

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-20121

(P2010-20121A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.
G02B 5/20 (2006.01)F I
G02B 5/20テーマコード (参考)
2H048

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2008-180899 (P2008-180899)
(22) 出願日 平成20年7月11日 (2008.7.11)(71) 出願人 000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(74) 代理人 100113077
弁理士 高橋 省吾
(74) 代理人 100112210
弁理士 稲葉 忠彦
(74) 代理人 100108431
弁理士 村上 加奈子
(74) 代理人 100128060
弁理士 中鶴 一隆
(72) 発明者 山下 彰
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
菱電機株式会社内

最終頁に続く

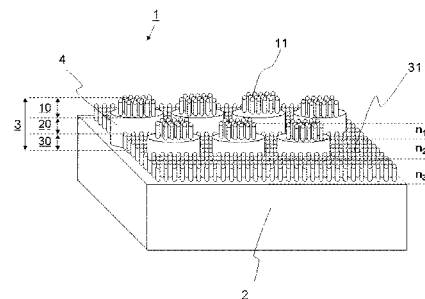
(54) 【発明の名称】 光学フィルター

(57) 【要約】

【課題】 マルチバンドの波長帯（例えば赤外線における3-5 μ m帯及び8-14 μ m帯の赤外線）に対応する光学フィルターにおいて、宇宙のような特殊環境の下でも長期信頼性に優れた光学フィルター及びそれを用いた光学装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は狙いとする波長帯よりも充分小さいサブ波長サイズの多重構造となる3次元立体構造体を光学フィルター表面もしくは両面に形成することにより、実効的な屈折率がステップ状に変化することでターゲットであるマルチ波長帯の透過特性を改善するものである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学フィルターの基板と、

前記基板の主面とこの主面から所定の距離離れた面とで規定される第一層内に、前記光学フィルターが対象とする光を透過し且つ光の波長よりも小さいブロックであって前記距離をその厚みとするブロックからなるブロック群と、

前記第一層に隣接し、前記主面から所定の第二の距離離れた面と前記第一層の表面とで規定される第二層内に、前記第二層の厚みをその厚みとするブロックからなるブロック群と、から構成され、

前記主面を平面視したときのブロック群の占有面積とそれ以外の面積との比率が前記各層内でそれぞれ所定の比率となるように、前記ブロックがそれぞれの層内で配置されたことを特徴とする光学フィルター。

10

【請求項 2】

第二層に隣接し、基板の主面から第三の距離離れた面と前記第二層の表面とで規定される第三層内に、前記第三層の厚みをその厚みとするブロックからなるブロック群を備え、前記主面を平面視して、前記各層内でそれぞれ所定の面積比率でブロックがそれぞれの層内で配置されたことを特徴とする請求項 1 に記載の光学フィルター。

【請求項 3】

第一層、第二層および第三層の厚みは、光学フィルターが対象とする光の波長 λ の $1/4$ であることを特徴とする請求項 2 に記載の光学フィルター。

20

【請求項 4】

ブロック群は、基板の主面の凹凸形状であって、円柱、角柱、若しくは不定形の柱又はこれらの組み合わせからなる複数のブロックであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学フィルター。

【請求項 5】

ブロックに、所定の深さで光学フィルターが対象とする光の波長 λ よりも小さい開口の穴を複数備え、複数の前記穴の占有面積と前記穴以外の前記ブロックの残地部分の面積との比率を所定の値に規定した請求項 1 または 2 に記載の光学フィルター。

【請求項 6】

光学フィルターの基板に、

30

前記光学フィルターが対象とする光の波長 λ よりも小さい開口の穴であって、この基板の主面から所定の深さで掘り込んだ複数の穴を所定の深さ毎に複数群備え、

前記主面を平面視して前記所定の深さ毎に、その深さで複数の前記穴が占有する面積と穴以外の基板の残地の面積との比率がそれぞれ所定の比率となるように前記基板に穴が配設されたことを特徴とする光学フィルター。

【請求項 7】

一の所定の穴の掘り込み深さと他の所定穴の掘り込み深さとの差が、光学フィルターが対象とする光の波長 λ の $1/4$ であることを特徴とする請求項 6 に記載の光学フィルター。

。

【請求項 8】

40

光学フィルターの基板に、前記光学フィルターが対象とする光の波長 λ よりも小さい開口径の穴であって、この基板の主面から所定の深さで複数の穴を所定の深さ毎に複数群掘り込む工程を備え、前記主面を平面視して前記所定の深さ毎に、その深さで複数の前記穴が占有する面積と穴以外の基板の残地の面積との比率がそれぞれ所定の比率となるように前記基板に穴を掘り込む工程を有することを特徴とする光学フィルターの製造方法。

【請求項 9】

光学フィルターの基板の表面にアルミ層を成膜し、前記アルミ層を陽極酸化することによって部分的に前記基板が露出した複数の開口部を有するアルミナ層を形成し、前記基板をエッチングして前記基板の主面に複数の穴を掘り込む際に前記アルミナ層をマスクとしたことを特徴とする請求項 8 に記載の光学フィルターの製造方法。

50

【請求項 10】

光学フィルターの基板の主面にナノ粒子が付着した層を成膜し、前記ナノ粒子をマスクとして前記基板をエッチングして前記基板の主面に複数の穴を掘り込んだことを特徴とする請求項 8 に記載の光学フィルターの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光を透過、又は光の反射を防止する光学部品、例えば撮影カメラにおいて使用される帯域制限フィルター、入射光線を透過する窓（光学窓）、レンズ等の光学部品に関する。

10

【背景技術】

【0002】

発光装置、受光装置、又は撮影装置などにおいて、光学部品（例えば、光学フィルター）は、該光学部品を透過する光に対して高い透過率を示すことが要求される。そのために、光学部品を構成する材料として、一般に、対象とする波長域の光に対して低い吸収率を有するものが選択される。また、光学部品を構成する材料の屈折率と該光学部品に接する媒質（通常は空気）の屈折率との差に基づいて光学部品の表面（入射面と透過面）で発生する透過率の損失を減少するために、光学部品の表面に反射防止膜を設けることもある。

【0003】

例えば、従来の赤外線用の光学フィルターは、光学フィルターの窓材として Ge、Zn S、Zn Se 及び Si などが良く利用され、また、反射防止膜として、金属フッ化物などが採用されていた（例えば、特許文献 3 参照）。

20

【0004】

また、光学部品の表面に反射防止膜を形成する代わりに、その表面に光の波長よりも小さな間隔をあけて規則的な三次元構造を微細加工することにより、この光学部品の表面に反射防止機能を与える試みがあった（例えば、特許文献 1～2、非特許文献 1 参照）。

【0005】

【特許文献 1】特開 2002-287370 号公報

【特許文献 2】特表 2004-521329 号公報

【特許文献 3】特開 2003-177210 号公報

30

【非特許文献 1】OPTICS LETTERS, Vol. 24, No.20, October 15, p1422(Optical Society of America)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、撮影装置の高機能化や高効率化の要求が増えてきており、これに答えるべく撮影装置が取扱う光学波長帯をマルチバンド化する必要が出てきた。ところが、上記のような多層の反射防止膜を光学部品に適用する場合には、光学部品が使用される環境（例えば、高温、ヒートサイクル）を考慮して、膜の屈折率や膜の線膨張係数などの材料特性を考慮して膜の材質を選択する必要があった。つまり、設計仕様を越えた環境下で使用されると、反射防止膜の剥離や残留歪み、反射防止膜からの残留ガスの放出といった現象が長期信頼性を阻害するおそれがあった。また、バンドパスフィルターとして急峻な波長選択性を持たせる場合には層数がさらに増加するので、かかる材質選択の問題のために使用環境が制約される課題もあった。

40

【0007】

他方、特許文献 1 に示されたような、光学部品の表面に微細な凹凸を形成して反射防止効果を狙う構造では、所望の波長帯を急峻な波長選択性をもって選択することが要求されるマルチバンドの光学フィルターを得ることは特に難しかった。

【0008】

本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、信頼性に優れた

50

波長選択性の良い光学フィルタを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る光学フィルタは、基板と、その基板の主面とこの主面から所定の距離離れた面とで規定される上層内に、光学フィルタが対象とする光を透過し且つ光の波長よりも小さいブロックであって距離をその厚みとするブロックからなるブロック群と、上層に隣接して主面から所定の第二の距離離れた面と上層の表面とで規定される中層内に中層の厚みをその厚みとするブロックからなるブロック群とから構成され、主面を平面視したときのブロック群の占有面積とそれ以外の面積との比率が各層内でそれぞれ所定の比率となるように、ブロックがそれぞれの層内で配置されたことを特徴とする。

10

【0010】

また、本発明に係る光学フィルタは、光学フィルタの基板に、光学フィルタが対象とする光の波長 λ よりも小さい開口の穴であって、この基板の主面から所定の深さで掘り込んだ複数の穴を所定の深さ毎に複数群備え、主面を平面視して所定の深さ毎に、その深さで複数の穴が占有する面積と穴以外の基板の残地の面積との比率がそれぞれ所定の比率となるように、基板に穴が配設されたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0011】

この発明によれば、基板表面に多層構造となる3次元構造体であって、各層における構造体の充填率と、各層の厚みを所定の値にすることにより所望の透過率特性を得ることができる。また、多層積層膜に起因する剥離等の問題も無く、信頼性に優れた波長選択性の良い光学フィルタを得ることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

実施の形態1.

図1は、本実施の形態1に係る光学フィルタ10の概略構成を示す斜視図である。図2は、斜視図で示した図1を平面視した模式図である。図3は、図2中に示すI I I - I I I線に沿った光学フィルタの断面の模式図である。

【0013】

以下に、図面を参照しながら、赤外線検出器用の光学フィルタを例にとり、本発明の好適な実施の形態について説明する。なお、以下の説明では、 $3\sim 5\mu\text{m}$ 帯及び $8\sim 14\mu\text{m}$ 帯に対応するマルチバンドの光学フィルタを例に本願発明を説明するが、他の形態も、当然に本願発明の技術的範囲に含まれる。また赤外線の波長帯にとどまることなくそれ以外の波長帯の光に対しても有効である。

30

【0014】

まず、光学フィルタ1の全体構成について説明する。

図1において、光学フィルタ1は、基板2の上に配置された下層小円柱31と大円柱4、さらに大円柱4の上に配置された上層小円柱11から構成されている。また、これらの大小の円柱の組合わせを便宜的に表面3次元構造体3と呼ぶことにする。また、基板2、大円柱4等の材質は赤外線を透過するSiである。なお、Siの代わりにGe、ZnS
eあるいはこれらの複合材料も基板として使用できる。

40

【0015】

図3を参照して、上述した表面3次元構造体3は、基板2に近いほうから順に、下層構造体30、中層構造体20、上層構造体10の3層構造となっている。また、表面3次元構造体3は、光学特性上は等価的に3層の光学多層膜と考えることができる。以下、この理由を説明する。

【0016】

まず、表面3次元構造体3が単層の場合、すなわち基板2の上に単に下層小円柱31のみが配置されている状態（大円柱4は無い状態）を考え、光学フィルタの特性を決める屈折率が表面3次元構造体の形状で決まることを説明する。

50

光学部品（ここでは光学フィルター）が、ある媒質（通常は空気）に接して配置される
とき、光透過面で入射光線の散乱が発生しないためには、全ての３次元構造体（ここでは
下層小円柱３１）の間隔Ｌは入射光線の波長以下になるように設計する。このような３次
元構造体において凹部と凸部との面積比率（ここでは、下層小円柱３１の上底面の面積を
凸部の面積、基板２の上の下層小円柱３１が占有していない部分を凹部の面積、として考
える）によりその層の実効的な屈折率（ n_x ）を制御することができる。基板２の空気によ
って満たされている凹部分の面積比率を f （全て凹部の場合を $f = 1$ とする）とする場
合には、この単層の実効的な屈折率（ n_x ）を式（１）から求めることができる。

$$n_x = f \cdot n + (1 - f) \cdot n_0 \quad (1)$$

f : 面積比率

n : 光学部品に接する媒質の屈折率（空気の場合一）

n_0 : 基板の屈折率

10

【００１７】

上述のように、（１）式に従い単層の屈折率を計算できるので、三層からなる表面３次
元構造体３の場合は、上層～下層構造体の各層毎にそれぞれ屈折率を計算することができ
る。図３のような３次元構造に当てはめて考えると、面積比率 f が上層から f_1 、 f_2 、
 f_3 とする３層構造とすることができる。この場合の実効的な屈折率（ n_x ）は、各層によ
って異なりそれぞれ n_1 、 n_2 、 n_3 となる。このように、面積比率 f を変えることによ
って、ステップ状に屈折率が変化する多層膜を積層した場合と同等の効果を得ることが
できる。また面積比率 f で実効的な屈折率（ n_x ）が確定することから、例えば下層小円
柱３１をランダムに配置してもよく、特に凹凸部分を周期構造とする必要は無い。

20

【００１８】

つぎに、上述した単層の波長ピークは、実効的屈折率部分の凸部の高さ（すなわち、凹
部の深さ： d ）によって式（２）から決定される。

$$d = \lambda / (4\sqrt{n \cdot n_0}) \quad (2)$$

d : 凹部の深さ

λ : 透過光の波長

30

【００１９】

したがって、目的とする赤外線を透過したい波長帯を計算するには、上記（１）式を用
いて各層構造体毎に屈折率（ n_x ）を算出し、透過したい波長帯に合わせて（２）式を用
いて上層～下層構造体の各層構造体の厚み（ d_x ）を求めることができる。

【００２０】

３～５ μm 帯及び ８～１４ μm 帯に対応するマルチバンドの光学フィルターを設計する
場合は、（１）式、（２）式を基に適宜、屈折率（ n_x ）、厚み（ d_x ）を算出し、これ
らを組み合わせ、通常の光学多層膜の計算手法によって目的とする透過率特性が得られる
か検証する。例えば、図３に示すような三層構造体の場合に、凹部と凸部との面積比率を
適宜選定し、実効屈折率 $n_1 = 1.5$ 、 $n_2 = 2.0$ 、 $n_3 = 2.5$ 及び凹部の深さを $d_1 = 0.5 \mu\text{m}$ 、 $d_2 = 0.9 \mu\text{m}$ 、 $d_3 = 0.25 \mu\text{m}$ の場合に、図４に示したような設
計目標とする二つの波長帯で良好な透過特性を得ることが可能である。

40

【００２１】

また本実施の形態では凸部の形状を円柱状としたが、特に円柱である必要はなく、角柱
等の形状であっても問題はない。また、実効的な屈折率をステップ状とすることにより波
長選択性が向上することがわかっており、各ステップの面積比率のばらつきは少ない方が
望ましい。

【００２２】

次に、本願発明の光学フィルターの製造方法例について図を基に説明する。なお、ここ
で述べる製造方法はあくまでも一例であり、他の製造方法によっても上述の構造を実現す

50

ることは可能である。

【0023】

基板2に上述の実効屈折率を制御した3次元構造を作製する方法を説明する。図5～図9は、本実施の形態における製造方法を工程順に示す概略断面図である。なお、断面位置は図3中に示すI I I - I I I線に沿った位置に相当する。以下、工程順に説明する。

【0024】

図5に示す第1工程では、基板2上にフォトレジスト41のパターンを形成しマスクとする。

【0025】

図6に示す第2工程では、ドライエッチング等により所定の深さまで掘り込む。

10

【0026】

図7に示す第3工程では、一旦フォトレジスト41を取り除き、最深部を保護し最上部を掘り込めるようにフォトレジスト42によりマスクする。つぎにドライエッチング等により表面層部分を所定の深さまで掘り進める。

【0027】

図8に示す第4工程では、再度フォトレジスト42を除去し、最表面を保護するようにフォトレジスト43によりマスクする。その状態で最深部分の凸部をドライエッチング等によりエッチングして所定の深さまで削る。

【0028】

最後に、図9に示す第5工程で、フォトレジスト43を除去する。エッチング及び露光工程が繰り返し、期待する表面3次元構造体を基板表面に実現する。

20

【0029】

実施の形態2.

上述の実施の形態1では、赤外線用の光学フィルターの実現のために円柱状の突起物による制御例を示したが例を説明したが、表面3次元構造体は必ずしも円柱状の突起物である必要はなく、実効屈折率の制御のために多数の穴を基板に設けることにより面積比率 f の制御を行ってもよい。図10はかかる形態を示したもので、図1と同様に光学フィルターの概略構成を示す斜視図である。本実施の形態では、円柱状の突起物と基板とに円筒状の穴を開けたものを組合わせた。この形態によっても同等の効果をすることができる。

【0030】

30

実施の形態3.

上述の実施の形態2では、光学フィルターの実現のために円柱状の突起物による制御例を示したが、本実施の形態では図11に示すように、穴の深さが3段階に異なるように基盤に穴を開ける加工をして面積比率 f の制御を行ったものである。この形態によっても同等の効果をすることができる。

【0031】

実施の形態4.

上述の実施の形態1では、光学フィルターの実現のために実効屈折率(n_x)が最表面から $n_1 < n_2 < n_3$ となっていく制御例を示したが、実効的な屈折率の配分が $n_1 < n_3 < n_2$ となるように3次元構造を作製することでも光学フィルター実現することが可能である。以下、本形態の構造を説明する。図13は、構造をわかりやすくするために、本形態の光学フィルターを分解した斜視図であり、第3層構造体と中層構造体の境界で分離して示している。また、光学フィルターの断面の模式図を図12に示す。

40

【0032】

本形態の構造について説明する。下層構造体30は、基板2の表面を加工して中円柱を設けたものである。また、薄いSi基板を中層構造体20とし、さらにそのSi基板の表面を加工して上層小円柱11を形成して上層構造体10としている。中円柱の上面にSi基板(中層構造体20)の底面を接合して3層構造にしたものが本形態の構造である。

【0033】

この構造により上述の実効屈折率の配分を実現することができる。例えば、図14に示

50

すように、実効屈折率 $n_1 = 1.5$ 、 $n_2 = 2.5$ 、 $n_3 = 2.0$ (=面積率から制御) 及び凹部の深さ ($d_1 = 2.0 \mu\text{m}$, $d_2 = 0.6 \mu\text{m}$, $d_3 = 0.7 \mu\text{m}$) の場合にターゲットとする二つの波長帯で良好な透過特性が得られる。

【0034】

上述の形態4において、下層構造体を円柱により形成したが、特に他の形状によって面積率を制御しても問題は無く、角柱、六角形穴、溝でも同様な効果を示す。

【0035】

実施の形態5.

上述の実施の形態1では、半導体工業で一般に使用されるリソグラフィー技術を利用したフォトリソのパターン形成法によって微細パターンを作る例を説明した。所謂、ト

10

ップダウン (Top-Down) 法のアプローチで微細構造を作成する例を示した。本実施の形態5では、ナノスケールの構造が一定の条件下で自発的に形成される自己組織化を利用した方法、所謂、ボトムアップ (Bottom-Up) 法のアプローチで微細構造を作成する例を説明する。

本実施の形態は、例えば、"Fabrication of nanohole array on Si using self-organized porous alumina mask (J. Vac. Sci. Technol. B 19 (5), Sep/Oct 2001, pp1901~1904)" に掲載されているような、ナノメートル周期の規則的な孔の配列が蜂の巣状に自然に形成されるアルミナの自己組織化特性を、光学フィルターの製造に利用したものである。

20

【0036】

図15は、本実施の形態に係る光学フィルターの製造プロセスフローを示した概略図である。図16は、本実施の形態に係る製造プロセスで製造した光学フィルターの斜視図である。なお、図16中で示した点線の図形は、シリコン基板76中に掘り込まれた種々の穴を透視して模式的に示したものである。図17は、斜視図で示した図16を平面視した模式図である。図18は光学フィルターの断面図である。断面位置は図17中に示すXV I I I - X V I I I 線に沿った位置に相当する。図19から図30は、実施の形態における製造方法を工程順に示す概略断面図である。

【0037】

まず、本実施の形態のプロセスフローについて概説説明する。

30

プロセスフローを示した図15と光学フィルターの構造を示した図16を参照して、はじめの第一工程で上層構造体10を作製し、続く第二工程で下層構造体30を作製する。最後に第三工程で中層構造体20を作製し、光学フィルターの製造を完了する。

【0038】

以下、工程順にプロセスフローを詳細に説明する。

第一工程の最初に、アルミを蒸着等の方法で成膜する。係る状態が図19で示したアルミ70である。アルミ70は、その後の工程でシリコンの基板76に小円筒穴78を形成するためのマスクとして機能する。

【0039】

次に、上述した文献に照会されているアルミナの自己組織化特性を利用したアルミナのマスクについて説明する。図19で示したアルミ70が成膜されたシリコン基板76を、リン酸またはシュウ酸あるいは硫酸等の電解液中で陽極酸化すると、ナノサイズの細孔77を持ったアルミナ71がシリコン基板76のアルミ成膜面側に形成され始める。係る状態が図20で示した状態である。さらに通電し続け陽極酸化を行うと、図21に示したような、成膜したアルミ70がほとんど消費されてアルミナ71になった状態の反応終了点に到達する。陽極酸化の反応終了点は通電される電流をモニタすれば判別できる。すなわち、アルミ70が消費されてアルミナ71が形成されている間は定常的な電流が流れるが、アルミ70がほとんど消費されてアルミナ71が形成できなくなると急激に電流が流れなくなる。そこで、定常的な電流が流れた後のある閾値以下に電流が下がった時点で通電を止めると、アルミナ71とシリコン基板2との界面に薄くアルミナで形成されたバリア

40

50

層 80 が残った状態のナノサイズの細孔 77 を多数有するアルミナ 71 の層が形成できる。係る状態が図 21 で示した状態である。

【0040】

次に、リン酸液に浸漬等によりバリア層 80 を除去すると図 22 で示した状態になる。さらに、形成したアルミナ 71 をマスクとして、シリコン基板 76 を CF4 ガス等による RIE (Reactive Ion Etching) 等でエッチングして、シリコン基板 76 にナノサイズの小円筒穴 78 を開口する。係る状態が図 23 で示した状態である。

ここでは、CF4 による RIE を例に挙げたが、Ar ガス等によるIBE (ion beam etching) や C4F8 ガス等の ICP (Inductively Coupled Plasma) エッチングで小円筒穴 78 を形成しても良い。ここまでの、上層構造体 10 を作製するための第一工程である。

10

【0041】

次に下層構造体 30 を形成するための第二工程について説明する。まず、下層構造体 30 を形成する部分以外の領域をマスクするために、リソグラフィ技術を利用したフォトリジストのパターン 72 を形成する。係る状態が図 24 で示した状態である。次に RIE 等で、シリコン基板 76 のエッチングを行い、部分的にナノサイズの小円筒穴 78 を深堀りする。係る状態が図 25 で示した状態である。

【0042】

次に、アセトン等でレジストを除去した後、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 等で研磨して、シリコン基板 76 からアルミナ 71 を除去して表面にシリコン面を露出させる。係る状態が図 26 で示した状態である。ここまでの、下層構造体 30 を作製するための第二工程である。

20

【0043】

次に、中層構造体 20 を形成するための第三工程について説明する。

まず、シリコン基板 76 を熱酸化炉にて熱酸化する。係る状態が図 27 で示した状態である。図 27 で示した熱酸化膜 75 は、中層構造体 20 を形成するときに、下層構造体 30 を形成する小円筒穴 78 がエッチングされないようにするためのマスクとして作用する。

【0044】

次に、シリコン基板 76 の表面を CMP 等で研磨して、最表面の熱酸化膜 75 を除去する。係る状態が図 28 で示した状態である。

30

【0045】

さらに、中層構造体 20 を形成するため、中層構造体 20 を形成する領域以外の部分をレジストパターン 73 でマスクする。係る状態が図 29 で示した状態である。

【0046】

次に、レジストパターン 73 でマスクされていないシリコン基板 76 が露出した部分を RIE によりエッチングを行い、所望の中層構造体 20 を形成する。係る状態が図 30 で示した状態である。

【0047】

最後に、アセトン等でレジストパターン 73 を除去し、HF 等により熱酸化膜 75 を除去して光学フィルタが完成する。完成した状態が図 18 で示した状態である。

40

【0048】

上述した実施の形態 1 で示したような、所謂トップダウン法のアプローチで微細構造を作成する場合には、EB 描画等の高価なプロセスが必要となるため、量産に向かない。しかしながら、本実施の形態で説明したアルミナの自己組織化特性を利用する場合には、元々、ボトムアップ法であるためナノサイズの構造体を容易に作りやすく、また高価な設備を要しないので、3 層構造の複雑な微細構造を安価に大量生産できる利点がある。

【0049】

また、本実施の形態で説明した光学フィルタの製法では、上層、中層、下層における構造体の充填率をアルミの陽極酸化の条件でコントロールできるので、所望の透過率特性を容易に得ることができる。また、係る製法で作製した光学フィルタは単一の構造材で

50

構成されているため、多層積層膜に起因する剥離等の問題も無く、信頼性に優れた波長選択性の良い光学フィルターを得ることができる。さらに、EB描画では、狭いエリアを描画するにも非常に高価であり、その利用に制限があったが、アルミナの自己組織化特性を利用すれば、広範な領域にナノサイズの構造体が安価に形成できる。

【0050】

なお、本実施の形態ではアルミナの自己組織化特性を利用したアルミナのマスクについて説明したが、上述の形態に限られず、実施の形態3で説明した図11に示すような穴の深さが3段階に分かれた構造にも利用可能である。すなわち、最初に図23に示したような小円筒穴78を多数開口し、次いで図23, 24に示したようにレジストパターン73で部分的に小円筒穴78を塞いでそれ以上エッチングが進行しないようにし、所望の上層構造体10、中層構造体20、下層構造体30を作り分ければよい。

10

【0051】

実施の形態6.

実施の形態5ではアルミナの自己組織化特性を用いてナノサイズの構造体を形成したが、本実施の形態6では、ナノ粒子を用いたマスクを利用したことに特徴がある。有機溶媒または水に分散させた酸化シリコンでできたナノ粒子をシリコン基板に塗布し、有機溶媒または水を除去して酸化シリコンでできたナノ粒子のみをシリコン基板に残し、それをエッチングマスクとして用いる方法である。例えば、特許公開公報2007-250583に照会されているような方法である。上述の実施の形態5とは別のボトムアップ法のアプローチで微細構造を作成する例を説明する。

20

【0052】

以下、本実施の形態6について説明する。

まず、本実施の形態のプロセスフローについて説明する。先に説明した実施の形態5と同様に、まず第一工程で上層構造体10を作製し、続く第二工程で下層構造体30を作製する。最後に第三工程で中層構造体20を作製し、光学フィルターの製造を完了する。また、図31から図40は、実施の形態における製造方法を工程順に示す概略断面図である。なお、本実施の形態における概略断面図は、本実施の形態5と同様のものである。

【0053】

以下、工程順にプロセスフローを詳細に説明する。

第一工程の最初に、シリコン基板76に小穴81を形成するためのマスクとして、酸化シリコンでできたナノ粒子82を粉末スプレー塗布等の方法で形成する。係る状態が図31で示した状態である。

30

【0054】

次に、本酸化シリコンのナノ粒子82をマスクとしてシリコン基板76にRIE等でエッチングして、シリコン基板76にナノサイズの小穴81を掘る。係る状態が図32で示した状態である。ここまでの、上層構造体10を作製するための第一工程である。

【0055】

次に下層構造体30を形成するための第二工程について説明する。まず、下層構造体30を形成する部分以外の領域をマスクするために、リソグラフィー技術を利用してフォトリソグロパターン72を形成する。係る状態が図33で示した状態である。次にRIE等で、シリコン基板76のエッチングを行い、部分的にナノサイズの小穴81を深掘りする。係る状態が図34で示した状態である。

40

【0056】

次に、アセトン等でレジストを除去した後、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 等で研磨して、シリコン基板76からアルミナ71を除去して表面にシリコン面を露出させる。係る状態が図35で示した状態である。ここまでの、下層構造体30を作製するための第二工程である。

【0057】

次に、中層構造体20を形成するための第三工程について説明する。

まず、シリコン基板76を熱酸化炉にて熱酸化する。係る状態が図36で示した状態で

50

ある。図 36 で示した熱酸化膜 75 は、中層構造体 20 を形成するときに、下層構造体 30 を形成する小穴 81 がエッチングされないようにするためのマスクとして作用する。

次に、シリコン基板 76 の表面を CMP 等で研磨して、最表面の熱酸化膜 75 を除去する。係る状態が図 37 で示した状態である。

さらに、再度レジストによる中層構造体 20 を形成するため、中層構造体 20 を形成する部分以外の領域をマスクするために、リソグラフィー技術を利用したフォトリソグロパター 73 を形成する。係る状態が図 38 で示した状態である。

次に、レジストパターン 73 でマスクされていないシリコン基板 76 が露出した部分を RIE によりエッチングを行い、所望の中層構造体 20 を形成する。係る状態が図 39 で示した状態である。

最後に、アセトン等でレジストパターン 73 を除去し、HF 等により熱酸化膜 75 を除去して光学フィルタが完成する。完成した状態が図 40 で示した状態である。

【0058】

上述した実施の形態 1 で示したような、所謂トップダウン法のアプローチで微細構造を作成する場合には、EB 描画等の高価なプロセスが必要となるため、量産に向かない。しかしながら、本実施の形態で説明したナノ粒子の自己組織化特性を利用する場合には、元々、ボトムアップ法であるためナノサイズの構造体を容易に作りやすく、また効果な設備を要しないので、3 層構造の複雑な微細構造を安価に大量生産できる利点がある。

【0059】

さらに、例えば穴ピッチを変更するためには、実施の形態 5 で説明した陽極酸化の場合は電解液の選択、液温や電流密度の制御など、種々の条件をコントロールする必要があるが、ナノ粒子を用いる場合は所望の大きさの粒子を分散させた所定濃度の液を選択するだけで所望の穴ピッチが得られる利点がある。

【0060】

また、本実施の形態で説明した光学フィルタの製法では、上層、中層、下層における構造体の充填率をナノ粒子の大きさでコントロールできるので、所望の透過率特性を容易に得ることができる。また、係る製法で作製した光学フィルタは単一の構造材で構成されているため、多層積層膜に起因する剥離等の問題も無く、信頼性に優れた波長選択性の良い光学フィルタを得ることができる。さらに、EB 描画では、狭いエリアを描画するにも非常に高価であり、その利用に制限があったが、ナノ粒子の自己組織化特性を利用すれば、広範な領域にナノサイズの構造体が安価に形成できる。

【0061】

なお、ナノ粒子として酸化シリコンでできたナノ粒子を例に説明したが、他のナノ粒子でもシリコン基板のエッチング時にマスクとなる材料が使用可能である。例えば、アルミナのナノ粒子が使用可能である。

【0062】

上述した実施の形態は例示であって、本発明は例示した実施形態の範囲に限定されない。例えば、上述下形態ではフィルタ基板の一方の主面に凹凸形状を付加した例を説明したが、フィルタ基板の他方の主面にも形成しても良い。本発明は特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】本発明の実施形態 1 の光学フィルタの斜視図である。

【図 2】本発明の実施形態 1 の光学フィルタの平面図である。

【図 3】本発明の実施形態 1 の光学フィルタの断面図である。

【図 4】本発明の実施形態 1 の光学フィルタの透過特性例である。

【図 5】本発明の実施形態 1 の光学フィルタの製造工程中の断面図である。

【図 6】本発明の実施形態 1 の光学フィルタの製造工程中の断面図である。

【図 7】本発明の実施形態 1 の光学フィルタの製造工程中の断面図である。

10

20

30

40

50

【図 8】本発明の実施形態 1 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 9】本発明の実施形態 1 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 10】本発明の実施形態 2 の光学フィルターの斜視図である。
 【図 11】本発明の実施形態 3 の光学フィルターの斜視図である。
 【図 12】本発明の実施形態 4 の光学フィルターの断面図である。
 【図 13】本発明の実施形態 4 の光学フィルターの斜視図である。
 【図 14】本発明の実施形態 4 の光学フィルターの透過特性例である。
 【図 15】本発明の実施形態 5 のプロセスフローを説明する図である。
 【図 16】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの斜視図である。
 【図 17】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの平面図である。
 【図 18】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの断面図である。
 【図 19】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 20】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 21】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 22】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 23】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 24】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 25】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 26】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 27】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 28】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 29】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 30】本発明の実施形態 5 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 31】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 32】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 33】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 34】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 35】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 36】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 37】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 38】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 39】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【図 40】本発明の実施形態 6 の光学フィルターの製造工程中の断面図である。
 【符号の説明】

【0064】

- 1 光学フィルター、
- 2 基板、
- 3 表面 3 次元構造体、
- 4 大円柱
- 10 上層構造体、
- 11 上層小円柱、
- 12 エッチング穴
- 13 上層基板
- 20 中層構造体、
- 30 下層構造体、
- 31 下層小円柱、
- 32 エッチング穴
- 33 エッチング溝
- 40 フォトレジスト
- 41 フォトレジスト

10

20

30

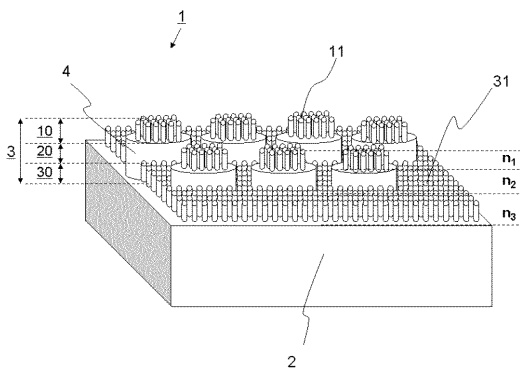
40

50

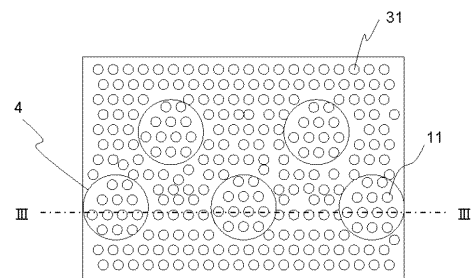
- 4 2 フォトレジスト
- 4 3 フォトレジスト
- 7 0 アルミ
- 7 1 アルミナ
- 7 2 レジストパターン
- 7 3 レジストパターン
- 7 5 熱酸化膜
- 7 6 シリコン基板
- 7 7 細孔
- 7 8 小円筒穴
- 7 9 大円筒穴
- 8 0 バリア層
- 8 1 小穴
- 8 2 ナノ粒子

10

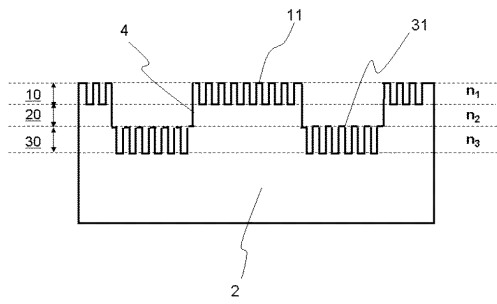
【図 1】



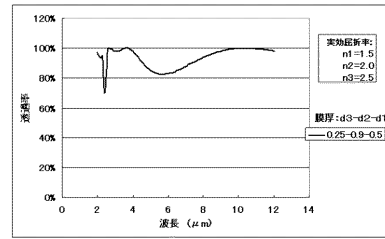
【図 2】



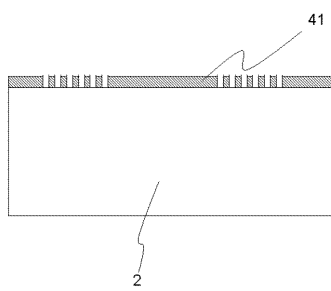
【図 3】



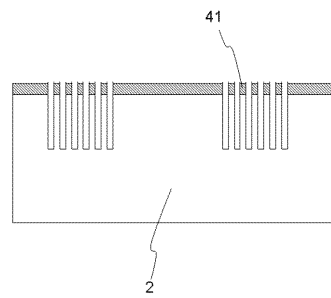
【図 4】



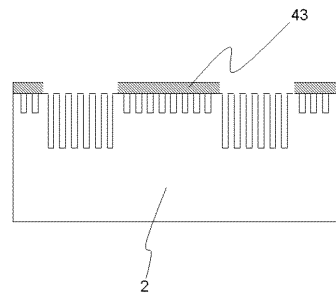
【図 5】



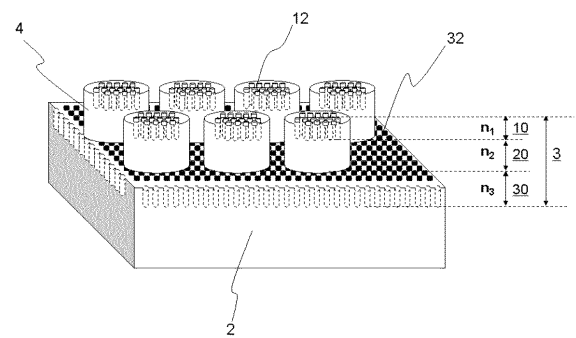
【図 6】



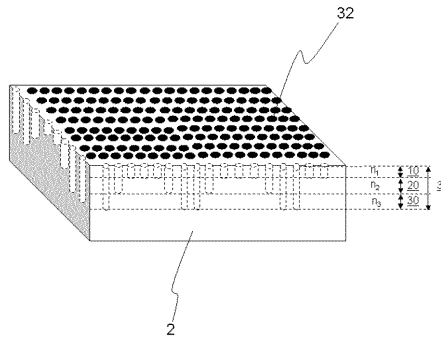
【图 8】



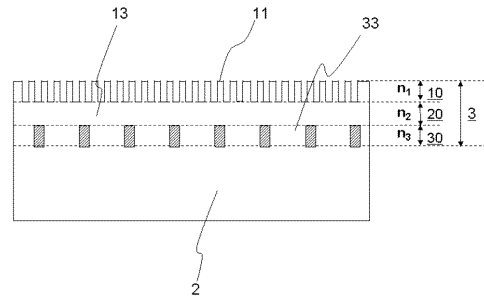
【 図 1 0 】



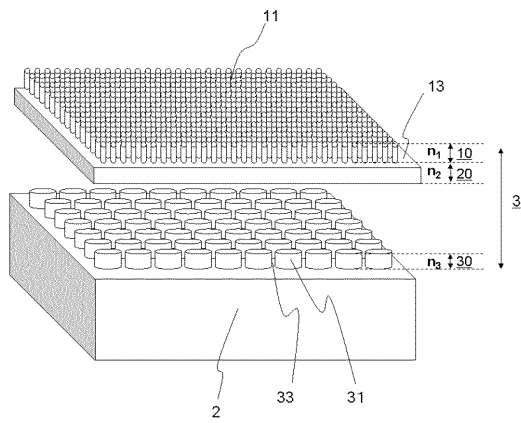
【図 1 1】



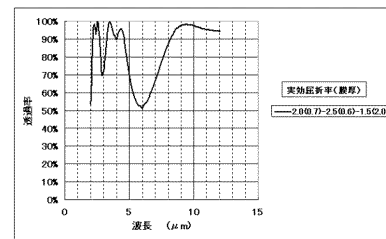
【図 1 2】



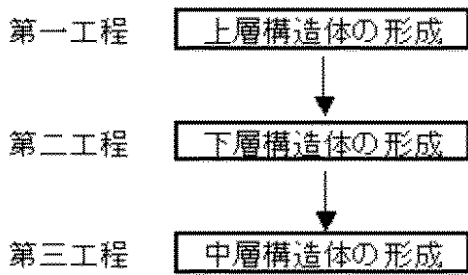
【図 1 3】



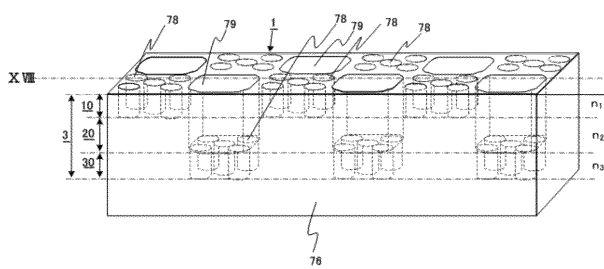
【図 1 4】



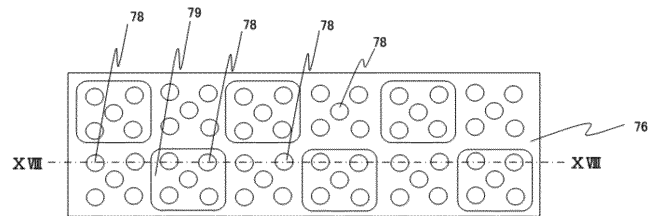
【図 15】



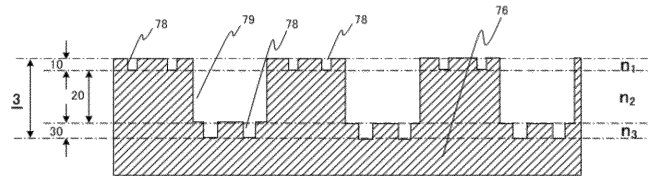
【図 16】



【図 17】



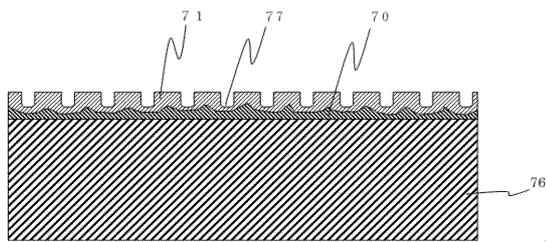
【図 18】



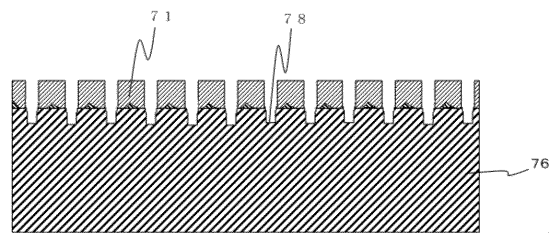
【図 19】



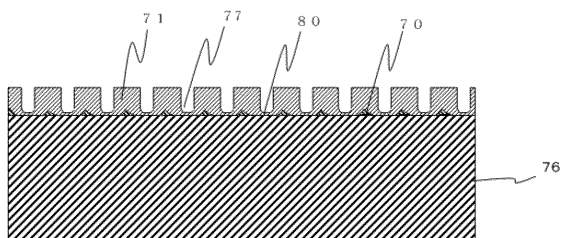
【図 20】



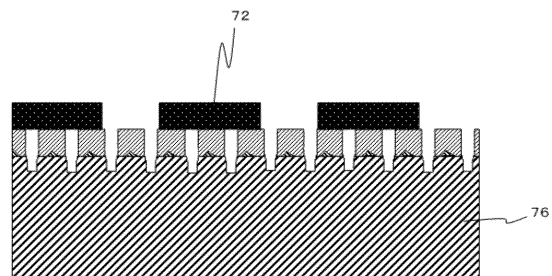
【図 23】



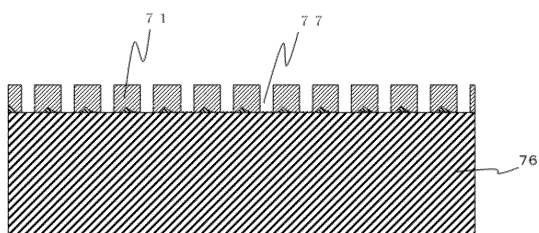
【図 21】



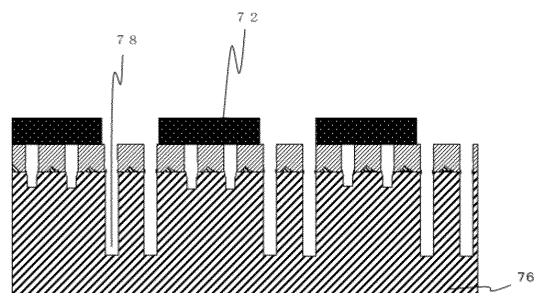
【図 24】



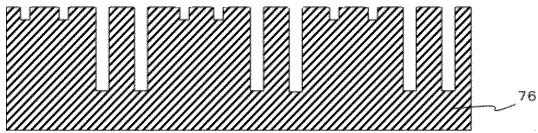
【図 22】



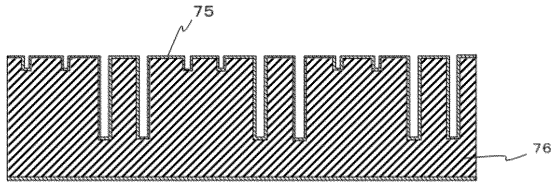
【図 25】



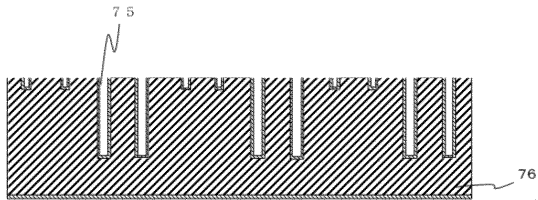
【図 26】



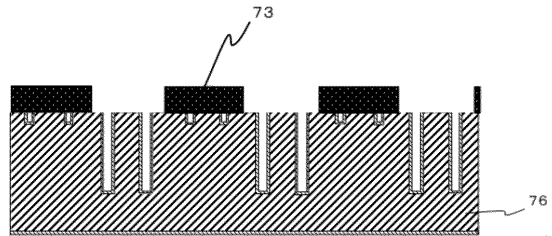
【図 27】



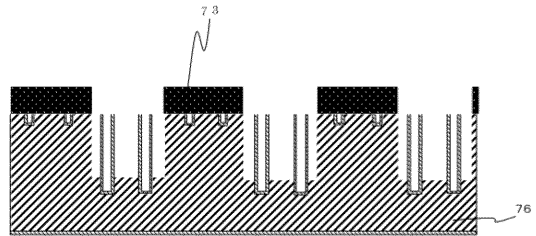
【図 28】



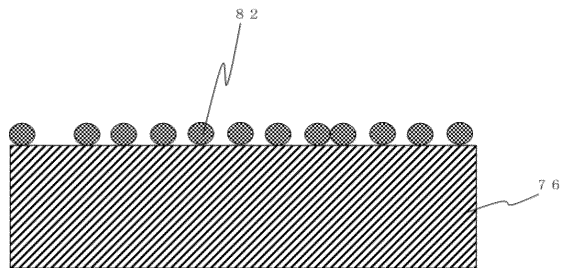
【図 29】



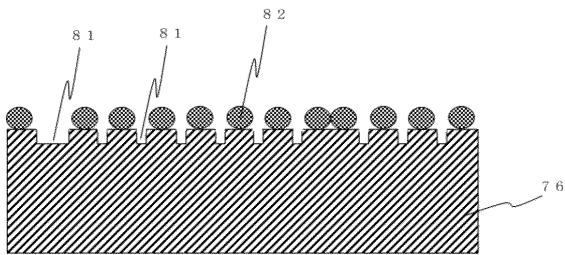
【図 30】



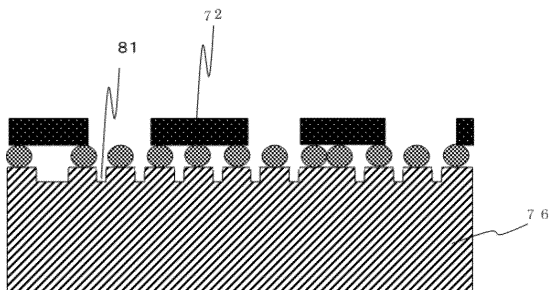
【図 31】



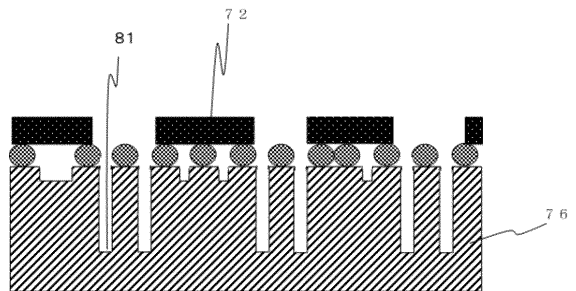
【図 32】



【図 33】



【図 34】



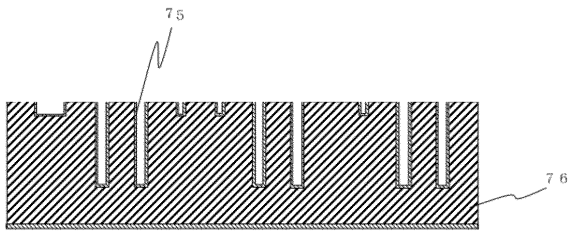
【図 35】



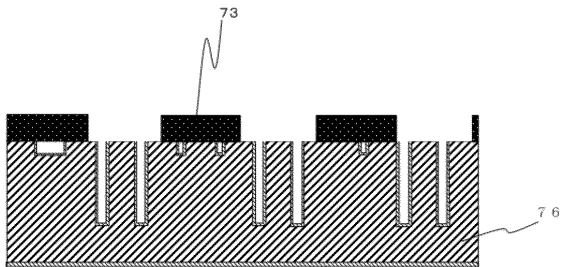
【図 36】



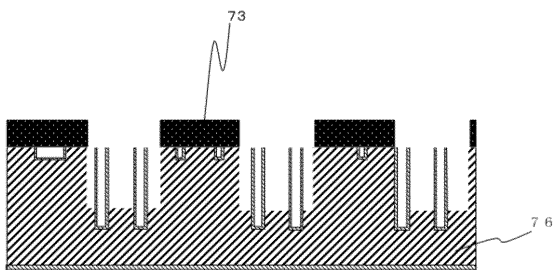
【図 37】



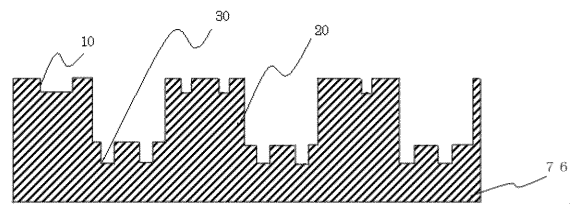
【図 38】



【図 39】



【図 40】



フロントページの続き

- (72)発明者 小川 新平
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 高田 裕
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 徳永 隆志
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 番 政広
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- Fターム(参考) 2H048 AA03 AA09 AA12 AA18 AA21