

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号
特表2019-513241
(P2019-513241A)

(43) 公表日 令和1年5月23日 (2019.5.23)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 B 5/08 (2006.01)	G O 2 B 5/08 A	2 H O 4 2
G O 2 B 1/02 (2006.01)	G O 2 B 1/02	4 G O 2 6
C O 4 B 35/563 (2006.01)	C O 4 B 35/563	
C O 4 B 35/569 (2006.01)	C O 4 B 35/569	
C O 4 B 37/00 (2006.01)	C O 4 B 37/00 C	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2018-548785 (P2018-548785)	(71) 出願人 397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 31 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(86) (22) 出願日 平成29年3月16日 (2017.3.16)	
(85) 翻訳文提出日 平成30年11月14日 (2018.11.14)	
(86) 国際出願番号 PCT/US2017/022653	
(87) 国際公開番号 W02017/161084	
(87) 国際公開日 平成29年9月21日 (2017.9.21)	(74) 代理人 100073184 弁理士 柳田 征史
(31) 優先権主張番号 62/310,201	(74) 代理人 100123652 弁理士 坂野 博行
(32) 優先日 平成28年3月18日 (2016.3.18)	(74) 代理人 100175042 弁理士 高橋 秀明
(33) 優先権主張国 米国 (US)	(72) 発明者 サザーランド, ジェイムズ スコット アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 30 コーニング イー フォース スト リート 248 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高剛性基体を伴う反射性光学素子

(57) 【要約】

光学素子のための高剛性基体を開示する。基体は、グラファイト製仕上げ層と、非酸化物セラミックのベース基体とを含む。非酸化物セラミックのベース基体は、炭化ホウ素または炭化ケイ素等の、炭化物であることが好ましい。グラファイト製仕上げ層は、低仕上げを有する表面を含み得る。低仕上げは、グラファイトの表面に、ダイヤモンド旋盤加工を施すことにより実現され得る。グラファイト製仕上げ層は、はんだを用いて、非酸化物の基体セラミックに結合され得る。グラファイト製仕上げ層の上に、補助的な仕上げ層が形成されてもよい。グラファイト製または補助的な仕上げ層の上に、反射性のスタックが形成されてもよい。基体の作製方法も開示される。

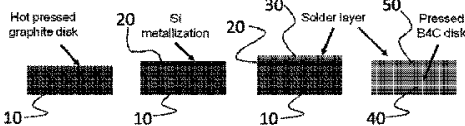


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

非酸化物のセラミックを含むベース基体、および
前記ベース基体と直接接触状態もしくは間接触状態にあるグラファイト層、
を含むことを特徴とする光学素子。

【請求項 2】

前記非酸化物のセラミックが炭化ホウ素または炭化ケイ素を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の光学素子。

【請求項 3】

前記グラファイト層が、ダイヤモンド旋盤加工された表面を有することを特徴とする、
請求項 1 または 2 に記載の光学素子。 10

【請求項 4】

前記グラファイト層が、25 オングストローム未満の r m s 表面粗さを有することを特徴とする、請求項 1 から 3 いずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 5】

前記グラファイト層と直接接触する金属化層をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 から 4 いずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 6】

前記グラファイト層と前記ベース基体との間に、有機接着層をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 から 5 いずれか 1 項に記載の光学素子。 20

【請求項 7】

前記グラファイト層の上に、反射性の層をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 から 6 いずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 8】

光学素子の作製方法であって、
非酸化物のセラミックを含むベース基体を含んだベース基体組立体に、グラファイト層を含む仕上げ層組立体を結合する工程、
を含むことを特徴とする作製方法。

【請求項 9】

前記非酸化物のセラミックが炭化ホウ素または炭化ケイ素を含むことを特徴とする、請求項 8 に記載の光学素子の作製方法。 30

【請求項 10】

前記仕上げ層組立体が、前記グラファイト層と直接接触する金属化層をさらに含むことを特徴とする、請求項 8 または 9 に記載の光学素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願との相互参照】

【0001】

本願は、2016 年 3 月 18 日出願の米国仮特許出願第 62 / 310201 号に基づき、米国特許法第 119 条下の優先権の利益を主張するものである。この米国仮特許出願の内容は、依拠され、参照により本明細書に完全に記載されているかのように組み込まれているものとする。 40

【技術分野】

【0002】

本開示は、光学素子に関するものである。より詳細には、本開示は、高剛性基体と、低仕上げを有する表面とを有する、光学素子に関するものである。

【背景技術】

【0003】

可搬性および携帯性が有利である用途で使用される予定の光学系に関し、サイズ、重量およびパワー (size, weight and power; SWAP) は、鍵となる設計パラメータである。サイズおよび重量は、光学設計の設計により直接の影響を受け得る一方、パワーは、間 50

接的な影響を受ける。これは、より軽量の系は、動かすのにより少ないパワーしか必要としないためである。

【0004】

光学系についての設計の選択は、全体として、屈折性の光学素子、または反射性の光学素子に基づいている。軽量の光学系を設計する際には、いくつかの要因により、反射性光学素子の利用が好適とされる。第1に、系中の光学素子の数を最小限に抑えることにより、系の重量を減らすことができる。しかしながら、より少ない素子で系の性能を維持するには、高精度の非球面または自由形状表面を有する光学系の使用が必要とされる。かかる光学系は、ダイヤモンド旋盤加工が可能な材料によって、最良に実現することができる。

【0005】

第2に、サイズおよび重量は、すべてのスペクトル帯を単一の開口を通じて合焦させる設計のマルチスペクトル系において、低減させることができる。屈折率の波長依存性のため、屈折性の光学素子を用いた場合には、マルチスペクトル合焦は実現が困難である。しかしながら、反射性光学素子は、広範なスペクトル範囲に亘る光を、共通の焦点に容易に合焦させることができる。

【0006】

第3に、個々の光学素子の重量を最小限に抑えることにより、系の重量を減らすことができる。軽量化は、たとえば、光学素子を薄くする等の構造最適化により実現することができる。しかしながら、屈折性の光学素子については、薄くすることは現実的でない。これは、屈折力を得るには、光学素子の十分な厚さが必要なためである。対照的に、反射性光学素子における光学的効果は、表面領域にのみ依存するものであり、一般的に、反射表面を支持している基体は、機械的完全性の条件に合致する程度において、薄くすることが可能である。

【0007】

第4に、系の重量は、光学素子のための低密度材料を選択することにより、低減させることができる。屈折性の光学素子については、素子を透過する必要性のため、材料選択に制限が加わり、多くの望ましい基体の使用が阻まれてしまう。反射性素子用の基体については、ずっと少ない制限しか課されない。ある特定の基体材料が関心対象のスペクトル帯において低い反射性しか有していない場合であっても、通常、基体の表面上に薄い反射性フィルムを積層することにより、所望の性能を実現することが可能である。

【0008】

上記の考察に基づき、低仕上げを実現するためのダイヤモンド旋盤加工に適した表面を特徴とする、構造が最適化された低密度のミラーを利用した反射性光学素子が、ワイドバンドまたはマルチバンドの可搬性光学系についての、好ましい選択肢となってきた。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

新しい用途が出現すると、より要求の厳しい条件が反射性光学素子に課される。現在、航空宇宙用途および商業的用途の両方において、動的条件下でも精密な形状を維持することができる、軽量の反射性光学素子が必要とされている。商業的用途に関していえば、高速スキャナは、極端な振動または回転加速の負荷の下においても反射表面の平坦性を維持することを、軽量ミラーに要求する。空中偵察および標的設定の用途に関していえば、軽量ミラーは、飛行機の振動および熱的環境下においても、精密な形状を維持することを要求される。宇宙用途に関していえば、軽量ミラーは、様々なアクチュエータ動作ならびに／もしくは宇宙探査機の加速および熱的環境下においても、精密な形状を維持することを要求される。宇宙探査機については、衛星を宇宙へと打ち上げるに際しての1ポンド（約454グラム）当たりのコストのため、重量もまた考慮すべき重要な事項である。さらに、宇宙環境に関しては、宇宙線をブロックする材料が、検出器を保護するために必須および／または有利であることが多い。

【0010】

要求の厳しい条件下においても精確な形状を維持する軽量ミラーに対する需要が動機付けとなって、高い剛性を呈する新たな低密度基体の探究がなされた。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本開示は、光学素子のための高剛性基体を提供する。基体は、グラファイト製仕上げ層と、非酸化物セラミックのベース基体とを含む。非酸化物セラミックのベース基体は、炭化ホウ素または炭化ケイ素等の、炭化物であることが好ましい。グラファイト製仕上げ層は、低仕上げを有する表面を含む。低仕上げは、グラファイトの表面にダイヤモンド旋盤加工を施すこと、またはグラファイトの表面を研磨することにより実現される。グラファイト製仕上げ層は、はんだを用いて、非酸化物の基体セラミックに結合され得る。グラファイト製仕上げ層の上に、補助的な仕上げ層が形成されてもよい。グラファイト製または補助的な仕上げ層の上に、反射性のスタックが形成されてもよい。基体の作製方法も開示される。

10

【0012】

本開示の範囲は、以下のものに及ぶ：

非酸化物のセラミックを含むベース基体、および

上記のベース基体と直接接触状態もしくは間接触状態にある仕上げ層であって、グラファイトを含む仕上げ層、
を含む光学素子。

20

【0013】

本開示の範囲は、以下のものにも及ぶ：

光学素子の作製方法であって、

非酸化物のセラミックを含むベース基体を含んだベース基体組立体に、グラファイトを含む仕上げ層を含んだ仕上げ層組立体を、結合する工程、
を含む作製方法。

【0014】

追加の特徴および利点が、以下の発明の詳細な説明において提示され、また、追加の特徴および利点の一部は、当業者にとっては、本開示からただちに明らかなことであるか、本明細書、特許請求の範囲および添付の図面に記載された実施形態を実施することにより認識されることである。

30

【0015】

上記の全般的な説明と、以下の詳細な説明とのいずれも、単に説明目的のものであり、請求項の本質および特徴を理解するための概要または枠組を提供する意図のものである点を、理解されたい。

【0016】

添付の図面は、さらなる理解を提供するために含まれているものであり、本明細書に含まれ、その一部を構成するものとする。図面は、本開示のいくつかの選択された側面を図解するものであり、明細書と共に、本開示が包含する方法、製品および組成物の原理および動作を説明する役割を担うものである。図面に示された特徴は、本開示の選択された実施形態を図解するものであり、必ずしも正しい縮尺で描かれてはいない。

40

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】グラファイト製仕上げ層および炭化ホウ素製ベース基体の作製を、模式的に示した図

【図2】表面上にはんだペレットが置かれた、グラファイト、炭化ケイ素および炭化ホウ素のイメージ

【図3】はんだペレットが軟化させられて広がった後の、図2のイメージ

【図4】仕上げ層組立体とベース基体組立体とを結合して基体を形成する様子を、模式的に示した図

【図5】グラファイト製仕上げ層と、非酸化物のセラミック製ベース基体とを含む、基体

50

のイメージ

【図6】表面上にグラファイト製仕上げ層を有する、炭化ホウ素製基体のイメージ

【発明を実施するための形態】

【0018】

本明細書の末尾には、ここに書かれた説明の主題を特に指摘し明確にクレームした特許請求の範囲が示されているが、本明細書は、添付の図面と共に読まれる以下に書かれた説明から、より良く理解できるであろう。図面に示された実施形態は、説明目的のものであり、詳細な説明の範囲または特許請求の範囲を限定する意図のものではない。図面全体を通じて、可能な限りの場合において、同一または類似の特徴部分を指すのに、同一の参照番号が用いられる。

10

【0019】

本開示は、実施を可能とするための教示として提供されるものであり、以下の説明、図面、例および特許請求の範囲を参酌することにより、より容易に理解することができる。この目的において、関連技術分野における当業者は、ここに説明される実施形態の様々な側面に多くの変更を加えることができ、かかる変更後もなお有利な結果を得ることが可能であることを、認識し理解するであろう。また、ここで述べる実施形態の所望の利点のいくつかは、複数の特徴のうちのいくつかを選択して、他の特徴を用いない態様によっても、得られることは明らかであろう。したがって、当業者においては、多くの変更および適合理化が可能であり、特定の状況ではそのような変更および適合理化がむしろ望ましいこともあり、かかる変更および適合理化は本開示の一部である点を、認識するであろう。したがって、本開示は、特に限定の旨を特定しない限り、開示される特定の組成、物品、装置および方法に限定されるものではない点を、理解されたい。また、ここで使用する用語は、特定の態様を記述する目的でのみ用いられているものであり、限定する意図ではない点も、理解されたい。

20

【0020】

開示される反射性光学素子および反射性光学素子の作製方法につき、それらのために用いることのできる、それらと共に用いられる、それらの準備のために用いられる、あるいはそれらの実施形態としての、構成要素（材料、化合物、組成、および方法の工程を含む）が開示される。それら構成要素の組合せまたはサブセットや相互作用が開示されている場合には、各個々の構成要素、および2つ以上の構成要素の各組合せもまた、たとえ明示的に述べられていないとしても、考慮されここに開示されているものとする点を理解されたい。たとえば、構成要素A、BおよびCの組合せが開示されている場合には、A-B、B-C、A-CおよびA-B-Cの各組合せと同様、A、BおよびCの各々も個別に開示されているものである。同様に、構成要素D、EおよびFが個別に開示されている場合には、D-E、E-F、D-FおよびD-E-Fの各組合せも開示されているものである。この概念は、材料、化合物、組成および方法の工程に対応する構成要素を含み、かつそれらの構成要素に限定されない、本開示のあらゆる側面に当てはまるものである。

30

【0021】

本明細書および後出の特許請求の範囲では、以下の意味を有するものとして定義されるべきいくつかの用語が言及される。

40

【0022】

「約」との語は、別途述べない限り、その範囲内のすべての項目に言及するものである。たとえば、約1、2または3とは、約1、約2または約3と等価であり、さらに約1-3、約1-2、および約2-3をも含む。構成要素および類似の側面につき開示される具体値もしくは好適値、およびその範囲は、専ら説明目的のものであり、他の規定値または規定範囲内の他の値を、排除するものではない。本開示の構成要素および方法は、ここに記述する値、具体値、さらなる具体値および好適値の、任意の組合せ、または任意の値を有する、構成要素および方法を含む。

【0023】

ここで用いられる接触とは、直接接触または間接接触を指す。直接接触する要素同士は

50

、互いに接した状態にある。間接接触する要素同士は、互いに接してはいないが、他の方法により結合されている。接触状態にある要素同士は、剛結合されていてもよいし、剛結合ではなく結合されていてもよい。接触させるとは、2つの要素を直接接触状態または間接接触状態に配置することを指す。直接接触状態（または間接接触状態）にある要素は、互いに直接接触（または互いに間接接触）していると言える。

【0024】

本発明の光学素子中の層のシーケンス内において、層の順序付けは、基体に対して相対的に述べられる。ここで、層の順序付けの記述は、基体の向きとは無関係である。基体は、光学素子のベースを形成する。

【0025】

ここで用いられる「on（～上、～の上の、～の上に、等）」との用語は、直接接触または間接接触を指す。仮に、1つの層が別の層の上にあると本明細書に記載されている場合には、2つの層は、直接接触状態または間接接触状態にある。

【0026】

ここでは、別途指定しない限り、「仕上げ」または「表面仕上げ」との用語は、表面の二乗平均平方根（rms）粗さに言及したものである。低い粗さの表面は、低仕上げ（low finish）を有すると記述され、高い粗さの表面は、高仕上げ（high finish）を有すると記述される。低仕上げを有する光学表面は、より滑らかであり、ここで説明する光学素子に好適である。ここで用いられる「低仕上げ」とは、ここで開示する二乗平均平方根（rms）粗さを有する表面に言及したものである。

【0027】

以下、本開示の例示的な実施形態につき、詳細に言及する。

【0028】

本開示は、反射性光学素子のための基体を提供する。この基体は、軽重量、高剛性、および、低仕上げを有する表面もしくは低仕上げ状態に加工可能な表面を有する。本開示はまた、その基体を利用した反射性光学素子も提供する。反射性光学素子は、基体の表面上に、反射性の層または反射性のスタックを含み得る。反射性のスタックは、協働して反射その他の光学効果を提供する、2つ以上の層の組合せである。

【0029】

基体は、ベース基体と、ベース基体上の仕上げ層とを含むものであってもよい。仕上げ層は、ベース基体と直接接触状態または間接接触状態にある。ここで用いられる仕上げ層とは、低仕上げ状態に加工可能な表面を有する層である。反射性の層または反射性のスタックが、仕上げ層の上に直接形成されてもよい。仕上げ層がない場合には、反射性の層または反射性のスタックが、ベース基体の上に直接形成されてもよい。

【0030】

基体は、仕上げ層とベース基体との間に、1つ以上の仲介層を含んでいてもよい。この1つ以上の仲介層は、金属化層、接着層、および／またははんだ層を含んでいてもよい。この1つ以上の仲介層は、仕上げ層とベース基体との間の接着を改善し得る。

【0031】

ベース基体の選択は、機械的な要求の厳しい用途における形状維持および軽重量という設計目的によって、動機付けられた選択とされる。ベース基体材料の選択を主導する1つの重要な特性は比剛性であり、これは、弾性率（E）と密度（ ρ ）との比（ E/ρ ）として定義される。他の関連する材料特性には、熱膨張（CTE）、寸法安定性、環境適合性（腐食、放射）、仕上げ可能性（たとえば、光学品質まで研磨ならびに／もしくはダイヤモンド旋盤加工する能力）、反射性コーティングとの互換性、およびコストが含まれる。

【0032】

極軽量のミラーについては、ベリリウム（Be）がデファクトスタンダードである。Beは、あらゆる金属で最高の比剛性を有し（ $E = 4.25 \times 10^7 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ （約 $2.99 \times 10^{10} \text{ kg}_f/\text{m}^2$ ）、 $\rho = 0.067 \text{ lb}_m/\text{in}^3$ （約 $1.85 \times 10^3 \text{ kg}_m/\text{m}^3$ ）、 $E/\rho = 6.34 \times 10^8 \text{ lb}_f \cdot \text{in}/\text{lb}_m$ （約 1.6

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

【 0 0 3 4 】

【 0 0 3 5 】

【 0 0 3 6 】

【 0 0 3 7 】

セラミック製ベース基体の比剛性は、少なくとも 2.0×10^8 lb_f・in/lb_m（約 5.08×10^6 kg_f・m/kg_m）、または少なくとも 4.0×10^8 lb_f・in/lb_m（約 1.02×10^7 kg_f・m/kg_m）、または少なくとも 6.0×10^8 lb_f・in/lb_m（約 1.52×10^7 kg_f・m/kg_m）、または少なくとも 7.0×10^8 lb_f・in/lb_m（約 1.78×10^7 kg_f・m/kg_m）、または 2.0×10^8 lb_f・in/lb_m（約 5.08×10^6 k

$$\text{m/kg m})、または } 2.0 \times 10^8 \text{ lb}_f \cdot \text{in/lb}_m \text{ (約 } 5.08 \times 10^6 \text{ k}$$

$g_f \cdot m / kg_m$) から $1.0 \times 10^9 \text{ lb}_f \cdot in / lb_m$ (約 $2.54 \times 10^7 \text{ kg}_f \cdot m / kg_m$) の範囲内、または $3.0 \times 10^8 \text{ lb}_f \cdot in / lb_m$ (約 $7.62 \times 10^6 \text{ kg}_f \cdot m / kg_m$) から $9.0 \times 10^8 \text{ lb}_f \cdot in / lb_m$ (約 $2.29 \times 10^7 \text{ kg}_f \cdot m / kg_m$) の範囲内、または $4.0 \times 10^8 \text{ lb}_f \cdot in / lb_m$ (約 $1.02 \times 10^7 \text{ kg}_f \cdot m / kg_m$) から $8.0 \times 10^9 \text{ lb}_f \cdot in / lb_m$ (約 $2.03 \times 10^8 \text{ kg}_f \cdot m / kg_m$) の範囲内、または $4.5 \times 10^8 \text{ lb}_f \cdot in / lb_m$ (約 $1.14 \times 10^7 \text{ kg}_f \cdot m / kg_m$) から $7.5 \times 10^9 \text{ lb}_f \cdot in / lb_m$ (約 $1.91 \times 10^8 \text{ kg}_f \cdot m / kg_m$) の範囲内とされてもよい。

【0038】

グラファイトは、ベース基体上に直接積層されてもよいし、ベース基体からは独立して形成されてベース基体に結合されてもよい。グラファイトは、グラファイト粉体の熱間静水圧プレス、スパッタリング、または蒸着技術によって形成されてもよい。グラファイトは、ベース基体への結合前または結合後において、機械加工、ダイヤモンド旋盤加工、または研磨されてもよい。1つの実施形態では、グラファイトは、ベース基体からは独立して形成され、ベース基体の表面形状に適合する形状に加工される。グラファイトはまた、商業的供給元から取得されてもよい。多孔度の低いグラファイトが好ましい。

【0039】

耐久性および／または接着度を改善するために、特定の実施形態では、グラファイトとベース基体との間に、1つ以上の仲介層が配され得る。その1つ以上の仲介層は、金属化層、接着層、金属炭化物形成層、および／またははんだ層を含んでいてもよい。

【0040】

金属化層は、Siを含む。金属化層は、グラファイト製仕上げ層の上、および／またはグラファイト製仕上げ層とベース基体とを結合する前においてベース基体の上に、形成され得る。金属化層が適用される表面は、金属化層の適用前に粗面化されてもよい。粗面化は、研削（ランダムな表面特徴形状、もしくは整列させられたリッジや溝のような表面特徴形状を形成するための）、ビーズブラスト加工、または制御された粗さを有する加工表面を生成するための所望のパターンに配置された埋込粒子を有する弾性離型シートを用いる手法により、実現されてもよい。粗面化された表面は、グラファイト製仕上げ層の表面および／または炭化物ベース基体の表面に対する、金属化層の接着度を改善し得る。

【0041】

金属炭化物形成層は、グラファイト製仕上げ層の表面上、および／またはグラファイト製仕上げ層と炭化物ベース基体とを結合する前において炭化物ベース基体の表面上に、形成され得る。金属炭化物形成層は、グラファイトおよび／または炭化物ベース基体と共に金属炭化物の界面層を形成することのできる、金属（たとえばTi、Zr、YまたはCr）であってもよい。金属炭化物形成層は、グラファイト製仕上げ層と炭化物ベース基体との間に配されてもよい。複数の実施形態において、金属炭化物形成層はグラファイト製仕上げ層と直接接触状態とされ、炭化物ベース基体は金属炭化物形成層と直接接触状態とされる。別個の金属炭化物形成層が、グラファイト製仕上げ層の上と炭化物ベース基体の上とに形成されてもよいし、別個の金属化層が、グラファイト製仕上げ層と炭化物ベース基体との各々の上に形成された金属炭化物形成層の上に、形成されてもよい。

【0042】

複数の実施形態において、金属炭化物の界面層は、その上にある金属化層との接着度を改善し得る。複数の実施形態において、金属炭化物形成層は、グラファイト製仕上げ層と金属化層との間に形成される。金属炭化物形成層は、グラファイト製仕上げ層と直接接触状態とされてもよく、金属化層は、金属炭化物形成層と直接接触状態とされてもよい。複数の実施形態において、金属炭化物形成層は、炭化物ベース基体と金属化層との間に形成される。金属炭化物形成層は、炭化物ベース基体と直接接触状態とされてもよく、金属化層は、金属炭化物形成層と直接接触状態とされてもよい。

【0043】

10

20

30

40

50

はんだ層は、Ti または希土類元素を含有していてもよい。はんだの組成物は、ベース基体および／または仕上げ層の表面における炭化物または窒化物のバリア層の形成を阻害し得る。いくつかの実施形態では、はんだ層は、グラファイト製仕上げ層と炭化物ベース基体とのいずれか一方または両方に、直接適用される。別の実施形態では、金属化層が、グラファイト製仕上げ層および／または炭化物ベース基体の上に存在し、はんだは、金属化層に直接適用される。金属化層は、グラファイト製仕上げ層および／または炭化物ベース基体に強固に接着するものとされ得、かつ、はんだは、金属化層に強固に接着するように選択され得る。はんだは、好ましくは、仕上げ層をベース基体に結合する際の温度誘起性の形状歪みを低減させるために、低い融点（250℃未満、または225℃未満、または200℃未満、または175℃未満）を有するものとされる。はんだ層は、S-Bond 220（S-Bond Technologies社（ペンシルバニア州ランズデール）から市販されている、Sn-Ag-Ti合金ベースの無鉛はんだ）またはS-Bond 220M（S-Bond Technologies社（ペンシルバニア州ランズデール）から市販されている、Sn-Ag-Ti-Mg合金ベースの無鉛はんだ）のような、市販の金属はんだを含む。Indium Corporation社（ニューヨーク州ウチカ）から市販されているはんだ#1E、#3、#4、#290のような、非金属材料の結合のために最適化されたインジウムはんだを用いてもよい。はんだ層の厚さは、4.0ミル（約102μm）未満、または3.0ミル（約76.2μm）未満、または2.0ミル（約50.8μm）未満、または1.0ミル（約25.4μm）未満、または0.25ミル（約6.35μm）と4.0ミル（約102μm）との間、または0.5ミル（約12.7μm）と3.0ミル（約76.2μm）との間、または0.75ミル（約19.1μm）と2.5ミル（約63.5μm）との間、または1.0ミル（約25.4μm）と2.0ミル（約50.8μm）との間であってもよい。

【0044】

接着層は、金属（たとえば、Ti、Zr、Yb、Cr、Pd）を含む。接着層は、別個の層として適用されてもよいし、グラファイト内に組み込まれてもよい。接着層は、金属化層とグラファイト製仕上げ層との間に含まれてもよいし、あるいは、金属化層と炭化物ベース基体との間に含まれてもよい。1つの実施形態では、Si金属化層が金属製の接着層の上に形成され、はんだ層がSi金属化層の上に形成される。Si金属化層は、はんだ層の濡れ性を改善し得るものであり、接着層は、グラファイト製仕上げ層および／または炭化物ベース基体に対するSi金属化層の接着度を改善し得る。

【0045】

1つ以上の仲介層はまた、有機接着層を含んでいてもよい。有機接着層は、熱硬化性、水分硬化性、または放射硬化性の有機接着剤から形成されてもよい。代表的な有機接着剤には、エポキシ、エポキシ樹脂、フェノールホルムアルデヒド樹脂、シリコン、ウレタン、ウレタンプレポリマー、アクリレート、およびメタクリレートが含まれる。有機接着剤はまた、その有機接着剤全体の熱膨張係数を低減させ剛性を増大させるために、熱膨張係数の低い材料（たとえばガラス）の分散粒子を含むものとされてもよい。有機接着層の厚さは、2.0ミル（約50.8μm）未満、または1.5ミル（約38.1μm）未満、または1.0ミル（約25.4μm）未満、または0.5ミル（約12.7μm）未満、または0.25ミル（約6.35μm）と2.0ミル（約50.8μm）との間、または0.5ミル（約12.7μm）と1.5ミル（約38.1μm）との間、または0.75ミル（約19.1μm）と1.25ミル（約31.8μm）との間であってもよい。

【0046】

1つの実施形態においては、反射性光学素子は、炭化物ベース基体と直接接触状態にあるグラファイト製仕上げ層を含む。第2の実施形態においては、反射性光学素子は、金属化層と直接接触状態にあるグラファイト製仕上げ層、および炭化物ベース基体と直接接触状態にある金属化層を含む。第3の実施形態においては、反射性光学素子は、はんだ層と直接接触状態にあるグラファイト製仕上げ層、および炭化物ベース基体と直接接触状態にあるはんだ層を含む。第4の実施形態においては、反射性光学素子は、有機接着層と直接

接触状態にあるグラファイト製仕上げ層、および炭化物ベース基体と直接接触状態にある有機接着層を含む。第5の実施形態においては、反射性光学素子は、金属化層と直接接触状態にあるグラファイト製仕上げ層、はんだ層と直接接触状態にある金属化層、および炭化物ベース基体と直接接触状態にあるはんだ層を含む。第6の実施形態においては、反射性光学素子は、第1の金属化層と直接接触状態にあるグラファイト製仕上げ層、はんだ層と直接接触状態にある第1の金属化層、第2の金属化層と直接接触状態にあるはんだ層、および炭化物ベース基体と直接接触状態にある第2の金属化層を含む。

【0047】

図1は、本開示に従う基体を作製するための1つの実施形態の、最初のいくつかの工程を図解している。この例では、グラファイト製仕上げ層は、炭化ホウ素ベース基体からは独立して形成されたものであり、グラファイト製仕上げ層と炭化ホウ素ベース基体とが結合される。グラファイト製仕上げ層10は、ホットプレス技術によって形成され、ディスクとして構成されている。グラファイト製ディスクの典型的な直径は、2インチ（約5.08cm）である。グラファイト製仕上げ層10の1つの表面は、研磨済表面とされた。所望であれば、グラファイト表面は、特定の形状（たとえば、平坦形状、曲面形状、球面形状、非球面形状）に処理されてもよい。ケイ素金属化層20が、研磨済表面を有するグラファイト製仕上げ層10の上に、スパッタリングにより形成された。ケイ素金属化層20の厚さは、25 μ mと50 μ mとの間であった。はんだ層30が、ケイ素金属化層20の上に形成された。はんだ層を形成するため、ケイ素金属化層20を伴うグラファイト製仕上げ層10が加熱され、はんだペレットが表面上に配された。ペレットが軟化した後、スクレーパー器具を用いて、ケイ素金属化層20の表面上に亘って、はんだが均一に拡げられた。スクレーパー器具はまた、Si金属化層上に形成し得る表面酸化物を除去して、その下の酸化されていないSi（酸化された形態のSiよりも良好なはんだ濡れ性を提供することが期待される）を露出させることもできる。図1の例では、S-Bond SB220Mはんだが使用された。

【0048】

炭化物ベース基体40は、別途準備された。炭化物ベース基体40は、粉体のプレス加工、および2100℃-2200℃の不活性ガス雰囲気（たとえばAr）下における焼成によって作製された、炭化ホウ素ベース基体であった。炭化物ベース基体40は、ディスクとして構成された。炭化物ベース基体40の近似的な化学式は、B₄Cであった。炭化物ベース基体40の1つの表面は、研磨済表面とされた。所望であれば、炭化物ベース基体の表面は、グラファイト製仕上げ層10の形状付与表面の形状に対して相補的となるよう、加工されてもよい。たとえば、グラファイト製仕上げ層10が凸形状の表面を有している場合には、炭化物ベース基体40の表面は、グラファイト製仕上げ層10と炭化物ベース基体40との結合を容易とするため、凹形状を有するものとされてもよい。はんだ層50は、炭化物ベース基体40の表面上に、直接形成された。はんだ層50を形成するため、炭化物ベース基体40が加熱されて、はんだペレットが表面上に配され、軟化時において、はんだがスクレーパーで拡げられ、均一な層が提供された。S-Bond SB220Mはんだが、はんだ層50に使用された。

【0049】

図2は、軟化前のはんだペレットを伴う、グラファイト製仕上げ層（最上列のパイ形状のサンプル）、炭化ケイ素ベース基体（2番目の列にある、一部が切り取られた円の形状の2つのサンプル）、および炭化ホウ素ベース基体（下2列）のサンプルのイメージを示している。グラファイト製仕上げ層のサンプルはケイ素金属化層を含むものであり、はんだペレットは、ケイ素金属化層上に直接配置された。炭化ケイ素ベース基体および炭化ホウ素ベース基体のサンプルは、ケイ素金属化層を有さず、はんだペレットは、表面上に直接配置された。図3は、はんだ軟化後における、同じサンプルのイメージを示している。上記で述べたように、軟化されたはんだは、より均一性の高いはんだ層を提供するため、表面上に亘ってスクレーパーで拡げられる。

【0050】

図4は、仕上げ層組立体をベース基体組立体に結合して、基体を形成する様子を示している。ベース基体組立体は、図1に示した炭化ホウ素ベース基体を含んでおり、仕上げ層組立体は、図1に示したグラファイト製仕上げ層を含んでいる。仕上げ層組立体60は、グラファイト製仕上げ層10、ケイ素金属化層20、およびはんだ層30を含んでいる。ベース基体組立体70は、炭化ホウ素ベース基体40およびはんだ層50を含んでいる。仕上げ層組立体60とベース基体組立体70とは、はんだ層30とはんだ層50とが対向するように配向される(図4のAに示す)。その後、仕上げ層組立体60とベース基体組立体70とは、それらを共にプレスするような機械力を加えることによって結合され、基体80を形成する(図4のBに示す)。横方向のせん断力も加えられてもよい。結合は、はんだ層30とはんだ層50とが溶融されている間に行われる。機械力によってはんだ層30およびはんだ層50が薄くされ、均一なはんだ層が提供されて、はんだ層30内、はんだ層50内、またははんだ層30とはんだ層50との界面内における気泡または隙間が排除される。界面からはみ出た余剰のはんだは、除去される。ほとんどののはんだは高い熱膨張係数を有し、したがって高温環境に曝された際に変形するため、はんだ層を薄くすることは望ましい。はんだの変形は、敷設中における基体80の再配置またはアラインメント不良を引き起こし得る。

【0051】

図5は、図3に示した様々なサンプルを結合することにより作製される、代表的な基体を示している。上側のパイ形状のサンプルは、その結合表面上にケイ素金属化層を有する、グラファイト製仕上げ層である。より大きな下側のサンプルは、非酸化物のセラミック製ベース基体である。図5中に列挙されているように、炭化ケイ素(SiC)ベース基体と、炭化ホウ素(B₄C)ベース基体とが示されている。ベース基体の表面上にある薄い色の層は、はんだ層である。2種類の異なるはんだが使用された(S-Bond 220およびS-Bond 220M)。グラファイト製仕上げ層と非酸化物のセラミック製ベース基体との間の、界面に存在するはんだは、サンプル片同士を一体に結合して、基体を形成する。

【0052】

結合の後、基体80は冷却され、グラファイト製仕上げ層10の一部を除去することによって薄くされ、基体85が形成される(図4のCに示す)。グラファイト製仕上げ層10の除去は、鋸歯切断、研削、研磨、あるいはグラファイト製仕上げ層10の表面から材料を摩耗もしくは消耗させる他の方法によって、実現することができる。基体85の重量をさらに削減するために、炭化ホウ素ベース基体40も薄くされてもよい。薄くされた後、基体80のグラファイト表面は、研磨によるさらなる処理、またはダイヤモンド旋盤加工を施され、低仕上げ状態とされてもよい(図4のDに示す)。その後、反射性の層または反射性のスタックが、基体80のグラファイト表面上に形成されてもよい。

【0053】

図6は、炭化ホウ素基体上にグラファイト層を有するサンプルを示しており、また、グラファイト層の表面イメージを示している。このイメージは、グラファイト層の表面の、山部から谷部(peak-to-valley)の粗さが285オングストロームであり、グラファイト層の仕上げ状態(rms粗さ)が4.6オングストロームであることを示している。

【0054】

別の実施形態では、グラファイト製仕上げ層またはグラファイト含有仕上げ層の表面の仕上げ状態(rms粗さ)は、500オングストローム未満、または300オングストローム未満、または200オングストローム未満、または100オングストローム未満、または50オングストローム未満、または25オングストローム未満、または10オングストローム未満、または5オングストロームから500オングストロームの範囲内、または10オングストロームから400オングストロームの範囲内、または25オングストロームから500オングストロームの範囲内、または50オングストロームから300オングストロームの範囲内、または50オングストロームから200オングストロームの範囲内

、または50オングストロームから150オングストロームの範囲内、または50オングストロームから100オングストロームの範囲内、または100オングストロームから500オングストロームの範囲内、または100オングストロームから300オングストロームの範囲内とされる。別の実施形態では、グラファイト製仕上げ層またはグラファイト含有仕上げ層の表面の山部から谷部（peak-to-valley；PV）の粗さは、1500nm未満、または1250nm未満、または1000nm未満、または750nm未満、または500nm未満、または400nm未満、または300nm未満とされる。

【0055】

いくつかの特定の実施形態では、基体のグラファイト表面上に、補助的な仕上げ層が形成される。グラファイト表面に対する補助的な仕上げ層の代表例には、金属、酸化物、DLC（diamond-like carbon；ダイヤモンド様炭素）、BおよびSiが含まれる。金属は、Ni、Cu、W、Ti、Zr、Hf、Nb、Ta、MoおよびAuを含む。酸化物は、 Al_2O_3 、および SiO_2 を含む。Zr、Hf、Nb、Ta、Mo、 Al_2O_3 、および SiO_2 は、グラファイトの熱膨張係数と類似の熱膨張係数を有し、光学素子の意図する用途が、広い範囲に亘って変化する温度への露出を含むような用途である場合には、有利となり得る。グラファイト表面上の補助的な仕上げ層は、反射性の層であってもよい。グラファイト表面上の補助的な仕上げ層は、研磨処理またはダイヤモンド旋盤加工を施され、低仕上げ状態とされてもよい。グラファイト表面上の補助的な仕上げ層は、グラファイト表面のみによって可能な水準よりも良好な低仕上げ状態の実現を可能とするように、選択されてもよい。

【0056】

補助的な仕上げ層の表面の仕上げ状態（rms粗さ）は、300オングストローム未満、または200オングストローム未満、または100オングストローム未満、または50オングストローム未満、または30オングストローム未満、または25オングストロームから300オングストロームの範囲内、または25オングストロームから250オングストロームの範囲内、または25オングストロームから200オングストロームの範囲内、または25オングストロームから150オングストロームの範囲内、または25オングストロームから100オングストロームの範囲内、または40オングストロームから200オングストロームの範囲内、または40オングストロームから125オングストロームの範囲内であってもよい。補助的な仕上げ層の表面の山部から谷部（peak-to-valley；PV）の粗さは、1000nm未満、または80nm未満、または600nm未満、または400nm未満、または300nm未満であってもよい。

【0057】

本明細書で開示する基体は、グラファイトの仕上げ表面の上、またはグラファイト製仕上げ層上に形成された補助的な仕上げ層の上に形成される、様々な反射性の層または反射性のスタックを含む光学素子のための、基体として機能し得る。反射性コーティングは、可視光（VIS）、近赤外（NIR）、短波長赤外（SWIR）、中間波長赤外（MWIR）、および長波長赤外（LWIR）の波長帯のうちの1つ以上において、高い反射率を提供することが好ましい。反射性コーティングは、単一材料の層であってもよいし、2つ以上の材料の多層スタックであってもよい。1つの実施形態では、反射性コーティングは、反射性の層と、1つ以上の波長調整層とを含むものとされる。反射性コーティングは、オプションとして、バリア層、1つ以上の界面層、および1つ以上の保護層を含んでもよい。1つ以上の保護層が存在する場合には、その1つ以上の保護層は、スタック内の他の層の上に被さっている。

【0058】

反射性の層は、金属層または遷移金属層を含んでもよい。反射性の層は、VIS、NIR、SWIR、MWIR、およびLWIRのスペクトル帯内の波長において、高い反射率を有することが好ましい。反射性の金属は、メタリック、非イオン性、純金属もしくは合金、および／またはゼロ価のものとされ得る。反射性の層は、Ag、Au、Al、R

h、Cu、PtおよびNiからなる群から選択された1つ以上の成分を含み得る。反射性の遷移金属層の厚さは、75nmから350nmの範囲内、または80nmから150nmの範囲内、または90nmから120nmの範囲内であってもよい。

【0059】

反射性コーティングは、1つ以上の波長調整層を含んでもよい。その1つ以上の波長調整層は、反射性コーティングの（1つまたは複数の）保護層と、グラファイト製または補助的な仕上げ層との間に配される。1つの実施形態では、（1つまたは複数の）波長調整層が、反射性の層と、反射性コーティングの（1つまたは複数の）保護層との間に配される。（1つまたは複数の）波長調整層は、規定の波長領域内における反射を最適化するように設計される。（1つまたは複数の）波長調整層は、典型的には、高屈折率材料と低屈折率材料との交互の組合せ、または、高屈折率材料と中屈折率材料と低屈折率材料との交互の組合せを含む。波長調整層に用いられる材料は、0.4μmから15.0μmの波長範囲内において低吸収性であることが好ましい。波長調整層のための代表的な材料には、YbF₃、GdF₃、YF₃、YbO_xF_y、GdF₃、Nb₂O₅、Bi₂O₃およびZnSが含まれる。（1つまたは複数の）波長調整層は、75nmから300nmの範囲内の厚さを有するものであってもよい。1つの実施形態では、反射性コーティングは、YbF₃およびZnSを波長調整層として含む。

【0060】

反射性の層と（1つまたは複数の）波長調整層とは、直接接触させられてもよいし、反射性の層と（1つまたは複数の）波長調整層との間に1つ以上の界面層が存在してもよい。（1つまたは複数の）界面層は、反射性の層と（1つまたは複数の）波長調整層との間において、接着を促進するか、ガルバニック互換性を提供し得る。（1つまたは複数の）界面層は、接着に十分な厚さを有する必要があるが、同時に、反射性の層から反射された光の吸収を最小限に抑えるのに十分薄い厚さである必要もある。反射性の層と（1つまたは複数の）波長調整層との間に配された（1つまたは複数の）界面層は、5nmから20nmの範囲内、または8nmから15nmの範囲内、または8nmから12nmの範囲内の厚さを有するものであってもよい。反射性の層と（1つまたは複数の）波長調整層との間に配された（1つまたは複数の）界面層は、Nb₂O₃、TiO₂、Ta₂O₅、Bi₂O₃、ZnSおよびAl₂O₃のうちの、1つ以上を含むものであってもよい。

【0061】

1つの実施形態では、反射性の層は、グラファイト製または補助的な仕上げ層と直接接触させられる。別の実施形態では、光学素子は、反射性の層とグラファイト製または補助的な仕上げ層との間に、バリア層および／または界面層を含む。さらに別の実施形態では、光学素子は、グラファイト製または補助的な仕上げ層と直接接触するバリア層を含むものとされる。さらに別の実施形態では、光学素子は、グラファイト製または補助的な仕上げ層と直接接触するバリア層と、バリア層と直接接触する界面層とを含むものとされる。界面層は、反射性の層とバリア層との間の接着、または反射性の層とガルバニック互換性層との間の接着を、促進し得る。界面層はまた、グラファイト製もしくは補助的な仕上げ層に対する反射性コーティングのガルバニック互換性、または反射性の層に対するバリア層のガルバニック互換性を保障し得る。バリア層は、反射性の層とグラファイト基体との間のガルバニック互換性を保障し得る。

【0062】

代表的なバリア層には、Si₃N₄、SiO₂、TiAlN、TiAlSiN、TiO₂、DLC（ダイヤモンド様炭素）、Al、CrN、およびSi_xN_yO_zが含まれる。バリア層は、100nmから50μmの範囲内、または500nmから10μmの範囲内、または1μmから5μmの範囲内の厚さを有するものであってもよい。バリアの厚さを決定するための1つの基準は、対象物品が塩水噴霧試験に耐えなくてはならない時間数である。塩水噴霧試験の持続時間が長いほど、バリア層に必要な厚さは大きくなる。24時間の塩水噴霧試験に対してであれば、10μmのバリア層で十分かもしれない。バリア層の厚さはまた、光学素子の形状を歪めることなく、温度変化に適合するように調整するこ

10

20

30

40

50

とができる。動作温度範囲が大きくなるにつれて熱応力は大きくなるので、温度の大きな揺れに曝されるような敷設環境下においては、形状歪みを回避するため、より薄いバリア層が推奨される。

【0063】

グラファイト製または補助的な仕上げ層と反射性の層との間に配される代表的な界面層には、Ni、Cr、Ni-Cr合金（たとえばニクロム）、Ni-Cu合金（たとえばモネル）、Ti、TiO₂、ZnS、Pt、Ta₂O₅、Nb₂O₅、Al₂O₃、AlN、AlO_xN_y、Bi、Bi₂O₃、Si₃N₄、SiO₂、SiO_xN_y、DLC（ダイヤモンド様炭素）、MgF₂、YbF₃、およびYF₃のうちの1つ以上が含まれる。界面層は、0.2 nmから25 nmの範囲内の厚さを有するものであってもよく、ここで、この厚さ範囲の下限（たとえば0.2 nmから2.5 nm、または0.2 nmから5 nm）は、界面層が金属である場合に適しているものであり（反射性コーティングを通過する光の寄生吸収を防止するために）、厚さ範囲の上限（たとえば2.5 nmから25 nm、または5 nmから25 nm）は、界面層が誘電体である場合に適しているものである。

10

【0064】

保護層は、引掻きに対する耐性、機械的な損傷に対する耐性、および化学的耐性を提供する。保護層のための代表的な材料には、YbF₃、YbF_xO_y、YF₃およびSi₃N₄が含まれる。（1つまたは複数の）保護層は、反射性コーティングの最上層である。（1つまたは複数の）保護層は、60 nmから200 nmの範囲内の厚さを有し得る。

20

【0065】

別途明示的に述べない限り、ここで提示するいずれの方法も、その方法の工程が特定の順序で実行されることを必要条件としているように解釈されることを、何ら意図されたものではない。したがって、方法発明を規定した請求項が、その方法の工程が従うべき順序を実際に記載しておらず、工程が特定の順序に限定されるべき旨が特許請求の範囲および明細書にもその他の具体的な記載をされていない場合には、いかなる特定の順序も推察すべきことは何ら意図されていない。

【0066】

図解した実施形態の精神および範囲から逸脱することなく、さまざまな修正およびバリエーションが可能であることは、当業者にとって明白であろう。当業者においては、図解した実施形態の精神および要旨を包含する、開示した実施形態の修正、組合せ（コンビネーション）、サブコンビネーションおよびバリエーションを考え得るため、上記の説明は、添付の各請求項の範囲およびそれらの均等物の範囲内であるあらゆる対象を含むものと捉えられるべきである。

30

【0067】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

【0068】

実施形態 1

非酸化物のセラミックを含むベース基体、および

前記ベース基体と直接接触状態もしくは間接接触状態にあるグラファイト層、を含むことを特徴とする光学素子。

40

【0069】

実施形態 2

前記非酸化物のセラミックが炭化物を含むことを特徴とする、実施形態 1 に記載の光学素子。

【0070】

実施形態 3

前記炭化物が炭化ホウ素または炭化ケイ素を含むことを特徴とする、実施形態 2 に記載の光学素子。

【0071】

50

実施形態 4

前記非酸化物のセラミックが、少なくとも $4.0 \times 10^8 \text{ lb}_f \cdot \text{in} / \text{lb}_m$ (約 $1.02 \times 10^7 \text{ kg}_f \cdot \text{m} / \text{kg}_m$) の比剛性を有することを特徴とする、実施形態 1 または 2 に記載の光学素子。

【0072】

実施形態 5

前記グラファイト層が、ダイヤモンド旋盤加工された表面を有することを特徴とする、実施形態 1 から 4 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0073】

実施形態 6

前記グラファイト層が、25 オングストローム未満の rms 表面粗さを有することを特徴とする、実施形態 1 から 5 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0074】

実施形態 7

金属化層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 1 から 6 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0075】

実施形態 8

前記金属化層が、前記グラファイト層と直接接触状態にあることを特徴とする、実施形態 7 に記載の光学素子。

【0076】

実施形態 9

前記金属化層が、Si を含むことを特徴とする、実施形態 7 に記載の光学素子。

【0077】

実施形態 10

はんだ層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 1 から 9 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0078】

実施形態 11

前記はんだ層が、Ti または希土類元素を含むことを特徴とする、実施形態 10 に記載の光学素子。

【0079】

実施形態 12

前記はんだ層が、225℃未満の溶融温度を有することを特徴とする、実施形態 10 または 11 に記載の光学素子。

【0080】

実施形態 13

前記はんだ層が、前記ベース基体と直接接触状態にあることを特徴とする、実施形態 10 から 12 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0081】

実施形態 14

前記グラファイト層と直接接触する第 1 の金属化層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 10 から 13 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0082】

実施形態 15

前記はんだ層が、前記第 1 の金属化層と直接接触状態にあることを特徴とする、実施形態 14 に記載の光学素子。

【0083】

実施形態 16

前記ベース基体と直接接触する第 2 の金属化層をさらに含むことを特徴とする、実施形

10

20

30

40

50

態 1 4 または 1 5 に記載の光学素子。

【0084】

実施形態 1 7

前記はんだ層が、前記第 2 の金属化層と直接接触状態にあることを特徴とする、実施形態 1 6 に記載の光学素子。

【0085】

実施形態 1 8

前記グラファイト層と直接接触する金属層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 1 から 1 7 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0086】

実施形態 1 9

前記金属層が、ダイヤモンド旋盤加工された表面を有することを特徴とする、実施形態 1 8 に記載の光学素子。

【0087】

実施形態 2 0

前記グラファイト層と前記ベース基体との間に、有機接着層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 1 から 1 9 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0088】

実施形態 2 1

前記グラファイト層の上に、反射性の層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 1 から 2 0 いずれか 1 つに記載の光学素子。

【0089】

実施形態 2 2

光学素子の作製方法であって、
非酸化物のセラミックを含むベース基体を含んだベース基体組立体に、グラファイト層を含む仕上げ層組立体を結合する工程、
を含むことを特徴とする作製方法。

【0090】

実施形態 2 3

前記非酸化物のセラミックが炭化物であることを特徴とする、実施形態 2 2 に記載の光学素子の作製方法。

【0091】

実施形態 2 4

前記炭化物が炭化ホウ素または炭化ケイ素を含むことを特徴とする、実施形態 2 3 に記載の光学素子の作製方法。

【0092】

実施形態 2 5

前記仕上げ層組立体が、前記グラファイト層と直接接触する金属化層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 2 2 から 2 4 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

【0093】

実施形態 2 6

前記仕上げ層組立体が、前記金属化層と直接接触するはんだ層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 2 5 に記載の光学素子の作製方法。

【0094】

実施形態 2 7

前記ベース基体組立体が、前記ベース基体と直接接触する金属化層をさらに含むことを特徴とする、実施形態 2 2 から 2 4 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

【0095】

実施形態 2 8

前記ベース基体組立体が、前記ベース基体と直接接触するはんだ層をさらに含むことを

10

20

30

40

50

特徴とする、実施形態 22 から 25 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

【0096】

実施形態 29

前記結合する工程が、機械力を加える工程を含むことを特徴とする、実施形態 22 から 28 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

【0097】

実施形態 30

前記結合する工程が、前記仕上げ層組立体を加熱する工程、および前記ベース基体組立体を加熱する工程を含むことを特徴とする、実施形態 22 から 28 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

10

【0098】

実施形態 31

前記仕上げ層組立体を形成する工程をさらに含むことを特徴とする、実施形態 22 から 30 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

【0099】

実施形態 32

前記仕上げ層組立体を形成する前記工程が、前記グラファイト層と直接接触または間接接触する金属化層を形成する工程を含むことを特徴とする、実施形態 31 に記載の光学素子の作製方法。

20

【0100】

実施形態 33

前記仕上げ層組立体を形成する前記工程が、前記金属化層上にはんだ層を形成する工程を含むことを特徴とする、実施形態 32 に記載の光学素子の作製方法。

【0101】

実施形態 34

前記仕上げ層組立体を形成する前記工程が、前記グラファイト層上にはんだ層を形成する工程を含むことを特徴とする、実施形態 31 に記載の光学素子の作製方法。

【0102】

実施形態 35

前記ベース基体組立体を形成する工程をさらに含むことを特徴とする、実施形態 22 から 34 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

30

【0103】

実施形態 36

前記ベース基体組立体を形成する前記工程が、前記ベース基体上にはんだ層を形成する工程を含むことを特徴とする、実施形態 35 に記載の光学素子の作製方法。

【0104】

実施形態 37

前記仕上げ層組立体の表面を、ダイヤモンド旋盤加工する工程をさらに含むことを特徴とする、実施形態 22 から 36 いずれか 1 つに記載の光学素子の作製方法。

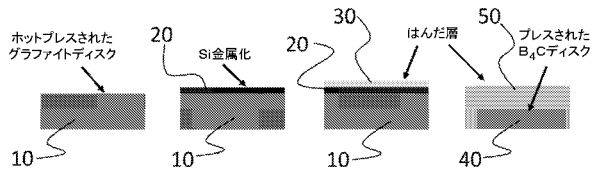
【符号の説明】

40

【0105】

- | | |
|-------|-------------|
| 10 | グラファイト製仕上げ層 |
| 20 | ケイ素金属化層 |
| 30 | はんだ層 |
| 40 | 炭化物ベース基体 |
| 50 | はんだ層 |
| 60 | 仕上げ層組立体 |
| 70 | ベース基体組立体 |
| 80、85 | 基体 |

【図 1】



【図 2】

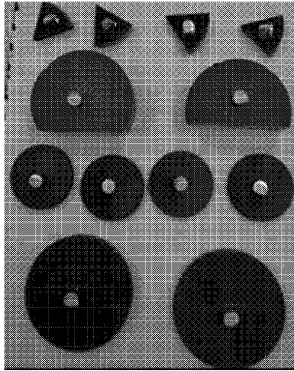


FIG. 2

【図 3】

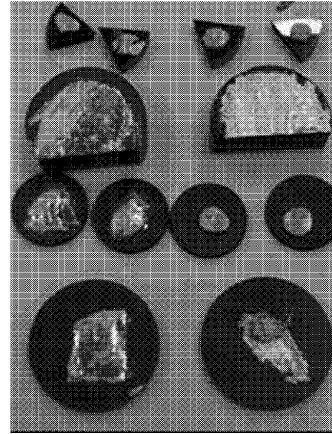
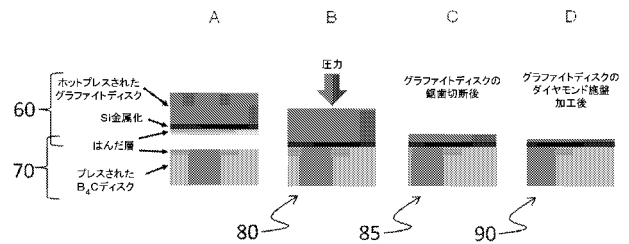
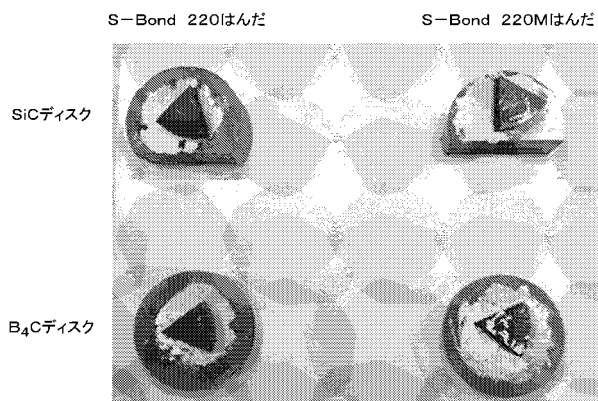


FIG. 3

【図 4】



【図 5】



【図 6】

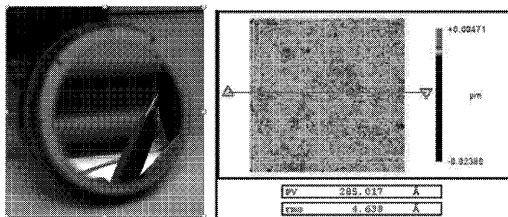


FIG. 6

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2017/022653

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G02B1/02 G02B5/08 ADD.		
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) G02B		
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 practicable, search terms used) EP0-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 425 196 A1 (CVD INC [US]) 2 May 1991 (1991-05-02)	1-4, 22-24, 31,35
Y	column 10, lines 13-18; example V	7-15, 18-21, 25-30, 32-34, 36,37
X	----- US 2006/186556 A1 (SUNG CHIEN-MIN [TW]) 24 August 2006 (2006-08-24)	1-4,6, 22-24, 31,35
Y	paragraphs [0049], [0053] ----- -/--	20
☒ 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 application or patent 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 3 August 2017		Date of mailing of the international search report 22/08/2017
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 Mollenhauer, Ralf

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2017/022653

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2005/037679 A1 (THERIAULT P CHRIS [US]) 17 February 2005 (2005-02-17)	7-9,18, 19,21, 25, 27-30, 32-34, 36,37
A	paragraph [0031]; figure 2 -----	5,16,17
Y	US 2008/315146 A1 (BRONDUM KLAUS [US] ET AL) 25 December 2008 (2008-12-25) paragraphs [0017], [0018], [0023], [0028], [0032]; figures 2-4 -----	10-15,26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2017/022653

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ US2017/ 022653

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-4, 22-24, 31, 35

An optical element comprising a base substrate, said base substrate comprising a non-oxide ceramic; and a graphite layer in direct or indirect contact with said base substrate, the substrate having a specific ceramic composition or a minimum stiffness

2. claims: 5, 6, 37

An optical element comprising a base substrate, said base substrate comprising a non-oxide ceramic; and a graphite layer in direct or indirect contact with said base substrate, the graphite layer having a specific finishing.

3. claims: 7-20, 25-28, 30, 32-34, 36

An optical element comprising a base substrate, said base substrate comprising a non-oxide ceramic; and a graphite layer in direct or indirect contact with said base substrate, further comprising a metallization layer and/or a solder layer and/or a metal layer and/or adhesive layer.

4. claim: 21

An optical element comprising a base substrate, said base substrate comprising a non-oxide ceramic; and a graphite layer in direct or indirect contact with said base substrate, and a reflective layer

5. claim: 29

A method of making an optical element comprising joining a finishing layer assembly to a base substrate assembly, said finishing layer assembly including a graphite layer, said base substrate assembly including a base substrate comprising a non-oxide ceramic, wherein said joining comprises applying mechanical force.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2017/022653

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0425196	A1	02-05-1991	CA 2027171 A1 24-04-1991
			DE 69008815 D1 16-06-1994
			DE 69008815 T2 25-08-1994
			EP 0425196 A1 02-05-1991
			JP H079063 B2 01-02-1995
			JP H03153873 A 01-07-1991
			US 4997678 A 05-03-1991

US 2006186556	A1	24-08-2006	CN 1993802 A 04-07-2007
			JP 2007537127 A 20-12-2007
			KR 20070009701 A 18-01-2007
			TW I389165 B 11-03-2013
			US 2004256624 A1 23-12-2004
			US 2006186556 A1 24-08-2006
			US 2008087891 A1 17-04-2008
			US 2011163312 A1 07-07-2011
			US 2012273775 A1 01-11-2012
			WO 2005122284 A2 22-12-2005

US 2005037679	A1	17-02-2005	DE 602004008650 T2 05-06-2008
			EP 1654571 A1 10-05-2006
			US 2005037679 A1 17-02-2005
			WO 2005017578 A1 24-02-2005

US 2008315146	A1	25-12-2008	AT 549560 T 15-03-2012
			BR PI0902003 A2 13-04-2010
			CA 2665878 A1 18-12-2009
			CN 101608697 A 23-12-2009
			EP 2136116 A1 23-12-2009
			ES 2384298 T3 03-07-2012
			RU 2009122558 A 20-12-2010
			US 2008315146 A1 25-12-2008

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

C O 4 B 37/00

B

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ

(72)発明者 ワムボルト, レオナード ジェラード

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01375 サンダーランド オールド アマースト ロード 47

(72)発明者 ウッダード, ケネス スミス

アメリカ合衆国 ニューハンプシャー州 03070 ニュー ボストン タウン ファーム ロード 143

Fターム(参考) 2H042 DA02 DA04 DA05 DA07 DA12 DA15 DA18 DB06 DC09 DE00

4G026 BA13 BA14 BB13 BE04 BF09 BF31 BG02 BH13