂ）が、リブ６０の側壁６１によい被覆を与える方法により生成される。層６２は、厚さ２ミクロンの低圧化学蒸着（low-pressure chemical-vapor deposition,ＬＰＣＶＤ）アモルファスシリコンである。次いで構造層６２の上部水平部分６３が、例えばラッピングで除くことにより除去され、その結果リブ６０の上面６０ａが露出された図２Ｃの構造が得られる。次いでリブ６０が、例えばリブの基部で停止されて基板３４を被覆する連続した犠牲層５６ａを残す、時間が決められた湿式エッチングによりエッチングされる。二酸化珪素の場合は、弗化水素酸が使用される。

図２Ｄに示された、結果として得られた構造は、それぞれ水平部分６２ａと２つの垂直壁６２ｂからなる構造層６２のＵ形部分を含んでいる。これらは基板３４を覆う平らな犠牲層５６ａの頂部の上にある。次いで第１構造層６２は、その水平部分６２ａは除去するが、図２Ｅに示すように、一連の平行な部材６４を形成するために垂直壁６２ｂは保持するように、異方性的にプラズマエッチングされる。このエッチングは塩素／ヘリウムプラズマを用いてなされる。部材６４の構造は図１Ａの部材２２と同様であるが、部材６４はより密なピッチを与える。

次になされる処理法は図１Ｂ～１Ｅに関して述べたものと同様である。更に具体的には、図２Ｆに示すように、薄膜６６が、細孔の形状を規定するための細孔犠牲層を形成するために、部材６４上に形成される。すでに述べたように、この膜の厚さは所望の細孔の幅、典型的には５０～３０００オングストローム、に等しい。膜６６は部材６４を酸化することにより生成された二酸化珪素でよい。次いで膜６６は写真平版法によりパターンが形成されて、図２Ｇに示すように、下にある構造層６２が領域６８において露出されるようにエッチングされる。領域６８は、構造層６４により形成されない細孔の壁を形成する第２構造層７０（図２Ｈ）に構造層６４が結合される場所である。第１構造層６４と同様、第２構造層７０もＣＶＤにより生成された２ミクロンの厚さの珪素の膜でよい。第２構造層の一部７０ａは犠牲層で被覆された構造層６４の間の隙間を埋める。次いで図２Ｉに示すように、図２Ｊのフィルタ６９の部材７４を形成するために、膜７０は、第２構造層の一部７０ａだけが残るように、塩素／ヘリウムプラズマによりエッチングバックされる。

図２Ｊのフィルタを得るために、犠牲層は、上に述べたように構造層をエッチングしないような処理法を用いてエッチングしてもよい。例えば、犠牲層は二酸化珪素で造られて弗

化水素酸を用いてエッチングしてもよい。結果として得られるフィルタ６９の細孔の幅W及び長さＬは、それぞれ約５０～５０００オングストローム及び約２～４ミクロンである。

上記実施例では、フィルタ２０、２１及び６９、第２構造層５０及び７０はエッチングバックされて、結果として得られる細孔は真直な通し孔である。両端が違いに見通しのきく線上にない細孔は、第１構造層（すなわち部材２２または６４）のエッチングされない部分の上において、第２構造層に開口をエッチングすることにより得られる。このことは、第１構造層のエッチングされない部分が、写真平版法により規定される開口を覆うのに充分大きい場合にのみ可能であることが明記されるべきである。このようなフィルタの組立てが図３Ａ～３Ｅを参照して説明される。

再び組立は、二酸化珪素の犠牲層３２で被覆された平らなシリコンウェーファのような基板３４で開始される（図３Ａ）。次いで第１構造層７６が犠牲層３２上に堆積されて写真平版法によりパターンが形成され、開口７８を形成するエッチングがなされる。層７６はＣＶＤにより生成された２ミクロンの厚さのアモルファスシリコンでよい。

次いで図３Ｂに示すように、薄膜８０が、細孔の形状を規定するための細孔犠牲層を形成するために、膜７６上に生成される。この膜の厚さはフィルタの細孔の所望の幅Wと等しく、典型的には５０～３０００オングストロームである。膜８０は膜７６を酸化することにより生成された二酸化珪素でよい。膜８０は写真平版法によりパターンが形成されて、下にある構造層７６を領域８２において露出させるようにエッチングされる。領域８２は、膜７６により形成されない細孔の壁を形成する第２構造層８４に第１構造層７６が結合される場所である。

次いで図３Ｃに示すように、第２構造層８４が堆積される。第１構造層と同じように、第２構造層もＣＶＤにより生成された珪素の２ミクロンの厚さの膜でよい。第２構造層の一部８６は膜７６の開口７８を埋めている。次いで膜８４は写真平版法によりパターンが形成されて、第１構造層７６のエッチングされていない部分のまさに上方に合った開口８８を形成するようにエッチングされ、その結果図３Ｄの構造が得られる。

図３Ｅのフィルタ８９を得るために、犠牲層３２及び８０が、前述のように構造層７６及び８４をエッチングしない処理法を用いてエッチングされる。この実施例では、犠牲層が、先と同様に二酸化珪素で造られて、弗化水素酸を用いてエッチングされればよい。図３Ｅの矢印９０は、結果として得られるフィルタの細孔８７を通過するためにはたどらなければならない曲がった経路を示している。矢印Wで示された細孔の幅は、約５０オングストロームまたはそれより大きい。細孔の長さは、開口７８及び８８が互いに接近していて第１構造層が充分に薄ければ、１ミクロン程度に低くてもよい。化学物質の時間的放出（time release）及びクロマトグラフィのためには、細孔の長さは、開口７８及び８８を充分に遠く離して間を開けることにより、１００００ミクロン程度に高く造ってもよい。

図３Ｅの実施例では、細孔犠牲層８０にアンカ穴８２（図３Ｂ）を設けることにより、第２構造層８４が第１構造層７６に固着される。このことは、図３Ｃに示すように、第２構造層８４の堆積の前に、第１構造層７６の上面を露出させる。この形式の結合は、フィルタ２０（図１Ｇ）、２１（図１Ｈ）、６９（図２Ｊ）及び８９（図３Ｅ）でなされているのと同じように、第１構造層９４と第２構造層９２が細孔犠牲層９３の開口９１を通して結合されている図４Ａにも概略的に示されている。アンカ面では第１構造層の上に酸化物が存在していないことが明記されるべきである。この固着の仕組み（anchoring scheme）の多くの変形が、本発明の範囲から離れることなく可能である。以下に述べるような変形の仕組みが、構造層として使用される異なった材料の結合を最適化するために使用できる。

図４Ｂに概略的に示すように、細孔犠牲層９３にアンカ穴９１を開けた後に、結合面積を増大させるため、第１構造層９４が面凹み９５により示されるように部分的にエッチングされる。この例では、第１構造層は異方性的にエッチングされる。図４Ｃに概略的に示すように、もし第１構造層９４が、アンダカット凹所９７を形成するように等方性的にエッチングされるならば、層９４の凹所９７への層９２の機械的結合も与えられる。図４Ｄに

示すように、第１構造層を完全に通してエッチングし、次いで第１構造層の下に中空空間を形成するように、下にある犠牲層に時間が決められた等方性のエッチングをすることも可能である。次いでリベット様形状９９を形成するように、第２構造層９２がこの空間を埋める。

高流量の輸送が必要とされる適用に対しては、細孔の長さは、例えば５００～５０００オングストロームなど、可能な限り短くなければならない。図１Ｈのフィルタ２１は、そのような短い細孔長さＬを有するフィルタである。他の短い細孔長さのフィルタ１１１は、細孔を通る横断面を表している図５Ａ～５Ｆに図示された処理法を用いて組み立てられる。

図５Ａに示すように、この組立処理法はシリコンウェーファのような基板３４で開始するのがよい。ウェーファは、１：５の過酸化水素／硫酸の水溶液に１２０℃で１０分間浸漬し、引き続き脱イオン（ＤＩ）水で水洗することにより洗浄される。次に、ウェーファは１０～２０％のＨＦ中に１０分間浸漬されて、ＤＩ水中で洗浄水の固有抵抗が１１メガオームより大きくなるまで水洗される。

犠牲層３２が基板上に生成される。層３２は管炉(tube furnace)内で、４５０℃、３００mTの圧力で、酸素９０sccm、ジクロロシラン６０sccm、ホスフィン１０sccmの流量で、窒素を希釈剤としてＣＶＤにより形成された燐酸珪酸塩のガラス(phosphosilicate glass, ＰＳＧ)である。堆積率は装置によるが１分間に１００オングストロームである。ＰＳＧの厚さは１ミクロンであるが、フィルタに深い補剛リブが使われるならばそれ以上のものも使用できる。ＰＳＧは窒素中で、１０５０℃で、１時間の間、密度を高められる。

次いで第１構造層９６が犠牲層の上に生成される。この構造層は、上述したように、２ミクロンのアモルファスシリコンである。この堆積はＬＰＣＶＤ炉中で、５８０℃、３００ミリトル（mT）の圧力で、３００sccmのシランを用いてなされる。堆積率は３時間で１ミクロンである。補剛リブを形成する深溝を完全に埋めるために、充分なポリシリコンが用いられなければならない。結果として得られる面は、補剛リブのための深溝が存在するならば、平坦ではないだろう。２ミクロンの厚さのポリシリコンの表面層を残すように、この面を平にラッピングしてポリッシングすることが推奨される。

次に、ＣＶＤで堆積された１ミクロンの二酸化珪素（LTO）のような側壁隙間犠牲層９８が生成される。このLTOは４５０℃、酸素９０sccm、ジクロロシラン６０sccm、３００mTで堆積される。

フィルタ出口穴１００は、酸化物に対する異方性のHCF_3及びCF_4プラズマエッチングを用いて側壁隙間犠牲層９８を通して、またポリシリコンに対する異方性のエッチング（Cl_2／He）を用いて第１構造層９６を通してエッチングされる。フィルタ出口穴の大きさは２ミクロンである。出口穴が細孔の長さまたは幅を決めないことが明記されるべきである。細孔の長さ及び幅の両方は、薄膜１０６及び１０８の厚さにより決定されるであろう。

次にフィルタ出口穴１００は側壁支持の犠牲材料１０２のプラグ１０４により埋められる。材料１０２は、構造層９６、１０８（図５Ｄを見よ）及び１１４（図５Ｆを見よ）をエッチングすることなくエッチングされるように、かつ犠牲層３２、１０６（図５Ｃ）及び１１２（図５Ｆ）を除去するのに使用されるエッチング剤によって急速にはエッチングされないように、選択される。適当な材料は窒化珪素である。充分な側壁支持の犠牲材料が、穴１００を埋めて平坦な上面１０１を形成するように堆積され、結果として図５Ａの構造となる。窒化珪素はＣＶＤ（８５０℃、アンモニア、及びジクロロシラン）により堆積される。

側壁支持の犠牲材料１０２の上面層または平坦な上面で、次いで図５Ｂに示すように、側壁隙間犠牲層９８までエッチングバックされる。次いで、側壁隙間犠牲層９８をＨＦで完全にエッチングすることにより、プラグ１０４の側壁の部分が露出されて、第１構造層９６の上面が露出されている構造（図５Ｃ）を得る。

後に堆積される第２構造層１０８（図５Ｄ）から第１構造層９６を分離する細孔犠牲層１０６は、第１構造層の上面に生成される。上に述べたように、珪素の第１構造層の場合は、それを熱的に酸化することにより、細孔犠牲層の生成がなされる。結果として得られる

細孔犠牲層１０６が、図５Ｃに示されている。層１０６の厚さは結果として得られるフィルタ１１１（図５Ｇ）の細孔の幅Ｗを決定する。この層を通して開口（図示省略）が、第２構造層が第１構造層９６に固着される位置において、エッチングされる。

次に第２構造層１０８が堆積され、その厚さが結果として得られる細孔の長さＬを決定する。プラグ１０４の側壁を充分に一様に被覆することが必要である。第２構造層は、約５００～３０００オングストロームのＰＣＶＤアモルファスシリコンである。結果として得られる構造は、図５Ｄに示されている。次にこの層の水平部分は、図５Ｅに示す垂直な側壁１１０だけを残して、異方性のエッチングにより除去される。

プラグ１０４の頂部をシールするために、第３の構造層１１４が必要である。この第３の層は、細孔犠牲層１０６上に直接堆積すれば、第２構造層の側壁１１０の厚さを越えて細孔の長さを増加させるので、細孔犠牲層１０６上に直接堆積してはいけない。側壁１１０の基部を覆い側壁１１０及びプラグ１０４の上部を露出したまま残す入口穴犠牲層１１２（図５Ｆ）が、ＬＴＯ（図示省略）の比較的厚い（例えば４ミクロン）層を生成し、次いでそれを例えば５％のＨＦを用いて側壁１１０とプラグ１０４の上部を露出させるようにエッチングバックすることにより、設けられる。

ここで第３の構造層１１４がプラグ１０４の頂部をシールするために生成され、入口穴１１６を与えるようにパターンが形成される。結果として得られる構造は図５Ｆに示されている。必要ならば、犠牲層１１２、１０６、１０４及び３２をエッチングする前に、内部応力を減少させるためにアニールしてもよい。次いで完成されたフィルタを得るために、これらの犠牲層がエッチングされる。この例で使用された材料に対しては、濃縮された（４９％）ＨＦを使用した湿式エッチングが使用される。二酸化珪素は急速にエッチングされる。窒化珪素のプラグ１０４はもっとゆっくりとエッチングされる。

結果は、非常に短い、よく管理された、細孔長さを備えたフィルタ１１１で、細孔を通る経路を示す矢印１１８を付した図５Ｇに示されている。細孔の幅Ｗ及び長さＬは、それぞれ約５オングストロームまたはそれ以上及び約５００オングストロームまたはそれ以上である。

本発明はまた、ポリママトリックス内に保持され且つ分離した細孔を有するフィルタの組立を許容する。このようなフィルタは、湾曲した本体に接触して適合させることが必要な可撓性のフィルタに有用である。このようなフィルタ１２１の平面図が図６Ａに、横断面図が図６Ｂに示されている。フィルタ１２１は、それぞれ細孔１２２を有する複数の分離した島１２０よりなっている。島１２０はポリママトリックス１２４内に保持されている。それぞれ１つ以上の細孔を有する島も本発明の範囲内にあることが明記されるべきである。細孔１２２を備えた島１２０は上述した方法のいずれかまたはその変形、例えば、追加処理ステップを導入し、また犠牲層の最終的なエッチング、あるいは更に細孔の入口穴を与える上部構造層のパターン形成を後回しにするなど、を用いて生産される。

図６Ｃの構造に示すように、このフィルタ構造は、これまでに述べたように、犠牲層３２で被覆された基板３４上に形成してもよい。この犠牲層は、深溝１２６をエッチングすることにより、島１２０内にパターンが形成されたフィルタ構造を保持している。次に、マトリックス１２４のためのポリマが付加されて硬化される。マトリックス１２４はポリイミドよりなり、ウェーファスピナ（wafer spinner）を用いて付与される。次いで入口穴１２７が、ポリママトリックス１２４に写真平版法によりパターン形成され、結果として図６Ｄに示す構造が得られる。

前述したように、後回しにされた標準的なフィルタ組立ステップが、次いで実行される。これらのステップは、フィルタの上部構造層に入口穴をエッチングすること、及び層３２を含む犠牲層の最終エッチングからなり、細孔１２２を開ける及び基板３４からフィルタ構造物を分離するという結果が得られる。図６Ｃ及び６Ｄのフィルタ１２１はこのようにして得られる。細孔の幅及び長さ（図示省略）は、前述のように、すでに述べた方法のいずれかまたはその変形により組み立てられるフィルタ細孔の組立の詳細に依存する。

上述した全てのフィルタ組立処理法において、細孔の壁を形成する構造層は、細孔犠牲層を通してエッチングされた穴を通して直接結合することにより互いに固着されている。細

孔の壁における電位の制御を許容するために構造層が導電性であるならば、電位は細孔の壁の全ての場所で一定に保持される。以下に述べる液晶バルブのようなある適用では、ある細孔の２つの異なったそして導電性の壁の間に電位差を与えることが望ましい。以下に述べる分子被覆結晶化バルブのような他の適用では、ここの細孔あるいはフィルタ全体の温度を、例えばオーム加熱（ohmic heating）により制御することが望ましい。これを可能にするためには、ある場合には、２つの導電性の構造層を、絶縁被膜により電気的接触なしに互いに結合することが必要である。

これを達成するための最も一般的な方法は、細孔犠牲層の生成及びパターン形成の前または後に絶縁被膜を付加し、この絶縁被膜を細孔犠牲層のアンカ穴の領域の上に広がるパッドにパターン形成することである。しかしながら、珪素の酸化のような、導電性の構造層膜の露出した表面において化学反応により生成される細孔犠牲層の場合には、ただ１つのパターン形成ステップを使用した自動的に正しい位置関係となる処理法（self-aligning process）だけが可能である。このような処理法が図７Ａ～７Ｅに図示されており、これらはフィルタ組立の連続的段階における構造層の固着構造を通る断面図である。フィルタの入口穴はその断面上にないので、各図はそのような穴を示していない。

組立は犠牲層３２で覆われた基板３４で開始される。次いで上述のように表面反応により犠牲層の生成を許容する材料よりなる第１構造層１２８が生成される。構造層１２８はＬＰＣＶＤにより生成された２ミクロンのアモルファスシリコンである。この膜はパターンが形成されて、続いて形成される構造層が第１構造層１２８に固着される位置において、堆積及びパターン形成により絶縁材料のパッド１３０でもって覆われる。図７Ａ～７Ｅに記載された処理法では、図７Ａに示すように、パッド１３０は第１構造層１２８がパターン形成される前に形成される。この順序は、パッド１３０が構造層１２８の上面だけにある場合には好ましいであろう。もしパッド１３０が、層１２８の側壁をそれがパターン形成された後に覆うのならば、層１２８が先にパターン形成されなければならないであろう。図７Ｂに示されたこれらのパターン形成ステップの結果は、パッド１３０で部分的に覆われ且つパターン形成がされた第１構造層１２８である。例として、パッド１３０は１ミクロンの厚さで、スパッタされたアルミナまたは窒化珪素（これらの何れもＨＦで溶解可能であるが、二酸化珪素よりは遅い）からなっている。

次いで珪素の熱酸化のような第１構造層１２８の表面反応により、細孔犠牲層１３２が生成される。図７Ｃに示すように、層１３２は構造層１２８の露出した表面上にだけ、所望の細孔隙間、例えば、１００オングストロームに等しい厚さまで生成される。結果として、パッド１３０に結合されているパッド１３０に続く層１３４（図７Ｄ）は、細孔犠牲層１３２がエッチングされた後であっても、パッド１３０を介して第１構造層１２８に固着されるであろう。パッド１３０は電気的に絶縁性であるので、このパッド１３０に続く構造層もまた第１構造層１２８から電気的に絶縁される。このパッド１３０に続く構造層１３４は、図７Ｄに示すように、ＬＰＶＣＶＤアモルファスシリコンよりなる第２の２ミクロンの層である。

層１３４に入口穴（図示省略）がエッチングされた後に、図７Ｅに示すフィルタ１３６を得るために犠牲層１３２及び３２がエッチングされる。このフィルタは図３Ｅのフィルタ８９と同様であるが、フィルタ１３６においては、構造層１３４及び１２８は直接接触されておらず、互いに電気的に絶縁されている。

電気的にバイアスされるフィルタの構造層のコンダクタンスは、金属被覆により改良される。金属被覆１４５（図８Ａ～８Ｄを見よ）はフィルタ構造の一側または両側に付加されてエッチングまたはこの技術で知られているフォトレジストのリフトオフ（lift-off）によりパターンが形成され、結果として、図８Ａ～８Ｄにその一部が概略的に示されている多種の形状が得られる。図８Ａのフィルタ１４１は、第１構造層１３８と第２構造層１４０より形成されている。層１３８により形成された細孔の壁は電気的に浮遊しており、層１４０はフィルタの両側が金属層１４５でもって、下面１４０ｂは金属で完全に覆われ、上面１４０ａはただ一部だけが覆われるように、金属被覆されている。

図８Ｂのフィルタ１４２は、真直に通った細孔１３９を有しており、前記細孔１３９は、

フィルタの下面が金属被覆された構造層１３８及びフィルタの上面が金属被覆された他の構造層１４０により形成されている。図８Ｄのフィルタ１４４は図８Ｂのフィルタ１４２と同様であるが、より長い細孔を備えている。図８Ｃのフィルタ１４３も長い細孔１３９を有しているが、これは真直に通ってはおらず、それぞれフィルタの各側面に部分的に金属被覆された両構造層を備えている。

フィルタの下側の金属被覆は、この技術でよく知られているリフトオフによりパターンが形成される。これは、フォトレジストスピニング、露光及びフォトレジスト現像のようないくつかの処理を必要とし、その間フィルタはその下面を露出させて巨視的な基板上に保持されていなければならない。図９Ａ～９Ｇに示すように、このことは、ワックスのような粘着物１５２で覆われたトランスファウェーファのようなプレート１５０に、フィルタ１４８の上側１４６を取り付けることによりなされる。このステップは、フィルタ１４８が犠牲層３２を介してまだ基板３４に結合されている間に実行される。結果として得られた層は図９Ｂに示されている。次いで層３２及び細孔犠牲層（図示省略）を含む犠牲層は、図９Ｃに示すように、フィルタ１４８が基板３４から分離されてプレート１５０に取り付けられたままとなるようにエッチングされる。この時点でフィルタ構造は、パターン形成、金属被覆及びこの技術で知られたリフトオフにより処理される。

フォトレジスト１５４の層が付加されて金属リフトオフに必要なパターンが形成され、結果として図９Ｄの構造が得られる。図９Ｅに示すように、フィルタ１４８の底面に金属膜１５６が堆積される。この技術分野において知られているように、フォトレジスト１５４及びその表面上の金属膜は、図９Ｆに示すように除去される。最後に、ワックス１５２が、フィルタ１４８をプレート１５０から取り外すように溶解される。図９Ｇの金属被覆されたフィルタ１５５はこのようにして製造される。

本発明のフィルタの表面には、適用により種々の化学的特性を与えることができる。例えば、フィルタは親水性または疎水性であってよい。親水性の面は水溶液に有用であり、疎水性の面は無極性の炭化水素を濾過する際に有用である。３０００オングストローム以下の細孔を備えた疎水性のフィルタは、液体の水はそれを通過できないが水蒸気は通過できるので、湿度制御に有用である。フィルタは、その表面にモノクローン抗体を結合することにより、ある種の微粒子を強力に吸着するようにすることもできる。抗体は、所望の目標微粒子を認識して吸着する能力を阻害しない抗体の一部分で結合されなければならないであろう。

所望の特性を与える化学的被覆は、本質的に恒久的に付着されるように供給結合である。珪素の場合は、一般式$(RO)_3Si(CH_2)_3X$に従うカップリング剤が使用できる。この一般式において、Ｒは任意のアルキル基、通常はエチル(C_2H_5-)を表し、Ｘは反応性末端基、通常は$(-NH_2)$を表している。本発明によるポリシリコンフィルタの面は、空気への露出及び湿気のために-OH基（ヒドロキシル基）の層により覆われる。ハイフンは酸素とフィルタの珪素原子の間の共有結合を示している。カップリング剤の珪素原子は水素原子と置換して水素原子と結合し、一方、放散する(エタノールのような)安定なアルコールROHを作るために、H原子がRO-基の酸素原子と結合する。この時点で、一端がカップリング剤の非結合端と反応し他端が環境に対する所望の化学的界面を与える第２の化学的種（chemical species）が導入される。使用される典型的な試薬は（広範な種類の生物学的に活性のある蛋白質に結合される）グルタルアルデヒドを含んでいる。カップリング剤と反応する基が結合されるいかなる粒子も使用される。カップリング剤の末端が第一アミン（$-NH_2$）である場合には、粒子をカップリング剤に結合するのに、チオール（-SH）基が使用される。この反応はアンモニア（NH_3）を放出して、カップリング剤と第２の粒子の間に炭素－硫黄結合を形成する。

珪素の他に、水蒸気が存在している空気に露出される外面に-OH基の層を形成する多くの無機材料がある。これらの材料は、金属、セラミック及び半導体を含んでいる。従って以上は、所望の粒子を無機的表面に結合するのに広く使用される一般的な戦略である。

この技術で知られているように、機能的な化学的単分子層はＵＶ放射への露出または熱により無機的表面に結合される。何れの場合にも、反応性の末端基は、反応性の高い基の状

態をもたらす結合の破損を受ける。この励起された状態から、粒子と無機的基板の間に共有結合が形成される。使用できる反応性の末端基は多種類ある。このようにして実質的には、どのような化学的表面特性でも無機的構造に与えられる。
カルボン酸のような、反応性の末端基を備えた長鎖のアルカン分子が、反応性の末端基において珪素細孔壁に結合される。アルカン分子は、細孔の壁１５８及び１６０が分子１６２で覆われている図１０Ａに模式的に示すような真直な鎖である。図１０Ｂに模式的に示すように、真直な鎖状の分子１６２の代わりに枝分かれした分子１６４も使用される。アルカン分子は細孔を疎水性にして無極性の種に対する選択性を増大するであろう。鎖を多かれ少なかれ親水性、または親油性、またはきわめて特定の分子と相互反応的にするために、化学的な官能基が加えられる。真直な鎖分子の被覆は、特定の凝固点以下において効果的に結晶化する。このことは細孔を通るそれ以上の流れを止めるであろう。従って、流れを許容するように細孔を融点以上に加熱し、また流れを止めるように融点以下に冷却することにより、分子結晶化バルブが形成される。分岐した分子は、非常に低い温度においてのみ結晶化されるであろう。
図１１Ａ及び１１Ｂに示すように、細孔の壁１５８及び１６０を液晶または同様な分子のような高度に分極性の分子１６６で覆い、細孔を横切って電場を与える金属線１６８のような手段を設けることにより、液晶バルブ１７０が製造される。細孔を横切って電場が与えられれば、分子１６６は真直にされて細孔を通る流れを遮断する（図１１Ｂ）。
本発明のフィルタの細孔の寸法が、細孔を小さくするための細孔の壁への付加的材料の化学的蒸着、または細孔の壁の酸化とそれに続く細孔を大きくするための酸化物のエッチングのような、薄膜生成技法により容易に変えられることが明記されるべきである。細孔は、精密に制御可能な処理法である熱酸化物（例えば８００℃での乾式酸化）を、細孔の壁の上に生成することによっても小さくされる。本発明のフィルタはまた、他の微小組立された電子的、機械的または電子機械的装置と、容易に集積される。その構成材料、細孔寸法及び細孔形状も広範囲に変えられる。
図１２は、組み立てられてそれが形成されたウェーファから取り外された後のフィルタ構造１７２の図である。フィルタ膜１７４は上述したいずれか一つの方法により組み立てられる。膜１７４は膜の縁を回って延びる連続した補剛リブ１７６及び膜を横切って延びるリブ１７８により支持される。リブ１７６及び１７８は、リブ３０について図１Ａ～１Ｈに示されたように組み立てられる。フィルタを通る流れの方向を示す矢印Ａにより示されるように、リブは典型的には膜の下流側にあるが、それが必要ということではない。代表的な寸法は、約１～３㎜のフィルタ膜の直径Ｄ、及び約０．０１～０．２５㎜の補剛リブの高さＨで、特定の適用において生じる圧力による。
高い拡散率の適用に対しては、５００オングストローム～３０００オングストロームの細孔長さが使用される。０．５～２０ミクロンの細孔長さは、クロマトグラフィ及び化学物質の時間的な放出（timed release）に使用される。細孔の幅は、フィルタを通り抜ける種（species）の大きさに依存して、約５０オングストロームまたはそれ以上である。
図１３に示すように、フィルタ１７２は、コーニング＃７７４０ガラスのようなガラス管１８０内で密着（固定）される。密着（固定）は、フィルタ１７２を管１８０内に挿入し、次いでフィルタのリム１７６の領域でガラスを加熱する小さく鋭い炎の中で管を回転することにより実行される。温度はガラスの軟化点を超え、表面張力は、フィルタのリムに接触するようにガラスを膨らませてフィルタのリムに結合する。結果として得られるアセンブリ１８１は、次いでガラス内の応力を除去するために約５５５℃のガラスのアニール温度で、約１２時間アニールされる。ガラスは珪素に対する強力な気密シールを形成し、珪素に近い熱膨張係数を有する。さてこのユニットは、ガラスの管材の端に合成樹脂の管材を取り付けることにより、実験室で使用できる。特定の適用に適切であるならば、ガラスの代わりに、テフロン、ポリプロピレン、あるいは多くの他の材料が、フィルタを収容するのに使用される。取付用管材１８４（図１４）の径がフィルタのそれよりも細い場合には、図１４に示すように、ホース抜け止めリブ１８６を備えた管材または注入器様の取付部材１８２が、ガラス管１８０の代わりに使用される。

要するに、よく規定された細孔形状を備えた微小組み立てされた粒子フィルタ及びそれを組み立てるための方法が説明された。
本発明は、いくつかの好適な実施例によって説明された。しかしながら本発明は、図示され説明された実施例に限定されるものではない。むしろそれより、本発明の範囲は添付の請求の範囲により定義される。

【図１Ａ】

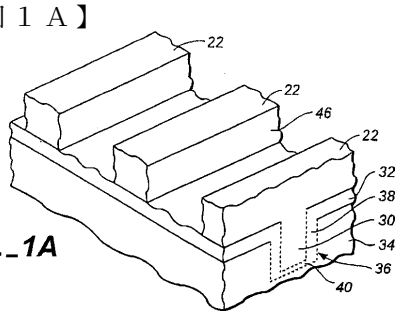


FIG._1A

【図１Ｂ】

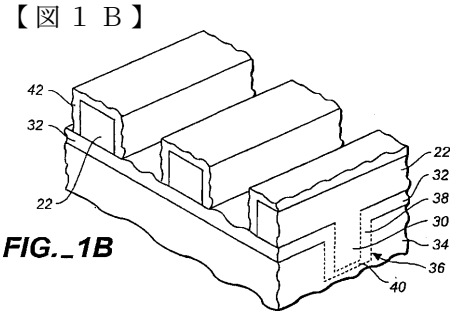


FIG._1B

【図１Ｃ】

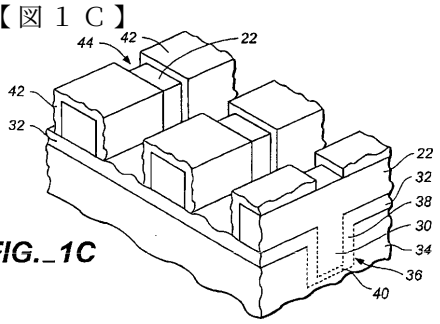


FIG._1C

【図１Ｄ】

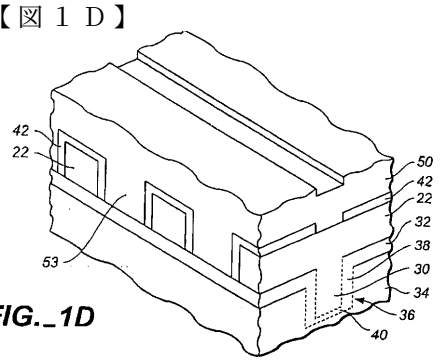


FIG._1D

【図１Ｅ】

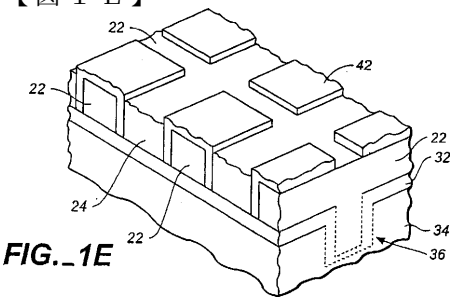


FIG._1E

【図１Ｆ】

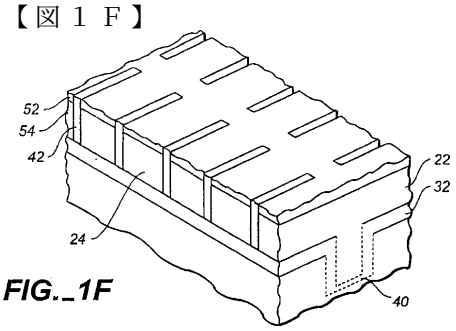


FIG._1F

【図１Ｇ】

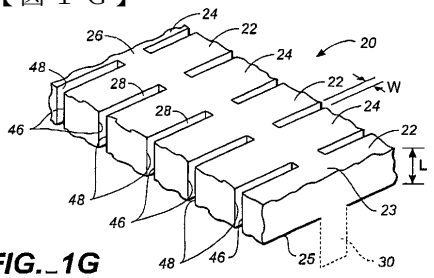


FIG._1G

【図１Ｈ】

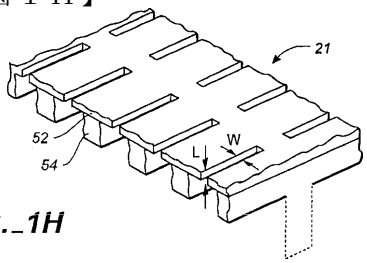


FIG._1H

【図２Ａ】

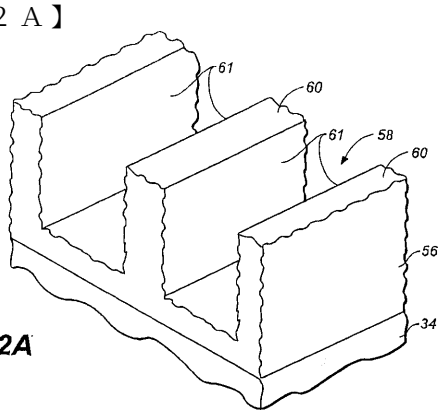


FIG._2A

【図２Ｂ】

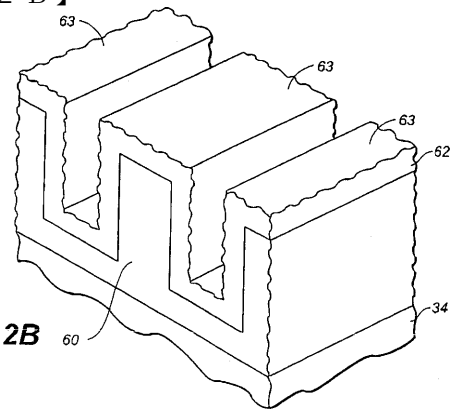


FIG._2B

【図２Ｃ】

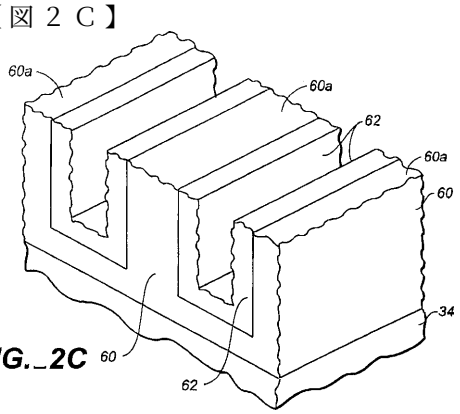


FIG._2C

【図２Ｄ】

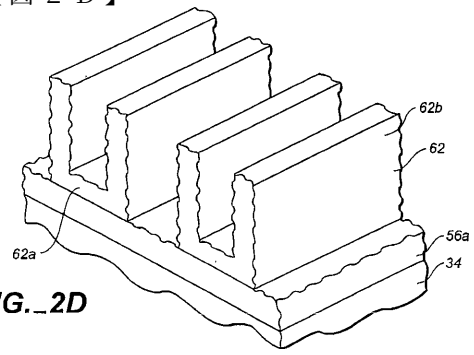


FIG._2D

【図２Ｅ】

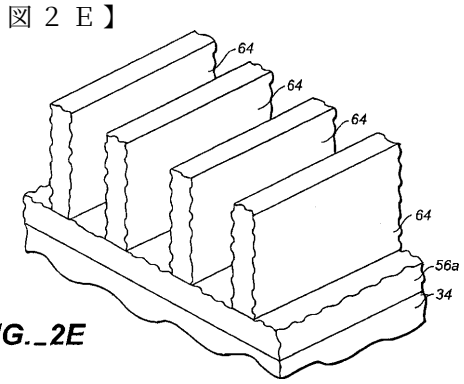


FIG._2E

【図２Ｆ】

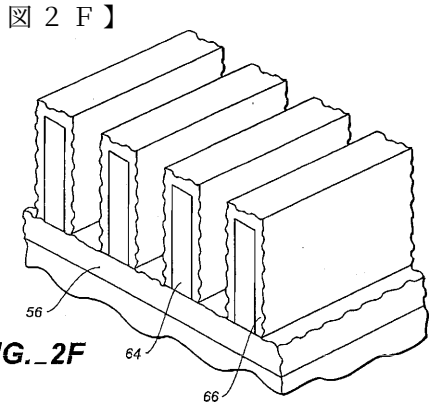


FIG._2F

【図２Ｇ】

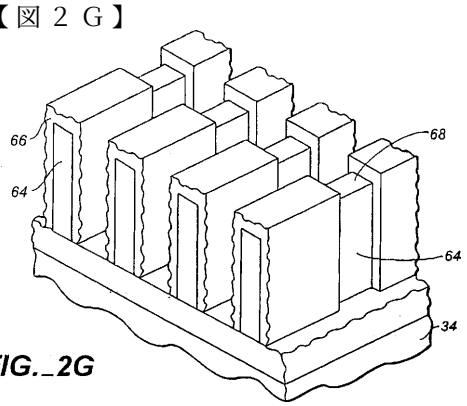


FIG._2G

【図２Ｈ】

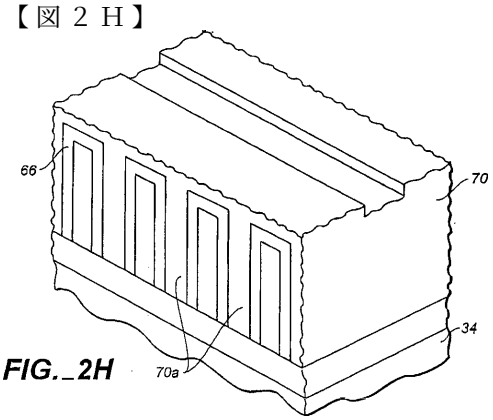


FIG._2H

【図２Ｉ】

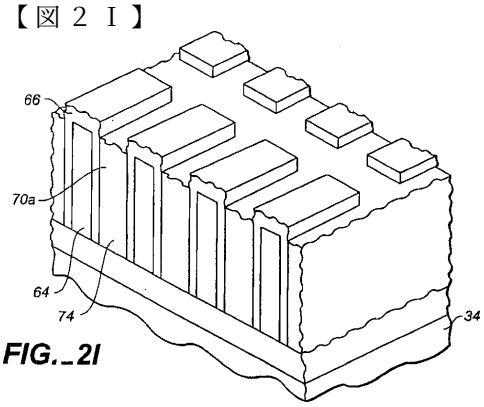


FIG._2I

【図２Ｊ】

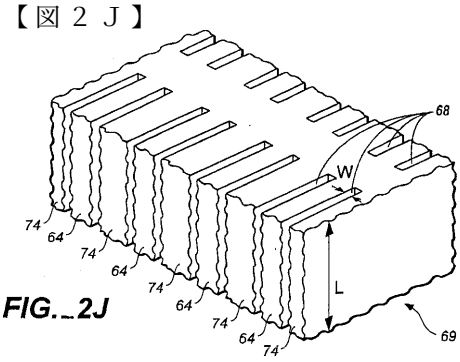


FIG._2J

【図３Ａ】

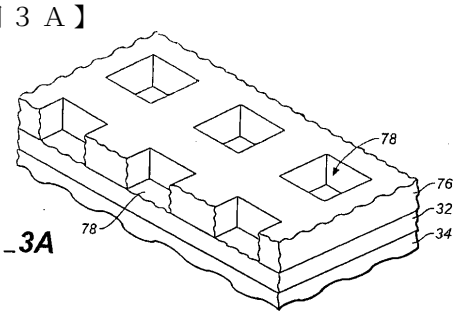


FIG._3A

【図３Ｂ】

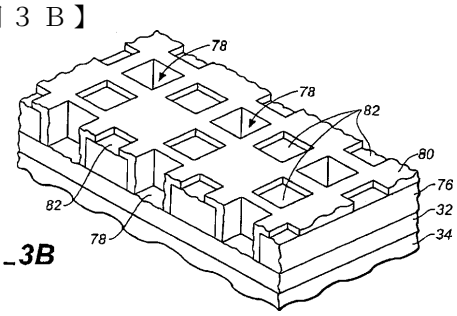


FIG._3B

【図３Ｃ】

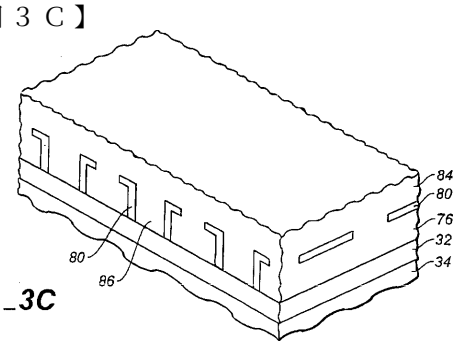


FIG._3C

【図３Ｄ】

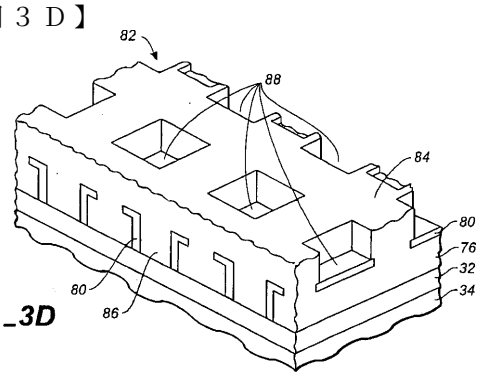


FIG._3D

【図３Ｅ】

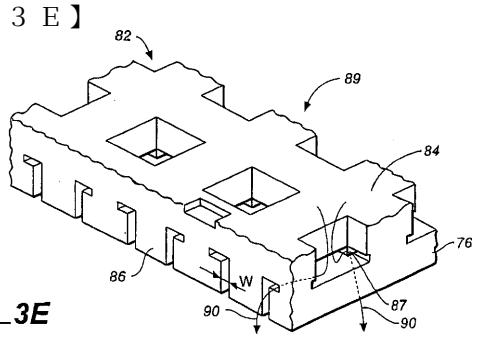


FIG._3E

【図４Ａ】

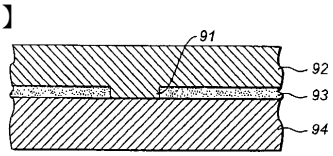


FIG._4A

【図４Ｂ】

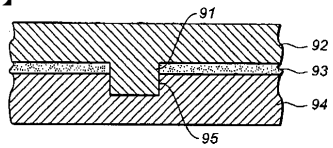


FIG._4B

【図４Ｃ】

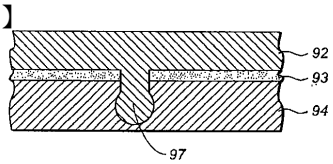


FIG._4C

【図４Ｄ】

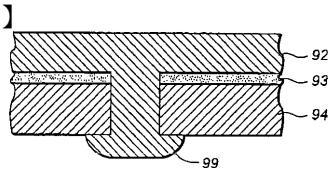


FIG._4D

【図５Ａ】

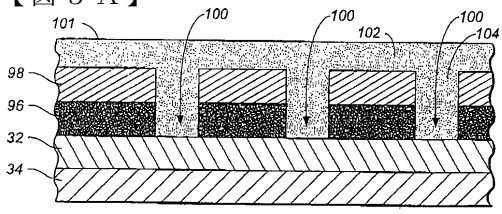


FIG._5A

【図５Ｂ】

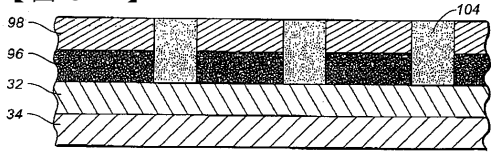


FIG._5B

【図５Ｃ】

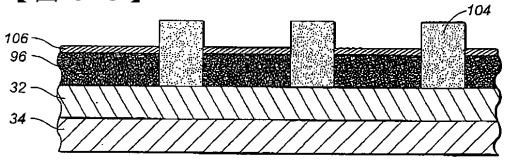


FIG._5C

【図５Ｄ】

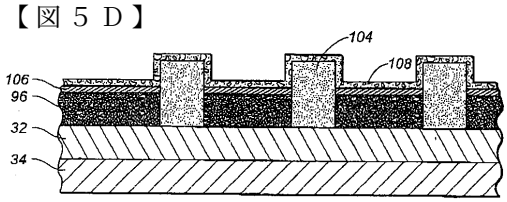


FIG._5D

【図５Ｅ】

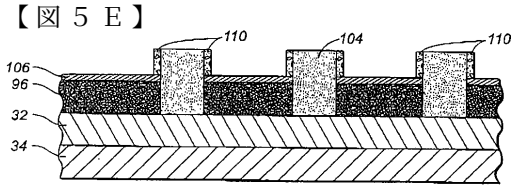


FIG._5E

【図５Ｆ】

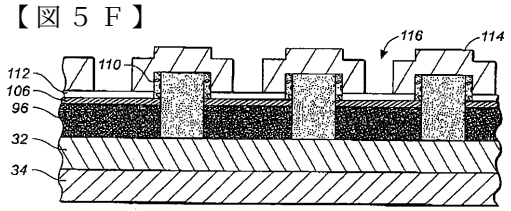


FIG._5F

【図５Ｇ】

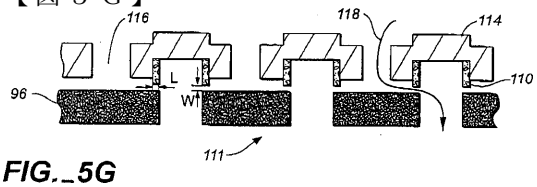


FIG._5G

【図６Ａ】

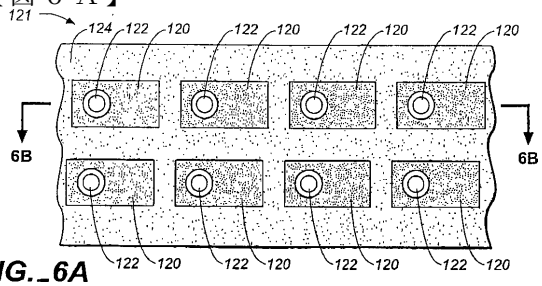


FIG._6A

【図６Ｂ】

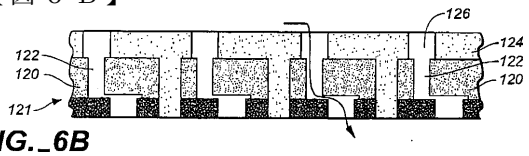


FIG._6B

【図６Ｃ】

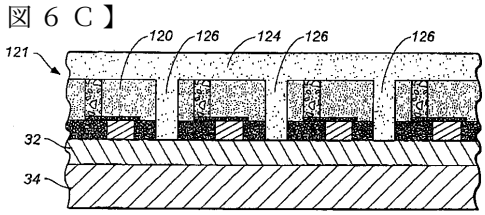


FIG._6C

【図６Ｄ】

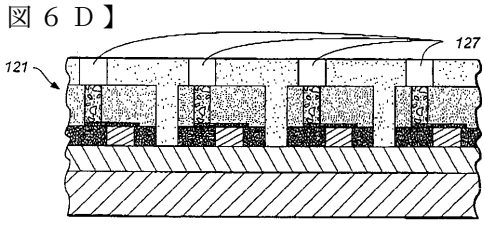


FIG._6D

【図７Ａ】

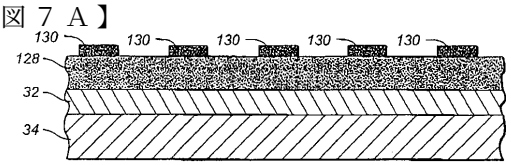


FIG._7A

【図７Ｂ】

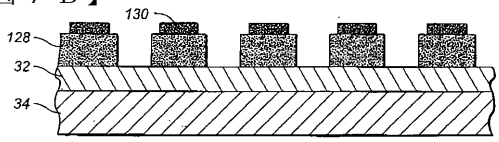


FIG._7B

【図７Ｃ】

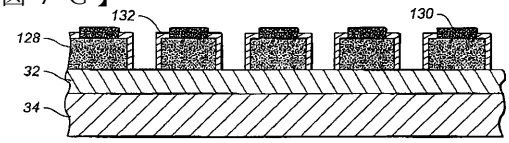


FIG._7C

【図７Ｄ】

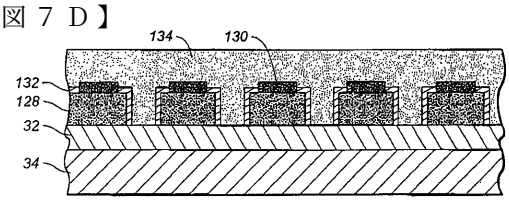


FIG._7D

【図７Ｅ】

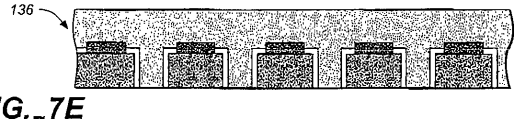


FIG._7E

【図８Ａ】

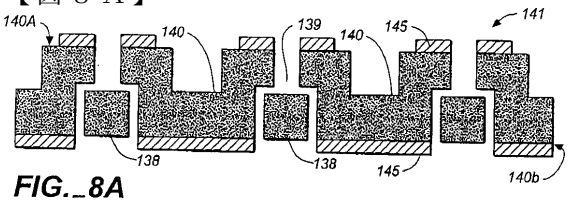


FIG._8A

【図８Ｂ】

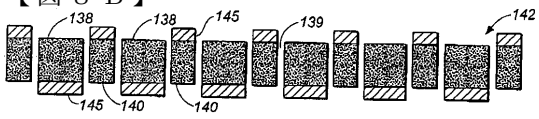


FIG._8B

【図８Ｃ】

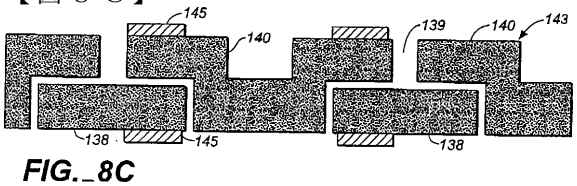


FIG._8C

【図８Ｄ】

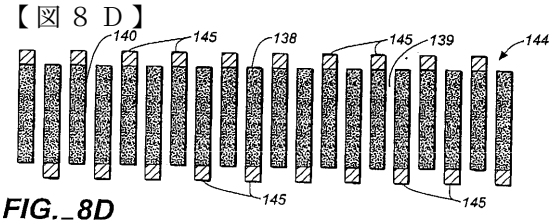


FIG._8D

【図９Ａ】

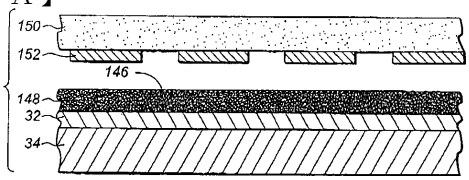


FIG._9A

【図９Ｂ】

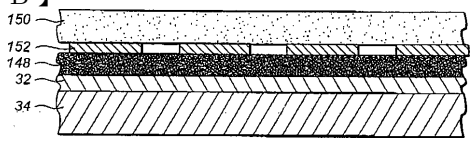


FIG._9B

【図９Ｃ】

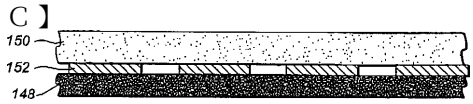


FIG._9C

【図９Ｄ】

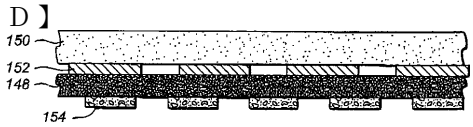


FIG._9D

【図９Ｅ】

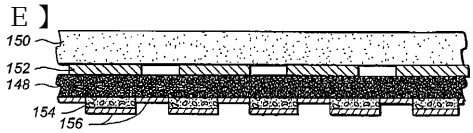


FIG._9E

【図９Ｆ】

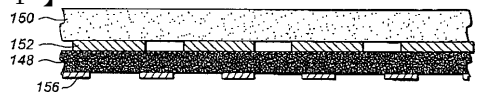


FIG._9F

【図９Ｇ】



FIG._9G

【図１０Ａ】

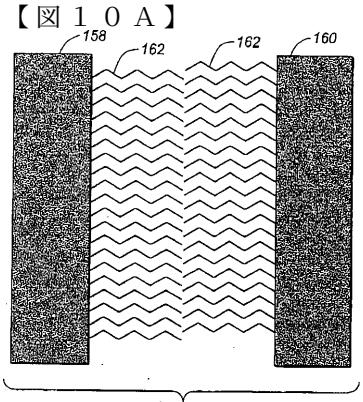


FIG._10A

【図１０Ｂ】

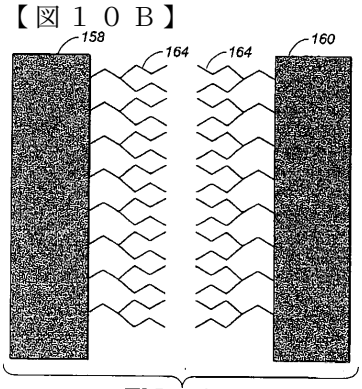


FIG._10B

【図１１Ｂ】

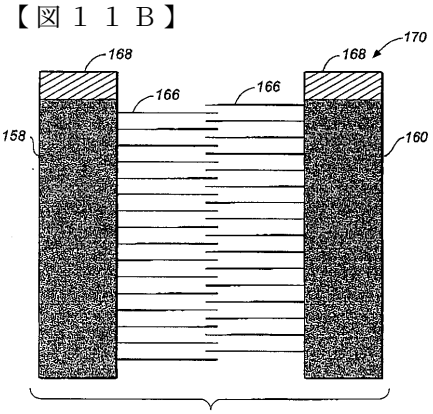


FIG._11B

【図１１Ａ】

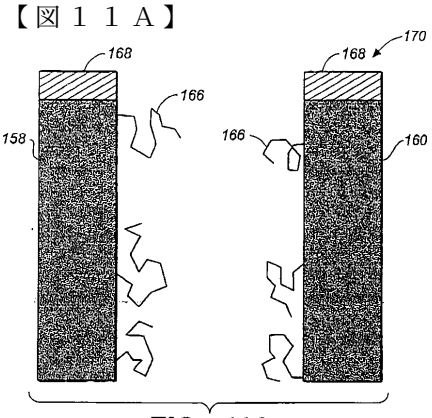


FIG._11A

【図１２】

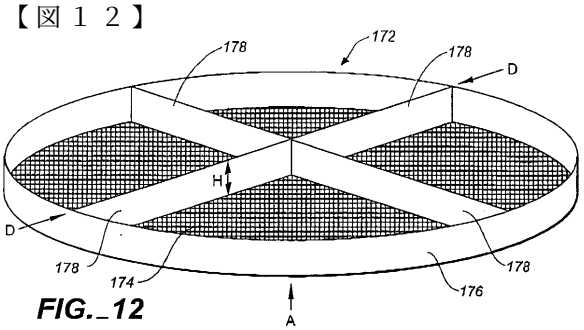


FIG._12

【図１３】

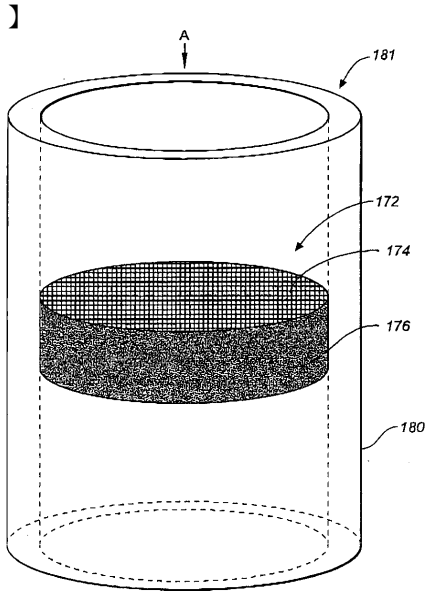


FIG._13

【図１４】

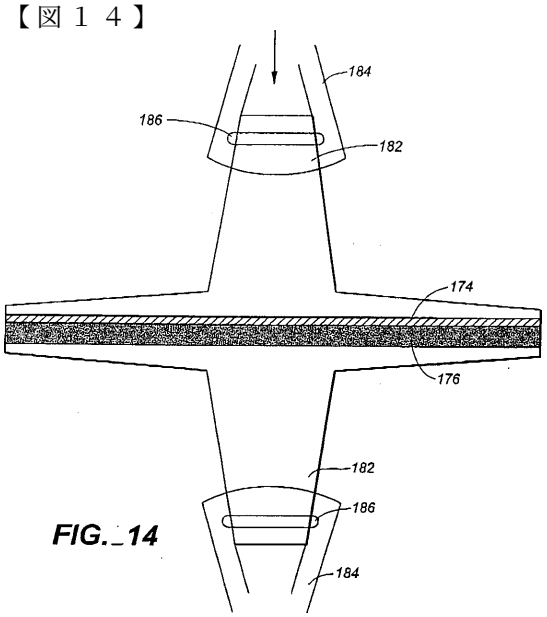


FIG._14

フロントページの続き

(74)代理人
弁理士　今城　俊夫
(74)代理人
弁理士　小川　信夫
(74)代理人
弁理士　村社　厚夫
(74)代理人
弁理士　箱田　篤
(72)発明者　ケラー　クリストファー　ジー.
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９４７０６　オールバニー　モンローアベニュー　１０５９　アパートメント　７Ｂ
(72)発明者　フェラーリ　モーロ
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９４５９６　ウォルナット　クリーク　エクレストン　２８１５

審査官　真々田　忠博

(56)参考文献　特開昭６１－１１１１０３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B01D 67/00 - 71/70