

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6889896号
(P6889896)

(45) 発行日 令和3年6月18日 (2021.6.18)

(24) 登録日 令和3年5月26日 (2021.5.26)

(51) Int. Cl.

F I

G O 2 B 5/08 (2006.01)

G O 2 B 5/08 C

B 3 2 B 5/28 (2006.01)

G O 2 B 5/08 A

B 3 2 B 5/28 Z

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-116368 (P2016-116368)
 (22) 出願日 平成28年6月10日 (2016.6.10)
 (65) 公開番号 特開2017-219810 (P2017-219810A)
 (43) 公開日 平成29年12月14日 (2017.12.14)
 審査請求日 令和1年6月7日 (2019.6.7)

(73) 特許権者 504139662
 国立大学法人東海国立大学機構
 愛知県名古屋市千種区不老町1番
 (74) 代理人 100165962
 弁理士 一色 昭則
 (74) 代理人 100206357
 弁理士 角谷 智広
 (74) 代理人 100087723
 弁理士 藤谷 修
 (72) 発明者 秋山 浩庸
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重
 工業株式会社内
 (72) 発明者 岸本 和昭
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重
 工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 FRP製ミラー構造体、FRP製ミラー構造体の製造方法、および、望遠鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

疎水性ポリマーを母材とするFRP層を準備する準備工程と、
 前記FRP層上に、非FRP層である中間層を介して、鏡面を備えた鏡面層を配置する
 配置工程と
 を具備し、
 前記疎水性ポリマーの繰返し単位は、炭化水素によって構成されており、
 前記疎水性ポリマーの繰返し単位は、炭素原子および水素原子以外の原子が含まれて
 おらず、
 前記疎水性ポリマーは二重結合を含まない
 FRP製ミラー構造体の製造方法。

【請求項2】

鏡面を備えた鏡面層と、
 FRP層と、
 非FRP層である中間層と
 を具備し、
 前記中間層は、前記鏡面層と前記FRP層との間に配置され、
 前記FRP層は、疎水性ポリマーを含み、
 疎水性ポリマーの繰返し単位は、炭化水素によって構成されており、
 前記疎水性ポリマーの繰返し単位は、炭素原子および水素原子以外の原子が含まれて

10

20

おらず、

前記疎水性ポリマーは二重結合を含まない

F R P 製ミラー構造体。

【請求項 3】

前記中間層は、接着剤層であり、

前記 F R P 層は、

前記疎水性ポリマーを母材とする疎水性部分と、

前記疎水性部分と前記接着剤層との間に配置された極性基含有ポリマー層とを含む

請求項 2 に記載の F R P 製ミラー構造体。

10

【請求項 4】

前記極性基含有ポリマー層の厚さは、0.1 nm 以上 300 nm 以下である

請求項 3 に記載の F R P 製ミラー構造体。

【請求項 5】

前記中間層は、研削された表面を有する樹脂層である

請求項 2 に記載の F R P 製ミラー構造体。

【請求項 6】

請求項 2 乃至 5 のいずれか一項に記載の F R P 製ミラー構造体が搭載された望遠鏡であって、

電磁波検出器を含み、

前記鏡面層で反射された赤外線、可視光、紫外線、または、X 線が、前記電磁波検出器に導入される

20

望遠鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、F R P 製ミラー構造体、F R P 製ミラー構造体の製造方法、および、望遠鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

F R P 製ミラー構造体が知られている。F R P 製ミラー構造体は、強度が高く、かつ、軽量である。

30

【0003】

関連する技術として、特許文献 1（特開平 5 - 80212 号公報）には、F R P 製反射鏡が記載されている。特許文献 1 に記載の F R P 製反射鏡は、F R P 板と、当該 F R P 板の一方の表面に形成された平滑なガラス層と、当該ガラス層の表面に形成された反射膜と、前記 F R P 板の他方の面に形成された防湿層とを含む。特許文献 1 に記載の F R P 製反射鏡では、F R P 板の表面に防湿層が設けられているため、F R P 板による湿気の吸収が防止される。そして、F R P 板による湿気の吸収が防止されるので、F R P 製反射鏡の膨潤による変形が防止される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 5 - 80212 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、吸湿が抑制され、かつ、軽量化された F R P 製ミラー構造体、F R P 製ミラー構造体の製造方法、および、望遠鏡を提供することにある。

【0006】

50

この発明のこれらの目的とそれ以外の目的と利益とは以下の説明と添付図面とによって容易に確認することができる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下に、課題を解決するための手段を説明する。

【0008】

第1の態様におけるFRP製ミラー構造体の製造方法は、疎水性ポリマーを母材とするFRP層を準備する準備工程と、FRP層上に、非FRP層である中間層を介して、鏡面を備えた鏡面層を配置する配置工程とを具備する。疎水性ポリマーの繰り返し単位は、炭化水素によって構成されている。疎水性ポリマーの繰り返し単位は、炭素原子および水素原子以外の原子が含まれていない。疎水性ポリマーは二重結合を含まない。

10

【0009】

【0010】

【0011】

【0012】

【0013】

【0014】

【0015】

【0016】

【0017】

20

第2の態様におけるFRP製ミラー構造体は、鏡面を備えた鏡面層と、FRP層と、非FRP層である中間層とを具備する。中間層は、鏡面層とFRP層との間に配置され、FRP層は、疎水性ポリマーを含む。疎水性ポリマーの繰り返し単位は、炭化水素によって構成されている。疎水性ポリマーの繰り返し単位は、炭素原子および水素原子以外の原子が含まれていない。疎水性ポリマーは二重結合を含まない。

【0018】

【0019】

第3の態様におけるFRP製ミラー構造体においては、中間層は、接着剤層である。FRP層は、疎水性ポリマーを母材とする疎水性部分と、疎水性部分と接着剤層との間に配置された極性基含有ポリマー層とを含む。

30

【0020】

第4の態様におけるFRP製ミラー構造体においては、極性基含有ポリマー層の厚さは、0.1nm以上300nm以下である。

【0021】

第5の態様におけるFRP製ミラー構造体においては、中間層は、研削された表面を有する樹脂層である。

【0022】

第6の態様における望遠鏡は、上記に記載のFRP製ミラー構造体が搭載された望遠鏡であって、電磁波検出器を含み、鏡面層で反射された赤外線、可視光、紫外線、または、X線が、電磁波検出器に導入される。

40

【発明の効果】

【0023】

本発明により、吸湿が抑制され、かつ、軽量化されたFRP製ミラー構造体、FRP製ミラー構造体の製造方法、および、望遠鏡が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は、実施形態におけるFRP製ミラー構造体の断面図である。

【図2】図2は、実施形態におけるFRP製ミラー構造体の断面図である。

【図3】図3は、FRP製ミラー構造体の鏡面層の一例を示す断面図である。

【図4A】図4Aは、変形例におけるFRP製ミラー構造体の断面図である。

50

【図 4 B】図 4 B は、変形例における F R P 製ミラー構造体の断面図である。

【図 5 A】図 5 A は、F R P 製ミラー構造体の適用例を示す機能ブロック図である。

【図 5 B】図 5 B は、電磁波検出機器の光学系の一部を模式的に示す図である。

【図 5 C】図 5 C は、電磁波検出機器の光学系の一部を模式的に示す図である。

【図 6】図 6 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法の概要を示す図である。

【図 7】図 7 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法を示すフローチャートである。

【図 8】図 8 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 9】図 9 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 1 0】図 1 0 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 1 1】図 1 1 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 1 3】図 1 3 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法を示すフローチャートである。

【図 1 4】図 1 4 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 1 6】図 1 6 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法における 1 つの工程を示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、F R P 製ミラー構造体の製造方法を示すフローチャートである。

【図 1 8】図 1 8 は、F R P 層と樹脂層とが積層された状態を示す図である。

【図 1 9】図 1 9 は、疎水性ポリマーにおける水の接触角について説明するための図である。

10

20

【発明を実施するための形態】

【0 0 2 5】

以下、実施形態に係る F R P 製ミラー構造体、ミラーの製造方法、および、望遠鏡に関して、添付図面を参照して説明する。なお、添付図面において、同一の機能を有する構成要素には、同一の符号が付与されている。同一の符号が付された構成要素についての繰り返しとなる説明は省略される。

30

【0 0 2 6】

(発明者によって認識された事項)

F R P 製ミラー構造体において使用される樹脂としては、エポキシ樹脂およびシアネート樹脂が知られている。エポキシ樹脂およびシアネート樹脂は、親水性を有している。換言すれば、エポキシ樹脂、シアネート樹脂には、親水基が多く含まれている。このため、既存の F R P 製ミラー構造体では、親水性樹脂（エポキシ樹脂、シアネート樹脂等）による吸湿または脱湿に伴い、F R P 製ミラー構造体に変形するおそれがあった。F R P 製ミラー構造体に変形した場合、鏡面の平滑性を維持することができない。特に、ミラーを、赤外線波長以下の波長の電磁波（電磁波には、光も包含される。）のように短波長の電磁波を反射するために用いる場合には、短波長に対応して、鏡面における高い平滑性が要求される。ミラーを、紫外線波長より短い波長の電磁波（例えば、X 線）を反射するために用いる場合には、鏡面において、非常に高い平滑性が要求される。以上の観点から、赤外線波長以下の波長用の F R P 製ミラー構造体（特に、X 線波長以下の波長用の F R P 製ミラー構造体）は、実用化されていないのが実情である。

40

【0 0 2 7】

なお、F R P の周囲に、防湿層としての金属箔あるいはガラスを配置することが考えられる。しかし、F R P の周囲に防湿層を設ける場合には、F R P 製ミラー構造体の重量が増加する。また、防湿層としてガラスを用いる場合には、鏡面または F R P の形状に合わせてガラスを加工する必要がある。このため、F R P 製ミラー構造体の製造コストあるい

50

は製造時間が増加する。更には、ガラスには、割れるリスクがある。

【 0 0 2 8 】

(実施形態におけるFRP製ミラー構造体)

図1を参照して、実施形態におけるFRP製ミラー構造体7について説明する。図1は、FRP製ミラー構造体7の断面図である。FRP製ミラー構造体7は、鏡面11を備えた鏡面層10と、FRP層20と、中間層30とを含む。中間層30は、鏡面層10とFRP層20との間に配置されている。

【 0 0 2 9 】

FRP層20は、繊維強化プラスチック層である。繊維は、例えば、炭素繊維であるが、炭素繊維以外の繊維を用いることも可能である。プラスチックは、マトリックス(換言すれば、母材)として機能する。FRP層20は、疎水性ポリマーをマトリックス(母材)として含む。FRP層20のマトリックスとして、疎水性ポリマーを採用することにより、FRP層20による吸湿が抑制される。

10

【 0 0 3 0 】

FRP層20は、表面には、繊維の存在に起因して、凹凸が存在する。このため、FRP層20上に、直接、鏡面層10を積層すると、鏡面11に凹凸が含まれることとなる。実施形態では、中間層30が平滑表面を備える。そして、平滑表面上に鏡面層10が積層される。このため、鏡面11における凹凸の発生が抑制される。

【 0 0 3 1 】

図1に記載の例では、中間層30の第1表面(平滑表面)が、鏡面層10に接し、中間層30の第2表面が、FRP層20に接触している。中間層30は、1層であっても、複数層であってもよい。

20

【 0 0 3 2 】

中間層30には、平滑表面を備えることと、鏡面層10およびFRP層20に対する良好な接着特性を有することが要求される。このため、中間層30および/またはFRP層20には、様々な工夫が施されることが好ましい。以下、様々な工夫について、より詳細に説明する。

【 0 0 3 3 】

図2および図3を参照して、実施形態におけるFRP製ミラー構造体7について、より詳細に説明する。図2は、FRP製ミラー構造体7の断面図である。図3は、FRP製ミラー構造体7の鏡面層10の一例を示す断面図である。

30

【 0 0 3 4 】

FRP製ミラー構造体7は、鏡面11を備えた鏡面層10と、FRP層20と、鏡面層10とFRP層20との間に配置される接着剤層30aとを備える。接着剤層30aは、上述の中間層30として機能する。

【 0 0 3 5 】

鏡面11は、光、X線等の電磁波が入射する側のミラーの表面である。鏡面11は、平滑な表面である。鏡面11の表面粗さは、例えば、 $0.4\text{ mm} \times 0.4\text{ mm}$ の正方形の面積内で 0.8 nm 以下の二乗平均平方根表面粗さ(RMS表面粗さ)を有する。鏡面層10は、電磁波を反射する層である。換言すれば、鏡面層10は、反射層として機能する。鏡面層10は、例えば、アルミニウム、プラチナ等の金属層である。鏡面層10は、FRP層よりも外側に配置される外層である。

40

【 0 0 3 6 】

鏡面層10は、アルミニウム、プラチナ等の金属の単層であってもよいし、多層であってもよい。図3には、多層を有する鏡面層10の例が示されている。図3に記載の例では、鏡面層10は、第1材料層13と第2材料層15との繰り返し構造を含む。第1材料層13としてプラチナ層を用い、第2材料層15として炭素層が用いられてもよい。図3に記載の例では、鏡面層10は、第1プラチナ層13-1と、第1炭素層15-1と、第2プラチナ層13-2と、第2炭素層15-2とを含む。多層を有する鏡面層10は、例えば、高エネルギーの電磁波の反射のために用いることが可能である。図3に記載の例では

50

、各プラチナ層において電磁波が反射される。図3に記載の例では、第1プラチナ層13-1の厚さと第2プラチナ層13-2の厚さとが互いに等しく、第1炭素層15-1の厚さと第2炭素層15-2の厚さとが互いに等しい。代替的に、第1プラチナ層13-1の厚さと第2プラチナ層13-2の厚さとが、互いに異なってもよい。代替的に、あるいは、付加的に、第1炭素層15-1の厚さと第2炭素層15-2の厚さとが互いに異なってもよい。

【0037】

図2を参照して、FRP層20は、繊維強化プラスチック層である。FRP層20は、疎水性ポリマーをマトリックス（母材）とする疎水性部分22と、極性基含有ポリマー層24とを含む。図2に記載の例では、疎水性部分22である疎水層と、極性基含有ポリマー層24との境界が、破線で示されている。

10

【0038】

疎水性部分22は、繊維とマトリックス（母材）とを含む。マトリックスは、例えば、熱可塑性樹脂である。また、マトリックスは、疎水性ポリマーである。疎水性部分22における吸湿は小さい。その結果、疎水性部分22の変形（例えば、膨張、収縮等）が抑制され、鏡面11の平滑性が維持される。

【0039】

疎水性ポリマーは、例えば、ポリマーの繰り返し単位が、炭化水素で構成されている。すなわち、ポリマーの繰り返し単位に、炭素原子および水素原子以外の原子が含まれていない。

20

【0040】

疎水性ポリマーには、原子間の二重結合が含まれていないことが好ましい。二重結合が含まれていない場合には、二重結合の開裂による組成変化が生じない。また、二重結合が含まれていない場合には、意図せぬ酸化により、疎水性ポリマーに親水基が導入されるリスクが小さくなる。

【0041】

疎水性ポリマーの例として、ポリオレフィンが挙げられる。ポリオレフィンは、ここでは、二重結合を有する鎖状炭化水素単量体を重合して得られる単独重合体、または、二重結合を有する鎖状炭化水素単量体と、二重結合を有する他の鎖状炭化水素単量体との共重合体を意味する。ポリオレフィンの具体例としては、ポリメチルペンテン、ポリエチレン、ポリプロピレン等が挙げられる。ポリメチルペンテンは、吸湿性が低いのに加えて、耐熱性が高いため、好適な材料の1つである。

30

【0042】

極性基含有ポリマー層24は、疎水性部分22よりも親水性が高く、極性基を含有するポリマー層である。極性基は、例えば、孤立電子対を含む官能基である。孤立電子対を含む官能基としては、例えば、酸素を含む官能基（ヒドロキシ基等）、窒素を含む官能基（アミノ基等）が例示される。なお、極性基含有ポリマー層24の厚さは、吸湿を抑制する観点から、出来るだけ薄い方が好ましい。極性基含有ポリマー層24の厚さは、例えば、0.1nm以上300nm以下、より好ましくは、1nm以上100nm以下である。極性基含有ポリマー層24の厚さは、例えば、FRP層20の厚さの1/100以下、より好ましくは、1/500以下である。なお、FRP層20の厚さは、例えば、0.05mm以上10mm以下である。また、FRP層20の裏面に、構造強化のためのリブを設けてもよい。代替的に、あるいは、付加的に、FRP層20の裏面に、芯材層、および、他のFRP層を配置したサンドイッチ構造が構造物として採用されてもよい。

40

【0043】

なお、極性基含有ポリマー層24は、薄層である。極性基含有ポリマー層24の厚さは、例えば、FRP層中の単繊維の直径よりも小さい。

【0044】

極性基含有ポリマー層24は、FRP層20の表面が改質された層（すなわち、FRP層の表面改質層）であってもよい。より具体的には、極性基含有ポリマー層24は、FR

50

P層20を構成する疎水性ポリマーの表面を、プラズマ処理、または、紫外線処理することによって形成されてもよい。疎水性ポリマーの表面をプラズマ処理、または、紫外線処理することによって、例えば、疎水性ポリマー中のC-H結合中に(換言すれば、炭素原子と水素原子との間に)、酸素原子あるいは窒素原子を導入することが可能である。この場合、結果として、疎水性ポリマー中の水素原子が、極性基によって置換されることとなる。疎水性ポリマーの表面を表面処理することによって、極性基含有ポリマー層24を形成する場合には、極性基含有ポリマー層24中のポリマーの主鎖の基本骨格と、疎水性部分22中のポリマーの主鎖の基本骨格とを概ね一致させることが可能である。

【0045】

F R P層20が疎水性ポリマーのみで構成される場合には、F R P層20と接着剤層30aとの間の親和性(接着性)が低い。例えば、疎水性ポリマーであるポリオレフィン、離型材として用いられていることから把握されるように、接着剤層30aとの親和性が低い。このため、F R P層20と接着剤層30aとの間の剥離のリスクが高い。これに対し、実施形態におけるF R P製ミラー構造体7は、極性基含有ポリマー層24を含む。このため、F R P層20(極性基含有ポリマー層24)と接着剤層30aとの間の親和性(接着性)を高くすることが可能である。実施形態におけるF R P製ミラー構造体7では、F R P層と接着剤層との間の親和性を高めるために、疎水性ポリマーの表面に、敢えて、吸湿性を有する極性基含有ポリマー層が設けられている。しかし、極性基含有ポリマー層の厚さは薄いため、吸湿による悪影響は、最小限にとどまる。

【0046】

図2を参照して、接着剤層30aは、鏡面層10と、F R P層20(極性基含有ポリマー層24)とを接着する層である。すなわち、接着剤層30aの一方側の面は、鏡面層10の裏面(鏡面11とは反対側の面)に接着し、接着剤層30aの他方側の面は、極性基含有ポリマー層24に接着している。接着剤層30aは、例えば、エポキシ系(エポキシ樹脂)の接着剤、または、ビニルエステル系(ビニルエステル樹脂)の接着剤を含む。なお、F R P製ミラー構造体7を人工衛星に搭載する場合には、接着剤としては、アウトガス特性が、要求値を満たす接着剤が選択される。

【0047】

接着剤層30aは、例えば、常温で硬化する常温硬化接着剤層、または、低温(本明細書では、低温は、「摂氏70度以下」を意味する。)で硬化する低温硬化接着剤層であってもよい。摂氏70度以下、より好ましくは、摂氏50度以下、更により好ましくは、摂氏30度以下で硬化する接着剤層を用いる場合、F R P層20と鏡面層10との接着に際し、接着剤層30aおよびF R P層20を過度に加熱する必要がない。このため、接着工程におけるF R P層20の変形(例えば、膨張、収縮等)が抑制される。その結果、鏡面11の平滑性が維持される。なお、接着剤層30aの厚さは、例えば、50μm以下、より好ましくは、20μm以下である。

【0048】

実施形態におけるF R P製ミラー構造体では、鏡面の形状を維持するための構造材として、F R P層が用いられている。このため、F R P製ミラー構造体の軽量化が可能となる。また、実施形態におけるF R P製ミラー構造体では、F R P層の大部分が、疎水性ポリマーを母材とする疎水性部分である。このため、F R P層における吸湿が効果的に抑制される。また、実施形態におけるF R P製ミラー構造体では、疎水性部分と接着剤層との間に配置された極性基含有ポリマー層を含む。このため、鏡面を有する鏡面層とF R P層とが、接着剤層を介して、強力に結合される。また、実施形態におけるF R P製ミラー構造体は、吸湿に伴う変形が小さい。このため、鏡面の平滑性が維持される。その結果、実施形態におけるF R P製ミラー構造体を、赤外線波長以下の電磁波(例えば、赤外線、可視光、紫外線、X線)の反射用に用いることが可能となる。また、実施形態におけるF R P製ミラー構造体を、紫外線波長より短い波長の電磁波(例えば、X線)の反射用に用いることが可能となる。

【0049】

実施形態におけるFRP製ミラー構造体では、吸湿が効果的に抑制されるため、FRP層を覆う防湿層を省略することが可能である。しかし、実施形態におけるFRP製ミラー構造体に関し、必要に応じて、FRP層を覆う防湿層を採用しても構わない。

【0050】

(FRP製ミラー構造体の変形例)

図4Aおよび図4Bを参照して、実施形態におけるFRP製ミラー構造体7の変形例について説明する。図4Aおよび図4Bは、変形例におけるFRP製ミラー構造体の断面図である。図4Aに記載の例では、樹脂層30bが、中間層30として機能する。樹脂層30bは、繊維を含まない非FRP層である。樹脂層30bの材質は、例えば、FRP層20のマトリックス(母材)と同じ材質である。樹脂層30bの材質は、例えば、熱可塑性樹脂である。樹脂層30b(例えば、樹脂フィルム)をFRP層20に接合するに際しては、まず、樹脂層30bをFRP層20上に配置する。次に、樹脂層30b(または、樹脂層30bおよびFRP層20)を加熱しつつ、樹脂層30bをFRP層20に圧着する。代替的に、FRP層20を作製するための複数のプリプレグ層の上に樹脂層30bを配置し、複数のプリプレグ層と樹脂層30bとを加熱しつつ圧着することにより、FRP層20と樹脂層30bとが一体化された積層体が作製されてもよい。

10

【0051】

なお、樹脂層30bの材質が、疎水性ポリマーである場合、樹脂層30bと鏡面層10との間の接着性が弱い可能性がある。この場合、図4Bに示されるように、樹脂層30bの表面を改質し、樹脂層30bが、極性基含有ポリマー層34を含むようにしてもよい。極性基含有ポリマー層34は、例えば、樹脂層30bの表面を表面改質処理(例えば、プラズマ処理、または、紫外線処理)することによって形成されてもよい。極性基含有ポリマー層34は、樹脂層30bにおいて表面改質がされていない部分よりも、親水性が高い。極性基含有ポリマー層34と鏡面層10との間の接着性は相対的に強いため、樹脂層30bと鏡面層10とが、極性基含有ポリマー層34を介して、強固に接着される。

20

【0052】

なお、FRP層20の表面に凹凸が存在することに起因して、樹脂層30bの表面に凹凸が存在する可能性がある。この場合、鏡面層10を積層する前に、樹脂層30bの表面30b-1を研削(grinding)することが好ましい。すなわち、樹脂層30bの表面30b-1は、研削された表面であることが好ましい。図4Bに記載の例では、研削は、表面改質処理の前に実行されてもよい。研削によって、樹脂層30bの表面は、0.4mm×0.4mmの正方形の面積内で0.8nm以下の二乗平均平方根表面粗さ(RMS表面粗さ)とされてもよい。

30

【0053】

(実施形態におけるFRP製ミラー構造体の第1適用例)

図5Aおよび図5Bを参照して、FRP製ミラー構造体7の第1適用例について説明する。図5Aは、FRP製ミラー構造体7の適用例を示す機能ブロック図である。図5Bは、図5Aに示された望遠鏡2の光学系3の一部を模式的に示す一部切欠き図である。

【0054】

FRP製ミラー構造体7は、例えば、望遠鏡等の電磁波検出機器(電磁波観測機器)の光学系3において用いられるミラー構造体である。なお、本明細書において、「光学系」は、電磁波を検出部に導く機構を意味する。図5Aには、FRP製ミラー構造体7を含む望遠鏡2が、人工衛星1に搭載されている例が示されている。

40

【0055】

図5Bを参照して、望遠鏡2の光学系3は、FRP製ミラー構造体7と、検出器4とを備える。図5Bに記載の例では、FRP製ミラー構造体7は、2つの鏡面、すなわち、第1鏡面11-1と、第2鏡面11-2とを備えている。しかし、鏡面の数は、1つであってもよいし、3つ以上であってもよい。図5Bに記載の例では、第1鏡面11-1は、回転放物面であり、第2鏡面11-2は、回転双曲面である。回転放物面は、中心軸回りに、放物線を仮想的に回転させることにより得られる曲面であり、回転双曲面は、中心軸回

50

りに、双曲線を仮想的に回転させることにより得られる曲面である。図 5 B に記載の例では、望遠鏡 2 に入射した電磁波（例えば、X 線）が、第 1 鏡面 1 1 - 1 で反射され、第 1 鏡面 1 1 - 1 で反射された電磁波が、さらに、第 2 鏡面 1 1 - 2 で反射され、第 2 鏡面 1 1 - 2 で反射された電磁波が検出器 4 に導入される。検出器 4 は、電磁波（例えば、X 線）を検出する検出器である。

【 0 0 5 6 】

（実施形態における F R P 製ミラー構造体の第 2 適用例）

図 5 C を参照して、F R P 製ミラー構造体 7 の第 2 適用例について説明する。図 5 C は、望遠鏡等の電磁波検出機器の光学系 3 の一部を模式的に示す図である。

【 0 0 5 7 】

図 5 C を参照して、光学系 3 は、F R P 製ミラー構造体 7 と、第 2 ミラー構造体 8 と、検出器 4 とを備える。図 5 C に記載の例では、F R P 製ミラー構造体 7 は、第 2 ミラー構造体 8 の鏡面 9 に対向配置される鏡面 1 1 を備えている。図 5 C に記載の例では、鏡面 1 1 は、曲線を中心軸である X 軸まわりに仮想的に回転することによって得られる回転対称面である。図 5 C に記載の例では、電磁波検出機器に入射した電磁波（例えば、赤外線、可視光、紫外線等）が、鏡面 1 1 で反射され、鏡面 1 1 で反射された電磁波が、さらに、第 2 ミラー構造体 8 の鏡面 9 で反射され、鏡面 9 で反射された電磁波が検出器 4 に導入される。検出器 4 は、電磁波（例えば、赤外線、可視光、紫外線等）を検出する検出器である。なお、図 5 C に記載の例では、F R P 製ミラー構造体 7 の中央部には、電磁波が通過可能な孔 7 0 が設けられている。

【 0 0 5 8 】

図 5 C に記載の光学系 3 は、望遠鏡に搭載されてもよい。また、光学系 3 を含む望遠鏡が人工衛星に搭載されてもよい。

【 0 0 5 9 】

実施形態における F R P 製ミラー構造体が、望遠鏡に搭載される場合、望遠鏡が軽量化される。また、実施形態における F R P 製ミラー構造体は、湿気を吸収しにくいため、F R P 製ミラー構造体の鏡面の平滑性が維持される。このため、望遠鏡における電磁波の検出精度が維持される。さらに、実施形態における F R P 製ミラー構造体を含む望遠鏡が人工衛星に搭載される場合、人工衛星の重量が軽減される。このため、人工衛星の打ち上げコストが低減される。さらに、人工衛星に搭載された望遠鏡のメンテナンスは、困難な場合が多い。しかし、実施形態における F R P 製ミラー構造体は、高強度であるとともに、湿気吸収に伴う変形のリスクが小さい。このため、F R P 製ミラー構造体（および望遠鏡）のメンテナンスを行う必要がないか、あるいは、メンテナンス負担が軽減される。

【 0 0 6 0 】

（実施形態の F R P 製ミラー構造体の製造方法）

図 6 を参照して、実施形態における F R P 製ミラー構造体 7 の製造方法の概要について説明する。まず、第 1 に、疎水性ポリマーを母材とする F R P 層 2 0 が準備される。第 2 に、F R P 層 2 0 上に、非 F R P 層である中間層 3 0 を介して、鏡面 1 1 を備えた鏡面層 1 0 が配置される。なお、中間層 3 0 と鏡面層 1 0 との接合は、中間層 3 0 と F R P 層 2 0 との接合よりも前であってもよいし、後であってもよい。

【 0 0 6 1 】

図 7 乃至図 1 2 を参照して、実施形態における F R P 製ミラー構造体の製造方法についてより詳細に説明する。図 7 は、F R P 製ミラー構造体 7 の製造方法を示すフローチャートである。

【 0 0 6 2 】

第 1 ステップ S 1 において、疎水性ポリマーを母材とする F R P 層 2 0 が準備される。F R P 層 2 0 は、繊維と母材（マトリックス）とを含む。F R P 層 2 0 は、プレス成型やオートクレーブ成形によって準備されてもよい。なお、図 8 に示されるように、F R P 層 2 0 の形成に際しては、型材 1 0 0 を用いることが可能である。型材 1 0 0 の表面 1 0 1 の形状は、作製すべき F R P 製ミラー構造体の鏡面 1 1 の形状と一致している。なお、本

10

20

30

40

50

明細書において「一致」には、「概ね一致」が包含される。成形前のFRP層20を型材100の表面101上に載置した状態で、加熱することにより、鏡面11の形状と一致する第1表面21を有するFRP層20が形成される。

【0063】

なお、鏡面11の形状は、曲面形状であってもよい。鏡面11の形状は、例えば、曲線を中心軸回りに仮想的に回転させることにより得られる曲面の形状、回転放物面形状、回転双曲面形状、回転放物面的一部分に対応する形状、回転双曲面的一部分に対応する形状等である。鏡面11の形状を曲面形状にする場合には、型材100の表面101の形状は、鏡面11の曲面形状に一致する形状に設定される。

【0064】

第2ステップS2において、FRP層20の第1表面層に極性基が導入される。その結果、FRP層20に極性基含有ポリマー層24が形成される。極性基含有ポリマー層24を形成する工程は、FRP層20の表面を表面処理することにより、FRP層20の第1表面層に極性基を導入することを含んでいてもよい。表面処理は、例えば、プラズマ照射処理、紫外線照射処理等である。

【0065】

図9に、FRP層20の第1表面層に極性基を導入する工程の一例が示されている。図9に記載の例では、第1表面21に向けて、プラズマまたは紫外線が照射される。第1表面21に向けて、酸素プラズマあるいは窒素プラズマを照射する場合には、第1表面層に、酸素原子または窒素原子が導入される。その結果、第1表面層が、極性基含有ポリマー層24となる。代替的に、大気雰囲気下、窒素雰囲気下、あるいは、酸素雰囲気下において、第1表面21に向けて、不活性ガスプラズマが照射されてもよい。この場合にも、第1表面層に、酸素原子または窒素原子が導入される。その結果、第1表面層が、極性基含有ポリマー層24となる。代替的に、大気雰囲気下、窒素雰囲気下、あるいは、酸素雰囲気下において、第1表面21に向けて、紫外線が照射されてもよい。この場合にも、第1表面層に、酸素原子または窒素原子が導入される。その結果、第1表面層が、極性基含有ポリマー層24となる。なお、上述の例では、FRP層20の第1表面層に酸素原子または窒素原子が導入されているが、FRP層20の第1表面層に導入される原子は、酸素原子または窒素原子以外の原子であってもよい。FRP層20の第1表面層に導入される原子は、例えば、炭素よりも電気陰性度が大きな任意の原子である。

【0066】

第3ステップS3において、鏡面11を備えた鏡面層10が、接着剤層30aを介して、極性基含有ポリマー層24上に配置される。

【0067】

例えば、第3ステップS3において、鏡面11を備えた鏡面層10と、極性基含有ポリマー層24とが、接着剤層30aを介して接着されることにより、鏡面11を備えた鏡面層10が、接着剤層30aを介して、極性基含有ポリマー層24上に配置されてもよい。この場合、まず、図10に示されるように、鏡面層10の裏面（鏡面11とは反対側の面）および/または極性基含有ポリマー層24の第1表面21に、接着剤が適用される。図10に記載の例では、鏡面層10の裏面（鏡面11とは反対側の面）に、接着剤が適用され、その結果、接着剤層30aが形成されている。接着剤の適用は、接着剤を適用すべき表面に接着剤をスプレーすることにより実行されてもよい。

【0068】

次に、鏡面層10の裏面と、接着剤層30aの一方側の面とが接触し、かつ、接着剤層30aの他方側の面と、第1表面21とが接触するように、鏡面層10とFRP層20とが、互いに近づくように相対移動される。図11には、相対移動後の状態が模式的に示されている。図10および図11に記載の例では、基板200上に鏡面層10が載置された状態にて、上述の相対移動が実行される。続いて、接着剤層30aが硬化されることにより、鏡面層10とFRP層20とが、接着剤層30aを介して、互いに接着する。なお、接着剤層30aの硬化は、常温環境下、または、低温環境下（摂氏70度以下の環境下）

10

20

30

40

50

で実行されることが好ましい。

【0069】

接着剤層30aの硬化後に、FRP層20を、基板200から離れる方向に移動させると、鏡面層10は、基板200上の位置からFRP層20上の位置に移動する（換言すれば、鏡面層10は、FRP層上に転写される）。以上の工程により、FRP製ミラー構造体7を製造することができる。

【0070】

なお、上述の例では、基板上の層を、接着剤を用いて別の部材に転写する方法（具体的には、基板200上の鏡面層10を、接着剤層30aを用いてFRP層20に転写する方法）、すなわち、レプリカ法を用いて、鏡面層10と極性基含有ポリマー層24との間の接着が実行されている。レプリカ法では、基板200の平滑表面201を利用することにより、直接表面加工が困難な薄層（鏡面層10）に鏡面11を形成することが可能である。図12には、基板200の平滑表面201を利用することにより、鏡面層10に鏡面11を形成する工程の一例が示されている。レプリカ法を用いる場合、鏡面層10に鏡面11を形成する工程は、上述の第3ステップS3よりも前に実行される。図12に記載の例では、基板200の平滑表面201上に、金属材料（蒸着素材）を蒸着することにより、鏡面層10に鏡面11が形成される。基板200は、例えば、ガラス基板である。また、金属材料は、例えば、プラチナ、アルミニウム、金、銀等である。

【0071】

（実施形態のFRP製ミラー構造体の製造方法の変形例）

図13乃至図16を参照して、実施形態のFRP製ミラー構造体の製造方法の変形例について説明する。変形例における第1ステップS1および第2ステップS2は、上述の第1ステップS1および第2ステップS2と、それぞれ、同様である。よって、繰り返しとなる説明は省略する。

【0072】

第3ステップS3において、鏡面11を備えた鏡面層10が、接着剤層30aを介して、極性基含有ポリマー層24上に配置される。変形例における第3ステップS3では、まず、ステップS3-1において、FRP層20の極性基含有ポリマー層24上に、接着剤層30aが配置される。次に、ステップS3-2において、接着剤層30aの上に、鏡面層10を堆積させることにより、鏡面11を備えた鏡面層10が、接着剤層30aを介して、極性基含有ポリマー層24上に配置される。

【0073】

図14乃至図16を参照して、第3ステップS3についてより詳細に説明する。ステップS3-1では、まず、FRP層20の極性基含有ポリマー層24上に、接着剤層30aが配置される。図14に記載の例では、FRP層20の極性基含有ポリマー層24を、接着剤300（例えば、接着剤300のゲル溶液）に接触させることにより、FRP層20の極性基含有ポリマー層24上に、接着剤が配置される。接着剤は、例えば、エポキシ系の接着剤、ビニルエステル系の接着剤等である。なお、図14において、FRP層20の形状は、平板形状であるが、FRP層20の形状は、図9に例示されるように、曲板形状であってもよい。

【0074】

次に、FRP層20の極性基含有ポリマー層24に接触する接着剤300が硬化される。接着剤300の硬化は、常温環境下、または、低温環境下で実行されることが好ましい。

【0075】

続いて、極性基含有ポリマー層24に接着した接着剤300を精密に研削加工（grinding）することにより、平滑表面301を有する接着剤層30aが形成される。図15における一点鎖線は、切削加工により形成される接着剤層30aおよび平滑表面301を示す。

【0076】

ステップS 3 - 2では、接着剤層30aの上に、鏡面層10が堆積される。図16に示されるように、接着剤層30aへの鏡面層10の堆積は、接着剤層30aの平滑表面301上に、金属材料（蒸着素材）を蒸着することにより、実行されてもよい。また、金属材料は、例えば、プラチナ、アルミニウム、金、銀等である。

【0077】

変形例におけるFRP製ミラー構造体の製造方法では、鏡面層10を形成するための型材（例えば、図12に記載の基板200のような型材）が不要である。また、変形例におけるFRP製ミラー構造体の製造方法では、接着剤層30aの表面を平滑表面301とすることにより、鏡面層10を堆積した後の鏡面11が平滑面となる。

【0078】

（実施形態のFRP製ミラー構造体の製造方法の第2変形例）

図17乃至図18を参照して、実施形態のFRP製ミラー構造体の製造方法の第2変形例について説明する。図17は、FRP製ミラー構造体7の製造方法を示すフローチャートである。図18は、FRP層20と樹脂層30bとが積層された状態を示す図である。

【0079】

第1ステップS101において、疎水性ポリマーを母材とするFRP層20が準備される。FRP層20は、繊維と母材（マトリックス）とを含む。

【0080】

第2ステップS102において、FRP層20上に非FRP層である樹脂層30b（中間層）が配置される。樹脂層30bは、例えば、繊維を含まない樹脂フィルムである。なお、第2ステップS102は、第1ステップS101と同時に実行されてもよい。換言すれば、FRP層20を作製するための複数のプリプレグ層の上に樹脂層30bが配置され、複数のプリプレグ層と樹脂層30bとを加熱しつつ圧着することにより、FRP層20と樹脂層30bとが一体化された積層体が準備されてもよい。図18は、第2ステップS102の実行後の状態を示す図である。

【0081】

第3ステップS103において、樹脂層30bの表面が研削される。なお、第2ステップS102の実行後に、樹脂層30bの表面が十分に平滑である場合には、研削工程は、省略されてもよい。また、第3ステップS103の前に、または、第3ステップS103の後に、樹脂層30bの表面が改質されて、樹脂層30bに、極性基含有ポリマー層34（図4Bを参照）が形成されてもよい。極性基含有ポリマー層34の厚さは、例えば、0.1nm以上300nm以下、より好ましくは、1nm以上100nm以下である。

【0082】

第4ステップS104において、樹脂層30b上に（または、樹脂層30bに含まれる極性基含有ポリマー層34上に）、鏡面層10が積層される。積層は、例えば、蒸着によって行われる。以上の工程により、図4Aまたは図4Bに示されるようなFRP製ミラー構造体7を製造することができる。

【0083】

（疎水性の程度について）

疎水性ポリマーの疎水性の程度は、水の接触角を測定することにより求めることができる。実施形態において、ポリマー（FRP層20）における水の接触角が、80度以上、より好ましくは、90度以上である時には、当該ポリマーは、疎水性ポリマーと定義されてもよい。換言すれば、実施形態における疎水性ポリマー（FRP層20）における水の接触角は、例えば、80度以上、より好ましくは、90度以上である。他方、実施形態における極性基含有ポリマー層24、34における水の接触角は、例えば、80度より小さく、より好ましくは、50度より小さい。また、接触角は、ゴニオメーター、顕微鏡等で直接測定されてもよいし、ビデオカメラ等で撮影後、画像解析ソフトによる解析により算出されてもよい。

【0084】

本発明は上記各実施形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形

10

20

30

40

50

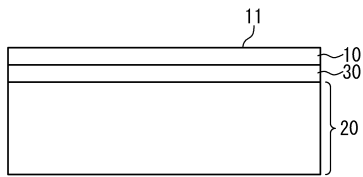
態は適宜変形又は変更され得ることは明らかである。また、各実施形態又は変形例で用いられる種々の技術は、技術的矛盾が生じない限り、他の実施形態又は変形例にも適用可能である。

【符号の説明】

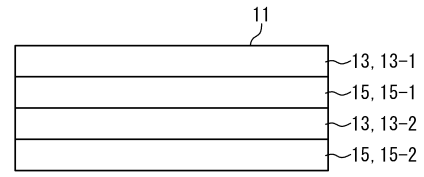
【 0 0 8 5 】

1	: 人工衛星	
2	: 望遠鏡	
3	: 光学系	
4	: 検出器	
7	: F R P 製ミラー構造体	10
8	: 第 2 ミラー構造体	
9	: 鏡面	
1 0	: 鏡面層	
1 1	: 鏡面	
1 1 - 1	: 第 1 鏡面	
1 1 - 2	: 第 2 鏡面	
1 3	: 第 1 材料層	
1 3 - 1	: 第 1 プラチナ層	
1 3 - 2	: 第 2 プラチナ層	
1 5	: 第 2 材料層	20
1 5 - 1	: 第 1 炭素層	
1 5 - 2	: 第 2 炭素層	
2 0	: F R P 層	
2 1	: 第 1 表面	
2 2	: 疎水性部分	
2 4	: 極性基含有ポリマー層	
3 0	: 中間層	
3 0 a	: 接着剤層	
3 0 b	: 樹脂層	
3 0 b - 1	: 研削された表面	30
3 4	: 極性基含有ポリマー層	
7 0	: 孔	
1 0 0	: 型材	
1 0 1	: 表面	
2 0 0	: 基板	
2 0 1	: 平滑表面	
3 0 0	: 接着剤	
3 0 1	: 平滑表面	

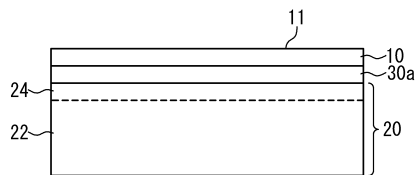
【図 1】

7

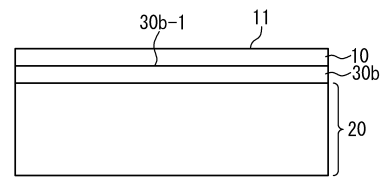
【図 3】

10

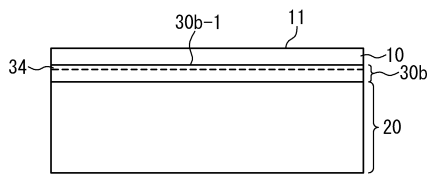
【図 2】

7

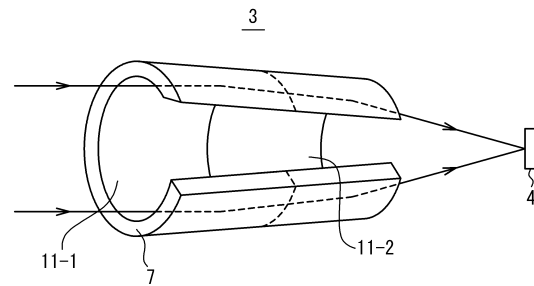
【図 4 A】

7

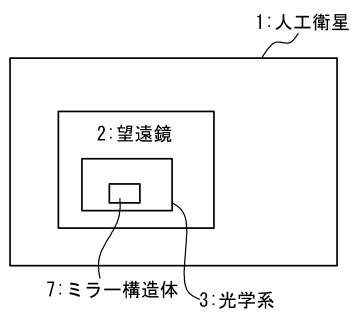
【図 4 B】

7

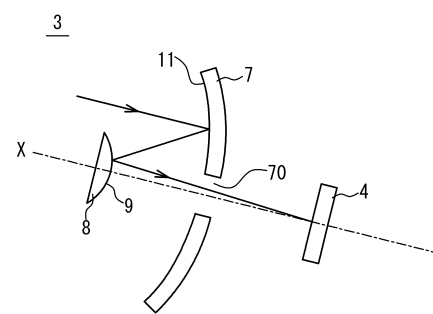
【図 5 B】



【図 5 A】

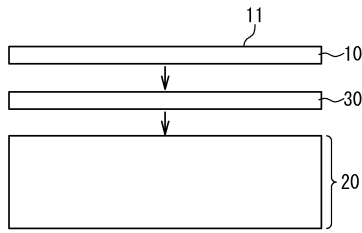


【図 5 C】

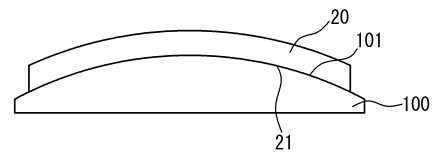


【図 6】

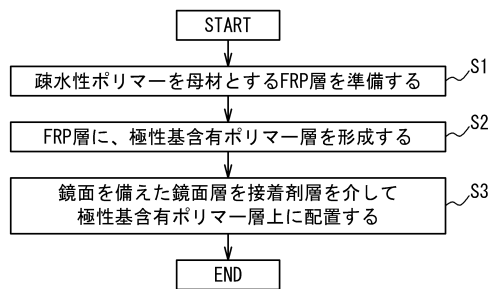
7



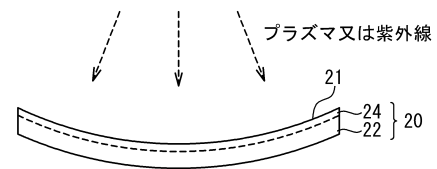
【図 8】



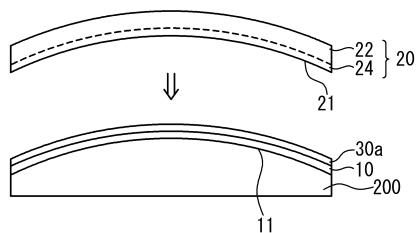
【図 7】



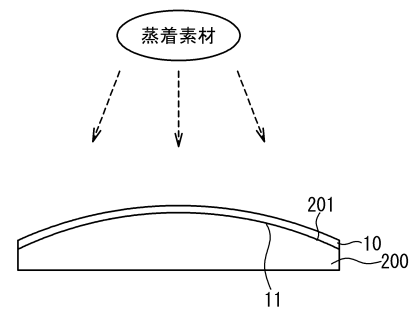
【図 9】



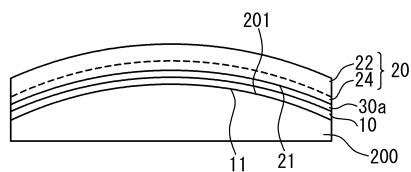
【図 10】



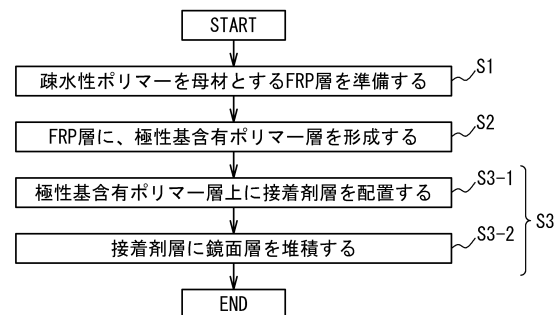
【図 12】



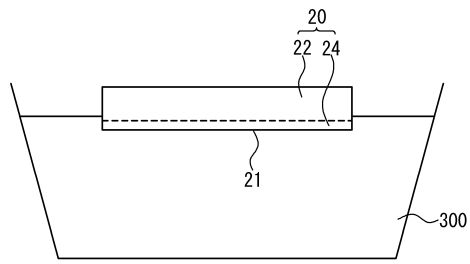
【図 11】



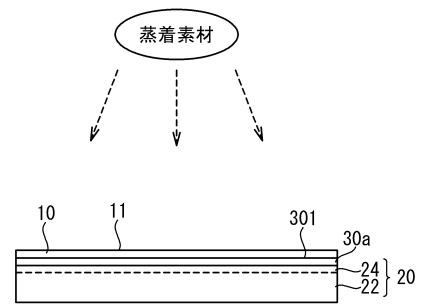
【図 13】



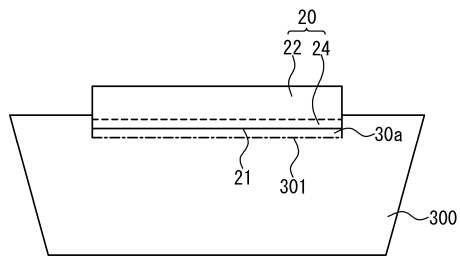
【図 1 4】



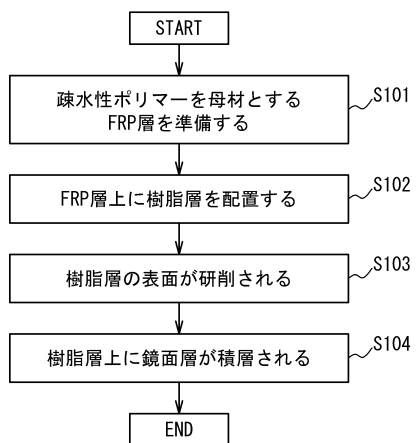
【図 1 6】



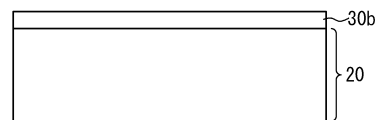
【図 1 5】



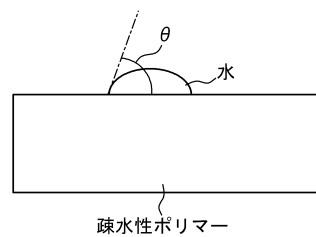
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 松本 浩典
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 三石 郁之
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 石田 直樹
愛知県春日井市神谷町字地福1218-18 玉川エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 粟木 久光
愛媛県松山市文京町2番5号 国立大学法人愛媛大学大学院理工学研究科内

審査官 山 崎 和子

- (56)参考文献 国際公開第2015/029746(WO, A1)
特開昭61-102601(JP, A)
特開2006-084910(JP, A)
特開昭60-203654(JP, A)
特開平04-320201(JP, A)
特開平01-267602(JP, A)
特開2015-191073(JP, A)
国際公開第01/041155(WO, A1)
米国特許出願公開第2013/0283794(US, A1)
中国特許出願公開第104155738(CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	5 / 0 0 - 5 / 1 3 6
	5 / 2 0 - 5 / 2 8
	5 / 3 0
	1 / 1 0 - 1 / 1 8
B 3 2 B	5 / 2 8