

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5250544号
(P5250544)

(45) 発行日 平成25年7月31日 (2013. 7. 31)

(24) 登録日 平成25年4月19日 (2013. 4. 19)

(51) Int. Cl.

G 0 2 B 7/04 (2006.01)

F I

G 0 2 B 7/04

E

請求項の数 8 (全 41 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2009-502190 (P2009-502190) | (73) 特許権者 | 502113699 |
| (86) (22) 出願日 | 平成19年3月23日 (2007. 3. 23) | | ケンブリッジ メカトロニクス リミテッ ド |
| (65) 公表番号 | 特表2009-531729 (P2009-531729A) | | イギリス国、ケンブリッジ、カウリイ ロ ード、 セント ジョーンズ イノベシ ョン センター |
| (43) 公表日 | 平成21年9月3日 (2009. 9. 3) | (74) 代理人 | 100092783 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/GB2007/001050 | | 弁理士 小林 浩 |
| (87) 国際公開番号 | W02007/113478 | (74) 代理人 | 100095360 |
| (87) 国際公開日 | 平成19年10月11日 (2007. 10. 11) | | 弁理士 片山 英二 |
| 審査請求日 | 平成22年3月19日 (2010. 3. 19) | (74) 代理人 | 100120134 |
| (31) 優先権主張番号 | 0606425.7 | | 弁理士 大森 規雄 |
| (32) 優先日 | 平成18年3月30日 (2006. 3. 30) | (74) 代理人 | 100141025 |
| (33) 優先権主張国 | 英国 (GB) | | 弁理士 阿久津 勝久 |
| (31) 優先権主張番号 | 0616327.3 | | |
| (32) 優先日 | 平成18年8月17日 (2006. 8. 17) | | |
| (33) 優先権主張国 | 英国 (GB) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カメラレンズ駆動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

支持構造体と、

サスペンションシステムによって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントであって、前記サスペンションシステムが前記カメラレンズエレメントを前記カメラレンズエレメントの光軸に沿ってガイドして前記支持構造体に対して相対移動させる、カメラレンズエレメントと、

1つのSMAワイヤ片及び当該SMAワイヤ片に接続された2つの取付部材から構成される、少なくとも1つのサブアセンブリであって、前記2つの取付部材が、前記支持構造体および前記カメラレンズエレメントの一方に取り付けられて構成され、前記SMAワイヤ片が、前記支持構造体および前記カメラレンズエレメントの他方の保持部材に掛けられることにより、前記支持構造体および前記カメラレンズエレメントの前記他方に接続されて、前記保持部材の一方の側で前記2つの取付部材の間にある前記SMAワイヤ片の2つの長さ方向部分が、前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間で緊張状態に保持され、前記SMAワイヤ片の前記2つの長さ方向部分は、前記光軸から半径方向を見たときに、前記保持部材から前記光軸に対して互いに反対の符号を有する鋭角で延びており、且つ前記SMAワイヤ片の前記2つの長さ方向部分が前記光軸に沿って見たときに互いに180度未満の角度で延びる、サブアセンブリとを含む、カメラレンズ駆動装置。

【請求項 2】

前記SMAワイヤ片の前記2つの長さ方向部分が、前記光軸に沿って見たときに互いに

10

20

実質的に90度の角度で延びている、請求項1に記載のカメラレンズ駆動装置。

【請求項3】

前記SMAワイヤ片の前記2つの長さ方向部分が同一の長さを有する、請求項1または2に記載のカメラレンズ駆動装置。

【請求項4】

前記カメラレンズエレメントおよび前記支持構造体の前記一方が、前記支持構造体であり、前記カメラレンズエレメントおよび前記支持構造体の前記他方が、カメラレンズエレメントである、請求項1から3のいずれか一つに記載のカメラレンズ駆動装置。

【請求項5】

前記光軸回りに対称に設けられた、同一かつ複数のサブアセンブリを含む、請求項1から4のいずれか一つに記載のカメラレンズ駆動装置。

10

【請求項6】

前記カメラレンズエレメントが最大10mmの直径を有するレンズを1つ以上含む、請求項1から5のいずれか一つに記載のカメラレンズ駆動装置。

【請求項7】

前記サスペンションシステムが、前記カメラレンズエレメントを、前記光軸に沿って前記SMAワイヤ片の前記2つの長さ方向部分によって付与された張力とは反対の方向に前記支持構造体に対して相対的に付勢するように構成された、請求項1から6のいずれか一つに記載のカメラレンズ駆動装置。

【請求項8】

20

前記サスペンションシステムが、前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間に組み合わされた複数の弾性撓み部を含み、前記撓み部が撓んで前記付勢を提供する、請求項7に記載のカメラレンズ駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、携帯電話またはモバイルデジタルデータ処理および/または送信デバイスなどの携帯型電子機器に使用可能な小型カメラに用いられるタイプのカメラレンズエレメントを移動させるアクチュエータとして、SMA（形状記憶合金）材料を用いたカメラレンズ駆動装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

近年PDA（ポータブルデジタルアシスタント）および携帯電話として知られることもある携帯情報端末の爆発的普及に伴って、イメージセンサを採用したコンパクトなデジタルカメラ装置を組み込んだデバイスが増えている。比較的小さい画像感知領域を有するイメージセンサを用いてこのようなデジタルカメラ装置が小型化されると、それに従って1枚以上のレンズを含む光学系の小型化も必要となる。

【0003】

フォーカシングまたはズーミングを達成するためには、光軸に沿ってカメラレンズエレメント(lens element)を移動させるミニチュアカメラの閉鎖空間に、ある種の作動構造体(actuation arrangement)を含めることが必要である。カメラレンズエレメントが小さいため、作動構造体はこれに対応する小さい移動範囲に亘って精密な作動を行うことができない。カメラ装置全体を小型化することが望まれる場合、同時に作動構造体自体がコンパクトであることが望ましい。実際にはこれらの点によって、適用可能な作動構造体のタイプが限定されている。広範囲に亘る他の小さなものの作動構造体にも同様の制約があてはまる。

40

【0004】

現行のカメラのほとんどが周知の様々な電気コイルモータに依存している一方で、レンズ系用の小さなドライブユニットとして他の多くの作動構造体が提案されている。このような他の作動構造体は、一般に電子活性デバイスと呼ばれる、圧電、電歪または磁歪材料

50

に基づくトランスデューサを含み得る。その一例は、WO - 01 / 47041に開示されているような湾曲構造の螺旋コイル式圧電ベンダーテープを含むアクチュエータである。上記アクチュエータはWO - 02 / 103451に開示されているようにカメラレンズ用のアクチュエータとして用いることができる。

【0005】

アクチュエータとして形状記憶合金(shape memory alloy) (SMA) 材料を用いた別のタイプの作動構造体も提案されている。SMA材料は、加熱されるとカメラレンズエレメントを移動させるように構成されている。SMA材料がマルテンサイト相からオーステナイト相に変化する作動温度範囲(active temperature range)に亘ってSMA材料の温度を制御することにより作動を行うことができる。この変化の間にSMA材料の応力および歪みが増加する。SMA材料は低温ではマルテンサイト相にあり、高温ではオーステナイト相に変化する。オーステナイト相では変形が起こりSMA材料が収縮する。SMA材料の温度はSMA材料に選択的に電流を流して加熱することにより変化させることができ、それによって相変化が起こる。SMA材料は、その結果起こる変形によって物体を移動させるように構成されている。ミニチュアカメラのカメラレンズエレメントなどの小さなものためのアクチュエータとしてSMA材料を用いた場合、本来線形であるという利点があり、これにより単位質量ごとのパワーが大きい、商品として低価格である、比較的小さなコンポーネントであるなどの利点を提供される。

【0006】

SMA材料をアクチュエータとして用いることは理論的にはこれらの利点があるものの、実際にはSMA材料の性質によってもたらされる制限のために、特にミニチュアデバイスにおいてはSMAアクチュエータの設計および製造が困難である。SMA材料はワイヤとして入手するのが最も便利である。

【0007】

カメラレンズエレメントの場合、カメラレンズエレメントを懸架して光軸に沿った移動をガイドするサスペンションシステム(suspension system)も考慮する必要がある。レンズエレメントの軸がカメラ軸に沿って移動する場合またはカメラと電話とが異なる位置に方向づけられている場合、レンズエレメントの軸が、基準のカメラ軸からごく僅かに外れることは避けられない。この逸脱は、軸の相対的な角度傾きおよび/または線形並行移動という形であり得る。このような逸脱により画質が劣化する可能性がある。そのためサスペンションシステムは所望の移動方向において剛性または抵抗力が小さく且つ他の全方向においては剛性が大きいことが理想的である。

【0008】

適切なサスペンションシステムの例が以下の文献に記載されている。WO2005/003834には、最も簡単な構成では、4本のバーによるリンクまたは平行四辺形のサスペンションの形態を含むサスペンションシステムが記載されている。WO - 03 / 048831およびWO2006/059098には共に、収縮状態に保持された2つの弾力性部材を含むサスペンションシステムが記載されている。中央点を挟む両側の部分は互いに反対方向に湾曲しており、ほぼ正弦波のような形状となっている。WO - 2006/061623には、互いに垂直に配置され広いヒンジで取り付けられた連結部を少なくとも2つ含むサスペンションシステムが記載されている。同時係属中の英国特許出願第0600911.2号には、主に方向の変化と伸張による移動に順応する少なくとも1つの弾力性部材を含むサスペンションシステムが記載されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

SMAワイヤをアクチュエータとして用いた場合、SMAワイヤをカメラレンズと支持構造体との間において緊張状態に保持することが有利である。この場合、SMAワイヤの長さ方向部分(length)を光軸に対してそれぞれ異なる鋭角にする。SMAワイヤの長さ方向部分は、光軸に沿った成分を有する張力を付与する。SMAワイヤの長さ方向部分にお

ける摩擦力の変化はSMA材料自体の物理的特性によって制限されるため、SMAワイヤが移動方向に平行に設けられている場合は、例えばフォーカシングまたはズーミングを行うに十分なだけカメラレンズエレメントを移動させることは困難となる。しかし、SMAワイヤの長さ方向部分を光軸に対して鋭角に設けることにより、SMAの長さの所与の変化に対する光軸沿いの移動度が増加する。理由は、SMAワイヤの長さが増加するとSMAワイヤの方向が変わり、その結果光軸沿いの移動度が光軸に沿った実際のワイヤの長さ変化よりも大きくなるため、SMAワイヤが光軸に対して角度を有することにより有効に連動が生じるからである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

10

本発明の第1の観点は、光軸に沿った移動度を最大にすることに関する。これは、駆動装置のサイズが限られているという実用面での制約内で達成しなければならない。十分な長さを有するワイヤを用いることにより概していずれの移動度も達成することができるが、これによると駆動装置のサイズが増大し小型化に対する要望と相容れない。

【0011】

本発明の第1の観点によると、カメラレンズ駆動装置であって、支持構造体と、

サスペンションシステムによって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントであって、前記サスペンションシステムが前記カメラレンズエレメントをガイドして前記カメラレンズエレメントの光軸に沿って前記支持構造体に対して相対移動させる、カメラ

20

レンズエレメントと、
前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間において緊張状態に保持されたSMAワイヤの少なくとも1対の長さ方向部分であって、前記SMAワイヤの長さ方向部分対は前記カメラレンズエレメントおよび前記支持構造体の一方と共通点で組み合わされており、前記光軸から半径方向を見たときに、前記共通点から前記光軸に対して互いに反対の符号を有する鋭角で延びており、前記SMAワイヤの長さ方向部分対が前記光軸に沿って見たときに互いに180度未満の角度で延びている、少なくとも1対の長さ方向部分と、
を含むカメラレンズ駆動装置が提供される。

【0012】

30

これにより対をなすSMAワイヤの2つの長さ方向部分を用いることにより作動が行われる。長さ方向部分はカメラレンズエレメントおよび支持構造体の一方に共通点で組み合わされており、光軸から半径方向を見たときに、共通点から光軸に対して互いに反対の符号を有する鋭角で延びている。ワイヤの鋭角は上記の伝達効果を提供し、これにより光軸に沿って延びる場合に比べて移動度が増加する。

【0013】

2本のワイヤを用いることにより、1本の場合に比べて力が増大する。両ワイヤが共通点で組み合わされ互いに反対の符号を有する鋭角で延びているという、角度を有する構成により、光軸に直交する方向にワイヤが発生させる力のバランスがある程度とられる。鋭角に設けられたワイヤの場合、このような軸を外れた力は避けられず、レンズエレメントを横方向に変位または傾斜させる傾向がある。このような軸を外れた力はサスペンションシステムの設計によって抑えることができるが、そうするとサスペンションシステムの選択が限定され、摩擦力が大きくコンパクトではないサスペンションシステムが必要となりがちである。そのため、角度を有する構成がもたらすバランスは有利であり、サスペンションシステムの選択を広げ、例えば撓み部の使用を容易にする。

40

【0014】

さらにワイヤは、光軸に沿って見たときに互いに180度未満、好ましくは90度の角度を有するように構成されている。そのためワイヤ対により形成されるV字形の平面は光軸に対して角度を有するか、あるいは傾斜していると考えることができる。これにより上記した装置全体のサイズが限られているという実用面での制約内で変位度をさらに増大す

50

ることが可能となる。光軸に沿って見たときにワイヤが角度を有していなければ、ワイヤは光軸から外方に突出している。そのためワイヤの長さ、従って光軸に対するワイヤの角度は、光軸に直交する方向の装置の面積を制限することが必要であるという実用面の要件によって限定される。しかし、光軸に沿って見たときに角度を有するようにワイヤを設けることにより、ワイヤの長さを長くし光軸に沿ってより大きな角度で配置することが可能となる。例えば角度が90度であるという好ましいケースでは、各ワイヤは、光軸に直交する正方形の断面を有する装置の一辺に沿って延びることができる。これにより、正方形の断面はレンズエレメントの直径より僅かに大きいだけであるが、ワイヤの長さはカメラ装置の幅全体と同じであるコンパクトなカメラ装置が提供される。このようにしてワイヤの長さと光軸に対する角度とを増大することにより、アクチュエータによる移動度がこの増大に応じて増加する。

10

【0015】

アクチュエータとしてSMAワイヤを用いた場合、SMAワイヤは、SMAワイヤの長さ方向部分が光軸に対してそれぞれ鋭角にある状態で、カメラレンズエレメントと支持構造体との間において緊張状態に保持されることが有利である。理由は上で述べた通りである。

【0016】

しかし、SMAワイヤの長さ方向部分を光軸に対して鋭角に設けることは、SMAワイヤも軸を外れた力、すなわち光軸に直交する成分を有する力を供給するという不利を提供する。このような力はレンズエレメントを横方向に変位または傾斜させる傾向がある。このような軸を外れた力はサスペンションシステムの設計によって抑えることができる。しかし、そうするとサスペンションシステムの選択が限定され、摩擦力が大きくコンパクトではないサスペンションシステムが必要となりがちである。

20

【0017】

例えば軸を外れた力に対して高い抵抗力を有する1つのタイプのサスペンションシステムは、可動ベアリング部材がロッドまたはトラックに接触しそれに沿って移動するベアリングである。この場合、ベアリング部材とロッドまたはトラックとの間の反応によって軸を外れた抵抗力が提供される。しかし、ベアリングは、摩擦力が比較的高く比較的大型のサスペンションシステムの一つの型である。カメラレンズエレメントの場合、特にミニチュアカメラ用のカメラレンズエレメントの場合、このようなベアリングは有利でない。

30

【0018】

逆に、カメラレンズエレメントに有利なタイプのサスペンションシステムは、カメラレンズエレメントと支持構造体との間に組み合わされた複数の弾性撓み部を含む。しかし、このような弾性撓み部は光軸に沿ったカメラレンズエレメントの移動をガイドするに十分な軸外れの抵抗力を提供するが、光軸に対して鋭角に設けられたSMAワイヤが発生する大きさの軸外れの力に耐えるだけ十分大きな撓み部を用いることは便利ではない。

【0019】

本発明の第2の観点によると、カメラレンズ駆動装置であって、
支持構造体と、

サスペンションシステムによって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントであって、前記サスペンションシステムが前記カメラレンズエレメントをガイドして前記カメラレンズエレメントの光軸に沿って前記支持構造体に対して相対移動させる、カメラレンズエレメントと、

40

前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間において前記光軸に対してそれぞれの鋭角で緊張状態に保持されて前記光軸に沿った成分を有する張力を付与する、SMAワイヤの複数の長さ方向部分であって、前記SMAワイヤの長さ方向部分は前記光軸回りの適切な位置および方向に保持されており、前記SMAワイヤの各長さ方向部分間で等しい値の電流によって加熱されたときに前記SMAワイヤの長さ方向部分によって前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間に発生する力が前記光軸に沿った正味成分を有するが前記光軸に直交する正味成分は実質的に有することがなく、前記光軸に直交する

50

軸回りに実質的に正味トルクを提供しないようになっている、複数の長さ方向部分と、を含むカメラレンズ駆動装置が提供される。

【 0 0 2 0 】

これにより S M A ワイヤの長さ方向部分は光軸回りの適切な位置および方向に保持されており、カメラレンズエレメントが軸を外れて実質的に移動または傾斜しない状態でバランスのとれた構成を提供している。これは比較的弱い軸外れの抵抗力を有するレンズサスペンションシステムの使用を可能にする。なぜなら、サスペンションシステムは軸に沿ったカメラレンズエレメントの移動をガイドするに十分な軸外れの抵抗力を提供すればよいだけだからである。これにより使用可能なレンズサスペンションシステムの選択が広がる。

10

【 0 0 2 1 】

例えば本発明の第 2 の観点は特に、物体と支持構造体との間に組み合わされた複数の弾性撓み部を含み、撓み部が撓むことにより S M A ワイヤが付与する張力に抗する付勢を提供するレンズサスペンションシステムに有利である。このようなサスペンションシステムはコンパクトであり製造が簡単なため、カメラレンズエレメントを懸架するために有利である。さらに S M A ワイヤをアクチュエータとして用いたカメラレンズ駆動装置に適用された場合、撓み部が撓むことにより、物体が、光軸に沿って S M A ワイヤによって付与された張力とは反対の方向に支持構造体に対して相対的に付勢される。

【 0 0 2 2 】

S M A ワイヤの各長さ方向部分間で等しい値の電流によって加熱されたときに S M A ワイヤの長さ方向部分によってカメラレンズエレメントと支持構造体との間に発生する力が、光軸回りに実質的に正味トルクを提供しないことが有利である。この場合、S M A ワイヤの長さ方向部分は光軸回りにカメラレンズエレメントを回転させる傾向はない。これが有利であるのは、S M A ワイヤが提供するサスペンションシステムの性質に対する制約をさらに低減するからである。逆に光軸回りのある程度のトルクは許容可能である。なぜならサスペンションシステムがある程度の回転移動を吸収することが可能であるから、および/またはカメラレンズエレメント内のレンズが球状であるか又は非球面度が低い場合、このような回転移動は光学的に許容可能であり得るからである。

20

【 0 0 2 3 】

1 つの有利な構成は、S M A ワイヤの複数の長さ方向部分が、光軸に対してそれぞれ同一の大きさの鋭角で保持された、S M A ワイヤの等しい長さ方向部分であることである。光軸から半径方向を見たときに、S M A ワイヤの長さ方向部分の半分を集めたセットが上方に傾斜し、S M A ワイヤの長さ方向部分の半分を集めたセットが下方に傾斜しており、各セットの S M A ワイヤの長さ方向部分が光軸回りに回転対称に配置されている。

30

【 0 0 2 4 】

この構成では、等しい長さ方向部分と対称的な配置のために、S M A ワイヤ内で発生する力が適度なバランスをとる状態で駆動装置を設計および製造することが容易である。従ってさらに本発明の第 2 の観点によると、カメラレンズ駆動装置であって、

支持構造体と、

サスペンションシステムによって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントであって、前記サスペンションシステムが前記カメラレンズエレメントをガイドして前記カメラレンズエレメントの光軸に沿って前記支持構造体に対して相対移動させる、カメラレンズエレメントと、

40

前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間において前記光軸に対してそれぞれ同一の大きさの鋭角で緊張状態に保持された、S M A ワイヤの複数の等しい長さ方向部分であって、前記光軸から半径方向を見たときに、前記 S M A ワイヤの長さ方向部分の半分を集めたセットが上方に傾斜し、前記 S M A ワイヤの長さ方向部分の半分を集めたセットが下方に傾斜しており、前記各セットの S M A ワイヤの長さ方向部分が前記光軸回りに回転対称に配置されている、複数の等しい長さ方向部分と、を含むカメラレンズ駆動装置が提供される。

50

【 0 0 2 5 】

SMA材料をアクチュエータとして用いる公知の利点があるにもかかわらず、実際にはSMA材料の性質によってもたらされる制限のために、特にミニチュアデバイスにおいてはSMAアクチュエータの製造が困難である。SMA材料はワイヤとして入手するのが最も便利である。SMAワイヤを用いてアクチュエータを製造する場合、ワイヤの長さおよび張力を必要なだけ正確に保ちながらワイヤを他のコンポーネントに取り付けることが困難である。これは、所望の駆動特性を提供するためにSMAワイヤの複数の長さ方向部分が必要な場合に特に問題である。この場合、ワイヤの互いの長さおよび張力を制御することが困難である。

【 0 0 2 6 】

別の問題は、SMA材料にダメージを与えたりその構造的完全性を低下させたりすることなくSMAワイヤに所望の機械的および電気的接続を行う際に、実用上の問題があることである。

【 0 0 2 7 】

概して製造中におけるこれらの実用上の困難性は非常に重要であり、SMA材料自体の固有の特性により公知の利点があるにもかかわらず、大量生産されるデバイスのアクチュエータとしてSMA材料を用いることを制限してきた。

【 0 0 2 8 】

本発明の第3の観点によると、カメラレンズエレメントを支持構造体に対して相対移動させるカメラレンズ駆動装置を製造する方法であって、

少なくとも1つの取付部材に組み合わされた少なくとも1つのSMAワイヤ片を含むサブアセンブリを作って前記SMAワイヤを含む連続ループを形成する工程と、

前記サブアセンブリを作動構造体に組み込む工程であって、前記作動構造体は支持構造体と、サスペンションシステムによって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントとを含み、前記サスペンションシステムは前記カメラレンズエレメントをガイドして前記カメラレンズエレメントの光軸に沿って前記支持構造体に対して相対移動させ、前記組み込みが、前記少なくとも1つのSMAワイヤ片が前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間において緊張状態に保持されて前記光軸に沿って張力を付与している状態で、前記少なくとも1つの取付部材を前記支持構造体および前記カメラレンズエレメントの少なくとも一方に取り付けることによって行われる工程と、
を含む方法が提供される。

【 0 0 2 9 】

さらに本発明の第3の観点によると、この方法によって製造されるカメラレンズ駆動装置が提供される。

【 0 0 3 0 】

本発明の第3の観点は、SMAワイヤをアクチュエータとして採用してカメラレンズ駆動装置を製造することを容易にする。なぜなら、SMAワイヤが連続ループに含まれた状態でサブアセンブリが別の専用プロセスで製造されるからである。これによりSMAワイヤの長さ方向部分の制御が簡単になる。SMAワイヤを組み込むサブアセンブリを独立して製造およびテストすることが可能になる。さらにSMAワイヤがサブアセンブリの連続ループに含まれるため、SMAワイヤを適切な張力でカメラレンズ駆動装置内に配置することが容易であり、特にSMAワイヤの異なる長さ方向部分に生じる相対的な張力のバランスが適切になる。

【 0 0 3 1 】

本発明の第3の観点の別の利点は、まずカメラレンズ駆動装置の他の部分とは別にSMAワイヤを取付部材に取り付け、その後取付部材をカメラレンズ駆動装置内の支持構造体および/またはカメラレンズエレメントに取り付けることにより、SMAワイヤを物理的に接続することが容易となる。

【 0 0 3 2 】

実際これらの利点は、SMAワイヤが連続ループに含まれない状態でサブアセンブリを

10

20

30

40

50

構成する場合でも達成し得る。従って本発明の第3の観点はさらに、サブアセンブリがSMAワイヤを含む連続ループを形成しないカメラレンズ駆動装置を製造する方法およびそれにより得られるカメラレンズ駆動装置を提供し得る。

【0033】

サブアセンブリを製造する際に、少なくとも1つのSMAワイヤ片を少なくとも1つの取付部材に緊張状態に設けて、SMAワイヤを上記少なくとも1つの取付部材に接続することにより、SMAワイヤの長さ方向部分を制御してもよい。例えば1つの手法は、上記少なくとも1つの組立部材に上記少なくとも1つのSMAワイヤを緊張状態で巻き付けることである。このような巻き付けプロセスでは、従来のワイヤ巻き付け手法を用いて、付与された張力下でSMAワイヤの長さ方向部分を正確に制御することが可能である。

10

【0034】

サブアセンブリは、ループ状に構成された単一のワイヤ片が各端部に接続された単一の取付部材のみを含んでもよい。しかし、より典型的には、サブアセンブリは、複数の取付部材を含んで、サブアセンブリが支持構造体および/またはカメラレンズエレメントに取り付けられる箇所を増やす。この場合サブアセンブリは、取付部材の周囲にループ状に延びる単一のワイヤを含み、ワイヤの端部が重なるようになっていてもよい。このようなサブアセンブリは製造を容易にするために便利である。

【0035】

他方サブアセンブリは、取付部材間に接続された複数の別々のワイヤ片からなることもできる。この場合、ワイヤ自体ではなく取付部材によって連続ループの一部が形成されてもよい。

20

【0036】

SMAワイヤをクリンピング(crimping)することによって、取付部材をSMAワイヤに接続するのが有利である。クリンプ(crimp)の使用が有利であるのは、SMAワイヤを接続するために便利で有効な方法だからである。クリンプはさらに、必要であればSMAワイヤに対する電氣的接続を容易にするという利点を有する。なぜなら、取付部材内に形成されたクリンプがSMAワイヤに自然に発生する酸化物コーティングを突破するからである。

【0037】

サブアセンブリをカメラレンズ駆動装置に組み込む工程において、SMAワイヤが支持構造体およびカメラレンズエレメントの少なくとも一方の少なくとも1つの保持部材に掛けられ、その結果上記少なくとも1つの保持部材が保持部材の各側から延びるSMAワイヤの長さ方向部分を緊張状態に保持することが有利である。これは保持部材の各側から延びるSMAワイヤの長さ方向部分の長さおよび張力の調整を補助するという利点を提供する。なぜならワイヤは、保持部材に掛けられると、バランスのとれた構成を実現するためにスリップする傾向があるからである。上記構成により、SMAワイヤの長さおよび張力が所望の設計上の制約を満たす状態でSMA構造体を製造することが容易になる。

30

【0038】

カメラレンズ駆動装置は、カメラレンズエレメントを、上記移動軸に沿って少なくとも1つのSMAワイヤ片によって付与された張力とは反対の方向に支持構造体に対して相対的に付勢するように構成されたサスペンションシステムを含んでもよい。この場合、サスペンションシステムはレンズを懸架する機能のみならず、作動機能の一部としてSMAワイヤに抗する付勢を提供するという機能も果たすことができる。これによりカメラレンズ駆動装置のコンパクト性がより高まる。

40

【0039】

1つの特に有利な形態では、サスペンションシステムは、カメラレンズエレメントと支持構造体との間に組み合わされた複数の弾性撓み部を含み、撓み部は撓むことにより上記付勢を提供する。このタイプのサスペンションシステムは、元々コンパクトであり且つ製造が単純で安価であるという利点を有する。

【0040】

50

SMAワイヤを含む連続ループを形成するサブアセンブリの使用は、本発明の上記した第2の観点によるカメラレンズ駆動装置の製造を容易にするという利点も提供する。

【0041】

SMAアクチュエータを用いることの1つの問題点は、SMA材料を冷却する速度によって、対応する方向の移動速度が制限されることである。典型的には冷却は単にSMA材料から周辺に熱が自然に伝導することにより起こる。カメラレンズエレメントの場合、このことが、SMA材料の冷却に対応する方向で駆動装置の応答速度が制限されるという特別な問題を引き起こす。これは駆動装置の性能に影響を与える。例えば駆動装置が、必然的にSMA材料の加熱と冷却とを含むオートフォーカスアルゴリズムによって制御される場合、これは応答速度を低下させる。この問題を克服することが望まれる。

10

【0042】

1つの解決策は、能動的にSMA材料を冷却する何らかの手段を実装することである。しかし、実際にはこれは達成困難である。

【0043】

本発明の第4の観点によると、カメラレンズ駆動装置であって、支持構造体と、

サスペンションシステムによって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントであって、前記サスペンションシステムが前記カメラレンズエレメントをガイドして前記カメラレンズエレメントの光軸に沿って前記支持構造体に対して相対移動させる、カメラレンズエレメントと、

20

前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間において緊張状態に保持されたSMAワイヤの少なくとも1つの長さ方向部分であって、少なくとも前記光軸に沿った成分を有する張力を付与し、前記SMAワイヤの少なくとも1つの長さ方向部分が35 μ m以下の直径を有する、少なくとも1つの長さ方向部分と、を含むカメラレンズ駆動装置が提供される。

【0044】

本発明の第4の観点は、細いワイヤを用いることによってSMAワイヤの冷却速度を低下することができるという原理に基づいている。特に最大35 μ mの直径を有するSMAワイヤを用いることにより、許容可能なオートフォーカスアルゴリズムの実装を可能にするに十分迅速な応答時間を有する駆動装置が提供されると認識されている。

30

【0045】

本発明の第5の観点は、複数の弾性撓み部によって支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントであって、弾性撓み部が各々光軸の周囲に延びて、カメラレンズエレメントをガイドしてカメラレンズエレメントの光軸に沿って移動させる、カメラレンズエレメントを含むカメラレンズ駆動装置に関する。このようなサスペンションシステムは、カメラレンズエレメントと支持構造体との間において緊張状態に保持されたSMAワイヤの少なくとも1つの長さ方向部分によって移動が行われるミニチュアカメラの場合に特に利点を提供する。この場合、撓み部は2つの目的、すなわちレンズエレメントを支持するという目的と、レンズエレメントを、光軸に沿ってSMAワイヤ片によって付与された張力とは反対の方向に支持構造体に対して相対的に付勢するという目的とを有する。撓み部の使用はさらに、コンパクトであるという利点と、圧迫はしないが光軸に沿って小さい剛性かつ光軸に直交する方向には大きい剛性でスムーズな移動を提供するという所望の機械的特性を提供するという利点とを有するサスペンションシステムを提供する。

40

【0046】

このようなミニチュアカメラの場合、カメラの性能が結果として劣化するなどのダメージがない状態で装置が機械的衝撃に耐えることが必要である。カメラは製造中に落下テストを受け、さらに使用中に誤って落下するかもしれない。このような機械的衝撃は、カメラが安定して保持されている場合よりもはるかに大きな力をカメラに与える。サスペンションシステムが撓み部によって形成されている場合、撓み部は外部からの衝撃によって起こされるカメラレンズエレメントの変位を吸収することが必要であり、しかもこの変位が

50

例えば撓み部の材料の降伏ひずみを超えるなどにより撓み部に永久的ダメージを引き起こすことなく、吸収しなければならない。

【 0 0 4 7 】

光軸に沿った移動に関して、機械的衝撃によって起こるような光軸に沿った大きな移動を吸収することができる撓み部を設計することは概して簡単である。なぜなら撓み部はこの方向での大きな移動を可能にするように設計されているからである。しかし、光軸に沿った移動をガイドするという第 1 の目的を達成するために、撓み部は光軸に直交する移動に関して大きな剛性を有するように設計される。これによりこの方向の機械的衝撃に対して永久的ダメージなしに耐えることができる撓み部を設計することがより困難となる。本発明の第 5 の観点は、この要件を満たす手段に関する。

10

【 0 0 4 8 】

本発明の第 5 の観点によると、カメラレンズ駆動装置であって、支持構造体と、

複数の弾性撓み部によって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメントであって、前記弾性撓み部が各々光軸の周囲に延びて一端で前記カメラレンズエレメントに組み合わされ且つ他端で前記支持構造体に組み合わされており、前記撓み部の撓みが前記カメラレンズエレメントをガイドして前記カメラレンズエレメントの光軸に沿って前記支持構造体に対して相対移動させる、カメラレンズエレメントと、

前記カメラレンズエレメントと前記支持構造体との間において緊張状態に保持された S M A ワイヤの少なくとも 1 つの長さ方向部分であって、少なくとも前記光軸に沿った成分を有する張力を付与し、前記撓み部の撓みが前記カメラレンズエレメントを、前記光軸に沿って前記 S M A ワイヤの少なくとも 1 つの長さ方向部分によって付与された張力とは反対の方向に前記支持構造体に対して相対的に付勢する、少なくとも 1 つの長さ方向部分と、

20

を含み、

前記支持構造体が前記光軸に対して半径方向の前記カメラレンズエレメントの移動を制限するように構成されており、前記光軸に沿って見たときに、前記撓み部が長さ方向に沿って湾曲し、交互に変化する曲率を有する少なくとも 3 つの領域を有する、カメラレンズ駆動装置が提供される。

【 0 0 4 9 】

30

支持構造体は光軸に対する半径方向のカメラレンズエレメントの移動を制限する。小さいクリアランスまたはストップを用いたこのような物理的制約は一般に、コンポーネントの変位をシステムがダメージを受けないレベルまでに制限するために他の機械的システムで用いられる。しかし、ミニチュアカメラの場合、撓み部の性質は、非常に小さいクリアランス（例えば 5 0 μ m 以下のオーダー）でパーツを位置決めすることを必要とする。しかし、実際には、このことは小さい製造誤差および組立誤差を示唆し、実際そのためにパーツの価格が上がり製造歩留まりが下がるという結果に陥り易い。

【 0 0 5 0 】

この問題は、撓み部の設計、特に撓み部が光軸に沿って見たときに長さ方向およびに湾曲し、交互に変化する少なくとも 3 つの領域を有することにより低減される。この設計により、撓み部が光軸に対して半径方向に増加する変位を永久的ダメージなく吸収することが可能になる。なぜなら、曲率が撓み部の最大バルク変形を制限する一方で、ある程度の機械的変形による変位を吸収するからである。

40

【 0 0 5 1 】

本発明の第 6 の観点は、S M A アクチュエータを用いてカメラレンズエレメントを移動させるカメラレンズ駆動装置のコンパクト性に関する。

【 0 0 5 2 】

本発明の第 6 の観点によると、カメラレンズ駆動装置であって、支持構造体と、

サスペンションシステムによって前記支持構造体に支持されたカメラレンズエレメント

50

であって、前記サスペンションシステムが前記カメラレンズエレメントをガイドして前記カメラレンズエレメントの光軸に沿って前記支持構造体に対して相対移動させ、前記カメラレンズエレメントが光をイメージセンサにフォーカスする、カメラレンズエレメントと、

前記支持構造体と前記カメラレンズエレメントとの間に接続されて前記支持構造体に対して前記カメラレンズエレメントの前記相対移動を駆動するSMAアクチュエータと、

前記SMAアクチュエータに接続されて前記SMAアクチュエータを駆動する駆動信号を発生することができるドライブ回路であって、前記支持構造体によって前記イメージセンサの後方に取り付けられたドライブ回路と、
を含むカメラレンズ駆動装置が提供される。

10

【0053】

SMAアクチュエータを用いる場合、SMAアクチュエータを駆動する駆動信号を発生させることができるドライブ回路を提供することが必要である。このようなドライブ回路は、装置の他の部分のサイズに比べて小さくないサイズを有する。そのためドライブ回路は装置全体のサイズを増大させる。しかし、ドライブ回路をイメージセンサの後方に設けることにより、光軸に沿って見たときのカメラ装置の面積を最小にすることが可能である。多くの適用においてこれが有利であると認識されているのは、デバイス内に様々なコンポーネントをパッケージする際に装置の面積が光軸に沿った装置の奥行きよりも重要だからである。従ってこの設計はデバイスをパッケージする能力を効果的に向上させる。

【0054】

20

本発明の第7の観点は、光軸に沿ってカメラレンズエレメントを移動させてイメージセンサ上でのフォーカスを変化させるように構成されたSMAアクチュエータを採用したカメラレンズ駆動装置の制御に関する。特に本発明の第7の観点は、制御を自動的に提供することができるオートフォーカスアルゴリズムに関する。

【0055】

SMA以外の技術、例えば電気モータおよび圧電アクチュエータを採用したカメラレンズ駆動装置の場合、オートフォーカスを提供する技術は公知である。概して、必要なフォーカスの度合いが決定され、それによってアクチュエータが制御される。

【0056】

必要なフォーカスの度合いを決定する1つの技術は、物理的レンジファインダ、例えば飛行時間の計算を用い得る超音波レンジファインダ、または反射輝度の平方根として距離を引き出し得る赤外線レンジファインダからの情報を用いることである。しかし、概して、レンジファインダからの情報に基づくオートフォーカスは正確さに限界がある。

30

【0057】

必要なフォーカスの度合いを決定する別の方法は、イメージセンサが出力する画像信号を用いて、形成された画像のフォーカスの質の測定値を決定し、決定されたフォーカスの質の測定値に基づいて、例えば測定値を最大にするアルゴリズムに従ってカメラレンズ駆動装置を制御することである。

【0058】

本発明の第7の観点は、光軸に沿ってカメラレンズエレメントを移動させるために、イメージセンサが出力する画像信号に基づいてフォーカスの質を決定し、それに基づいてフォーカスを制御するオートフォーカス手法に関する。フォーカスの制御は、SMA材料内に電流を流し、それによりSMA材料を加熱することによって行われる。

40

【0059】

カメラレンズエレメントを移動させるためにSMA材料を用いる場合、正確で反復可能な制御を提供するという大きな問題がある。この問題は、付与した電流とカメラレンズエレメントの実際の位置との間のヒステリシスにより起こる。SMA材料の長さの変化は温度に依存するが、それにもかかわらず制御の実行に問題がある。第1の問題は、SMA材料内を流れる付与電流だけでなく、周囲の条件に依存して様々な速度で起こるSMA材料の冷却にも依存する温度を正確に決定することが難しいということである。そのため付与

50

電流がわかっているにもかかわらず温度を正確に決定することはできない。第2の問題は、温度が正確にわかっていると仮定しても、SMA材料の長さの変化および温度にヒステリシスがある。特に材料が加熱中にマルテンサイト相からオーステナイト相に変化する作動温度範囲は、SMA材料が冷却中にオーステナイト相からマルテンサイト相に変化する温度範囲よりも高い。このヒステリシスの結果、SMA材料を加熱冷却するサイクルの後では、現在の状況を知ること、従ってSMA材料自体の長さを知ることが困難となる。

【0060】

SMA材料のこのような問題は概して知られているが、これらの問題はSMA材料がカメラレンズエレメント、特に、例えばカメラレンズエレメントのレンズが最大10mmの直径を有するミニチュアカメラを移動させるために用いられる場合に特に深刻である。この場合、位置制御における分解度は非常に細かい。なぜならカメラレンズエレメントの全移動範囲が小さく、しかも適切なフォーカスを提供するためにレンズエレメントは高度な正確さで制御されなければならないからである。

10

【0061】

本発明の第7の観点では、これらの問題を鑑みて、カメラレンズエレメントを移動させるSMAアクチュエータ構造体のオートフォーカス制御を正確に行うことに関する。

【0062】

本発明の第7の観点によると、加熱されるとカメラレンズエレメントを光軸に沿って移動させてイメージセンサ上での前記カメラレンズエレメントのフォーカスを変化させるように構成されたSMAアクチュエータを含むカメラレンズ駆動装置を制御する方法であって、前記SMAアクチュエータに電流を流すことによって前記SMAアクチュエータの加熱が行われる方法であって、

20

前記SMAアクチュエータをマルテンサイトから加熱して、前記SMAアクチュエータが前記マルテンサイト相からオーステナイト相に変化する、前記SMAアクチュエータの作動温度領域に到達させる初期段階と、

前記SMAアクチュエータを前記作動温度領域に亘って加熱し、前記イメージセンサが出力した画像信号のフォーカスの質を監視し、前記フォーカスの質が許容可能なレベルであるときに前記SMAアクチュエータの抵抗測定値を保存する走査段階と、

前記SMAアクチュエータを前記マルテンサイト相まで冷却するフライバック段階と、

前記SMAアクチュエータを加熱するフォーカス段階であって、前記フォーカス段階において、前記SMAアクチュエータの抵抗測定値が引き出され、前記SMAアクチュエータ内を流れる前記電流がフィードバック制御手法によって変化し、前記フィードバック制御手法が前記SMAアクチュエータの測定抵抗値をフィードバック信号として用いて前記引き出された抵抗測定値を前記SMAアクチュエータの保存された抵抗測定値に到達させる、フォーカス段階と、

30

を含む方法が提供される。

【0063】

さらに本発明の第7の観点によると、同様のオートフォーカスサイクルを実装した駆動装置用の制御システムが提供される。

【0064】

40

本発明の第7の観点では、上記の問題を低減することによりカメラレンズエレメントのフォーカスが自動的に制御されることを可能にするオートフォーカス手法を提供する。これは以下の理由による。

【0065】

まず本発明の第7の観点では、SMA材料の長さの測定値、従ってカメラレンズエレメントの位置の測定値としてSMA材料の抵抗測定値を利用する。特にフォーカス段階では、フィードバック制御手法が、フィードバック信号としてSMA材料の抵抗測定値を用いて、抵抗測定値を、フォーカスの質が許容可能であると決定された保存値に到達させる。

【0066】

抵抗値の使用は、SMA材料を加熱する電流を供給するために必要な制御回路を補足す

50

る追加の電子コンポーネントを提供することにより、実装が簡単であるという大きな利点を有する。

【0067】

しかし、SMA材料の抵抗値はそれ自体が正確な位置測定値を提供するものではないと認識されている。なぜなら抵抗測定値と実際の位置との間にはヒステリシスがあるからである。このヒステリシスの問題は、フライバック手法を用いることによって克服されている。特にフォーカスの質が許容可能なレベルであるときのSMA材料の所望抵抗測定値は予備走査段階で決定される。SMA材料が冷却されてマルテンサイト相に戻るフライバック段階が終了して初めて、SMA材料はこの保存値に戻る。従って走査段階とフォーカス段階との両方において、SMA材料はマルテンサイト相から加熱される。その結果、SMA材料の抵抗値は、走査段階とフォーカス段階において同じ反復形態でSMA材料の長さに応じて変化する。そのため、フライバック手法により、走査段階の間、許容可能なフォーカスの質を提供することを決める同様の位置に、カメラレンズエレメントを戻すことができる。

10

【0068】

フォーカス段階でフィードバック制御手法を用いることは、概して変わりやすいSMA材料の冷却を考慮して制御することを可能とするという利点を提供する。

【0069】

本発明の全ての観点は、特に、最大10mmの直径を有するレンズを1つ以上含むミニチュアカメラレンズエレメントへの適用を有する。本発明の様々な観点およびその特徴は、いずれの組合せでも用いることができ、際立った利点を提供する。

20

【0070】

以下、より良い理解のため、本発明の実施形態を添付の図面を参照しながら実施例によって説明する。実施例は本発明を限定するものではない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0071】

第1のカメラ1を図1に模式的に示す。カメラ1は支持構造体2を含み、支持構造体2は、イメージセンサ4が取り付けられた基部3を有する。イメージセンサ4はCCD（電荷結合素子）またはCMOS（相補性金属酸化膜半導体）デバイスであり得る。支持構造体2は、イメージセンサ4が取り付けられた基部3の前面から突出した環状壁5をさらに含む。支持構造体2はプラスチック製であり得る。

30

【0072】

カメラ1はさらにレンズエレメント6を含み、レンズエレメント6は1以上のレンズ8からなるレンズシステム7を保持する。レンズシステム7は例えば図1では2枚のレンズ8からなるように示しているが、概してレンズ8は、所望の光学性能バランスと低価格とを提供するために必要に応じて1枚であってもよいし複数枚であってもよい。カメラ1は、典型的には最大10mmの直径を有するレンズシステム7のレンズ8を有するミニチュアカメラである。カメラ1の設計はこれより大きいカメラにも適用可能であるが、このようなミニチュアカメラに特に適している。

【0073】

レンズエレメント6は、レンズシステム7の光軸Oがイメージセンサ4に直交するように配置されている。これによりレンズシステム7は光をイメージセンサ4にフォーカスする。

40

【0074】

レンズエレメント6は、サスペンションシステム9によって支持構造体2に懸架されている。サスペンションシステム9は2つのサスペンションエレメント(suspension element)10からなり、2つのサスペンションエレメント10は支持構造体2の環状壁5とレンズエレメント6との間で接続されている。サスペンションシステム9は、光軸Oに沿ったレンズエレメント6の移動をガイドする。レンズエレメント6のこのような移動によって、イメージセンサ4上に形成された画像のフォーカスが変化する。

50

【 0 0 7 5 】

以下、図 2 を参照してカメラ 1 の詳細な構成を説明する。図 2 は、詳細な斜視図であり、支持構造体 2 の基部 3 が省略されている。カメラ 1 は対称的な構造を有しており、図 2 とは反対の側から見ても同じに見える。

【 0 0 7 6 】

レンズエレメント 6 は 2 部構造を有しており、レンズキャリア 2 0 とレンズホルダ 2 1 とを含む。レンズホルダ 2 1 はレンズキャリア 2 0 の内側に取り付けられており、レンズキャリア 2 0 の内側に形成された内ねじ切り 2 2 上に設けられている。レンズホルダ 2 1 は典型的には 6 . 5 mm の直径を有する。レンズキャリア 2 0 の下縁には金属リング 1 4 が固定されている。これは以下に詳細に述べる。レンズキャリア 2 0 はレンズエレメント 6 を懸架するサスペンションシステム 9 に接続されている。レンズホルダ 2 1 はレンズシステム 7 の 1 以上のレンズ 8 を搭載している。レンズキャリア 2 0 とレンズホルダ 2 1 とは共に成形プラスチック製であり得る。

【 0 0 7 7 】

このような 2 部構造のレンズエレメント 6 は製造上の利点を有する。カメラ 1 は、レンズホルダ 2 1 を所定位置に配置することなくレンズキャリア 2 0 をまず取り付け、その後レンズキャリア 2 0 に対する様々な接続をすべて行った後に初めてレンズホルダ 2 1 を取り付けることにより組み立てることができる。ねじ切り 2 2 を用いることにより、光軸 O に沿ったレンズシステム 7 の位置をキャリア 6 に対して調整することが可能となり、従ってイメージセンサ 4 に対して調整することが可能となる。このような調整は、製造誤差から生じるレンズシステム 7 のレンズ 8 の焦点距離および相対位置のばらつきを吸収する目的で組立作業中に行われる。これより後、レンズシステム 7 はレンズキャリア 2 0 に対して同一位置に固定される。

【 0 0 7 8 】

以下、レンズエレメント 6 用サスペンションシステム 9 を詳細に説明する。サスペンションシステム 9 は 2 つのサスペンションエレメント 1 0 を含む。2 つのサスペンションエレメント 1 0 は各々、鋼またはベリリウム銅などの材料を適切な形状に切断した 1 枚のシートから形成されている。1 つの可能性として、高い降伏応力を提供するという利点を有する硬圧グレード 3 0 2 オーステナイト鋼がある。サスペンションエレメント 1 0 はキャリア 2 0 の互いに反対側の端部に取り付けられている。図 2 ではサスペンションエレメント 1 0 の一方のみがはっきりと見えるが、サスペンションエレメント 1 0 は以下のように、共に同一の構成を有する。

【 0 0 7 9 】

各サスペンションエレメント 1 0 は、レンズキャリア 2 0 に接続された内リング 1 1 を含む。特に内リング 1 1 はそれぞれレンズキャリア 2 0 の端面に接続され、レンズホルダ 2 1 の外周を取り囲むように延びている。

【 0 0 8 0 】

各サスペンションエレメント 1 0 は、支持構造体 2 に接続された外リング 1 2 をさらに含む。特に外リング 1 2 は支持構造体 2 の環状壁 5 の端面に沿うように延びて、この端面に接続している。

【 0 0 8 1 】

最後に各サスペンションエレメント 1 0 は、4 つの撓み部 1 3 を含む。各撓み部 1 3 は内リング 1 1 と外リング 1 2 との間に延びている。これにより撓み部 1 3 はレンズエレメント 6 および支持構造体 2 の互いに反対側の端部に組み合わされている。光軸 O に沿って見た場合、撓み部 1 3 は光軸 O に対する半径方向に対して傾いている。このように撓み部 1 3 は光軸 O 回りに延びている。撓み部 1 3 はレンズキャリア 2 0 を取り囲むように、互いに異なる半径方向位置に設けられており、光軸 O に対して回転対称をなしている。さらに撓み部 1 3 の光軸 O に沿った厚み（すなわちサスペンションエレメント 1 0 を形成している材料シートの厚み）は、光軸 O に直交する方向の幅よりも小さい。光軸 O に沿って見た場合、撓み部 1 3 はさらに長さ方向に沿って湾曲している。この点は後により詳細に述

べる。

【 0 0 8 2 】

2つのサスペンションエレメント10は、撓み部13がレンズエレメント6と支持構造体2との間に組み合わされていることにより、支持構造体2上にレンズエレメント6を懸架している。撓み部13はその構造のために、撓む又は折れ曲がることにより光軸Oに沿ったレンズエレメント6の移動を吸収する。レンズエレメント6が光軸Oに沿って移動すると、内リング11が光軸Oに沿って外軸リング12に対して相対移動し、その結果、撓み部13が折れ曲がる。

【 0 0 8 3 】

撓み部13の光軸Oに平行な厚みが幅よりも小さいため、撓み部13は幅方向よりも厚み方向により折れ曲がり易い。従って撓み部13により、レンズエレメント6の移動に対するサスペンションシステム9の剛性は、レンズエレメント6が光軸Oに沿って支持構造体2に対して相対移動する場合の方が光軸Oに直交する方向に相対移動する場合よりも小さくなる。

【 0 0 8 4 】

さらに2つのサスペンションエレメント10は光軸Oに沿って間隔があいており、そのために光軸Oに直交する方向へのレンズエレメント6の移動に対する抵抗により、レンズエレメント6の傾きに対する抵抗も生じる。

【 0 0 8 5 】

レンズエレメント6の軸を外れた移動および傾きに対するこのような抵抗は望ましい。なぜなら、このような軸を外れた移動および傾きはイメージセンサ4上に画像をフォーカスする際のレンズシステム7の光学性能を劣化させる可能性があるからである。

【 0 0 8 6 】

支持構造体2と、レンズキャリア20(金属リング14を含む)と、サスペンションエレメント10と、2つの補剛材(stiffener element)15とは1つのアセンブリとして製造される。以下、図3を参照してこれを説明する。これらのコンポーネントを図3に示すような積層状態に配置する。支持構造体2およびレンズキャリア20上に形成された位置ピン16を、サスペンションエレメント10内に形成された孔17内に位置づける。積層体全体は治具内で圧縮するが、積層体の上部および下部の両方において、各位置ピン16の端部に接着剤を塗る。好ましい接着剤は紫外線硬化性でもあるシアノアクリレートである。接着剤は毛細作用により位置ピン16の表面全体に浸透し、複数の層を支持構造体2およびレンズキャリア20に接着する。接着剤が一旦硬化すると、サブアセンブリを治具から取り外すことができる。接着剤に代えて、ジョイントを形成して位置ピン16に熱杭を打ち込み、機械的にパーツを保持するプラスチック製ヘッドを形成することも可能である。

【 0 0 8 7 】

各補剛材15は2つのリング18を含み、リング18はそれぞれサスペンションエレメントの内リング11および外リング12と同じ輪郭を有してこれらを補剛する。2つのリング18はスプルー(sprue)19によって加えられ、スプルー19はサブアセンブリが完成した後に初めて取り除かれる。スプルー19の使用は、補剛材15のリング18を治具で制御することに関して組立作業を補助し、コンポーネントの数を減少させ、その結果パーツのコストを低減させる。スプルー19が一旦取り除かれると、レンズキャリア20を外荷により支持構造体2に対して上方に移動させることができる。

【 0 0 8 8 】

カメラ1はさらに、図4に緩和した状態で単独に示すサブアセンブリ30を含む。サブアセンブリ30はSMAワイヤ片31を含み、SMAワイヤ片31は端部36と37とが重なった状態で連続ループとして構成されている。

【 0 0 8 9 】

サブアセンブリ30はさらに、2つの取付部材32および33を含む。取付部材32および33は各々、例えば真鍮などの細長い金属片として形成されている。取付部材32お

10

20

30

40

50

よび 33 はクリンピング(crimping)によって S M A ワイヤ片 31 に接続されている。特に取付部材 32 および 33 の端部は各々 S M A ワイヤ片 31 にクリンピングされており、クリンプ(crimp) 34 および 35 を形成している。

【 0 0 9 0 】

第 1 の取付部材 32 は S M A ワイヤ片 31 の重なった端部 36 および 37 にクリンピングされており、端部 36 と 37 とを束ねて保持している。第 2 の取付部材 33 は S M A ワイヤ片 31 の中間点にクリンピングされている。これにより S M A ワイヤ片 31 と 2 つの取付部材 32 および 33 とが連続ループを形成し、このことは製造上の利点を提供する。

【 0 0 9 1 】

製造に際して、サブアセンブリ 30 はカメラ 1 の他の部分とは別に製造される。特にサブアセンブリ 30 は、図 5 に示すように取付部材 32 および 33 を所定位置に保持し、その後 S M A ワイヤ片 31 を取付部材 32 および 33 に巻き付けることによって製造される。巻き付ける間、S M A ワイヤ片 31 は緩く垂れた箇所がないように緊張状態に保持される。ワイヤの張力が低くて S M A ワイヤ片 31 が張れないこともあり得るが、より高い張力を使うことも同様に可能である。

【 0 0 9 2 】

S M A ワイヤ片 31 を緊張状態に保持して巻き付けた後、2 つの取付部材 32 および 33 を S M A ワイヤ片 31 にクリンピングしてクリンプ 34 および 35 を形成する。クリンピングの使用により、S M A ワイヤ片 31 に対して強くて便利な機械的接続が得られる。さらにクリンプ 34 および 35 は S M A ワイヤ片 31 の酸化物コーティングを突破するため、取付部材 32 および 33 を S M A ワイヤ片 31 に電氣的に接続する。

【 0 0 9 3 】

クリンプ 34 および 35 によって取付部材 32 および 33 を S M A ワイヤ片 31 に接続した後、S M A ワイヤを緩めることができる。その後サブアセンブリ 30 は、以下にさらに述べる構成でカメラ 1 に組み込まれる。

【 0 0 9 4 】

サブアセンブリ 30 の製造中、公知の巻き付け手法を用いて S M A ワイヤ片 31 を取付部材 32 および 33 に巻き付けてもよい。このような手法はさらに、巻き付け装置の一部を構成する前者に S M A ワイヤ片 31 が巻き付けられることを含んでもよい。このようにサブアセンブリ 30 だけをカメラ 1 の他の部分とは別のプロセスで製造することにより、S M A ワイヤ片 31 のうち、2 つの取付部材 32 および 33 に挟まれた状態で互いに対向する各半分部分の張力と長さを正確に制御することができる。同様に、カメラ 1 の組立作業全体の複雑さも最小限に抑えることができる。さらにサブアセンブリ 30 だけを別のプロセスで製造することにより、クリンプ 34 および 35 によって取付部材 32 および 33 を S M A ワイヤ片 31 に接続することが容易になる。

【 0 0 9 5 】

サブアセンブリ 30 はカメラ 1 内で以下のように配置される。2 つの取付部材 32 および 33 はそれぞれ支持構造体 2 の環状壁 5 の外側に取り付けられる。取付部材 32 および 33 は所定位置に固定され、それにより S M A ワイヤ片 31 が支持構造体 2 に接続される。図 2 に示すように、取付部材 32 および 33 は環状壁 5 内に設けられた凹部 40 内に、例えば接着剤を用いる、壁 5 を適切な形状にする、またはその他の手段で取り付けられる。

【 0 0 9 6 】

さらに、S M A ワイヤ片 31 のうち 2 つの取付部材 32 および 33 間に挟まれた各半分部分は、それぞれ対応する保持部材(retaining element) 41 に掛けられる。保持部材 41 はレンズエレメント 6 に固定された金属リング 14 の一部であり、レンズエレメント 6 から外方に突出している。これにより 2 つの保持部材 41 が金属リング 14 を介して電氣的に接続される(しかしこれは必須ではない)。金属は S M A ワイヤ片 31 内で発生する熱に耐えるため、保持部材 41 にとって適切な材料である。保持部材 41 のうち S M A ワイヤ片 31 に接する表面は、S M A ワイヤの最大曲率を減少させるために湾曲していても

よい。

【 0 0 9 7 】

カメラ 1 内において、取付部材 3 2 および 3 3 は光軸 O を通る直径方向に互いに反対の位置にある。同様に、2 つの保持部材 4 1 は 2 つの取付部材 3 2 と 3 3 との中間であって、光軸 O を通る直径方向に互いに反対の位置にある。さらに保持部材 4 1 は光軸 O に沿った方向において、SMA ワイヤを保持する取付部材 3 2 および 3 3 のクリンプ 3 4 および 3 5 よりもイメージセンサ 4 に近い位置にある。その結果 SMA ワイヤ片 3 1 は、SMA ワイヤの 4 つの長さ方向部分 4 2 が、各々 (a) 取付部材 3 2 および 3 3 の一方と (b) 保持部材 4 1 の一方との対の間に延びており、且つ光軸 O に対して鋭角にある状態で保持されている。SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 のうち互いに隣接する対は、各々、共通の点でレンズエレメント 6 または支持構造体 2 に組み合わせられている。共通の点とは保持部材 4 1 または取付部材 3 2 および 3 3 の一方である。SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 はカメラ 1 内で緊張状態に保持されており、光軸 O に沿った成分を有する張力を、特にレンズエレメント 6 をイメージセンサ 4 から遠ざけるように付勢する方向に付与している。

10

【 0 0 9 8 】

さらに SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 は各々、光軸 O に直交する成分を有する張力を付与する。しかし、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 は、これらが同一の長さを有し、光軸 O に対して同一の鋭角で傾斜し、光軸 から 半径方向 を見た ときに交互に上方および下方に傾斜しているという対称的バランスのとれた構成で保持されている。換言すると、SMA ワイヤのうち互いに対向する長さ方向部分 4 2 の 1 対が上方に傾斜して光軸 O 回りに回転対称をなし、同様に SMA ワイヤのうち互いに対向する長さ方向部分 4 2 の別の対が下方に傾斜して光軸 O 回りに回転対称をなしている。

20

【 0 0 9 9 】

その結果、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 により付与される正味の力はバランスがとれており、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 は各々同一値の電流で加熱された場合に起こるように同一の張力を有している。これにより正味の力は、光軸 O に直交する方向に沿った成分の力は提供しない。同様に正味の力は、光軸 O に直交する軸回りのトルクを実質的に提供することではなく、光軸 O 回りのトルクも提供しない。勿論、製造誤差による正味の力またはトルクはある程度存在する可能性があり、本明細書において正味の力がないという場合、正味の力が少なくとも光軸に沿った正味の力よりも小さいオーダーであることを意味する。

30

【 0 1 0 0 】

このことは、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 の配置によって、カメラのレンズエレメント 6 の軸を外れた移動または傾きが起こることは実質的にないことを意味する。これはさらに、サスペンションシステム 9 がこのような軸を外れた移動または傾きに対して耐える必要がないことを意味する。これによりサスペンションシステム 9 に対する制約が減少する。そのためサスペンションシステム 9 は、光軸 O に直交する移動に対する剛性よりも光軸 O に沿った移動に対する剛性を小さくすることにより、光軸 O に沿ったレンズエレメント 6 の移動をガイドするようにのみ設計されればよい。

【 0 1 0 1 】

40

製造中、サブアセンブリ 3 0 をカメラ 1 に組み込んで SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 の力をバランスよく配置することは、カメラ 1 の構造のせいで簡単である。特にサブアセンブリ 3 0 は、取付部材 3 2 および 3 3 を扱うことにより容易に操作できる。同様に、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 の適切な長さおよび緊張は、SMA ワイヤを保持部材 4 1 に掛けることにより容易に得られる。なぜなら、保持部材 4 1 上を滑らせることは、単一の保持部材 4 1 の互いに反対の側において SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 に均等な緊張を与える補助となるからである。そのため SMA ワイヤとレンズエレメント 6 との組み合わせは、良好な電気性能を必要としない単純な機械的接続となる。このタイプの構成により、カメラ 1 に対する組立誤差による制約の一部が取り除かれる。SMA ワイヤがクリンプによってレンズエレメント 6 上で終端する場合、自然な組立ばらつきにより、SMA ワ

50

ワイヤの長さ方向部分 4 2 の長さと緊張とがばらつく。

【 0 1 0 2 】

組み立てが行われて平衡状態になると、SMAワイヤは少量の接着剤で所定位置に保持することができ、これにより動作テストまたは落下テスト中に保持部材 4 1 に保持されることが保証される。これはSMAワイヤを循環させて組立誤差の排除を補助した後に行ってもよい。

【 0 1 0 3 】

製造プロセスの中で最も困難な部分は、SMAワイヤの組み立てとカメラ 1 への継合である。主に 3 つの問題点がある。すなわち (1) SMAワイヤの長さの制御、(2) SMAワイヤへの機械的および電氣的連結を行うこと、そして (3) 組み立てた物体をカメラ 1 内で制御することである。これらの問題点はSMAワイヤを含むサブアセンブリ 3 0 の発展につながっている。サブアセンブリ 3 0 は、カメラ 1 の他の部分とは独立して製造し品質をテストしてもよい。支持構造体に別々に取り付けられた取付部材 3 2 および 3 3 にSMAワイヤ片 3 1 を電氣的および機械的に接続することにより、製造上の問題点の複雑性が最小限に抑えられる。

【 0 1 0 4 】

SMAワイヤが熱くて従って完全に収縮している場合、SMAワイヤは剛性であり従って実質的に自然な長さを有している。撓み部 1 3 からの力によるワイヤの歪みは無視できる程度である。そのためこの場合、レンズエレメント 6 の位置は撓み部のパラメータとはほとんど無関係であり、SMAワイヤの長さ方向部分 4 2 の長さに大いに依存している。この長さが、キーとなる制御パラメータであり、測定が簡単であり従って制御が簡単である。

【 0 1 0 5 】

SMAワイヤは冷たい状態にある場合、撓み部 1 3 によって伸張される。SMAワイヤの応力 - 歪み曲線は非常に平坦であり、ワイヤが誘発された応力に影響を与えることなく大幅に歪み得ることを意味している。そのためSMAワイヤが冷たい状態にある場合、レンズの位置はワイヤの長さとはほとんど無関係であり、撓み部の剛性に大いに依存している。撓み部 1 3 の剛性は組み立ての段階で測定可能である。

【 0 1 0 6 】

そのため移動範囲に亘るアクチュエータの性能は、ワイヤの長さと撓み部の剛性というこれら 2 つの製造上の制御パラメータに分割することができる。設計された好ましい組み立てプロセスの場合、これらのパラメータの各々は別々にテスト可能であり従って別々に制御可能である。このことは、製造歩留まりおよびプロセスコントロールの面で利点を有し、これらは共に製品のコストに影響を与える。

【 0 1 0 7 】

カメラ 1 がレンズエレメント 6 を、光軸 O に沿って支持構造体 2 に対して相対移動させる作用を以下に述べる。

【 0 1 0 8 】

SMA材料は剛性が温度に従って変化するという現象を示す。これは固相変化により起こる。低い温度の範囲で、SMA材料はマルテンサイト相に移行し、その剛性は比較的小さい。高い温度の範囲で、SMA材料はオーステナイト相に移行し、マルテンサイト相での剛性よりも大きな剛性を有する。従ってSMAワイヤの長さ方向部分 4 2 は、負荷に対して反応する場合、加熱 (または冷却) することにより長さが減少 (増加) する。

【 0 1 0 9 】

カメラ 1 内において、SMAワイヤの長さ方向部分 4 2 は緊張状態で設けられ、レンズエレメント 6 と支持構造体 2 との間で光軸 O に沿って、レンズエレメント 6 をイメージセンサ 4 から遠ざける方向に正味の張力を提供する。この力は、サスペンションシステム 9 が光軸 O に沿って反対の方向に提供した付勢力に対して作用する。撓み部 1 3 はSMAワイヤの長さ方向部分 4 2 からの張力に依存して撓む。製造された状態の撓み部 1 3 は、光軸 O から半径方向を見た場合、直線状である。撓み部 1 3 は撓んだ場合、概して直線状の

ままであるが、僅かな曲率を発生させる場合もある。

【 0 1 1 0 】

サスペンションシステム 9 の剛性は一定に保持されているため、SMAワイヤの長さ方向部分 4 2 の剛性が加熱または冷却中に温度に応じて変化することにより、レンズエレメント 6 が光軸 O に沿って移動して新しい平衡位置に達する。この平衡位置では、サスペンションシステム 9 と SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 とによって生成された付勢力がバランスをとっている。これにより SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 の加熱（または冷却）により、レンズエレメント 6 がイメージセンサ 4 から遠ざかる（またはイメージセンサ 4 に近づく）方向に移動する。

【 0 1 1 1 】

そのためカメラ 1 の重要な観点は、受動的付勢部材として撓み部 1 3 を含むサスペンションシステム 9 を使用することである。特に撓み部 1 3 が撓むと、カメラレンズエレメント 6 が、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 により付与された張力とは反対の方向に付勢する。換言すると、サスペンションシステム 9 はカメラレンズエレメント 6 の移動をガイドするという機能と SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 用の受動的付勢部材として作用するという機能の 2 つの機能を提供する。

【 0 1 1 2 】

レンズエレメント 6 が光軸 O に沿って支持構造体 2 に対して相対変位する度合いは、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 内に生じる応力と、光軸 O に対する SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 の鋭角とに依存する。SMA ワイヤ内に生じ得る歪みは相変化という物理的現象によって制限される。SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 を光軸 O に対して鋭角に配置することにより、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 はその長さが変化したときに方向を変える、すなわち光軸 O に対する鋭角を増加させる。これは移動を有効に促進し、光軸 O に沿ったレンズエレメント 6 の変位度が光軸 O に沿った SMA の長さ方向部分 4 2 の長さ変化よりも大きくなる。促進度は、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 と光軸 O との間の鋭角を増加させることにより増大することができる。図 1 に示すカメラ 1 内では、鋭角は約 70 度であるが、鋭角は概してレンズエレメント 6 の所望の移動範囲に依存して選択することができる。

【 0 1 1 3 】

移動量は、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 と光軸 O との間の鋭角と、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 の長さとの両方によって決定される。これらのパラメータを最大にすることが望ましい。しかし、これによりカメラ 1 の全体のサイズが大きくなるため、カメラ 1 のサイズを最小にする現実的必要性とバランスをとらなければならない。このバランスは、カメラ 1 内で SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 を特定の様式で配置すること、特に光軸 O に沿って見たときに SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 が互いに 90 度に配置されているようにすることにより達成される。これにより SMA ワイヤの 2 つの長さ方向部分 4 2 によって形成される平面は、光軸 O に対して角度を有しているとか又は傾斜していると考えることができる。光軸 O に沿って見た場合、SMA ワイヤの各長さ方向部分 4 2 は、カメラ 1 を取り囲む正方形の 1 辺に沿って延びており、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 が外方に突出していることはなく、従って光軸 O に直交するカメラ 1 の面積が増加することもない。これにより、光軸 O から半径方向を見た場合、SMA ワイヤの各長さ方向部分 4 2 の長さおよび鋭角が、カメラ 1 のそれぞれの側面の面積内の最大値まで増加する。これによりレンズエレメント 6 の比較的大きい変位が、比較的小さいサイズのカメラ 1 で達成される。

【 0 1 1 4 】

レンズエレメント 6 の光軸 O に沿った支持構造体 2 に対する相対位置は、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 の温度を制御することにより制御することができる。作動中、SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 は、抵抗性加熱を提供する電流を流すことにより加熱される。冷却は、電流を止めて周辺への伝導によって SMA ワイヤの長さ方向部分 4 2 を冷却することにより行われる。電流は図 6 に示すように構成された制御回路 50 によって制御され

10

20

30

40

50

る。

【0115】

制御回路50は取付部材32および33の各々に接続されており、取付部材32および33はクリンプ34および35を介してSMAワイヤ片31に電氣的に接続している。制御回路50は2つの取付部材32および33に電流を供給する。そのため電流は、SMAワイヤ片31のうち、取付部材32と33との間に平行に接続された半分部分の各々を流れる。

【0116】

制御回路50の性質とそれによりもたらされる制御を以下にさらに述べる。なぜなら、これは以下に述べる別のカメラにも同様に当てはまるからである。

10

【0117】

第1のカメラ1はコンパクトであるという特定の利点を有する。これは、サスペンションシステム9を形成するサスペンションエレメント10のコンパクト性から、およびSMAワイヤの長さ方向部分42のコンパクト性からもたらされる。このことは、カメラ1が非常に効率的にパッケージ可能であることを意味する。逆にカメラ1は、1以上のレンズ8がカメラ1の設置面積に対して相対的に大きい直径を有するレンズシステム7を含むレンズエレメント6を有するように設計することができる。例えば第1のカメラ1は、カメラの設置面積が8.5mm平方に適合する場合、最大6.0mmの直径を有するレンズ8を用いることができる。典型的には、第1のカメラ1の設計により、レンズホルダ21の直径をカメラ1の設置面積の幅の少なくとも70%または80%にすることができる。

20

【0118】

SMAワイヤ片31の材料組成および前処理は、通常作動中に相変化が予想周囲温度より高い温度で起こるように選択される。典型的には、温度範囲は70°Cを上回る。SMAワイヤ片31の材料組成および前処理はさらに、マルテンサイト相からオーステナイト相への変化ができるだけ広い温度範囲で起こるように選択される。これは位置制御の度合いを最大にするためである。

【0119】

留意すべきは、SMAワイヤの長さ方向部分42は、レンズエレメント6をイメージセンサ4から遠ざけるように付勢するように配置されていることである。これが有利であるのは、SMAワイヤの長さ方向部分42が加熱されていない場合にはレンズエレメント6は移動範囲内でイメージセンサ4に最も近い位置にあるからである。カメラ1は、この位置が遠野または過焦点に対応するように設計されている。これはカメラ1にとって最も一般的な設定であり、特にオートフォーカス機能が提供されている場合はそうである。これによりSMAワイヤの長さ方向部分42は、できるだけ長時間に亘って加熱されないままであることができ、それにより消費パワーが低減される。さらに制御回路50からの電流供給が何らかの理由で停止しても、カメラ1はできるだけ広い焦点位置範囲を提供する固定焦点モードで駆動可能である。

30

【0120】

サスペンションエレメント10およびSMAワイヤの長さ方向部分42の具体的設計として考えられる例をいくつか以下に示す。

40

【0121】

多くの適用において、例えばオートフォーカス機能が提供されている場合にレンズエレメント6の高速作動が望まれる。作動の応答速度は、SMAワイヤの長さ方向部分42を冷却することにより制限される。高パワーの電流を付与することによりSMAワイヤの長さ方向部分42を迅速に加熱することは容易であるが、SMAワイヤの長さ方向部分42の冷却は受動的に、すなわち単に周辺の空気に熱が奪われることにより起こる。このような冷却は単純に加速することはできない。原理的には能動的冷却手段を提供することができるが、現実的には実行困難である。

【0122】

しかし、SMAワイヤの長さ方向部分42の厚みを減少させることにより、冷却の速度

50

を上げることができる。SMAワイヤの長さ方向部分42の厚みは、周辺の空気への熱伝導が十分迅速に起こってカメラ1の特定の適用にとって十分迅速な応答速度が提供できるレベルにまで抑えることができる。ここで考えられているサイズのカメラおよびワイヤの場合、冷却時間は直径に対してほぼ線形に変化する。この理由により、カメラのオートフォーカス適用にとって許容可能な応答を提供するには、SMAワイヤの長さ方向部分42の厚みは最大35 μm であることが望ましいと認識されている。例えば上記の装置では、SMAワイヤの長さ方向部分42の直径が25 μm である場合、近焦点から遠焦点までの移動時間（すなわち受動的冷却サイクル）は約200 msである。

【0123】

サスペンションシステム9は、光軸Oに沿った方向とそれに直交する方向に所望の度合いの剛性を提供するに適切な幅、厚みおよび長さを有する適切な数の撓み部13で設計されている。撓み部は典型的には25 μm から100 μm の範囲の厚みを有する。撓み部13の数は、サスペンションエレメント10内の撓み部13の数を変更すること、および/または追加のサスペンションエレメント10を提供することにより変更することができる。各サスペンションエレメント10は4の倍数の撓み部13を有して4回回転対称をなすことが便利である。なぜならこれにより、光軸Oに沿って見たときに正方形の形状を有する支持構造体2の環状壁5にうまくパッケージすることが可能になるからである。

【0124】

さらにSMAワイヤの長さ方向部分42もまた光軸Oに沿った方向とそれに直交する方向に剛性を提供する。SMAワイヤの長さ方向部分42の厚みは上記したように冷却目的のために制約を受けており、SMAワイヤの長さ方向部分42の光軸Oに直交する方向の剛性は撓み部の剛性よりも概してはるかに小さいが、SMAワイヤの長さ方向部分42はサスペンションシステム9の一部と考えることができ、その剛性はカメラ1を設計する際に考慮される。

【0125】

光軸Oに沿った支持構造体2に対するレンズエレメント6の相対移動を考慮すると、SMAワイヤの長さ方向部分42の総剛性はサスペンションシステム9の撓み部13の総剛性と同じオーダーであることが望ましい。望ましくは、サスペンションシステム9の撓み部13の総剛性は(a) SMA材料のオーステナイト相で得られるSMAの長さ方向部分42の総剛性から(b) SMA材料のマルテンサイト相で得られるSMAの長さ方向部分42の総剛性までの範囲内の値を有する。最大のレンズ変位を得るためには、サスペンションシステム9の撓み部13の総剛性は(a) SMA材料のオーステナイト相で得られるSMAの長さ方向部分42の総剛性と(b) SMA材料のマルテンサイト相で得られるSMAの長さ方向部分42の総剛性との間の幾何学的中間値に等しい値を有する。

【0126】

再び光軸Oに沿った支持構造体2に対するレンズエレメント6の相対移動に対する剛性を考慮すると、撓み部13の剛性とSMAワイヤの長さ方向部分42の剛性の合計であるサスペンションシステム9の総剛性は、カメラ1の光軸Oに対する方向が地球の引力場に対して平行な状態と非平行な状態との間で変化するとき、引力下の支持構造体2に対するレンズエレメント6の相対移動を最小にするに十分大きいことが望まれる。これは、カメラ1が通常の使用中に起こるように様々な異なる方向に向けられたときにレンズエレメント6の移動を最小にするためである。典型的なレンズシステムの場合、支持構造体2に対するレンズエレメント6の相対移動は最大でも50 μm に制限されることが望ましい。典型的なミニチュアカメラの場合、このことは、撓み部13とSMAワイヤの長さ方向部分42との組合せによって提供されるサスペンションシステムの総剛性が少なくとも100 N/m、好ましくは少なくとも120 N/mでなければならないことを意味する。

【0127】

さらに撓み部13は、光軸Oに直交する方向における支持構造体2に対するレンズエレメント6の相対移動に対して所望の剛性を提供するに適した幅で設計されている。SMAワイヤの長さ方向部分42の剛性も考慮されるが、撓み部13の幅が大きいためにこの剛

性は通常は撓み部 13 よりも貢献度は低い。所望の剛性は、レンズエレメント 7 の性質、特にレンズエレメント 7 が軸を外れた移動と傾きを吸収できる度合いに依存する。

【0128】

さらに考えられる設計は、撓み部 13 および S M A ワイヤの長さ方向部分 42 によって起こる最大応力がそれぞれの材料に過度の応力を加えないことを保証することである。

【0129】

例えば 1 つの設計は以下の通りである。各サスペンションエレメント 10 は 3 つの撓み部 13 (図 2 に示す 4 つの撓み部 13 ではなく) を有し、各撓み部 13 のサイズは長さ 4 . 85 mm、幅 0 . 2 mm、厚み 50 μ m である。S M A ワイヤ片 13 は直径 25 . 4 μ m である。これにより、周辺が室温である場合、空気中の S M A 材料は約 0 . 2 秒で完全なオーステナイト相から冷却されて完全なマルテンサイト相になる。S M A ワイヤの長さ方向部分 42 は光軸 O に対して 60° 傾く。すなわち S M A ワイヤの各長さ方向部分 42 は水平方向 (光軸 O に直交する) の長さが 5 mm であり、垂直方向の高さ (光軸 O に平行) が 3 mm である。S M A 材料がオーステナイト相にあるとき、サスペンションエレメント 10 は 0 . 5 mm 偏向する。この場合、6 つの撓み部 13 は S M A ワイヤの長さ方向部分 42 と平衡状態で光軸方向に合計 138 mN の力 (イメージセンサ 4 の方向にレンズエレメント 6 を引っ張る) を提供する。この偏向で、撓み部 13 は最大 1 GPa の応力を有する。この状態で、S M A 材料は 132 MPa の引っ張り応力を有しており、これは長い疲労寿命 (数百万サイクル) と関連づけられる許容可能な最大応力に近い。S M A 材料がマルテンサイト相にあるとき、S M A ワイヤの長さ方向部分 42 は約 3% 伸張され、撓み部 13 は僅か 0 . 2 mm だけ偏向する。このことは、レンズエレメント 6 の移動が 0 . 3 mm であることを意味している。このとき撓み部 13 内の応力は 380 MPa であり、S M A 材料内の応力は 47 MPa である。

【0130】

以下、図 2 に示す撓み部 13 の湾曲形状を説明する。撓み部 13 を湾曲形状にする目的は、カメラ 1 が機械的衝撃に耐えることを可能にし、ダメージを受けた結果カメラ性能が劣化することがないようにすることである。特にサスペンションシステム 9 が、衝撃によって起こるレンズエレメント 6 の変位を吸収することが必要であるが、このとき例えば撓み部 13 の材料の降伏ひずみを超えて撓み部 13 に永久的ダメージを与えてはならない。このように変位を吸収することはレンズエレメント 6 を光軸 O に沿って移動させる機械的衝撃の場合、簡単である。なぜならサスペンションシステム 9 の剛性は小さく、大きな変位を吸収するように設計されているからである。しかし、レンズエレメント 6 を光軸 O に対して半径方向に移動させる機械的衝撃の場合、サスペンションシステム 9 は軸を外れた変位および傾きに耐えるために比較的大きい剛性を有するように設計されている。このため撓み部 13 は、この方向への変位に対してよりダメージを受け易い。平面方向の大きい剛性を達成するためには、撓み部 13 はできるだけ短く最小の曲率を有することが必要であるが、撓み部 13 の長さが減少するとバランスをとるために軸方向の剛性が増加する。しかし、撓み部 13 の曲率を最小にして直線か又は光軸 O 回りに穏やかな曲線を描くようにすることにより、撓み部 13 は内リング 11 および外リング 12 との継合部の応力集中領域で曲がったり、伸びたり、可塑的に変形したりする傾向を得る。システムの力にバランスがとれていないことにより、これらの継合部に応力集中領域ができる。

【0131】

この方向における変位を制限するため、カメラ 1 にはレンズエレメント 6 と支持構造体 2 の壁 5 との間に小さいクリアランスが設けられている。これにより支持構造体 2 の壁 5 は光軸 O に対する半径方向における最大変位を制限するストップとして作用する。しかし、クリアランスが例えば 50 μ m のオーダー以下と小さいために製造および組み立ての許容誤差が非常に小さくなり、実際パーツのコストが上昇し製造歩留まりが低下するという結果になり易い。

【0132】

撓み部 13 はこの問題に取り組むために湾曲した形状を有する。特に撓み部 13 は光軸

に沿って見たときに長さ方向にして湾曲している。撓み部 1 3 は曲率が交互に変化する 3 つの領域を有する。撓み部 1 3 にこのような曲率を導入することにより、構造体の歪みがある程度緩和される。撓み部 1 3 が可塑的に変形する傾向が低下し、代わりに撓み部 1 3 は弾性的に撓む傾向を有する。中央領域に対して反対の曲率を有する外側領域を導入することにより、力のアンバランスが低下し、内リング 1 1 および外リング 1 2 との継合部に生じる応力が低下する。従って撓み部 1 3 は平面方向においてより柔軟になり、材料の破壊が起こらない。これは半径方向および軸方向の剛性を許容不可能なほど劣化させることなく達成される。

【 0 1 3 3 】

この効果を最大にするため、撓み部 1 3 の 3 つの領域の長さおよび曲率は不均等であることが好ましく、特に中央領域が外側領域よりも長く曲率が小さいことが好ましい。好ましくは中央領域が少なくとも外側領域の 2 倍の長さを有し、例えば 3 つの領域の長さの比率 $A : B : C$ は $1 : 2 : 5 : 1$ である。好ましくは中央領域が最大でも外側領域の半分の曲率を有し、例えば各領域の曲率に対する長さは実質的に同一であり、各領域の境界による角度、および は実質的に同一である。しかし、曲率に関する上記幾何学的関係は絶対必要なものではなく、他の関係である場合、例えば長さおよび曲率が上記以外である場合、または交互に変化する曲率を有する領域がより多い場合でも効果は達成される。

【 0 1 3 4 】

図 2 に示すサスペンションシステムの設計において、各撓み部 1 3 では、光軸 O に沿った厚みよりも光軸 O に対する半径方向の幅の方が大きい。しかし、図 7 にはサスペンションエレメント 1 0 の別の設計が示され、ここでは各撓み部 1 3 は 1 群の互いに平行な撓み部 4 3 からなるように変更されている。これにより各々の平行撓み部 4 3 の幅が減少し、その結果サスペンションシステム 9 は光軸に対する半径方向により柔軟になる。これにより構造体の中立軸から材料の縁までの距離が減少し、その結果平行撓み部 4 3 内の応力が低下する。

【 0 1 3 5 】

単一の撓み部 1 3 の幅を減少させると平面方向の剛性が減少するという望ましからぬ結果となる。しかし、例えば幅の減少度に比例して互いに平行な複数の撓み部 4 3 を導入することにより平面方向の全体的剛性は維持される。この手法の実用上の限界は、平行な撓み部 4 3 が製造され得る最小幅である。これは現在約 $50 \mu\text{m}$ であると考えられている。3 つの平行撓み部 4 3 が図示されているが、概して平行撓み部 4 3 の数はいくらかでもよい。

【 0 1 3 6 】

図 8 はカメラ 1 全体を詳細に示すが、簡潔化のためにレンズホルダ 2 1 が省略されている。この構成で (レンズホルダ 2 1 が適合された後)、カメラ 1 は完成しており、すべての顧客信頼性テストおよび強度テストをパスすることができる。以下、図 2 に示す以外にカメラ 1 に設けられた追加のコンポーネントを説明する。

【 0 1 3 7 】

カメラ 1 は、支持構造体 2 の壁 5 に留められ接合されたスクリーニングカン (screening can) 4 4 を有する。壁 5 はさらに支持構造体 2 の基部 3 にも接合されている。光軸 O に沿った方向に、レンズエレメント 6 とスクリーニングカン 4 4 との間、およびレンズエレメント 6 と基部 3 との間にクリアランスがある。これによりレンズエレメント 6 はイメージセンサ 4 上に画像がフォーカスされるに十分なだけ光軸 O に沿って移動できるが、サスペンションシステム 9 または S M A ワイヤの長さ方向部分 4 2 にダメージを与えるほどは移動できない。

【 0 1 3 8 】

実際、基部 3 は図 1 に模式的に示すよりも複雑な構成を有する。特に基部 3 は中央孔 4 5 を有し、その後方にイメージセンサ 4 が取り付けられている。イメージセンサ 4 を取り付けるために、基部 3 は孔 4 5 の後方かつ孔 4 5 の領域外に形成された突起 4 5 を有する。突起 4 6 上に画像回路基板 4 7 が取り付けられ、その上にイメージセンサ 4 が形成され

10

20

30

40

50

ている。イメージセンサ４は孔４５に対向し且つ整合しており、光軸Ｏに沿った光を受光する。

【０１３９】

孔４５には必要に応じて赤外線フィルタが適合されてもよい。このようなフィルタは望ましくない照射によって画質が劣化しないことを保証するが、埃がイメージセンサ４に付着して画質を劣化させることを防止するシールとしても作用する。そのため基部３はイメージセンサ４を取り囲んで密閉することができる。この工程は高度なクリーンルームで行われる。

【０１４０】

基部３はさらに、突起４６の外方に設けられ後方に突出する突出壁４８を含む。突出壁４８にドライブ回路基板４９が取り付けられ、このドライブ回路基板上にドライブ回路５０が形成されている。これによりドライブ回路５０はイメージセンサ４の後方に位置する。これにより光軸Ｏに沿った方向に見たときのカメラ１の面積が最小となる。これは多くの適用において有利である。なぜならデバイス内に様々なコンポーネントをパッケージする際に、カメラ１の面積は光軸Ｏに沿った深さよりも重要だからである。例えばこの構成により、典型的には電子デバイスのマザーボードに搭載される目的設計されたソケット内の電子デバイス内にカメラ１を搭載することができる。

10

【０１４１】

あるいは両面型の画像回路基板４７を、その下面に取り付けたドライブ回路５０と共に用いることも可能である。このような構成はコストおよび組み立ての面で有利であり、実際に接続性の面でも有利である。

20

【０１４２】

電子部品のサイズを最小にする別の方法は、回路基板５０をイメージセンサ４と同じチップに一体化することである。これが便利であるのは、オートフォーカスアルゴリズムに必要な計算が他のタスクのためにすでにイメージセンサ４で行われている計算に似ているからである。これは明らかに、用いる特定のイメージセンサ４に依存する。あるいは同一の処理機能をカメラ１外部の電子デバイス内に別の目的ですでに存在している別のプロセッサによって行うこともできる。

【０１４３】

図２に示す構成ではＳＭＡのすべての長さ方向部分４２が１本のＳＭＡワイヤ３１から形成されたサブアセンブリ３０内に形成されているが、この構成での１つの問題点は、ループの２つの半部分の長さが少しでも異なると半部分の抵抗が異なることである。これは、同じ電圧で駆動されても加熱状態が異なることにつながる。そうするとレンズに対する力がアンバランスになり得、そのためレンズエレメント６の傾きが最適値よりも大きくなり得る。

30

【０１４４】

この問題点に取り組む、第１のカメラ１の２つの変更形態を図９および図１０に示す。

【０１４５】

図９に示す第１の変更形態では、単一のサブアセンブリ３０に代えて図１１に示す２つの別々のサブアセンブリ２５を用いている。各サブアセンブリ２５は、各端部がクリンプ２８によって取付部材２７に取り付けられたＳＭＡワイヤ片２６を含む。サブアセンブリ２５はカメラ１の他の部分とは別々に形成される。これにより上記したサブアセンブリ３０と同様の利点が提供される。この構成を用いるとサブアセンブリ２５はワイヤを巻き付けることなく形成することができる。２つの取付部材２７は、クリンプ２８間の距離を設定し従ってＳＭＡワイヤ片２６の距離を設定するクリンプマシンを備えた帯部に取り付けることができる。ワイヤは２つの取付部材２７間に置かれ、両クリンプ２８が形成される。クリンプ２８は標準のＷ字形状のクリンプツールを用いて形成される。

40

【０１４６】

２つのサブアセンブリ２５は以下のようにカメラ１内に配置され、図２に示したものと実質的に同一の構成でＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２を提供する。特に２つのサブアセ

50

ンブリ 25 はカメラ 1 に対して互いに反対の側に取り付けられるが、これは取付部材 27 を支持構造体 2 の環状壁 5 の外側に取り付けることにより行われる。さらに 2 つの取付部材 27 間の各 SMA ワイヤ片 26 はそれぞれの保持部材 41 に掛けられる。これにより SMA ワイヤ片 26 の各半分部分が図 2 に示すものと実質的に同一の構成で SMA ワイヤの長さ方向部分 42 を形成する。そのためカメラ 1 の第 1 の変更形態は上記と同じ様式で作動する。しかし、SMA ワイヤの長さ方向部分 42 を 2 つの異なるサブアセンブリ 25 から形成することにより、加熱状態が異なるという上記問題点が回避される。

【0147】

SMA ワイヤの 2 つの長さ方向部分 42 を直列に電気駆動するか並列に電気駆動するかという選択がある。SMA ワイヤの 2 つの長さ方向部分 42 が直列に電気駆動されると、SMA ワイヤの各長さ方向部分 42 が同じ加熱電流により加熱され従って相変化が同一になることが保証される。

10

【0148】

図 10 に示す第 2 の変更形態は、サブアセンブリ 25 が 1 つだけであるという点以外は図 9 に示す第 1 の変更形態と同じである。この相違の結果、カメラ 1 は SMA ワイヤの長さ方向部分 42 を 1 対のみ有する。この構成は性能上最適ではない。なぜなら、SMA ワイヤの 2 つの長さ方向部分 42 によって生じる力は、保持部材 41 で光軸 O に対する半径方向に生じる正味の力と部分的にのみバランスをとり、これによりレンズエレメント 6 が傾く傾向が生まれるからである。しかし、適切な撓み部 13 を有するサスペンションシステム 9 と組み合わせると、レンズエレメント 6 の傾きは多くのレンズおよびイメージセンサに適するに十分小さくなる。逆にサブアセンブリ 25 を 1 つ含むこの設計はコストおよび組み立ての複雑さが減少するという利点を有する。

20

【0149】

上記したすべての選択肢の利点は、SMA ワイヤがカメラ 1 の移動パーツであるレンズエレメント 6 で終端しないことである。むしろ SMA ワイヤは、カメラ 1 の中で固定されて移動しないパーツである支持構造体 2 にのみ固定されている。これによりレンズエレメント 6 の構造およびレンズエレメント 6 上の構造物が簡略化され、これらが共にカメラの製造性を高めサイズを小型化する。

【0150】

カメラ 1 内のサブアセンブリ 30 および作動構造物の設計および製造には多くの変更が可能である。以下、任意の組合せで適用可能な、本発明を限定しない例をいくつか述べる。

30

【0151】

第 1 の変形例は、レンズエレメント 6 回りの SMA ワイヤの長さ方向部分 42 の数および/または構成を変更することである。この場合、変更後も SMA ワイヤの長さ方向部分 42 が上記した力のバランスをとる効果を提供することが望ましい。

【0152】

第 2 の変形例は、サブアセンブリ 30 の取付部材 32 および 33 の数を変更することである。SMA ワイヤ片 31 の両端部 36 および 37 に接続されてループを完成させる取付部材 32 のみを含めることが可能である。しかし、これはあまり望ましくない。なぜなら取付部材 31 および 32 によってサブアセンブリ 30 の取り扱いおよび取り付けを容易にするという利点ならびに SMA ワイヤ片 31 への電氣的接続を容易にするという利点を提供されるからである。逆に追加の取付部材を設けてもよい。取付部材 32 および 33 をレンズエレメント 6 または支持構造体 2 のいずれかに接続してもよい。SMA ワイヤ片 31 を保持部材 41 に掛けてループにする代わりに、レンズエレメント 6 に追加の取付部材を取り付けてもよい。

40

【0153】

第 3 の変形例は、取付部材に SMA ワイヤを載せる代わりに、SMA ワイヤを複数の位置で取付部材 32 に接続することである。これは例えば SMA ワイヤ片 31 の端部 36 および 37 が第 1 の取付部材 32 で重複するように行われる。この場合、連続ループは SM

50

Aワイヤと取付部材自体の両者によってサブアセンブリ30内に形成される。

【0154】

第4の変形例は、クリップ以外の手法でSMAワイヤを取付部材32および35に接続することである。1つの可能性として溶接がある。

【0155】

第6の変形例は、取付部材32および33を省略して代わりにSMAワイヤ片31の端部36および37を互いに溶接してSMAワイヤの連続ループを形成することである。この場合、カメラ1の他の部分への接続は、単に得られたSMAワイヤのループをレンズエレメント6および支持構造体2上で保持部材に掛けることによって行ってもよい。これによりSMAワイヤは機械的固定を必要とせずに緊張状態に保持される。以下に述べる第3

10

【0156】

サスペンションシステム9を変更してもよい。撓み部を採用した他の様々な形態のサスペンションシステムが可能である。単に例としてであるが1つの可能性として、光軸Oに直交する平面から湾曲する撓み部を用いることができる。この場合、シート材料の面内で受動付勢ばね撓み部は直線状であり、おそらく製造中に直線かつ平坦になる段階を経るが、その後の製造段階で弾性的または可塑的に形成されてカメラ内では平坦ではない自然な形状を取る。このような撓み部の一例はGB-2, 398, 854に記載されている。この追加の曲率または形態は、衝撃を受けている間に可塑的変形に耐えるために必要なたるみを撓み部に供給する。

20

【0157】

さらなるカメラをいくつか以下に述べる。さらなるカメラは第1のカメラ1と共通のコンポーネントを多く採用している。簡潔化のため共通のコンポーネントには同一の参照符号を付し、その説明は繰り返さない。

【0158】

図17に第2のカメラ60を示す。第2のカメラ60は基本的に第1のカメラ1と同一の構成を有し、1対のサスペンションエレメント10を含むサスペンションシステム9によって支持構造体2に懸架されたレンズエレメント6を含む。

【0159】

第2のカメラ60は、第1のカメラ1と同様の構成で配置されたSMAワイヤの4つの長さ方向部分42を含む。しかし、SMAワイヤの長さ方向部分42は第1のカメラ1とは異なる態様でレンズエレメント6および支持構造体2に取り付けられており、特に上記とは異なりサブアセンブリ30には設けられていない。

30

【0160】

特にレンズエレメント6は、光軸O回りに互いに反対の位置で外方に突出した2つの取付部71を有する。同様に支持構造体2も2つの取付部72を有し、取付部72はレンズエレメント6の取付部71の中間で光軸回りに互いに反対の位置に設けられ、支持構造体2の環状壁2の外表面から外方に突出している。取付部71および72の各々は、半径方向の最外部に角部74を有するように形成されている。

【0161】

SMAワイヤの各長さ方向部分42は、取付部71の一方と取付部72の一方との間に設けられ、支持構造体2の環状壁5内の孔76を貫通して延びている。SMAワイヤの各長さ方向部分42は、それぞれのクリップ75によって取付部71および72の角部74に組み合わされている。

40

【0162】

SMAワイヤの各長さ方向部分42は、例えばSMAワイヤ片31の端部を好ましくは溶接によって互いに接続することにより形成されたSMAワイヤの連続ループ78の一部であり得る。溶接はYAGレーザ溶接であり得、これは材料に対するダメージを最小限に抑える。ワイヤのループ78の長さはループ製造プロセス中に決定され、従って第2のカメラ20の組立作業中に制御する必要はない。これにより製造の複雑性が低減される。S

50

ＭＡワイヤを連続ループ７８として形成することにより、クリップ７５によって行わなければならない固定の度合いが低減され、このことによりワイヤのＳＭＡ材料にダメージを与えるリスクが低減される。

【０１６３】

あるいはクリップ７５がＳＭＡワイヤの各長さ方向部分４２の各端部を固定することができるため、ＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２がＳＭＡワイヤの別々の片であってもよい。

【０１６４】

ＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２に対する電氣的接続は、クリップ７５のいずれかによって行われるが、支持構造体２の取付部材７２上のクリップによって行うことが好ましい。

10

ＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２は上記のように第１のカメラ１と同じ様式で配置され作動する。

【０１６５】

図１８および図１９に第３のカメラ８０を示す。第３のカメラ８０は、第１のカメラ１と同一の構成を有しており、１対のサスペンションエレメント１０を含むサスペンションシステム９によって支持構造体２に懸架されたレンズエレメント６を含む。この場合、図１８からわかるように、支持構造体２の環状壁５がレンズエレメントを取り囲むように設けられた４つの平面壁８１として形成されている。図１９では、内部の部材を見せるために支持構造体２は省略されている。

20

【０１６６】

第３のカメラ８０はさらに、第１のカメラ１と同様の構成を有するＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２を含む。しかし、第３のカメラ８０では、ＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２はＳＭＡワイヤの連続ループ８８の一部であり、ＳＭＡワイヤの連続ループ８８はワイヤ片の端部を好ましくは溶接を用いて互いに接続することによって形成してもよい。第２のカメラ６０同様、溶接はＹＡＧレーザ溶接であり得る。ＹＡＧレーザ溶接は材料のダメージを最小限に抑え、これにより典型的にはＳＭＡの特性を溶接されていない材料の８０％に保持する。ループ８８でのＳＭＡワイヤの長さはループ製造プロセスによって決定され、従って第３のカメラの組立作業中に制御する必要はない。これにより製造の複雑性が低減される。

【０１６７】

30

ＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２を接続するために、レンズエレメント６は、光軸Ｏ回りに互いに反対の位置で外方に突出した２つの取付部８６を有する。支持構造体２は２つの取付部８２を有し、取付部８２は光軸Ｏ回りに互いに反対の位置に設けられ、支持構造体２の環状壁２の内表面から内方に突出している。取付部８２のうち図１９中において斜線で表す面は、支持構造体２の環状壁５に接続されている。レンズエレメント６の取付部８６は、支持構造体２の取付部８２よりもイメージセンサ４に近い。レンズエレメント６の各取付部８６は、イメージセンサ４に向かって光軸Ｏに平行に突出するポスト８４を含み、支持構造体２の各取付部８２は、イメージセンサ４から離れる方向に光軸Ｏに平行に突出するポスト８５を含む。このようにポスト８４および８５は取付部８６および８２から外方に突出している。

40

【０１６８】

ＳＭＡワイヤの連続ループ８８は取付部８１および８２回りに、すなわち取付部８１の下面および取付部８２の上面を通してループ状に巻かれている。ポスト８４および８５はそれぞれ取付部８１および８２にワイヤ８０を保持しており、これによりＳＭＡワイヤの各長さ方向部分４２が、ワイヤのループ８８のうち取付部８１の一方と取付部８２の一方との間に延びる一部分によって形成される。

【０１６９】

ワイヤが取付部８１および８２にループ状に巻かれている連続ループ８８であるため、ＳＭＡワイヤの長さ方向部分４２は、取付部８１と８２との間において緊張状態に保持されることによりレンズエレメント６および支持構造体２に接続されており、ＳＭＡワイヤ

50

と取付部 8 1 および 8 2 との間に例えばクリンプなどによる他の形態の接続を行う必要がない。クリンプによる接続は、SMAワイヤの材料にダメージを与えるリスクがあり、これはクラックまたは材料の破壊につながる。

【0170】

ポスト 8 4 および 8 5 は導電材料、典型的には金属により形成される。SMAワイヤの長さ方向部分 4 2 への電氣的接続はポスト 8 4 と 8 5 のいずれかによってなされるが、支持構造体 2 上のポスト 8 5 による方が好ましい。ワイヤが取付部 8 1 および 8 2 にループ状に巻かれている連続ループ 8 8 であるため、原理的にはワイヤ 8 0 とポスト 8 4 または 8 5 とは十分に電氣的に接触可能であり、ワイヤをハンダ付けする必要はない。しかし、実際にはSMAワイヤの長さ方向部分 4 2 に生じる緊張は比較的小さく、そのためSMAワイヤの長さ方向部分 4 2 上に形成された酸化物ケーシングを良好に突破しない。電氣的接触を向上させるためにSMAワイヤの長さ方向部分 4 2 をポスト 8 4 または 8 5 にハンダ付けすることが可能であるが、これには酸化物コーティングを貫通する攻撃的なハンダフラックスの使用が必要である。このようなハンダ付けは、SMAワイヤの長さ方向部分 4 2 の完全性を低減させるという望ましくぬ影響を及ぼし得るが、この影響は例えばワイヤをポッティングするなどの手法を用いてハンダ周囲の熱の影響を受けた領域の歪みを緩和することにより低減することができる。

【0171】

SMAワイヤの長さ方向部分 4 2 は上記のように第 1 のカメラ 1 と同じ様式で配置され作動する。

【0172】

図 2 0 および図 2 1 に第 4 のカメラ 9 0 を示す。第 4 のカメラ 9 0 は、第 1 のカメラと同様の構成を有しており、2つのサスペンションエレメント 1 0 からなるサスペンションシステム 9 によって支持構造体 2 に懸架されたレンズエレメント 6 を含む。しかし、第 4 のカメラ 9 0 では、レンズエレメント 6 を移動させるために用いられるSMA材料の形態が第 1 のカメラ 1 のSMAワイヤの長さ方向部分 4 2 とは異なる。特に第 1 のカメラのSMAワイヤの長さ方向部分 4 2 に代えてSMAワイヤ 9 5 が用いられ、SMAワイヤ 9 5 はレンズエレメント 6 回りに複数回巻回されて延びている。

【0173】

SMAワイヤ 9 5 には2つの選択可能な構成がある。図 2 0 に示す第 1 の構成では、SMAワイヤ 9 5 はレンズエレメント 6 回りにコイル状に延びている。図 2 1 に示す第 2 の構成では、SMAワイヤ 9 5 はレンズ 6 回りに 1 回完全に巻回され、その後方向を逆転させてレンズエレメント 6 回りに反対方向に 1 回完全に巻回されている。その結果第 2 の構成におけるSMAワイヤ 9 5 は、互いに反対方向にレンズエレメント 6 回りに延びる2つの半分部分を有する。これにより第 4 のカメラ 9 0 の電磁的適合性が向上する。なぜならSMAワイヤ 9 5 の各半分部分の誘導が互いに打ち消し合うからである。

【0174】

レンズエレメント 6 には、光軸 O 回りの互いに反対の位置において外表面に2つの取付部 9 1 が設けられている。同様に支持構造体 1 の環状壁 5 には、レンズエレメント 6 の取付部 9 1 の中間に、光軸 O 回りの互いに反対の位置において内表面に2つの取付部 9 2 が設けられている。そのため取付部 9 1 および 9 2 は光軸 O 回りに交互に設けられている。SMAワイヤ 9 5 の各巻回は、取付部 9 1 および 9 2 の各々に組み合わされている。この結果、SMAワイヤ 9 5 のうち取付部 9 1 の一方と取付部 9 2 の一方との中間に組み合わされた各部分 9 3 が、それ自体が撓むことにより光軸 O に沿ったレンズエレメント 6 の移動を吸収する撓み部を構成する。

【0175】

取付部 9 1 は、光軸 O に沿ってイメージセンサ 4 に向かう方向に、取付部 9 2 に対して相対移動し、これによりSMAワイヤ 9 5 の部分 9 3 が応力を受けて光軸 O に沿ってイメージセンサ 4 から離れる方向にレンズエレメント 6 を付勢する。サスペンションシステム 9 の撓み部 1 3 は反対方向にレンズエレメント 6 を付勢する。これにより光軸 O に沿った

移動については、第4のカメラ90のワイヤ93は第1のカメラ1のSMAワイヤの長さ方向部分42と同一の機能および効果を有するが、SMAワイヤ95の部分93は緊張状態にあるのではなく撓み部として作用する。作動中、SMAワイヤ95の温度はその中に電流を流すことにより制御され、この電流が第1のカメラ1と同じ様式でレンズエレメント6を移動させる。

【0176】

図22および図23に第5のカメラを示す。第5のカメラ100では、レンズエレメント6はサスペンションシステム9によって支持構造体2に懸架されている。サスペンションシステム9は2つのサスペンションエレメント10および110を含む。一方は第1のカメラ1のサスペンションエレメント10と同一の受動的サスペンションエレメント10である。他方はSMAサスペンションエレメント110であり、第1のカメラ1のサスペンションエレメント10と同一の構成を有するが受動的な材料ではなくSMA材料から形成されている。SMAサスペンションエレメント110は受動的サスペンションエレメント10と同一の形態および構成を有するが、材料が異なるということはSMAサスペンションエレメント110の撓み部113が適切な剛性を提供するために異なるサイズを有し得るということを意味する。受動的サスペンションエレメント10とSMAサスペンションエレメント110とは、互いに反対の端部でレンズホルダ6に接続されており、そのため第1のカメラ1のサスペンションエレメント10と同一の様式で光軸Oに沿ったレンズホルダ6の移動をガイドする。

【0177】

第5のカメラ100では、受動的サスペンションエレメント10が、内リング11および外リング12が光軸O上に相対的に設けられた状態で取り付けられており、撓み部13は撓むことにより応力を受けてレンズホルダ6を光軸Oに沿ってイメージセンサに向かう方向に付勢する。SMAサスペンションエレメント110も同様に取り付けられて撓み部113が撓むことにより応力を受け、レンズエレメント6を光軸Oに沿って付勢するが、この付勢はイメージセンサ4から離れる方向に行われる。このようにレンズエレメント6の光軸Oに沿った位置は、受動的サスペンションエレメント10の撓み部13とSMAサスペンションエレメント110の撓み部113との相対的剛性によって決定され、レンズエレメント6のこの位置はSMAサスペンションエレメント110の撓み部113の温度を制御することによって制御することができる。この温度制御はSMAサスペンションエレメント110に電流を流すことによって達成される。このように、第5のカメラ100の制御および効果は基本的に第1のカメラ1と同一であり、SMAサスペンションエレメント110がSMAワイヤの長さ方向部分42の代わりに作用する。

【0178】

以下、制御回路50の性質およびそれによってもたらされる制御を説明する。図12に制御回路50の模式図を示す。制御回路50は上記のいずれのカメラと共に用いてもよく、あるいは実際にいずれのSMA作動構造体と共に用いてもよい。従って以下では、第1から第3のカメラの場合のSMAワイヤの長さ方向部分42、第4のカメラの場合のSMAワイヤのループ、第5のカメラの場合のSMAサスペンションシステム9の撓み部113のいずれであってもよいSMAアクチュエータ51の制御について包括的に述べる。従って図12では、制御回路50はSMAアクチュエータ51に接続されており、SMAアクチュエータ51に電流を付与してその温度を制御する。これによりレンズエレメント6が移動し、イメージセンサ4上に形成される画像のフォーカスが変化する。

【0179】

制御回路50は、SMAアクチュエータ51を流れる電流を制御することによりSMAアクチュエータ51の加熱度を制御し、これにより電流を付与して加熱し、電流を停止（または低減）して冷却する。

【0180】

この制御はセンサによって出力されるレンズエレメント6の位置測定値に基づいて行うことができる。

【 0 1 8 1 】

このようなレンズエレメント 6 の位置測定値は、レンズ 6 の位置を直接検出する位置センサ（例えば光学センサまたは誘導センサなど）によって出力される信号であり得る。

【 0 1 8 2 】

あるいはこのようなレンズエレメント 6 の位置測定値は、温度センサによって引き出された信号が示す S M A アクチュエータ 5 1 の温度であってもよい。

【 0 1 8 3 】

あるいはこのようなレンズエレメント 6 の位置測定値は、温度センサによって引き出された信号が示す S M A アクチュエータ 5 1 の抵抗値であってもよい。歪みによって S M A アクチュエータ 5 1 の長さや面積が、S M A アクチュエータ 5 1 の抵抗性がマルテンサイト相とオーステナイト相とで反対に変化することを克服するだけ十分に変化するという事実によって変化が起こる。その結果、抵抗値は実効的に S M A アクチュエータ 5 1 の長さ変化の測定値となる。

【 0 1 8 4 】

光学または誘導位置センサは安価になり易く、概して出力信号用の処理回路の複雑性は低い。他方、光学または誘導センサは追加のスペースを必要とし、光学センサの場合はイメージセンサ 4 への光の漏れを回避することが必要となる。しかし、抵抗センサは、制御回路 5 0 内にコンポーネントを追加するだけで実装されるため、カメラのパッケージサイズを大きくすることがない。

【 0 1 8 5 】

光学センサは、レンズエレメント 6（または支持構造体 2）上に設けられたパッケージ内に配置された光学トランスミッタおよびレシーバによって実装することができ、これによりトランスミッタからの光が支持構造体 2（またはレンズエレメント 6）上のターゲットによりレシーバ方向に反射する。レシーバは受光した光量を検出する。例えばレシーバはフォトトランジスタであり得る。フォトトランジスタでは、光によって電流が流れ、電流は適切な外部コンポーネントが選択された場合、電圧を線形に変化させる。ターゲットおよびターゲットの動きには多くの選択肢があり、ターゲットの動きはフォトトランジスタに入射する光を変化させる。ターゲットの動きとは例えば、ターゲットをセンサに近づく方向およびセンサから離れる方向に移動させる、ターゲットをセンサ上でスライドさせる、グレイスケールのターゲットをスライドさせる、楔形の黒 / 白遷移ターゲットをスライドさせる、白 / 黒遷移をターゲット上でスライドさせる、反射器の角度を変えるなどである。

【 0 1 8 6 】

誘導センサの実装は、レンズエレメント 6 および支持構造体 2 の一方に光軸 0 に沿って設けられた 3 つのインダクタを用い、インダクタの軸が光軸 0 に直交し、中央のインダクタが外側のインダクタからずれた状態で行うことができる。中央のインダクタが駆動され、外側のインダクタは同一の束を受け取る。レンズエレメント 6 および支持構造体 2 の他方に設けられた金属製の物体がインダクタ上を移動して対称状態を壊す。これにより外側のインダクタが受け取った束がアンバランスになる。外側のインダクタを直列に、しかし、互いに反対の極性で接続することにより、このアンバランスが検出され、共通モードの同一の信号が打ち消される。これにより感知手法から大きな D C 出力が除去される。その後出力は増幅され、単なる A M 無線信号として整流される。

【 0 1 8 7 】

対照的に抵抗センサは S M A アクチュエータ 5 1 に接続された電気コンポーネントを必要とするだけであるが、信号出力を解釈するために比較的複雑な処理を要する。

【 0 1 8 8 】

抵抗値を用いることの原理は以下の通りである。S M A アクチュエータ 5 1 の抵抗値は温度と変形とに応じて変化する。変形が起こる作動温度範囲以外では、抵抗値は一般的な導電体の場合のように温度に応じて増加する。作動温度範囲内では、温度が上昇するにつれて S M A アクチュエータ 5 1 の長さが収縮し、長さの変化によって抵抗値が減少する（

SMA材料がポアソン比に応じて増大する場合と同様である)。そのため抵抗値はSMAアクチュエータ51の長さの測定値を提供する。

【0189】

抵抗測定値を利用するために制御回路50に適用できる多くの手法があり、例を以下に示す。

【0190】

第1の手法は、制御回路50が所望の加熱度で線形に制御される電源を用いるリニアドライブを適用することである。例えば電源は単純な線形のクラスB増幅器であり得る。この場合、SMAアクチュエータ51の電流と電圧とが測定され、抵抗を引き出すために用いられる。しかし、電圧と電流とを測定し抵抗値を計算することが必要であるため、制御回路50の複雑性が増す。さらに分割が必要であることが、フィードバックの待ち時間を長引かせて不正確さの原因となる可能性がある。定電流または定電圧電源を用いることによって問題を低減することはできるが完全に切り除くことはできない。

10

【0191】

第2の手法は、重畳する小さい信号でリニアドライブを用いることである。制御回路50は線形に制御される電源を用いてリニアドライブ信号を出力し、所望の加熱を行う。

【0192】

さらに制御回路50はリニアドライブ信号に小さい信号を重畳する。小さい信号は十分小さいためワイヤの加熱に実質的に寄与しない。小さい信号はリニアドライブと比べて、例えば少なくとも1オーダー小さい。小さい信号はその後リニアドライブ信号から独立して抽出され、その後、抵抗測定値を提供するために用いられる。これは、小さい信号がリニアドライブ信号に対して高周波数を有するためフィルタリングによって抽出可能であることによって達成することができる。

20

【0193】

抵抗測定値を提供するために、小さい信号は定電流信号であってもよい。この場合、抵抗測定値を提供するためにSMAアクチュエータ51から抽出された小さい信号の電圧が測定される。

【0194】

第2の手法は、リニアドライブ信号からは独立して正確な抵抗測定値を提供するが、小さい信号を重畳し抽出するための複雑な電子部品を要するという不利がある。

30

【0195】

第3の手法は、パルス幅変調(PWM)を用いることである。この場合、制御回路50はパルス幅変調電流を付与して、付与された電流量を変化させ従って加熱度を変化させるためにデューティサイクルを変化させる。PWMの使用は、供給されるパワーを細かい間隔で正確に制御できるという利点を提供する。この方法は駆動力が低くても高い信号対雑音比を提供する。PWMは公知のPWM手法を用いて実施することができる。典型的には制御回路50は、例えば5%から95%の範囲で変化する電流パルスを連続的に供給する。デューティサイクルがこの範囲内の低い値であるとき、SMAアクチュエータ51で表示される平均パワーは低く、従って一部の電流が供給されているときもワイヤは冷却される。逆にデューティサイクルがこの範囲内の高い値であるとき、SMAアクチュエータ51は加熱される。

40

【0196】

この第3の手法では、電流パルス中に、例えばパルスの開始から所定の短時間だけ遅れて抵抗値が測定される。1つの選択肢は定電圧電源を用いることであり、この場合SMAアクチュエータ51内を流れる電流が測定されて抵抗測定値として用いられる。この選択肢は、電流の測定が比較的複雑な回路、例えばSMAアクチュエータ51と直列の抵抗器およびデジタル回路による測定のために抵抗器の電圧を増幅するための増幅器を用いた回路を必要とする困難を有する。第2の選択肢は、定電流電源を用いることである。この場合、SMAアクチュエータ51の電圧が測定されて抵抗測定値を提供する。

【0197】

50

制御回路 50 が定電流電源で第 3 の手法を実施する例を図 13 に示す。この例は以下の構成を有する。

【0198】

制御回路 50 は定電流電源 53 を含み、定電流電源 53 は S M A アクチュエータ 51 に接続されて電流を供給する。例えば第 1 のカメラ 1 では、定電流は 120 m A のオーダー (order) であり得る。

【0199】

制御回路 50 はさらに、S M A アクチュエータ 51 の電圧を検出するように構成された検出回路 54 を含む。適切なマイクロプロセッサを実装したコントローラ 52 が電源 53 を制御してパルス幅変調電流を供給する。コントローラ 52 は検出回路 54 によって測定された検出電圧を受け取り、これに応答して P W M 制御を行う。

10

【0200】

図 13 に示す制御回路 50 用の 2 つの詳細な回路構成を図 14 および図 15 に示す。

【0201】

図 14 の第 1 の回路構成は安価であるが性能に限界がある。特に電源 53 が単純な構成のバイポーラトランジスタ 120 を用いて構成されている。電圧検出回路 54 は 1 対のダイオード 121 と抵抗器 122 との単純なブリッジ構造体として形成されている。

【0202】

図 15 に示す第 2 の回路構成はより正確であるがより高価である。特に電源 52 が M O S F E T トランジスタ 123 によって構成されており、M O S F E T トランジスタ 123 はオペアンプ 124 によって制御される。検出回路 125 は、2 つの抵抗器 125 のブリッジ構造体として構成されており、抵抗器 125 の出力がオペアンプ 126 によって増幅される。オペアンプ 126 は、コントローラ 52 の A / D 変換器がそのダイナミックレンジ全体を利用することを可能にする。

20

【0203】

コントローラ 52 は、電源 53 によって出力されるパルス幅変調電流のデューティサイクルを変化させるために複数の制御アルゴリズムを実装することができる。1 つの可能性は、検出された抵抗値とターゲット抵抗値との差異に比例する量だけデューティサイクルを変化させる比例制御である。S M A アクチュエータ 51 は作動温度領域に亘って加熱するため、フィードバック制御手法におけるように抵抗値の減少が感知され用いられる。加熱中は S M A アクチュエータ 51 の固有の比例微分作用 (proportional-integral action) によってフィードバック制御の安定性が維持される。S M A アクチュエータ 51 の加熱全体の応答によって全てのフィードバック応答が支配される。

30

【0204】

S M A アクチュエータ 51 はその応答に非線形部分を有してもよい。このような非線形部分は制御回路 50 に事前補償を組み入れることによって制限してもよい。1 つの選択肢は事前補償を、例えばデマンドおよびデマンド信号の履歴に基づいて電源 53 に供給される出力信号のデマンドゲインまたはオフセット変更値からなるようにすることである。S M A アクチュエータ 51 を制御するためのフィードバックが不十分である場合、これが最も有益である。

40

【0205】

S M A アクチュエータ 51 の加熱中、抵抗値は S M A アクチュエータ 51 の長さに応じて、サンプル毎および連続した加熱サイクルにおいて一貫した態様で変化すると認識されている。しかし、冷却中、抵抗値はサンプル毎にこれほど高い反復性で変化せず、加熱の場合に比べてヒステリシスが多様である。これによって冷却中の位置測定値として抵抗値を用いることが全く妨げられるというわけではないが、制御の正確さが低減する。この問題は、制御回路 50 が例えばフライバック手法を用いて所定の反復作動ルーチンを行うことによって減少し得る。フライバック手法の一例を以下に述べる。

【0206】

制御回路 50 はオートフォーカスアルゴリズムを実装していてもよい。この場合、制御

50

は画像の焦点測定値に基づいてもよい。画像の焦点測定値は例えば、変調伝達関数(Modulation Transfer Function : MTF)または空間周波数応答(spatial frequency response)であり、イメージセンサ 4 からの画像信号から引き出される。広範囲の適切な測定値が公知であり、これらのいずれを適用してもよい。

【 0 2 0 7 】

この場合、フォーカス測定値を引き出すことが遅いという限界がある。この問題に取り組むため、制御回路 5 0 は多くの焦点位置を走査する間に、フォーカス測定値から決定された所望の焦点位置において、上記のようにセンサを用いてレンズエレメント 6 の位置測定値を決定してもよい。その後走査の最後にレンズエレメント 6 は、フォーカス測定値ではなく位置測定値のベースの同じ位置まで駆動される。

10

【 0 2 0 8 】

この場合、第 1 のフィードバックパラメータを引き出すためにイメージセンサ 4 からの画像信号が用いられるため、反復サイクルおよび時代に亘って第 2 のパラメータとしての位置測定値の絶対値が変動しても無関係である。これには、オートフォーカスの 1 サイクル中に感知可能な変化がないことが条件である。この条件は、位置測定値として部材 1 3 の抵抗値を用いることによって満たされる。例えば所与の装置において、抵抗値は高温時の 1 0 オームから低温時の 1 2 オームまで変化し得、その後数 1 0 0 キロサイクルに亘って高温時の 1 5 オームおよび低温時の 2 0 オームまで変化し得る。しかし、所与のサイクルにおいて、最適なフォーカスは十分正確に特定の抵抗値に対応する。従って単にこの特定の抵抗値に戻りさえすればよく、その絶対値は無関係である。

20

【 0 2 0 9 】

制御回路 5 0 で実行される制御アルゴリズムによって実装し得るオートフォーカスサイクルの一例を図 1 5 に示し、以下に説明する。オートフォーカスサイクルはフライバック手法を採用している。

【 0 2 1 0 】

オートフォーカスサイクルは S M A アクチュエータ 5 1 がマルテンサイト相にある状態で開始される。この初期状態では、制御回路 5 0 は電流を付与しなくてもよいし、最小デューティサイクルのパルス幅変調電流を付与してもよい。

【 0 2 1 1 】

初期段階 S 1 で、制御回路 5 0 は S M A 材料をマルテンサイト相から加熱して作動温度領域に到達させる。作動温度領域からは S M A 材料内に生じる応力が増加する。加熱は、制御回路 5 0 が最大デューティサイクルでパルス幅変調電流を供給することにより達成される。コントローラ 5 2 は、検出回路 5 4 が S M A アクチュエータ 5 1 の抵抗測定値として検出した S M A アクチュエータ 5 1 の電圧を監視する。抵抗値は作動温度領域外では温度に応じて上昇するが、作動温度範囲内では、S M A アクチュエータ 5 1 が短縮するにつれて下降する。従ってピーク抵抗値は作動温度領域の始まりを示す。コントローラ 5 2 は S M A アクチュエータ 5 1 の電圧の下降にตอบสนองして、初期段階 S 1 を停止し走査段階 S 2 を開始する。

30

【 0 2 1 2 】

走査段階 S 2 中、S M A アクチュエータ 5 1 は作動温度範囲に亘って走査される。これは、S M A アクチュエータ 5 1 の電圧の一連のテスト値を用いることによって達成される。一連のテスト値は抵抗測定値として作用する。その後各テスト値はコントローラ 5 2 が実行するフィードバック制御手法のターゲット値として用いられる。S M A アクチュエータ 5 1 の測定電圧値をフィードバック信号として用いることにより、電源 5 3 が出力するパルス幅変調電流のデューティサイクルが制御される。その結果、フィードバック制御手法によってこの値がテスト値に到達する。測定電圧値が一旦テスト値に達すると、イメージセンサ 4 によって出力された画像信号のフォーカスの質の測定値が導出され、コントローラ 5 2 のメモリに保存される。各テスト値についてこのプロセスが繰り返される。連続したテスト値が増加し、その結果 S M A アクチュエータ 5 1 の温度が単調に上昇する。このようにして S M A アクチュエータ 5 1 が走査段階中に加熱される間、画像信号のフォー

40

50

カスの質が監視される。

【0213】

テスト値は作動温度範囲に亘って線形に設けられてもよいがこれは必須ではない。あるいはテスト値は不均一にばらまかれてもよく、例えば範囲の特定の一部に集中してもよい。

【0214】

フォーカスの質の保存測定値は、フォーカス質が許容可能レベルである制御信号のフォーカス値を引き出すために用いられる。これは最も単純には、最高のフォーカス質測定値を有する複数のテスト値の1つを選択することによって行われる。あるいは曲線適合手法を用いて、最高のフォーカスを提供する抵抗値をテスト値から予測することも可能である。この場合フォーカス値はテスト値の1つでなくてもよい。曲線の適合はM次多項式(但し $M > 1$)などの単純な数式であってもよいし、あるいは代表的シーンから予め測定された曲線ライブラリから取られた曲線に最も適合したものとして選択されてもよい。

10

【0215】

フォーカス値は走査段階S2の最後に決定されてもよいし、走査段階S2の間に決定されてもよい。フォーカス値は後に使用するためにコントローラ52のメモリに保存される。

【0216】

次にフライバック段階S3で、SMA材料がマルテンサイト相まで冷却される。これは、最小デューティサイクルでパルス幅変調電流を付与することによって達成されてもよいが、電流を全く付与しなくても達成することができる。フライバック段階の終了を示すマルテンサイト相への変化は、コントローラ52が検出回路54によって測定された電圧値を監視することによって検出可能である。あるいは単にフライバック段階は、SMAアクチュエータ51が任意の予想作動条件下で冷却されるに十分長い期間として選択された所定期間に亘って維持することも可能である。

20

【0217】

次にフォーカス段階S4で、SMAアクチュエータ51が加熱されて走査段階の終了時に決定されたフォーカス値に対応する位置まで戻る。これは、制御回路52がフィードバック制御手法を適用することによって達成される。この際、保存されたフォーカス値はターゲット値として用いられ、その結果フィードバック信号として用いられるSMAアクチュエータ51の電圧測定値が保存されたフォーカス値に達する。温度上昇は走査段階S2同様単調である。上記のように、フライバック手法を用いた結果、SMAアクチュエータ51のヒステリシスの問題が解決され、レンズエレメント6は保存されたフォーカス値に対応する位置にあることが知られている。

30

【0218】

インフォーカス画像を得る別の手法として、制御回路50はWO-2005/093510に記載の手法を適用してもよい。

【0219】

別の形態の制御回路50は単にレンズエレメント2を、近焦点位置および遠焦点位置に対応する2つの位置まで駆動する。この場合、制御回路50は電流を付与しないか、レンズエレメント2を近焦点位置まで駆動するために電流を付与するかのいずれかである。これは制御回路50がより簡素化され、そのためよりコンパクトで低価格になるという利点を有する。例えば近焦点位置の場合、制御回路50はフィードバックのない固定電流を付与してもよいが、フィードバックが用いられるときもフィードバック制御を簡素化する低度の正確さは必要である。このような2焦点位置制御を組み込んだカメラは、固定フォーカスカメラに比べて良好な画質を提供するが、完全なオートフォーカス制御を備えたカメラよりも低価格であり小型である。

40

【産業上の利用可能性】

【0220】

以上、カメラレンズエレメントを移動させるSMA作動構造体を組み込んだカメラに関

50

する実施形態を述べてきたが、ここに述べたSMA作動構造体はカメラレンズエレメント以外の物体を移動させるためにも同等に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0221】

【図1】図1は、SMAアクチュエータを組み込んだ第1のカメラの模式的断面図である。

【図2】図2は、第1のカメラの詳細な斜視図である。

【図3】図3は、第1のカメラの一部を示す分解斜視図である。

【図4】図4は、第1のカメラのサブアセンブリの緩和状態を示す斜視図である。

【図5】図5は、製造中に緊張状態にあるサブアセンブリを示す斜視図である。

10

【図6】図6は、第1のカメラの制御回路を示す図である。

【図7】図7は、第1のカメラのサスペンションエレメントの変更形態を示す平面図である。

【図8】図8は、第1のカメラの詳細な断面図である。

【図9】図9は、第1のカメラの2つの変形形態の一方を示す斜視図である。

【図10】図10は、第1のカメラの2つの変形形態の他方を示す斜視図である。

【図11】図11は、第1のカメラの変更形態のサブアセンブリを示す斜視図である。

【図12】図12は、制御用電子部品を示す図である。

【図13】図13は、制御回路を示す図である。

【図14】図14は、制御回路の2つの可能な回路構成の一方を示す図である。

20

【図15】図15は、制御回路の2つの可能な回路構成の他方を示す図である。

【図16】図16は、制御回路内で実行可能なオートフォーカス制御アルゴリズムのフローチャートである。

【図17】図17は、第2のカメラの斜視図である。

【図18】図18は、第3のカメラの斜視図である。

【図19】図19は、図18に示す第3のカメラの斜視図であって、内部の部材を見せるために支持部を省略した図である。

【図20】図20は、第4のカメラの斜視図であって、支持構造体の環状壁を切り欠き、SMAワイヤの構造の第1の選択肢を示す図である。

【図21】図21は、図20に示す第4のカメラの斜視図であって、支持構造体の環状壁を切り欠き、SMAワイヤの構造の第2の選択肢を示す図である。

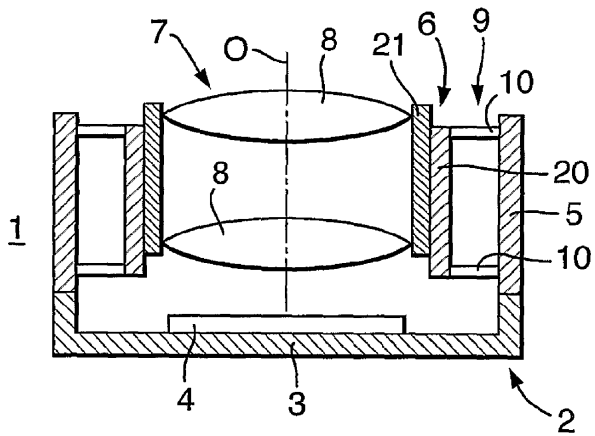
30

【図22】図22は、第5のカメラの側面図であって、支持部を断面で示す図である。

【図23】図23は、図22に示す第5のカメラの斜視図であって、支持構造体を省略した図である。

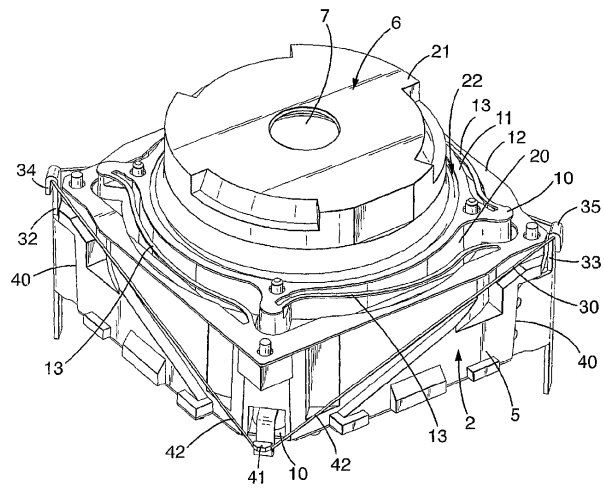
【図 1】

Fig.1.



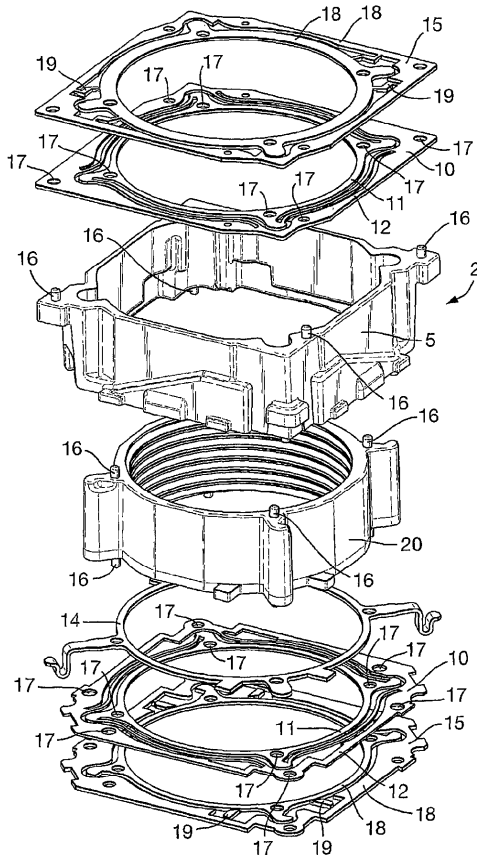
【図 2】

Fig.2.



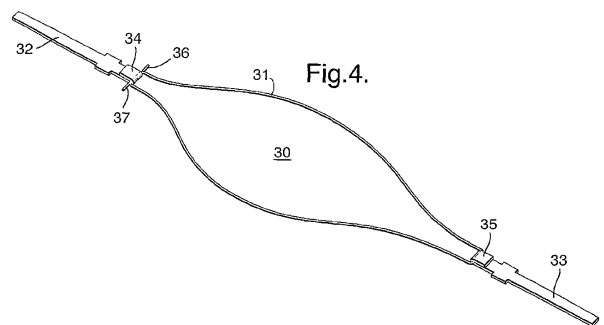
【図 3】

Fig.3.



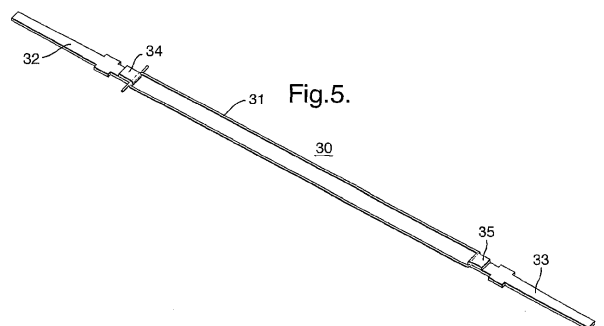
【図 4】

Fig.4.

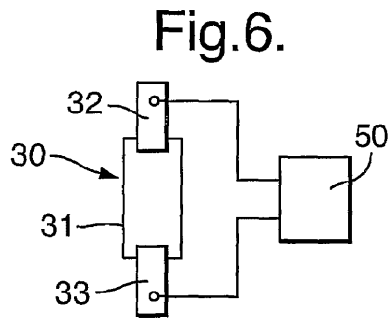


【図 5】

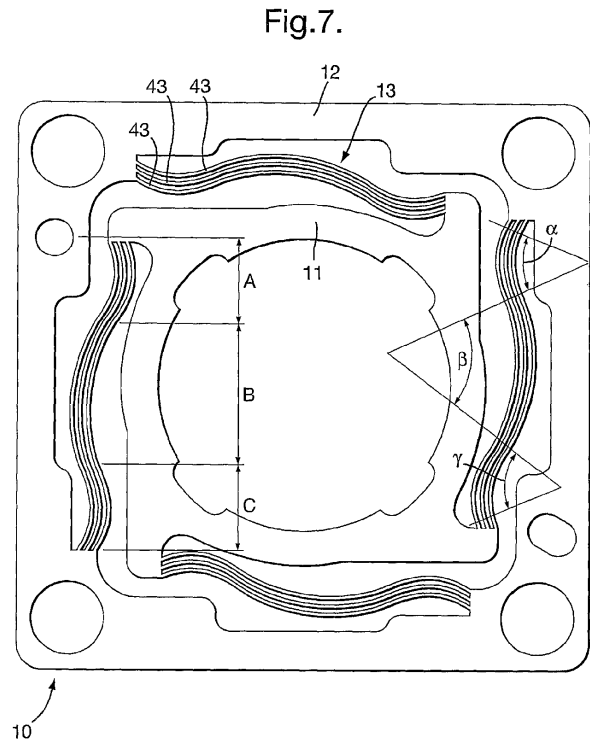
Fig.5.



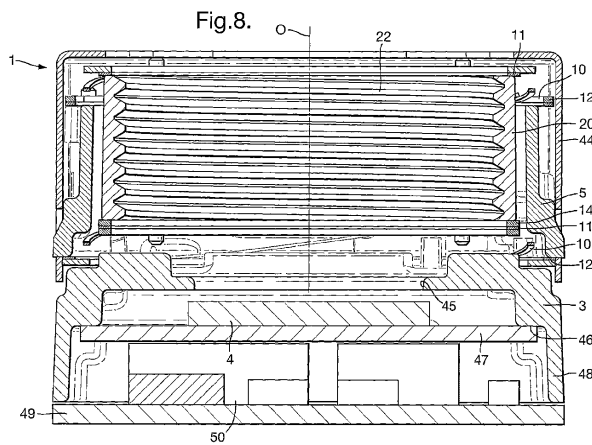
【図 6】



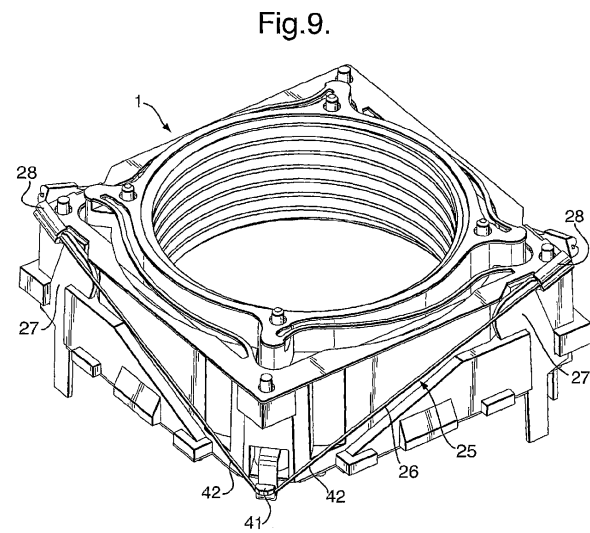
【図 7】



【図 8】

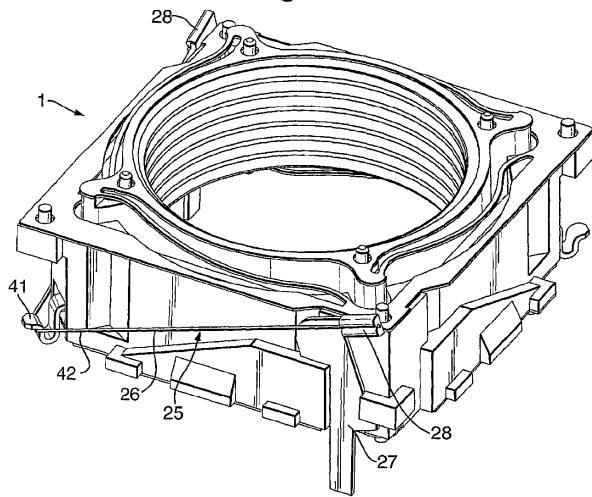


【図 9】



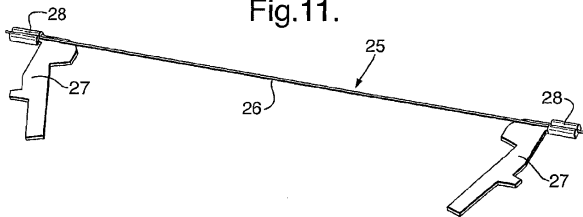
【図10】

Fig.10.



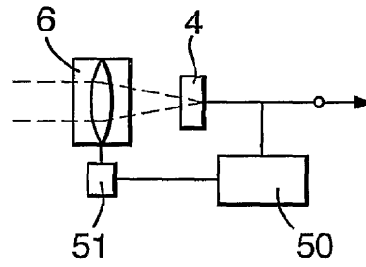
【図11】

Fig.11.



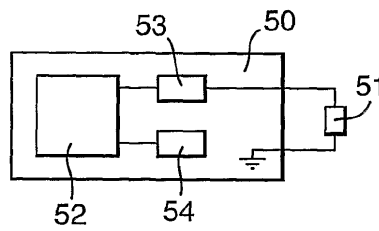
【図12】

Fig.12.



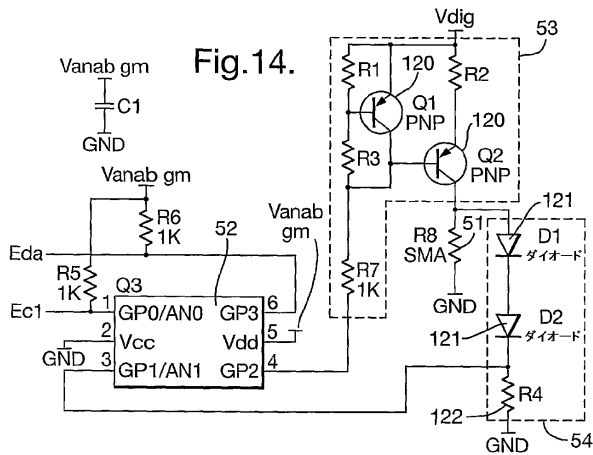
【図13】

Fig.13.



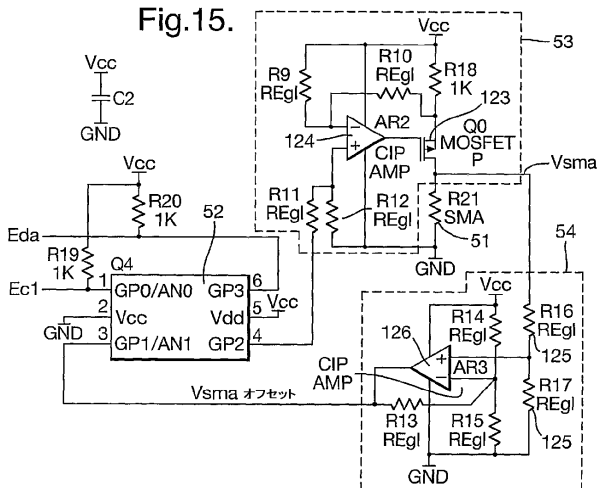
【図14】

Fig.14.



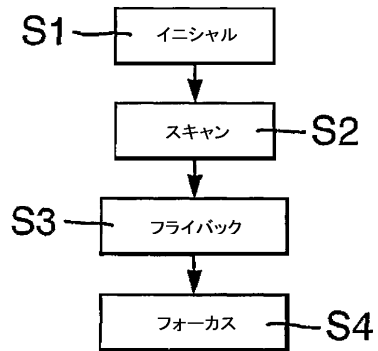
【図15】

Fig.15.



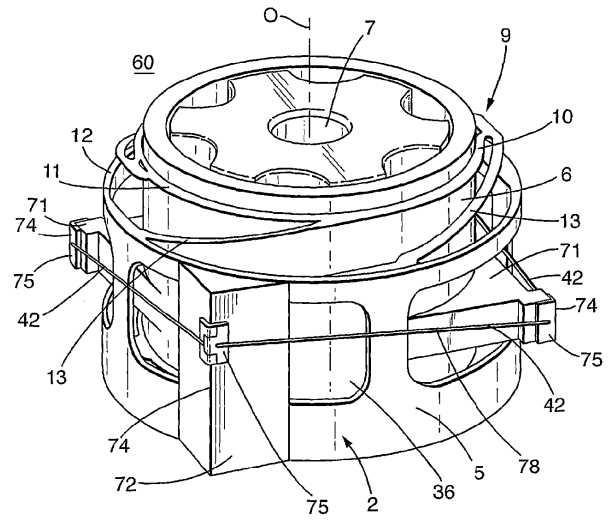
【図16】

Fig.16.



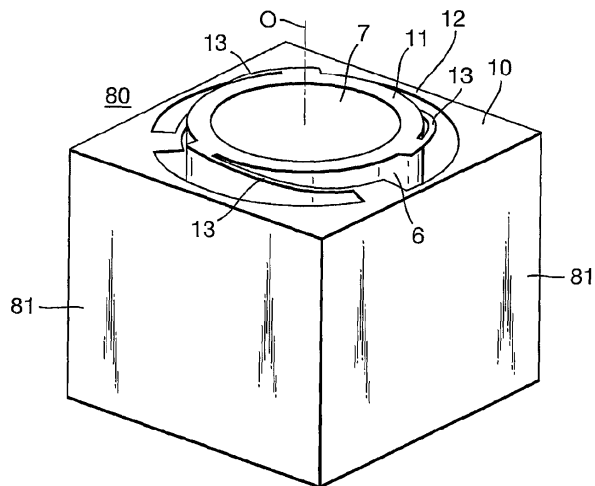
【図17】

Fig.17.



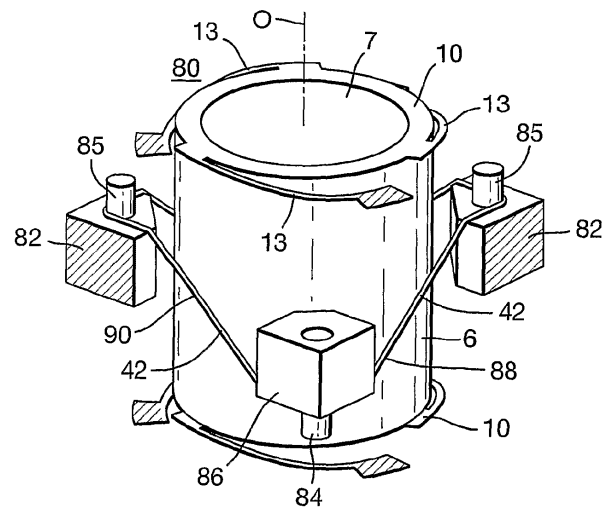
【図18】

Fig.18.



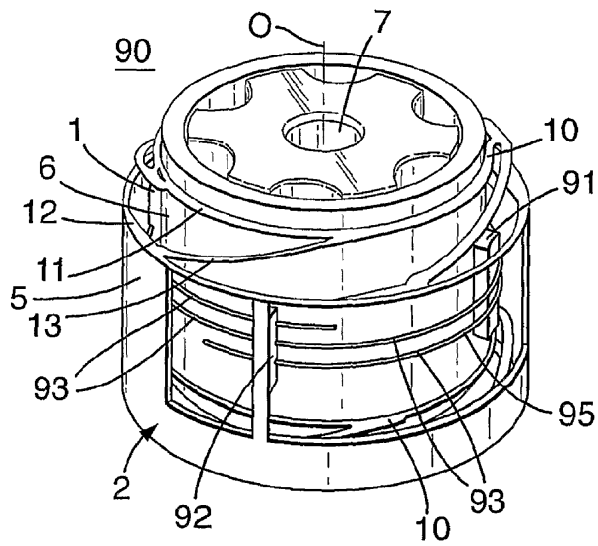
【図19】

Fig.19.



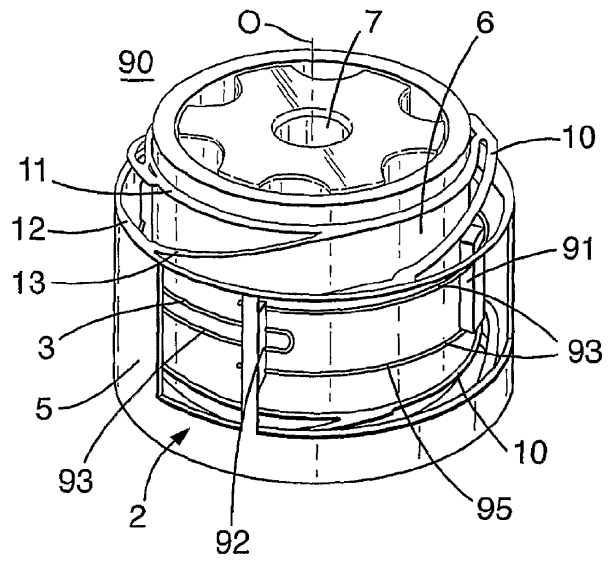
【図20】

Fig.20.



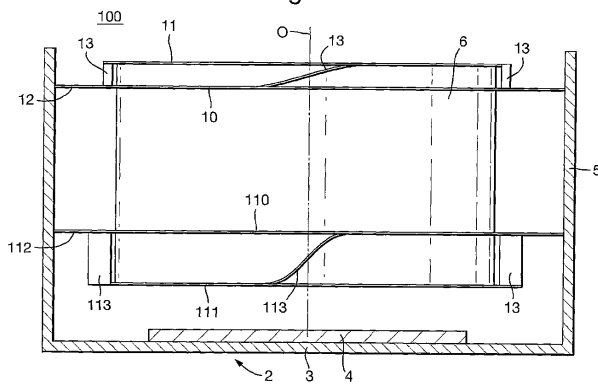
【図21】

Fig.21.



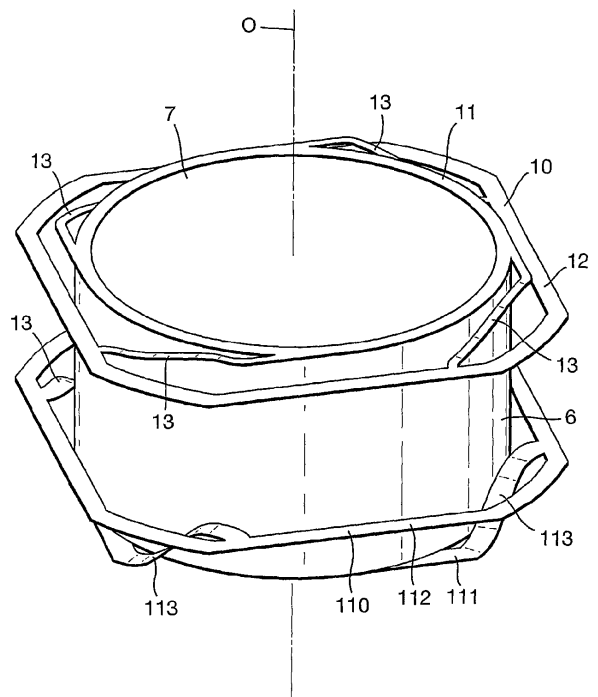
【図22】

Fig.22.



【図23】

Fig.23.



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 0617455.1

(32)優先日 平成18年9月5日(2006.9.5)

(33)優先権主張国 英国(GB)

(31)優先権主張番号 0618112.7

(32)優先日 平成18年9月14日(2006.9.14)

(33)優先権主張国 英国(GB)

(31)優先権主張番号 0620474.7

(32)優先日 平成18年10月16日(2006.10.16)

(33)優先権主張国 英国(GB)

(31)優先権主張番号 0702580.2

(32)優先日 平成19年2月9日(2007.2.9)

(33)優先権主張国 英国(GB)

(74)代理人 100104282

弁理士 鈴木 康仁

(72)発明者 トプリス, リチャード

イギリス国 ケンブリッジ シービー 2 2 エヌキュ, トランピングトン, ビショップズ ロード
4 3

(72)発明者 レビングストーン, デービッド

イギリス国 ハートフォードシャイアー エスジ 7 5 エヌエス, ロイストン, ハイデン, フォウ
ルメアー ロード 7 1

(72)発明者 リードハム, ロバート, ジョン

イギリス国 ケンブリッジ シービー 1 8 エスジェイ, トップクリフ ウェイ 3

審査官 齋藤 卓司

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 1 3 0 1 1 4 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 0 9 9 0 1 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

G 0 2 B 7 / 0 4