

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4664277号  
(P4664277)

(45) 発行日 平成23年4月6日(2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月14日(2011.1.14)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>G02B 5/08</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 5/08	A
<b>C23C 14/06</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 5/08	C
<b>C23C 14/14</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 14/06	R
<b>C23C 14/10</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 14/14	D
<b>C23C 14/16</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C 14/14	B

請求項の数 4 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2006-503844 (P2006-503844)
(86) (22) 出願日	平成16年2月24日 (2004.2.24)
(65) 公表番号	特表2006-518883 (P2006-518883A)
(43) 公表日	平成18年8月17日 (2006.8.17)
(86) 國際出願番号	PCT/US2004/005494
(87) 國際公開番号	W02004/077114
(87) 國際公開日	平成16年9月10日 (2004.9.10)
審査請求日	平成18年11月22日 (2006.11.22)
(31) 優先権主張番号	10/373,448
(32) 優先日	平成15年2月24日 (2003.2.24)
(33) 優先権主張国	米国(US)

前置審査

(73) 特許権者	503455363 レイセオン カンパニー
	アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O 2451 ウォルサム ウィンター スト リート 870
(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人	100091351 弁理士 河野 哲
(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘
(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高精密度のミラーおよびその製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ミラーを具備する装置において、ミラーは、  
表面を有する基板と、

前記基板の前記表面上に設けられた薄膜の仕上げ層と、

この薄膜の仕上げ層の基板と反対側の表面上に設けられた銀、金、またはアルミニウム  
により構成された反射層とを具備し、

前記基板の表面上に設けられた仕上げ層はアモルファスシリコンから構成され、

前記薄膜の仕上げ層の基板と反対側の表面は研磨仕上げされている装置。

## 【請求項 2】

前記仕上げ層は、前記基板と前記仕上げ層の熱膨張係数の差により前記ミラーが温度変化による屈曲を実質上生じないような薄い厚さに形成されている請求項 1 記載の装置。

## 【請求項 3】

前記仕上げ層は 0.00254 mm (0.0001 インチ) よりも小さい厚さを有している請求項 1 記載の装置。

## 【請求項 4】

ミラーを具備する装置において、ミラーは、  
表面を有する基板と、

前記基板の前記表面上に設けられたアモルファスシリコンから構成されている薄膜の中間層と、

10

20

前記アモルファスシリコンから構成されている薄膜の中間層の基板と反対側の表面上に設けられたニッケル・クロム層から構成されている薄膜の仕上げ層と、

前記薄膜の仕上げ層の前記中間層と反対側の表面上に設けられた銀、金、またはアルミニウムにより構成された反射層とを具備し、

前記薄膜の仕上げ層の前記中間層と反対側の表面は研磨仕上げされている装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はミラー、特に高精密度のミラーの構造および製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

高精密度のミラーが必要とされる種々の光学システムが存在する。その例には紫外線リソグラフ集光ミラー、反射レーザスキャナミラー、大気外反射光学系、可視放射で低い散乱が必要とされるシステム、および種々のその他の応用が含まれている。

【0003】

精密な金属ミラーを製造する1つの既存の技術はアルミニウム6061-T6として技術で普通に知られているアルミニウム合金の基板を採用し、基板の表面の単一点ダイヤモンド旋盤加工(DPT)を実行することであり、これはその後反射表面として機能する。この合金は軽量で、容易にDPTにより機械加工され、良好な長期間安定性を有する。しかしながら、残念ながら、このアルミニウム合金は亜鉛、クロム、鉄のような合金元素を含んでおり、これはDPT後に、欠陥またはアーチファクトを残し、これはDPTにより実現可能な表面仕上げを約80オングストロームのRMSまで実効的に制限する。この品質の表面仕上げは、関係する反射される放射が3ミクロンよりも長い波長のような比較的長波長を有する多数の応用で適度に低い散乱を行う。しかしながら、可視放射の波長のような短い波長では、80オングストロームのRMSの表面仕上げは多数の応用では非常に高い散乱レベルを発生する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

この問題を解決しようと試みた1つの従来技術は、アルミニウム6061-T6基板上のDPT表面に無電解ニッケルを鍍金し、このニッケル層にDPTを受けさせ、その後表面仕上げを改良するためにニッケル層を事後研磨する方法を採用している。この代わりの方法には幾つかの欠点がある。

【0005】

特に、全てのこのようなミラーでは、アルミニウム合金基板の熱膨張係数(CTE)と、鍍金されるニッケル層のCTEとの間に固有の不一致が存在する。結果として、ニッケル層の厚さのために、基板とニッケル層の間にバイメタル効果が存在し、それはミラーの動作温度範囲においてミラー表面の湾曲を生じさせる。このような湾曲はミラー表面の光学特性を変更するので、高い精密度のミラー表面の文脈で不所望である。通常の温度変化にわたってこのようなバイメタル屈曲を許容可能なレベルに維持するために、鍍金されたニッケルは約0.0005インチから約0.001インチの厚さを有する薄くて均一な層でなければならない。この薄く均一な層を実現するため、アルミニウムのDPT動作に加えて、前述のDPT動作が必要とされた。この第2のDPT動作の必要性はコストとサイクル時間を製造プロセスに付加した。

【0006】

代わりの技術は、熱膨張の不整合を避けるためにニッケル鍍金の代わりに電着された高純度のアルミニウム鍍金を使用する。このプロセスは堅いアルミニウム酸化物(サファイヤ)の外部層を電着アルミニウム層上に生成し、この酸化物層は切断中にダイヤモンドツールに損傷を与える。さらにこの高純度のアルミニウムは非常に軟らかく、切断中にダイヤモンドツール上に堆積しやすく、DPT動作を困難にする。また軟性のアルミニウム表

10

20

30

40

50

面は容易に傷つきやすく、清掃が困難である。この方法を使用して、DPT表面仕上げは約40オングストローム RMS 程度まで改良されるが、DPTからの溝は依然として存在し、可視波長で不所望な散乱を生成する。

【0007】

6061-T6アルミニウムミラーにおいて表面仕上げを改良するための1つの最後の方法はアルミニウムの研磨である。幾つかの技術は10オングストローム RMS の表面仕上げを示しているが、アルミニウムが軟らかいためにこれは困難である。しかしながら、双方向の反射分布関数 (BRDF) 散乱試験は、表面の山対谷の変化が不純物の結果として非常に高いので、研磨された6061-T6アルミニウム層上の結果的な非球面の表面が60オングストロームの RMS 表面仕上げのように効率的に動作することを示している。明らかに、60オングストロームの RSM 表面仕上げに匹敵する動作は特に難点の付加および関係するコストに関して、80オングストロームの RMS 表面仕上げよりもそれほど優れていない。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前述の説明から、少なくとも幾つかの前述の欠点を回避する高い精密度のミラーとその製造方法が必要とされていることが認識できる。本発明の1形態はミラーを含んだ装置を含み、そのミラーは表面を有する基板と、基板の表面上に設けられ、基板と反対側の表面に研磨仕上げされた表面を有する薄膜の仕上げ層とを有している。

【0009】

本発明の別の形態はミラーの製造方法に関し、その方法は、表面を有する基板を設け、薄膜技術を使用して基板の表面上に薄膜仕上げ層を形成し、その仕上げ層は基板と反対側の表面を有し、仕上げ層の表面を研磨するステップを含んでいる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明は添付図面を伴った以下の詳細な説明からさらに良好に理解されるであろう。

図1は本発明の特徴を実施した高精密度ミラー10の部分的断面図である。このミラー10は破線の矢印11により示されているように放射光を反射できる高精密度の表面9を有している。図1のミラー10は可視放射光で使用されるように設計されているが、代わりに他のタイプの放射線で使用することができる。表面9の湾曲が図1で明白ではないように図1で見られるミラー10の部分は十分に小さいが、表面9は非球面表面である。本発明は表面9のような非球面のミラー表面の文脈で有効な特徴を有するが、本発明は非球面表面に限定されない。

【0011】

ミラー10は基板12を有し、それは説明した実施形態ではアルミニウム6061-T6のような多数の供給業者から容易に市場で入手可能なアルミニウム合金である。しかしながら、基板12は代わりに任意の他の適当な材料から作られることができる。6061-T6合金は亜鉛、クロム、鉄の合金元素を有する主体がアルミニウムであり、マグネシウムおよびシリコンのような元素を含んでいてもよい。

【0012】

基板12はその上に表面13を有する。表面13は工業的に単一点ダイアモンド旋盤加工 (DPT) と通常呼ばれている機械加工技術を使用して形成される精密な表面である。この精密な機械加工技術の使用にかかわらず、亜鉛、クロム、鉄等の基板12中の合金元素は仕上げされた表面に欠陥またはアーチファクトを残し、これはその平滑度を約80オングストロームの RMS に限定する。

【0013】

表面13のDPTの完了後、仕上げ層16は技術で知られているタイプの薄膜蒸着技術を使用して表面13上に付着される。図1の実施形態では、仕上げ層16はニッケル-クロム層であり、約5,000オングストロームの厚さを有する。しかしながら、層16は代わりに任意の他の適切な材料から作られることができ、幾つかの他の適切な厚さを有することがで

10

20

30

40

50

きる。例えば後に詳細に説明するように、層16は代わりにアモルファスシリコンから作られることができる。

【0014】

仕上げ層16は基板12から反対側の表面上に表面17を有している。仕上げ層16は薄膜層であるので、表面17は最初はやや粗く、したがってその上部表面は基板12上のDPT表面13の外形にある程度まで適合し、これは前述したように幾つかの欠陥またはアーチファクトを有している。それ故、表面17の山対谷変化を除去するために、表面17は研磨される。

【0015】

開示された実施形態では、表面17の研磨は示されていない研磨化合物および示されていない研磨エレメントまたはパッドを使用して行われる。研磨化合物は商標名K - S P R A Y DIAMOND ABRASIVE、タイプSJK - 5、サイズ0.0 - 0.2ミクロン、公式規格K - 285 - Tでフロリダ州Deerfield BeachのGE Micron Products社から市場で入手可能な材料である。しかしながら任意の他の適切な材料が代りに研磨化合物として使用されることができる。研磨エレメントはマサチューセッツ州WestboroughのStockwell Office Products社から商標名TACIN STIK REUSABLE ADHESIVEで市販されている部品である。しかしながら、任意の他の適切なエレメントが代りに研磨エレメントとして使用されることができる。開示された実施形態では、表面17の研磨は仕上げ層16の材料の約500オングストロームを除去する。研磨後、結果的な表面17は約22から25オングストロームのRMSの表面仕上げを有する。

10

【0016】

薄い反射層21はその後、技術で知られているタイプの薄膜蒸着技術を使用して仕上げ層16の表面17上に形成される。開示された実施形態では、反射層21は約2,000から5,000オングストロームの厚さを有するが、これは代わりに任意の他の適切な厚さを有することができる。さらに、反射層21は銀であるが、代わりに金またはアルミニウムのような任意の他の適切な反射材料であってもよい。反射層21の外部表面は反射表面9として機能する。反射層21はその下に位置する仕上げ層16の表面17上に設けられる薄膜層であるので、反射層21上の表面9は表面17の表面仕上げに匹敵する表面仕上げを有し、換言すると、約22から25オングストロームのRMSの表面仕上げを有する。

20

【0017】

30

図面では示されていない薄い被覆は反射層を保護するため、および/または選択された波長バンド内の反射を増加するために反射層21上に施されることができる。例えばミラー10が可視波長バンドおよび近赤外線波長バンドの放射で使用されることを目的とするならば、約1,500オングストロームの厚さを有する二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)の被覆がよく知られた技術を使用して反射層21上に施される。しかしながら、特定のミラーの使用目的に基づいて、シリコン酸化物(SiO)、タンタル酸化物(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、チタニウム酸化物(TiO<sub>2</sub>)、ジルコニウム酸化物(ZrO<sub>2</sub>)を含むがそれらに限定されない種々の他の既知の材料が代りに被覆に使用されることができる。

【0018】

40

図2は図1と類似しているが、図1のミラー10の別の実施形態であるミラー40を示している部分的断面図である。ミラー40がニッケル-クロムではなくアモルファスシリコンから作られた仕上げ層46を有する点を除いて、図2のミラー40は実質的に図1のミラー10と同一である。代わりに、層46はシリコンの代わりにゲルマニウムから作られることもできる。シリコン層46は約5,000オングストロームの厚さを有するが、代わりに任意の他の適当な厚さを有することができる。ニッケル-クロムではなくアモルファスシリコンが薄膜蒸着技術を使用して基板の表面13に施される点を除いて、ミラー40の製造手順は実質的にミラー10の製造について前述した手順と同一である。

【0019】

50

図2のアモルファスシリコンの仕上げ層46は図1のニッケル-クロムの仕上げ層16よりもやや堅い。したがって、図2の仕上げ層46上の表面47は図1の仕上げ層16の表面17と同

一方法で研磨されるが、表面47はより高い平滑度を示す。特に、表面47は約10乃至15オングストロームのRMSの表面仕上げを有する。

【0020】

図3は図1に類似しているが、図1のミラー10のさらに別の実施形態であるミラー70を示している部分的断面図である。アモルファスシリコンの薄膜中間層76が基板12と仕上げ層16との間にある点を除いて、図3のミラー70は実質的に図1のミラー10と同一である。特に、基板12の表面13は図1に関して前述したようにDPT動作によって仕上げられている。その後、アモルファスシリコンの層76が技術で知られているタイプの薄膜蒸着技術を使用して基板12の表面13に付着される。層76は約6,000オングストロームの厚さを有するが、代わりに幾つかの他の適切な厚さを有することができる。仕上げ層16はその後、図1に関して前述した方法で、技術で知られているタイプの薄膜蒸着技術を使用して層76の表面77に付着される。

【0021】

アモルファスシリコン層76はニッケル-クロム層16よりも硬い。ニッケル-クロム層16は薄膜層であるので、これはシリコン層76の硬さから恩恵を得る。特に、薄膜のニッケル-クロム層16の表面17が図1に関して前述した方法と同一方法で研磨されるとき、仕上げ層16の下のシリコン中間層76の存在により表面17は図1のミラー10よりも図3のミラー70において高い平滑度を有する。特に図3の表面17は約10から15オングストロームのRMSの表面仕上げを有する。

【0022】

図4は図1乃至3の各ミラー10、40、70の製造に使用されることができるプロセスを示すフローチャートである。プロセスはブロック101で開始し、ここで基板12が製造される。前述したように、各説明した実施形態の基板12はよく知られたアルミニウム6061-T6材料から作られるが、代わりに幾つかの他の適切な材料から作られることができる。ブロック102で、基板12上の表面13は既知のDPT技術を使用して表面仕上げされ、したがって表面13に約80オングストロームRMSの表面仕上げを与える。

【0023】

ブロック103は、このブロックが図3のミラー70の製造中に実行されるが図1および2のミラー10と40の製造中には実行されないことを示すために図4では破線で示されている。ブロック103で、アモルファスシリコンの中間層76が薄膜蒸着技術を使用して、基板12の表面13上に形成される。

【0024】

ブロック106で、仕上げ層が薄膜蒸着技術を使用して形成される。図1および3のミラー10と70では、仕上げ層はニッケル-クロム層16であり、一方、図2のミラー40では、仕上げ層はアモルファスシリコン層46である。ブロック107で、仕上げ層の表面17または47は前述の方法で研磨される。これは図1の実施形態の表面17では約20乃至25オングストロームのRMSの表面仕上げ、図2の実施形態の表面47では約10乃至15オングストロームのRMSの表面仕上げ、または図3の実施形態の表面17では約10乃至15オングストロームのRMSの表面仕上げを与える。

【0025】

ブロック108では、薄膜反射層21は薄膜蒸着技術を使用して仕上げ層の表面上に形成される。前述したように、各説明した実施形態の反射層21は銀から作られるが、代わりに金またはアルミニウムのような任意の他の適切な反射材料であってもよい。

【0026】

本発明は多くの技術的利点を与える。1つのこのような利点は、ミラーの特定の構造に応じて、例えば約10乃至25オングストロームのRMSの範囲で、高い平滑度の反射表面を有するミラーの提供を含んでいる。この平滑の程度は特にミラーが可視放射光のような約3ミクロンよりも小さい比較的短波長の放射で使用されるときに有効である。さらに別の利点はこのようなミラーはただ1つのダイヤモンドポイント旋盤加工動作だけにより製造されることができるであり、これはその製造に係わる時間およびコストを減少す

10

20

30

40

50

る。ミラーはしたがって既存のミラーよりも製造が容易で廉価であり、より精密である。

【0027】

別の利点は、ダイヤモンドポイント旋盤加工ではなく研磨動作を使用して仕上げ層の表面を仕上げることにより、仕上げ層を十分に薄い薄膜層にすることが可能であり、それによって仕上げ層および基板は温度変化に応答してミラーの屈曲を生じさせるバイメタル効果を示さないことである。さらに別の利点は、単一のダイヤモンドポイント旋盤加工動作および種々の薄膜層の形成が既知の装置および技術を使用して実行されることが可能、それによって高価で他に意義なく使用されるカスタム製造装置の開発および／または購入の必要性をなくすことである。

【0028】

10

選択された実施形態を詳細に説明したが、種々の置換および変形が特許請求の範囲に規定されているような、本発明の技術的範囲を逸脱することなく可能であることが理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の特徴を実施したミラーの部分的断面図。

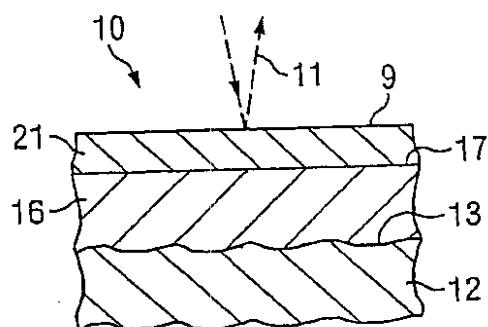
【図2】図1に類似しているが、図1のミラーの別の実施形態であるミラーを示している部分的断面図。

【図3】図1に類似しているが、図1のミラーのさらに別の実施形態であるミラーを示している部分的断面図。

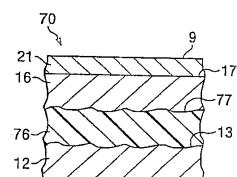
20

【図4】図1乃至3のミラーの製造に使用することができるプロセスを示すフローチャート。

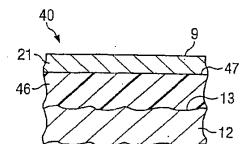
【図1】



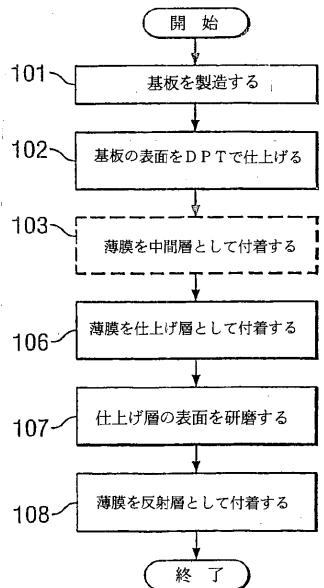
【図3】



【図2】



【図4】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

C 2 3 C	14/06	N
C 2 3 C	14/10	
C 2 3 C	14/16	Z

(74)代理人 100095441

弁理士 白根 俊郎

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100103034

弁理士 野河 信久

(74)代理人 100119976

弁理士 幸長 保次郎

(74)代理人 100101812

弁理士 勝村 紘

(72)発明者 シャエファー、ジョン・ピー・

アメリカ合衆国、テキサス州 75025-2544、プラノ、パクスター・ドライブ 805

審査官 中村 理弘

(56)参考文献 特開2004-031952(JP, A)

特開平08-068897(JP, A)

特開平10-339799(JP, A)

特開平07-168008(JP, A)

特開平10-090505(JP, A)

特開2000-019312(JP, A)

特開2000-241612(JP, A)

特開2001-074922(JP, A)

特開2002-357709(JP, A)

特開2003-075616(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 14/00

G02B 5/08