

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6038174号
(P6038174)

(45) 発行日 平成28年12月7日(2016.12.7)

(24) 登録日 平成28年11月11日(2016.11.11)

(51) Int.Cl.	F I
HO 2 N 11/00 (2006.01)	HO 2 N 11/00 Z
HO 1 L 41/193 (2006.01)	HO 1 L 41/193

請求項の数 11 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2014-548293 (P2014-548293)	(73) 特許権者	516043960
(86) (22) 出願日	平成24年12月18日(2012.12.18)		フィリップス ライティング ホールディ ング ビー ヴィ
(65) 公表番号	特表2015-501132 (P2015-501132A)		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン トホーフェン ハイ テク キャンパス 4 5
(43) 公表日	平成27年1月8日(2015.1.8)		
(86) 国際出願番号	PCT/IB2012/057412	(74) 代理人	110001690
(87) 国際公開番号	W02013/093766		特許業務法人M&Sパートナーズ
(87) 国際公開日	平成25年6月27日(2013.6.27)	(72) 発明者	ワグマンズ ウィーブ
審査請求日	平成27年12月15日(2015.12.15)		オランダ国 5 6 5 6 アーエー アイン ドーフエン ハイ テック キャンパス ビルディング 4 4
(31) 優先権主張番号	61/578, 426		
(32) 優先日	平成23年12月21日(2011.12.21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御可能な高分子アクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

誘電エラストマー膜と、

前記誘電エラストマー膜の第1の面にある第1の変形可能な電極と、

前記誘電エラストマー膜の第2の面にあり、前記第1の変形可能な電極と少なくとも部分的に対向する第2の変形可能な電極と、

を含み、

前記第1及び第2の変形可能な電極は、前記第1及び第2の変形可能な電極間への電圧の印加が、制御可能な高分子アクチュエータの活性部にトポグラフィを変更させるように配置され、

前記制御可能な高分子アクチュエータは更に、前記誘電エラストマー膜に接続される変形制御層を含み、

前記変形制御層は、少なくとも局所的に、前記誘電エラストマー膜よりも高い剛性を有し、

前記変形制御層は、前記第1及び第2の変形可能な電極間に電圧が印加されると、前記活性部の曲率を制御する剛性パターンで前記活性部に亘って空間的に変動する剛性を示し、

前記制御可能な高分子アクチュエータが、前記第1及び第2の変形可能な電極間への電圧の印加を介して光学的状態間を切り替え可能であるように、光学的に透明である、制御可能な高分子アクチュエータ。

【請求項 2】

前記変形制御層は、前記空間的に変動する剛性を達成するために空間的に変動する厚さを示す、請求項 1 に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

【請求項 3】

前記活性部は、前記第 1 及び第 2 の変形可能な電極のうち少なくとも一方の電極の少なくとも 1 つの端によって実質的に画定される、請求項 1 又は 2 に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

【請求項 4】

剛性勾配を示す前記変形制御層は、前記第 1 及び第 2 の変形可能な電極のうち少なくとも一方の電極の前記少なくとも 1 つの端に対して実質的に垂直である、請求項 3 に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

10

【請求項 5】

前記変形制御層は、前記第 1 及び第 2 の変形可能な電極のうち少なくとも一方の電極の前記少なくとも 1 つの端からの距離が増加するにつれて減少する剛性を示す、請求項 3 又は 4 に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

【請求項 6】

前記変形制御層は、前記誘電エラストマー膜の内側に配置される、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

【請求項 7】

前記誘電エラストマー膜の第 1 の面に配置される第 1 の変形制御層と、前記第 1 の面と対向する前記誘電エラストマー膜の第 2 の面に配置される第 2 の変形制御層とを含む、請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

20

【請求項 8】

前記第 1 の変形制御層は、第 1 のパターンに従って空間的に変動する剛性を示し、前記第 2 の変形制御層は、前記第 1 のパターンとは異なる第 2 のパターンに従って空間的に変動する剛性を示す、請求項 7 に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

【請求項 9】

前記第 1 及び第 2 の変形可能な電極間に電圧が印加されたときに、前記制御可能な高分子アクチュエータの横寸法を実質的に一定に保つ枠構造体を更に含む、請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載の制御可能な高分子アクチュエータ。

30

【請求項 10】

誘電エラストマー膜と、前記誘電エラストマー膜の第 1 の面にある第 1 の変形可能な電極と、前記誘電エラストマー膜の第 2 の面にあり、前記第 1 の変形可能な電極と少なくとも部分的に対向する第 2 の変形可能な電極とを含み、前記第 1 及び第 2 の変形可能な電極は、前記第 1 及び第 2 の変形可能な電極間への電圧の印加が、高分子アクチュエータスタックの活性部にトポグラフィを変更させるように配置される、前記高分子アクチュエータスタックを設けるステップと、

前記高分子アクチュエータスタックに関連して、前記誘電エラストマー膜よりも強く、前記第 1 及び第 2 の変形可能な電極間に電圧が印加されると、前記活性部の曲率を制御するパターンで前記活性部に亘って空間的に変動する剛性を示す変形制御層を設けるステップと、

40

を含む、請求項 1 乃至 9 の何れか一項に記載の制御可能な高分子アクチュエータを製造する方法。

【請求項 11】

前記変形制御層は、空間的に変動するパターンに従う高分子材料のインクジェットプリンティングを介して設けられる、請求項 10 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制御可能な高分子アクチュエータと、そのような制御可能な高分子アクチュ

50

エータを製造する方法とに関する。

【背景技術】

【0002】

高分子アクチュエータ又は電気活性高分子（EAP）は、薄膜作動面を生成する独特の可能性を提供する。これは、例えば制御可能な光学要素、いわゆる電子筋肉、並びに、表面の外観及び／又は触知性を変更するために制御可能な表面トポグラフィが使用されるアプリケーションといった多くの異なるアプリケーションに使用できる。

【0003】

高分子アクチュエータは、通常、2つの変形可能な電極の間に挟まれた誘電エラストマー膜を含む。電圧が電極間に印加されると、電極を互いの近くに押す静電力が生成される。これが起きると、電極間の誘電エラストマー膜の一部は、圧縮力が静電力とバランスが取れるまで圧縮される。圧縮力が静電力とバランスが取られる時点において、誘電エラストマー膜は（少なくとも局所的に）薄くなる。誘電エラストマー膜の非圧縮性によって、局所的な厚みの減少は、高分子アクチュエータの別の次元の変化に変換する。電極形状を適切に選択し、電極間に印加される電圧を制御することによって、高分子アクチュエータの表面トポグラフィは、電極間に電圧を印加することによって制御される。しかし、表面トポグラフィの制御は、誘電エラストマー膜の特性と電極の構成とによって制限される。

【0004】

制御可能な範囲を拡張するために、少なくとも、振幅について、米国特許出願公開第2008/0289952号は、誘電エラストマー膜及び制御電極によって形成されるスタックの片面又は両面の上に不動態層を設けることについて開示している。不動態層は、面外変形を増幅し、より可視的な表面特徴を生成するために、誘電エラストマー膜よりも柔軟である。

【0005】

面外変形の制御範囲を増加させるが、米国特許出願公開第2008/0289952号による高分子アクチュエータは、電極形状を介した変形場所の制御に依然として制限され、特定の表面トポグラフィを達成するのは困難及び／又は複雑である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来技術の上記及び他の欠点に鑑みて、本発明は、特に制御可能な高分子アクチュエータの表面トポグラフィの制御を容易にする改良された制御可能な高分子アクチュエータを提供することを全体的な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様によれば、誘電エラストマー膜と、誘電エラストマー膜の第1の面にある第1の変形可能な電極と、誘電エラストマー膜の第2の面にあり、第1の変形可能な電極と少なくとも部分的に対向する第2の変形可能な電極とを含み、第1及び第2の変形可能な電極は、電極間への電圧の印加が、制御可能な高分子アクチュエータの活性部にトポグラフィを変更させるように配置され、制御可能な高分子アクチュエータは更に、誘電エラストマー膜に接続される変形制御層を含み、変形制御層は、少なくとも局所的に、誘電エラストマー膜よりも高い剛性を有し、電極間に電圧が印加されると、活性部の曲率を制御する剛性パターンで活性部に亘って空間的に変動する剛性を示す、制御可能な高分子アクチュエータが提供される。

【0008】

誘電エラストマー膜に「接続される」変形制御層とは、本願のコンテキストでは、誘電エラストマー膜に作用する力が、変形制御層に作用する力をもたらすように、変形制御層と誘電エラストマー膜との間に直接的又は間接的な機械的接続があることを意味するものと理解されるべきである。

【0009】

変形制御層の「剛性」は、変形制御層の厚さ及び材料特性（特に弾性係数）によって決定される。

【0010】

なお、「剛性パターン」は、繰り返し構造である必要はなく、様々な剛性を有する部分の不規則なパターンであってもよい。

【0011】

本発明は、制御可能な高分子アクチュエータに空間的に変動する（制御可能な高分子アクチュエータの表面全体に亘る）剛性を与えることによって、制御可能な高分子アクチュエータの表面トポグラフィの向上された制御が達成されるという認識に基づいている。したがって、誘電エラストマー膜の材料の所与の変位は、空間的に変動する剛性について選択されるパターンによって決定される曲率をもたらす。本発明者は更に、このような空間的に変動する剛性が、誘電エラストマー膜よりも高い剛性を有し、制御可能な高分子アクチュエータの活性部に亘って空間的に変動する剛性を示す変形制御層を設けることによって有利に達成されることも認識している。

10

【0012】

変形制御層によって、変形可能な電極間に電圧が印加された時に所望の表面トポグラフィを達成するように制御可能な高分子アクチュエータをデザインするエンジニアに、更なるデザインツールが提供される。これは、既知の制御可能な高分子アクチュエータを使用してでは全く得られなかった表面トポグラフィを可能にし、並びに／又は、より簡単な電極パターン及び／若しくはより少ない個別に制御可能な電極で特定の表面トポロジーが得られることを可能にする。したがって、本発明の様々な実施形態は、機能を増大し、並びに／又は、コスト及び複雑さを減少する。変形制御層を提供することによって、一部の變形は、トポグラフィのより大きな制御のために犠牲にされる。これは、制御可能な高分子アクチュエータが制御可能な光学要素であるアプリケーションにおいて特に重要である。というのは、このようなデバイスでは、曲率／トポグラフィにおける小さな変化でも、光学性能に大きな影響を及ぼすからである。

20

【0013】

本発明の様々な実施形態によれば、制御可能な高分子アクチュエータは、変形可能な電極間への電圧の印加を介して光学的状態間で切り替え可能である制御可能な光学要素として機能できるように、少なくとも部分的に光学的に透明である。そのために、少なくとも誘電エラストマー膜及び変形制御層は光学的に透明である。有利には、変形可能な電極も光学的に透明である。

30

【0014】

変形制御層の空間的に変動する剛性は、様々な方法で達成される。例えば、変形制御層は、空間的に変動する剛性を達成するために空間的に変動する厚さを示す。

【0015】

一実施形態によれば、変形制御層は、第1の厚さを有する部分の第1のセットと、第1の厚さとは異なる第2の厚さを有する部分の第2のセットとを有するパターン化された層として設けられてもよい。例えば変形制御層は、第2の厚さが実質的にゼロであるパターンで設けられてもよい。これは、局所平均剛性が、第1の部分セットの局所平均表面被覆率によって決定されることを意味する。

40

【0016】

様々な実施形態によれば、上記の活性部は、変形可能な電極のうち少なくとも一方の電極の少なくとも1つの端によって実質的に画定される。これらの実施形態では、変形可能な電極間への電圧の印加は、変形可能な電極間の誘電エラストマー膜を圧縮させ、これは、変形可能な電極の端の隣の誘電エラストマー膜の厚さを増加させる。

【0017】

これらの実施形態のうちの幾つかでは、変形制御層は、少なくとも1つの変形可能な電極の少なくとも1つの端に対して実質的に垂直な剛性勾配を示してもよい。

【0018】

50

これにより、変形制御層の曲率制御は、変形可能な電極間への電圧の印加によって引き起こされる変形と一致して働くことが確実にされ、制御可能な高分子アクチュエータの表面トポグラフィの制御が向上される。

【0019】

更に、変形制御層は、少なくとも1つの変形可能な電極の少なくとも1つの端からの距離が増加するにつれて減少する剛性を示す。これにより、制御可能な高分子アクチュエータの制御された曲率が達成され、これは、光学的アプリケーションに特に有用である。

【0020】

或いは、変形可能な電極は、活性部全体を均一に覆ってもよく、また、変形可能な電極間に電圧を印加すると、活性部の構成は、変形制御層の剛性パターンによって実質的に排他的に制御される。

10

【0021】

変形制御層は、誘電エラストマー膜及び変形可能な電極を更に含む制御可能な高分子アクチュエータスタックのどこにでも配置されてよい。

【0022】

誘電エラストマー膜と第1及び／又は第2の変形可能な電極との間、又は、第1及び／又は第2の変形可能な電極上に変形制御層を設けることが、制御可能な高分子アクチュエータを製造する際に最も簡単である。

【0023】

しかし、変形制御層を、誘電エラストマー膜の内側に設けることも有利である。これは、変形制御層によって引き起こされる光学散乱を減少するからである。変形制御層は、例えば、変形制御層を第1の誘電エラストマーシート上に設け、変形制御層を当該第1の誘電エラストマーシートと第2の誘電エラストマーシートとの間に挟むことによって、誘電エラストマー膜の内側に設けられる。

20

【0024】

様々な実施形態によれば、更に、制御可能な高分子アクチュエータは、誘電エラストマー膜の第1の面に配置される第1の変形制御層と、第1の面と対向する誘電エラストマー膜の第2の面に配置される第2の変形制御層とを含む。第1及び第2の変形制御層は、制御可能な高分子アクチュエータの左右対称表面トポグラフィを得るために実質的に同一であってよいが、或いは、第1及び第2の変形制御層は、制御可能な高分子アクチュエータの様々な面で様々な曲率を得るために、異なってもよい。

30

【0025】

更に、制御可能な高分子アクチュエータは更に、変形可能な電極間に電圧が印加されたときに、制御可能な高分子アクチュエータの横寸法を実質的に一定に保つ枠構造体を更に含んでもよい。これにより、表面トポグラフィの向上された制御が達成される。枠構造体は、例えば外部構造体（クランプ枠）として設けられる。

【0026】

本発明の第2の態様によれば、誘電エラストマー膜と、誘電エラストマー膜の第1の面にある第1の変形可能な電極と、誘電エラストマー膜の第2の面にあり、第1の変形可能な電極と少なくとも部分的に対向する第2の変形可能な電極とを含み、第1及び第2の変形可能な電極は、電極間への電圧の印加が、高分子アクチュエータスタックの活性部を厚くさせるように配置される、当該高分子アクチュエータスタックを設けるステップと、高分子アクチュエータスタックに関連して、誘電エラストマー膜よりも強く、電極間に電圧が印加されると、活性部の曲率を制御するパターンで活性部に亘って空間的に変動する剛性を示す変形制御層を設けるステップとを含む、制御可能な高分子アクチュエータを製造する方法が提供される。

40

【0027】

変形制御層は、有利には、空間的に変動するパターンに従う高分子材料のインクジェットプリンティングを介して設けられる。

【0028】

50

本発明のこの第２の態様のバリエーション及び利点は、本発明の第１の態様に関連して上記されたものの大部分と類似する。

【図面の簡単な説明】

【００２９】

本発明のこれらの及び他の態様は、本発明の現在好適である実施形態を示す添付図面を参照してより詳細に説明される。

【００３０】

【図１】図１は、本発明の例示的な実施形態による、制御可能な光学要素の形の制御可能な高分子アクチュエータの斜視図である。

【図２】図２は、図１の制御可能な光学要素の概略平面図である。

【図３a】図３aは、オフ状態にある制御可能な光学要素を示す、図２の線A-A'に沿って取られた断面の部分断面図である。

【図３b】図３bは、オン状態にある制御可能な光学要素を示す、図２の線A-A'に沿って取られた断面の部分断面図である。

【図４】図４は、オン状態にある制御可能な光学要素を示す、図２の線B-B'に沿って取られた断面の部分断面図である。

【図５】図５は、本発明の制御可能な高分子アクチュエータの様々な実施形態についての変形制御層の第１の例示的パターンセットを概略的に示す。

【図６】図６は、本発明の制御可能な高分子アクチュエータの様々な実施形態についての変形制御層の第２の例示的パターンセットを概略的に示す。

【図７】図７は、本発明の制御可能な高分子アクチュエータの様々な実施形態についての変形制御層の第３の例示的パターンセットを概略的に示す。

【図８】図８は、本発明の制御可能な高分子アクチュエータの様々な実施形態についての変形制御層の第４の例示的パターンセットを概略的に示す。

【発明を実施するための形態】

【００３１】

以下の説明において、本発明は、光学的に透明の制御可能な高分子アクチュエータスタックを含む制御可能な光学要素を参照して説明される。

【００３２】

なお、以下の説明は、決して、発明の範囲を限定するものではなく、当該発明の範囲は、例えば触知性アプリケーションに有用である及び／又は反射パターンを制御可能に形成するのに有用である他の制御可能な高分子アクチュエータにも同じように当てはまる。

【００３３】

図１は、図１に概略的に示されるように、少なくとも、平らな状態とレンズ状状態との間で制御可能なレンズアレイの形の制御可能な光学要素１を概略的に示す。制御可能な光学要素１は、誘電エラストマー膜２と、第１の変形可能な電極３と、第２の変形可能な電極４と、第１の変形制御層５と、第２の変形制御層６とを含む。第１の変形可能な電極３及び第２の変形可能な電極４は、誘電エラストマー膜２の両面に設けられている。電圧源（図１には図示せず）を使用して、第１の変形可能な電極３と第２の変形可能な電極４との間に電圧が印加されると、静電力が、第１の変形可能な電極３と第２の変形可能な電極４との間の誘電エラストマー膜を、図１に概略的に示されるように、圧縮させる。第１の変形制御層５及び第２の変形制御層６のそれぞれは、誘電エラストマー膜２よりも高い剛性を有し、また、制御可能な光学要素１の活性部７に亘って空間的に変動する剛性を示す（図面が見にくくならないように、図１には１つの活性部しか示されていない）。図１に概略的に示されるように、制御可能な光学要素１は更に、誘電エラストマー膜２の外周を固定する枠８を含む。

【００３４】

以下により詳細に説明されるように、第１の変形制御層５及び第２の変形制御層６の空間的に変動する剛性は、第１の変形可能な電極３と第２の変形可能な電極４との間に電圧が印加されると活性部７の曲率を制御する剛性パターンの形で提供される。図１における

10

20

30

40

50

例示的な制御可能な高分子アクチュエータでは、第1の変形制御層5及び第2の変形制御層6の剛性パターンは、同一であるが、様々な実施形態については、剛性パターンは異なっているもよい。

【0035】

図2は、図1の制御可能な光学要素1の上からの概略平面図であるが、第1の変形制御層5の構成が、空間的に変動するパターンによって示されている。明るい領域は、高い剛性を示し、暗い領域は、低い剛性を示す。

【0036】

第1の変形可能な電極3と第2の変形可能な電極4との間に電圧が印加されると、活性部7の曲率は、第1の変形制御層5及び第2の変形制御層6のパターンによって決定される。この点は、図3a、図3b及び図4を参照して更に説明される。

10

【0037】

図3a、図3bは、図2の線A-A'に沿って取られた断面の制御可能な光学要素1の概略部分断面図である。図3aは、「オフ状態」（第1の変形可能な電極3と第2の変形可能な電極4との間に電圧が印加されていない場合）にある制御可能な光学要素1を示し、図3bは、「オン状態」（第1の変形可能な電極3と第2の変形可能な電極4との間に電圧が印加されている場合）にある制御可能な光学要素1を示す。

【0038】

オフ状態では、第1の変形可能な電極3と第2の変形可能な電極4との間に作用する静電力はなく、つまり、光学要素1は、図3aに概略的に示されるように、変形しない。

20

【0039】

オン状態では、第1の変形可能な電極3と第2の変形可能な電極4との間に電圧が印加されると、（図3bに矢印によって示される）静電力が、当該静電力が誘電エラストマー膜2の変形によってもたらされる力によってバランスが取られるまで、第1の変形可能な電極3と第2の変形可能な電極4を互いに引く。これは、第1の変形可能な電極3と第2の変形可能な電極4との間の誘電エラストマー膜の一部から活性部7に向かって材料を移動させる。図3bに概略的に示されるように、また、図4を参照して以下に更に説明されるように、活性部7の曲率は、変形制御層5、6の構成によって決定される。

【0040】

図4は、図2の線B-B'に沿って取られた断面の制御可能な光学要素1の概略部分断面図であり、図4に概略的に示されるように、図2の線B-B'に沿った活性部7の曲率は均一ではないが、第1の変形制御層5及び第2の変形制御層6の構成又はパターンによって決定される。

30

【0041】

図1及び図2に示される剛性パターンによって、制御可能な高分子アクチュエータの表面トポグラフィは、1次元に延在する電極3、4間に電圧を印加することによって2次元に制御される。他のタイプの表面トポグラフィを達成するために、他の剛性パターンが使用されてもよい。図5、図6、図7及び図8を参照して、剛性パターンの様々な例が以下に簡単に説明される。

【0042】

図5では、幅が減少するくさび状パターン10a、10bを提供することによって、図の左から右へと剛性が減少する2つの異なる概略例が示される。

40

【0043】

図6では、幅が減少する線を使用して形成される格子パターン11a、11b、11cを提供することによって、図の左から右へと剛性が減少する3つの異なる概略例が示される。

【0044】

図7では、密度が減少するパターン12a、12b、12cを提供することによって、図の左から右へと剛性が減少する3つの異なる概略例が示される。

【0045】

50

最後に、図 8 は、円形対称性を示す剛性パターン 13 a、13 b の 2 つの例を概略的に示す。

【0046】

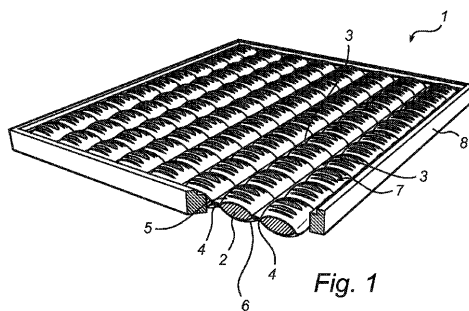
更に、開示された実施形態に対する変更は、図面、開示内容及び添付の請求項の検討から、クレームされた発明を実施する当業者によって理解かつ実現されよう。例えば剛性パターンは、高分子層を設け、UV 光で所望パターンを照射して、照射された部分における剛性を局所的に増加させることといった他の方法でも達成される。更に、非周期的構造体を含む他のパターン。また、様々な層のそれぞれは、複数の副層を含んでもよく、様々な層は、異なる弾性係数を有する様々な部分又はセグメントを含んでもよい。

【0047】

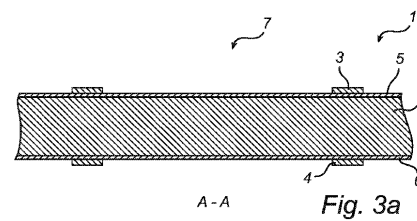
請求項において、「含む」との用語は、他の要素又はステップを排除するものではなく、また、「a」又は「an」との不定冠詞も、複数形を排除するものではない。特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されるからといって、これらの手段の組み合わせを有利に使用することができないことを示すものではない。

10

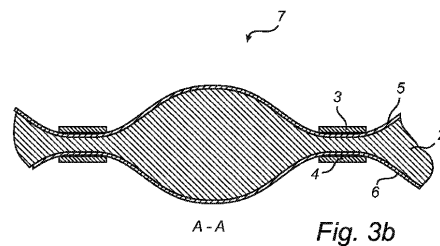
【図 1】



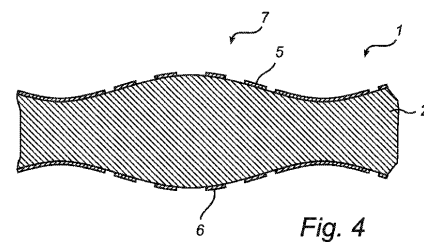
【図 3 a】



【図 3 b】



【図 4】



【図 5】

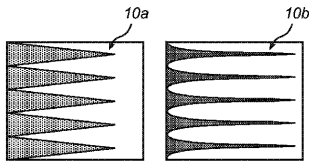


Fig. 5

【図 8】

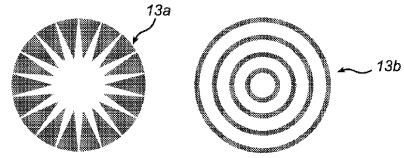


Fig. 8

【図 6】

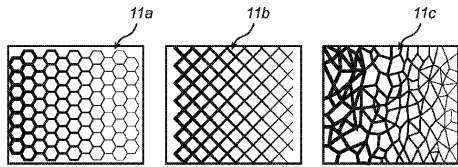


Fig. 6

【図 7】

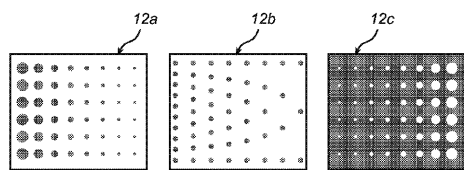


Fig. 7

フロントページの続き

(72)発明者 ブロッケン ダーク

オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
44

(72)発明者 クロムボエトス フロリス マリア ハーマンズ

オランダ国 5656 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
44

審査官 柿崎 拓

(56)参考文献 特開2009-267429 (JP, A)

国際公開第2009/031538 (WO, A1)

欧州特許出願公開第02385562 (EP, A1)

特開2008-079431 (JP, A)

特許第4695226 (JP, B1)

特開2009-303325 (JP, A)

特表2009-526254 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02N 11/00

H01L 41/193