

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02008/140032

発行日 平成22年8月5日 (2010.8.5)

(43) 国際公開日 平成20年11月20日 (2008.11.20)

(51) Int.Cl. F 1 15 B 15/10 (2006.01) テーマコード (参考) 3H081

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

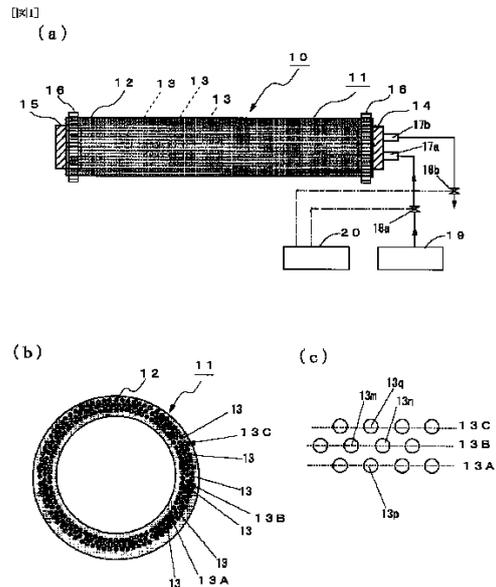
出願番号	特願2009-514143 (P2009-514143)	(71) 出願人	599011687 学校法人 中央大学 東京都八王子市東中野742-1
(21) 国際出願番号	PCT/JP2008/058605	(74) 代理人	100080296 弁理士 官園 純一
(22) 国際出願日	平成20年5月9日 (2008.5.9)	(72) 発明者	中村 太郎 東京都文京区春日1-13-27 中央大 学後楽園キャンパス内
(31) 優先権主張番号	特願2007-126814 (P2007-126814)	(72) 発明者	山本 健二 東京都文京区春日1-13-27 中央大 学後楽園キャンパス内
(32) 優先日	平成19年5月11日 (2007.5.11)	Fターム(参考)	3H081 AA18 BB03 CC20 CC24 DD27 HH10
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体注入型アクチュエータ

(57) 【要約】

筒状体内に流体を注入して膨張させて長手方向の長さを伸縮させる際に、半径方向の膨張を長手方向に効率よく伝達することのできるアクチュエータを提供するために、流体注入型アクチュエータ10の膨張収縮部であるアクチュエータ本体11を、円筒状のゴムチューブ12と、このゴムチューブ12に内挿された、上記ゴムチューブ12の長手方向に延長する、グラスローピング繊維などの径が10 μm程度の複数の繊維13を上記ゴムチューブ12の周方向に沿って環状に配列して成る複数の環状繊維群13A~13Cとから構成し、ゴムチューブ12が膨張した場合でも、上記アクチュエータ本体11の全面にわたって上記ゴムチューブ12を長手方向へ拘束することができるようにした。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

弾性体から成る筒状体とこの筒状体の両端に設けられた蓋部材とで作られる空間に供給される流体の圧力により上記筒状体を径方向に膨張させて、上記筒状体の長手方向の長さを収縮させる流体注入型アクチュエータであって、上記筒状体には、筒状体の長手方向に延長する複数の繊維が上記筒状体の横断面において上記筒状体の周方向に沿って環状に配列された環状繊維群と、上記環状繊維群の径方向外側もしくは径方向内側に配置される、筒状体の長手方向に延長する複数の繊維とが内挿されていることを特徴とする流体注入型アクチュエータ。

## 【請求項 2】

上記環状繊維群の径方向外側もしくは径方向内側に配置される複数の繊維は、上記筒状体の周方向に沿って環状に配列されて環状繊維群を形成していることを特徴とする請求項 1 に記載の流体注入型アクチュエータ。

## 【請求項 3】

上記環状繊維群の隣接する繊維間の径方向内側もしくは径方向外側に他の環状繊維群の繊維が位置していることを特徴とする請求項 2 に記載の流体注入型アクチュエータ。

## 【請求項 4】

上記繊維は弾性体で被覆されていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれかに記載の流体注入型アクチュエータ。

## 【請求項 5】

上記筒状体は外周部に上記筒状体の径方向への膨張を制限するリングを備えていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の流体注入型アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、例えば、人工筋肉等に用いられるアクチュエータに関するもので、特に、弾性体から成る筒状体内に流体を注入して膨張させ、筒状体の長さを伸縮させる形態の流体注入型アクチュエータに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、人工筋肉として、中空状の弾性体内に空気を注入して膨張させ、上記弾性体をその長手方向に収縮させる形態のものが知られている。図 9 ( a ) は、従来から研究されているマッキベン ( M c K i b b e n ) 型人工筋肉 5 0 の構成を示す図で、この人工筋肉 5 0 は、円筒状のゴムチューブ 5 1 の外側をスリーブ状に編みこんだ繊維コード 5 2 で覆った構造となっている。上記ゴムチューブ 5 1 と繊維コード 5 2 とは、その両端でターミナル 5 3 及び締付バンド 5 4 により強く固定されている。そして、上記ゴムチューブ 5 1 内に、上記ターミナル 5 3 に設けられた空気注入用パイプ 5 5 から空気を注入して膨張させると、図 9 ( b ) に示すように、上記繊維コード 5 2 の繊維 5 2 a , 5 2 a のなす角度が変化し、上記人工筋肉 5 0 は長手方向に収縮する。したがって、上記人工筋肉 5 0 は上記ターミナル 5 3 , 5 3 間の距離が変化するアクチュエータとして動作する。

しかし、マッキベン ( M c K i b b e n ) 型人工筋肉 5 0 はゴムチューブ 5 1 に繊維コード 5 2 を覆わせているだけなので、伸縮時にはゴムチューブ 5 1 と繊維コード 5 2 との間に摩擦が生じ、そのため、ゴムが破けるなどの問題があった。

そこで、図 1 0 ( a ) , ( b ) に示すような、繊維をゴムチューブ内に内挿した形態のゴム人工筋 6 0 が提案されている。このゴム人工筋 6 0 のゴムチューブ 6 1 は、ゴムフィルム 6 2 に、上記ゴムチューブ 6 1 の長手方向に延長し当該ゴムチューブ 6 1 の長手方向の伸びを拘束する複数本のタコ糸 ( 綿糸 ) 6 3 を内挿したもので、これにより、上記タコ糸 6 3 は周りのゴムフィルム 6 2 と一体化される。したがって、ゴムチューブ 6 1 の伸縮時における繊維 ( タコ糸 6 3 ) とゴム ( ゴムフィルム 6 2 ) との間の摩擦を解消すること

10

20

30

40

50

ができるので、人工筋 60 の耐久性が向上する。(例えば、非特許文献 1 参照)。

【非特許文献 1】松下：ゴム人工筋製法ノート；「計測と制御」第 7 巻第 1 2 号(昭和 43 年 12 月)：pp 110 - 116

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記人工筋 60 では、拘束部材として、図 10 (b) に示すような、多数の綿糸 63 a を編んだ径が 0.2 ~ 0.8 mm 程度の太いタコ糸 63 を使用しているので、ゴムチューブ 61 が膨張した場合には、図 11 に示すように、半径方向への膨張がタコ糸 63 とタコ糸 63 との間のゴムフィルム 62 に集中してしまい、そのため、半径方向の膨張を長手方向の収縮へ十分に伝達することができないといった問題点があった。また、高収縮時や高負荷時、あるいは、円筒の半径が小さい場合、更には、リングを多数挿入した場合などのように、上記人工筋 60 に高い圧力が作用した状態で伸縮を繰り返すと、圧力が集中する箇所(タコ糸 63 間のゴムフィルム 62)に亀裂が発生したり、タコ糸 63 とゴムフィルム 62 とが剥離してしまうといった問題点があった。実際に発明者らが、径が 0.5 mm 程度のタコ糸を用いて上記人工筋 60 と同様の構成の試作品を作製して実験したところ、ゴムチューブを膨張させてすぐにタコ糸が切れてしまった。また、上記タコ糸に代えて、径が約 0.3 mm 程度の撚ったアラミド繊維を用いて実験したところ、収縮率は 5% 程度しか得られず、更に圧力をかけるとゴムが裂けてしまった。

なお、タコ糸 63 の本数を増やすとタコ糸 63 とタコ糸 63 との間隔は狭まるが、ゴムフィルム 62 への長手方向に対する拘束が大きくなるため、タコ糸 63 とタコ糸 63 との間のゴムフィルム 62 への応力集中を緩和することは困難である。

【0004】

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、筒状体内に流体を注入して膨張させて長手方向の長さを伸縮させる際に、半径方向の膨張を長手方向に効率よく伝達することができるアクチュエータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本願の請求項 1 に記載の発明は、弾性体から成る筒状体とこの筒状体の両端に設けられた蓋部材とで作られる空間に供給される流体の圧力により上記筒状体を径方向に膨張させて、上記筒状体の長手方向の長さを収縮させる流体注入型アクチュエータであって、上記筒状体には、筒状体の長手方向に延長する複数の繊維が上記筒状体の横断面において上記筒状体の周方向に沿って環状に配列された環状繊維群と、上記環状繊維群の径方向外側もしくは径方向内側に配置される、筒状体の長手方向に延長する複数の繊維とが内挿されているものである。

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の流体注入型アクチュエータにおいて、上記環状繊維群の径方向外側もしくは径方向内側に配置される複数の繊維が、上記筒状体の周方向に沿って環状に配列されて環状繊維群を形成していることを特徴とするものである。

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の流体注入型アクチュエータにおいて、上記環状繊維群の隣接する繊維間の径方向内側もしくは径方向外側に他の環状繊維群の繊維が位置していることを特徴とするものである。

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれかに記載の流体注入型アクチュエータであって、上記繊維は弾性体で被覆されていることを特徴とするものである。

請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の流体注入型アクチュエータにおいて、上記筒状体の外周部に上記筒状体の径方向への膨張を制限するリングを設けたものである。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、弾性体から成る筒状体を流体の圧力により膨張させて、上記筒状体の長手方向の長さを変化させる流体注入型アクチュエータにおいて、上記筒状体に、筒状体

10

20

30

40

50

の長手方向に延長する複数の繊維が上記筒状体の横断面において上記筒状体の周方向に沿って環状に配列された環状繊維群と、上記環状繊維群の径方向外側もしくは径方向内側に配置される、筒状体の長手方向に延長する複数の繊維とを内挿させるようにしたので、上記筒状体を径方向により均一に膨張させることができる。したがって、高収縮時や高負荷時においても、半径方向の膨張を長手方向へ効率よく伝達することができるだけでなく、弾性体に応力が集中することがないので、アクチュエータの耐久性を向上させることができる。

このとき、上記環状繊維群の径方向外側もしくは径方向内側に配置される複数の繊維についても、上記筒状体の周方向に沿って環状に配列した環状繊維群とすれば、上記筒状体の径方向への膨張を更に均一にすることができる。

また、上記環状繊維群の隣接する繊維間の径方向内側もしくは径方向外側に他の環状繊維群の繊維が位置するように上記環状繊維群を形成すれば、膨張時に繊維の密度が低くなった場合でも、弾性体を十分に繊維で覆うことができるので、弾性体の全面に亘って上記弾性体を長手方向に拘束することができる。

更に、上記繊維を弾性体で被覆するようにすれば、上記繊維は弾性体と一体となるので、膨張時において、繊維は上記弾性体を確実に長手方向へ拘束することができるので、半径方向の膨張を更に効率よく長手方向へ伝達することができる。

また、上記筒状体の外周部に上記筒状体の径方向への膨張を制限するリングを設けて、上記筒状体を複数の領域に分割し、それぞれの領域が径方向に膨張するよう構成することにより、膨張時における筒状体の径と長さの比を調整することができるので、膨張時の筒状体の形状を仕様に合わせて決定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の最良の形態に係る流体注入型アクチュエータの構成を示す図である。

【図2】本発明のアクチュエータ本体の作製方法の一例を示す図である。

【図3】本発明による流体注入型アクチュエータの動作を示す側面図である。

【図4】本発明による流体注入型アクチュエータの動作を示す横断面図である。

【図5】本発明による流体注入型アクチュエータの他の構成を示す図である。

【図6】本発明による流体注入型アクチュエータの他の構成を示す図である。

【図7】本発明による流体注入型アクチュエータの無負荷時における導入圧力と膨張直径との関係、及び、導入圧力と収縮量との関係を示すグラフである。

【図8】本発明による流体注入型アクチュエータの負荷時における導入圧力と膨張直径との関係、及び、導入圧力と収縮量との関係を示すグラフである。

【図9】従来の流体注入型アクチュエータ（マッキベン型人工筋肉）の構成を示す図である。

【図10】従来の繊維内挿型人工筋の構成を示す図である。

【図11】従来の繊維内挿型人工筋の膨張時の様子を示す図である。

【符号の説明】

【0008】

10 流体注入型アクチュエータ、11 アクチュエータ本体、12 ゴムチューブ、  
13, 13m, 13n, 13p, 13q 繊維、13A~13C 環状繊維群、  
14, 15 蓋部材、16 締付バンド、17a 圧縮空気注入管、  
17b 空気排出管、18a 注入用の電磁弁、18b 排気用の電磁弁、  
19 圧縮空気供給装置、20 制御装置、21 シリコンゴムチューブ、  
22 丸棒、23 RVTゴム、30 リング、30T 熱収縮チューブ。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の最良の形態について、図面に基づき説明する。

図1(a)は、本発明の最良の形態に係る流体注入型アクチュエータ10の構成を示す図で、同図において、11はシリコンゴムなどのゴム部材から成る筒状体12(以下、

10

20

30

40

50

ゴムチューブ 12 という)内に上記ゴムチューブ 12 の長手方向に延長する多数の繊維 13 が内挿されたアクチュエータ本体、14, 15 は上記アクチュエータ本体 11 の両端にそれぞれ取付けられる蓋部材で、この蓋部材 14, 15 の一端は上記ゴムチューブ 12 内に挿入されている。16 は上記ゴムチューブ 12 の外周側端部に配置され、上記アクチュエータ本体 11 と上記蓋部材 14 とを締付けるための締付バンド、17a, 17b はそれぞれ一方の蓋部材 14 に取付けられた圧縮空気注入管と空気排出管で、上記圧縮空気注入管 17a は、注入用の電磁弁 18a を介して圧縮空気供給装置 19 に連結されており、上記空気排出管 17b は排気用の電磁弁 18b に連結されている。また、20 は上記注入用の電磁弁 18a と排気用の電磁弁 18b の開閉を制御して、上記アクチュエータ本体 11 の膨張・収縮を制御する制御装置である。

10

なお、アクチュエータ本体としては、膨張時の節を作るため、上記ゴムチューブ 12 の外周側にリング 30 を配置するタイプのものもあるが、本例では、説明を簡単にするため、リング 30 のないアクチュエータ本体 11 について説明する。

アクチュエータ本体 11 は、詳細には、図 1 (b) の横断面図に示すように、複数の環状繊維群 13A ~ 13C が内挿されている。これらの環状繊維群 13A ~ 13C は、それぞれ、ゴムチューブ 12 の長手方向に延長する複数の繊維 13 が上記ゴムチューブ 12 の周方向に沿って環状に配列されたもので、上記繊維 13 としては、例えば、グラスローピング繊維やカーボンローピング繊維等のような、機械的な撚りをかけずに収束された径が 5 ~ 15  $\mu\text{m}$  程度の極細でかつ強度の高い単一無撚繊維が用いられる。また、一本一本の繊維 13 はゴムチューブ 12 を構成するゴム部材で覆われている。

20

本例では、ゴムチューブ 12 に内挿する繊維の径が非常に小さいので、上記繊維 13 を非常に密な状態で上記ゴムチューブ 12 に内挿することができる。したがって、多数の微細な径を有する繊維を環状に配列した環状繊維群を径方向に複数層(ここでは、3層)設けることができる。その結果、図 1 (c) に示すように、例えば、中間の環状繊維群 13B の隣接する繊維 13m, 13n 間の径方向内側には、環状繊維群 13A の繊維 13p が、径方向外側には環状繊維群 13C の繊維 13q が存在するので、上記ゴムチューブ 12 が膨張して隣接する繊維 13m, 13n 間の距離が広がった場合でも、上記繊維 13m, 13n の間には、周方向でみると、上記繊維 13p もしくは上記繊維 13q が位置する。したがって、上記ゴムチューブ 12 が膨張した場合でも、ゴムチューブ 12 全体を長手方向に均一に拘束することができる。

30

なお、アクチュエータ本体としては、膨張時の節を作るため、上記ゴムチューブ 12 の外周側にリング 30 を配置するタイプのものもあるが、本例では、説明を簡単にするため、リング 30 のないアクチュエータ本体 11 について説明する。

一方、蓋部材 14, 15 の上記アクチュエータ本体 11 内に挿入される部分の外径は、少なくとも上記アクチュエータ本体 11 の端部の内径よりも大きく設定されており、これにより、上記アクチュエータ本体 11 の開口部を押し広げながら上記蓋部材 14, 15 を上記アクチュエータ本体 11 の端部に挿入すれば、上記蓋部材 14, 15 と上記アクチュエータ本体 11 とにより、上記アクチュエータ本体 11 の中空部とほぼ同じ体積の密閉空間を形成することができる。

但し、上記アクチュエータ本体 11 は径方向に膨張し長手方向には収縮するので、上記アクチュエータ本体 11 の外周側端部を締付バンド 16 にて締付けるようにした方が密閉性を向上させることができるとともに、上記アクチュエータ本体 11 の端部、すなわち、弾性体であるゴムチューブ 12 の端部と、この弾性体を長手方向へ拘束する上記繊維 13 の端部とを確実に固定することができる。

40

#### 【0010】

図 2 (a) ~ (d) は上記アクチュエータ本体 11 の作製方法の一例を示す図である。

はじめに、図 2 (a) に示すように、シリコンゴムチューブ 21 の中空部にアルミ棒などの丸棒 22 を通して上記シリコンゴムチューブ 21 の形状を保持した状態で、上記シリコンゴムチューブ 21 の側面に繊維 13 をシート状に並べて仮止めする。このとき、上記繊維 13 を上記シリコンゴムチューブ 21 の長手方向 J に沿ってまっすぐに、か

50

つ、ムラがないように貼り付けて繊維層を形成する。

次に、図2(b)に示すように、上記繊維13の上から一液性のRVTゴム(室温乾燥タイプのシリコンゴム)23を塗って乾燥させる。ここで、シート状にした繊維13を複数層とし、一度に上記RVTゴム23で上記繊維13を覆うようにしてもよいし、シリコンゴムチューブ21に上記繊維13を一層ずつ貼り付け、順にRVTゴム23で上記繊維13を覆うようにしてもよい。

リング付きのアクチュエータを作製する場合には、図2(c)に示すように、上記RVTゴム23が塗布されたシリコンゴムチューブ21に、例えば、熱収縮チューブ30Tを等間隔に配置し、上記熱収縮チューブ30Tを加熱して収縮させた後、接着剤等で固定しこれをリング30とする。

最後に、上記シリコンゴムチューブ21から丸棒22を抜き取り、上記シリコンゴムチューブ21を予め設定した長さに切断する。

これにより、図2(d)に示すような、シリコンゴムチューブ21とRVTゴム(シリコンゴム)23とから成るゴムチューブ12に繊維13が内挿されたアクチュエータ本体11を作製することができる。

#### 【0011】

次に、本発明による流体注入型アクチュエータ10の動作について説明する。

ここで、説明を簡単にするため、図3に示すように、圧縮空気注入管17aと空気排出管17bとが取り付けられた方の蓋部材14を固定部材31に固定し、上記アクチュエータ本体11内に供給される空気圧により、上記蓋部材14と他方の蓋部材15との距離を伸縮させる例(無負荷往復運動)について説明する。なお、上記他方の蓋部材15を連結具を介して負荷に連結すれば、上記負荷を往復運動させることができる。

まず、注入用の電磁弁18aを開いて、図1に示した圧縮空気供給装置19から送られてくる圧縮空気を、圧縮空気注入管17aを介して、ゴムチューブ12内に導入する。上記ゴムチューブ12は導入された圧縮空気の圧力により全方向、すなわち、径方向と長手方向との両方に膨張しようとするが、上記アクチュエータ本体11には、上記ゴムチューブ12の長手方向に延長し、その両端部が当該ゴムチューブ12の端部に固定された繊維13が内挿されており、この繊維13が上記ゴムチューブ12の長手方向Jへの膨張を拘束する。これにより、上記ゴムチューブ12の膨張は径方向のみに限定されるので、それに伴ってアクチュエータ本体11には長手方向Jへの収縮力が発生する。したがって、アクチュエータ本体11は、図3の下側の図に示すように、径方向に膨張しながら長手方向Jに収縮する。

本例のアクチュエータ本体11は、図4の左側の図に示すように、上記繊維13として径が5~15 $\mu$ m程度の単一無撚繊維を用い、これらの繊維13をゴムチューブ12の長手方向にも径方向にも高い密度で内挿した構成となっているので、上記アクチュエータ本体11の全面にわたって上記ゴムチューブ12を長手方向へ拘束することができる。したがって、上記ゴムチューブ12は、図4の右側の図に示すように、径方向へ等しく十分に膨張することができるので、長手方向へ収縮力を効率よく伝達することができる。これにより、収缩量xの大きな流体注入型アクチュエータ10を得ることができる。

なお、アクチュエータ本体11を元の長さに戻すには、注入用の電磁弁18aを閉じて圧縮空気の導入を中止すると同時に、排気用の電磁弁18bを開いて上記ゴムチューブ12中の圧縮空気を外気中に放出する。上記電磁弁18a、18bの開閉は制御装置20により行う(図1参照)。

#### 【0012】

本例のアクチュエータ本体11は、繊維13と繊維13との隙間が極めて狭いので、ゴムチューブ12が膨張した場合でも、上記ゴムチューブ12に対する圧力集中が抑制されるので、高圧時での操作が容易となるだけでなく、ゴムチューブ12の破裂や繊維13とゴムチューブ12との剥離が起きにくいので、耐久性が向上する。

更に、本発明の流体注入型アクチュエータ10は、複数の環状繊維群13A~13Cを有しているため、ゴムチューブ12が膨張して繊維13と繊維13との隙間が広がった場

10

20

30

40

50

合でも、その間には、他の繊維層の繊維 13 が存在する。そのため、ゴムチューブ 12 が膨張した場合でも、密度については膨張前よりも低下するものの、周方向には繊維 13 が均一にかつ十分な密度で配置されている状態を保つことができる。したがって、上記アクチュエータ本体 11 の全面にわたって上記ゴムチューブ 12 を長手方向へ拘束することができるので、長手方向へ収縮力の伝達を効率よく行うことができる。

#### 【0013】

このように本最良の形態によれば、流体注入型アクチュエータ 10 の膨張収縮部であるアクチュエータ本体 11 を、円筒状のゴムチューブ 12 と、このゴムチューブ 12 に内挿された、上記ゴムチューブ 12 の長手方向に延長する、ガラスローピング繊維などの径が 5 ~ 15  $\mu\text{m}$  程度の複数の繊維 13 を上記ゴムチューブ 12 の周方向に沿って環状に配列して成る複数の環状繊維群 13A ~ 13C とから構成し、ゴムチューブ 12 が膨張した場合でも、上記アクチュエータ本体 11 の全面にわたって上記ゴムチューブ 12 を長手方向へ拘束することができるようにしたので、長手方向へ収縮力の伝達を効率よく行うことができる。したがって、アクチュエータの小型化、細型化が可能となる。

また、流体注入型アクチュエータ 10 は、長手方向への収縮力の伝達効率が高く、小さな圧力変化でも大きな引張力を得ることができるので、コンプレッサやポンプ等のアクチュエータの稼動設備についても小型化を図ることができる。

#### 【0014】

なお、上記最良の形態では、ゴムチューブ 12 内に圧縮空気を導入したり、ゴムチューブ 12 内から圧縮空気を排出したりして、アクチュエータ 10 を稼動させたが、水や油などの他の流体を用いてもよい。

また、上記例では、繊維 13 として、径が 5 ~ 15  $\mu\text{m}$  程度のガラスローピング繊維やカーボンローピング繊維等の撚りをかけていない極細の単一無撚繊維を用いたが、これらの繊維を複数本撚って作製した繊維を用いてもよい。但し、この場合でも、繊維の径を 0.1 mm 以下とすることが好ましく、50  $\mu\text{m}$  以下とすれば、更に好ましい。

また、上記例では、ゴムチューブ 12 の材料をシリコンゴムとしたが、他の合成ゴムあるいは天然ラテックスゴムなどの天然ゴムを用いてもよい。

また、流体注入型アクチュエータとしては、図 5 に示すような、ゴムチューブ 12 の外周側にリング 30 を等間隔で配置したリング付きアクチュエータ 10R を用いてもよい。上記リング 30 は上記ゴムチューブ 12 の径方向への膨張を制限するもので、リング 30 の位置が、アクチュエータ本体 11 の膨張・伸縮の節となる。なお、上記リング 30 の形成方法については、図 2 (c) に示した通りである。

上記リング 30 は、図 5 に示すように、アクチュエータ本体 11 全体の膨張を抑制するために設けられたもので、節の数(リング数)を多くするとそれに応じてアクチュエータ本体 11 全体の膨張量  $d$  が小さくなる。すなわち、リング 30 を設けることにより膨張量  $d$  を小さくできる。したがって、リングの数を調節すれば、膨張時におけるアクチュエータ本体 11 の径と長さの比を調整することができるので、膨張時の筒状体の形状を仕様に合わせて決定することができる。例えば、医療器具として用いられている能動内視鏡などのように、膨張時の最大径に制限があり、かつ、径に対してその長さが長いアクチュエータを作製する場合には、リングの数を増やしてやれば同じ伸び量に対する膨張時の最大径を抑制することができる。なお、この場合には、ゴムチューブ 12 に導入される圧縮空気の圧力をリングがない場合よりも高める必要があるが、本例では、ゴムチューブ 12 をシリコンゴムで構成しているので、圧力を高めた状態で使用しても劣化等の問題が生じることはない。

また、図 6 に示すように、流体注入型アクチュエータ 10 は単独で用いるだけでなく、連結部材 33 を用いて複数個連結して用いることも可能である。この場合には、蓋部材 14 と蓋部材 15 との間に連結部材 33 が位置するので、圧縮空気注入管 17a や空気排出管 17b については、同図に示すように、ゴムチューブ 12 の長手方向端部に設けることが好ましい。

#### [実験例]

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 5 】

内径が 0.7 mm、外径が 0.9 mm、全長が 200 mm のチューブ状のシリコーンゴムに径が 9  $\mu$ m の多数のガラスローピング繊維から成る環状繊維群を内包させた流体注入型アクチュエータを作製し、この流体注入型アクチュエータが例えば以下に示す工業用内視鏡に求められている一般的な使用条件を満たしているかどうか試験した。なお、リング数は 40 で節の間隔は 5 mm とした。

内視鏡の使用条件

最大直径 ; 2.3 mm 以下

全長 ; 200 ~ 400 mm

最大圧力 ; 0.7 MPa 以下

500 g の重りを吊るした状態で収縮させたとき、重りを 4 mm 以上持ち上げることが可能なこと

図 7 ( a ) は無負荷状態での導入圧力 ( MPa ) と膨張直径 ( mm ) の関係を示すグラフ、図 7 ( b ) は導入圧力 ( MPa ) と収縮量 ( mm ) との関係を示すグラフで、圧力の増加に伴って膨張直径も収縮量も増加する。これらのグラフに示すように、流体注入型アクチュエータは、無負荷時においては圧力が 0.13 MPa において膨張半径が 2.3 mm 以下であり、収縮量が 4 mm であった。

また、図 8 ( a ) , ( b ) はそれぞれ流体注入型アクチュエータに 500 g の重りを吊るした状態 ( 負荷状態 ) での導入圧力 ( MPa ) と膨張直径 ( mm ) との関係、及び、導入圧力 ( MPa ) と収縮量 ( mm ) との関係を示すグラフで、この場合にも、圧力の増加に伴って膨張直径も収縮量も増加する。

負荷時には、流体注入型アクチュエータは長手方向の引張力を受けるため、膨張は抑えられ収縮量も減少するため、同じ収縮量を得るためには、高い圧力を加える必要がある。

しかしながら、本発明による流体注入型アクチュエータは、図 8 ( a ) , ( b ) に示すように、条件下の圧力 ( 0.7 MPa 以下 ) よりも低圧の 0.17 MPa において目標値である収縮量 4 mm を得ることができ、かつ、そのときの膨張半径も 2.3 mm 以下であることがわかる。

これにより、本発明による流体注入型アクチュエータは、一般的な工業用内視鏡に求められている使用条件を満たしていることが確認された。

なお、一般的な工業用内視鏡に求められている圧力は 0.7 MPa 以下であるので、本実験例の流体注入型アクチュエータは圧力条件に対してかなりの余裕がある。したがって、更に径の小さいシリコーンチューブを用いて細型人工筋肉を作製することや、細型人工筋肉にシリコーンチューブを被せて耐圧性を上げ、破裂の危険性を抑えることが可能となる。

【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 1 6 】

以上説明したように、本発明によれば、流体注入型アクチュエータにおいて、半径方向の膨張を長手方向に効率よく伝達することができるので、アクチュエータの小型化、細型化が可能となる。したがって、本アクチュエータは、ロボットハンドなどのメカトロニクス製品だけでなく、能動カテーテルや能動内視鏡などの医療器具や人工筋肉などにも適用することが可能となる。

また、小さな圧力変化でも大きな引張力を得ることができるので、コンプレッサやポンプ等のアクチュエータの稼動設備についても小型化が図れる。

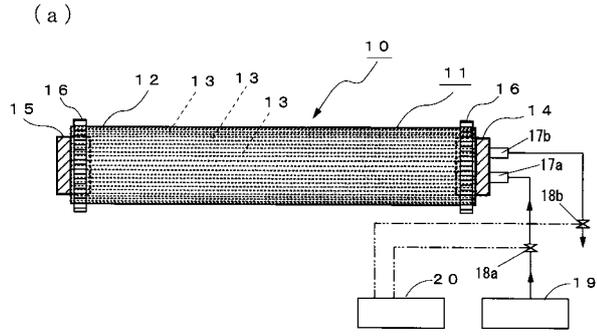
10

20

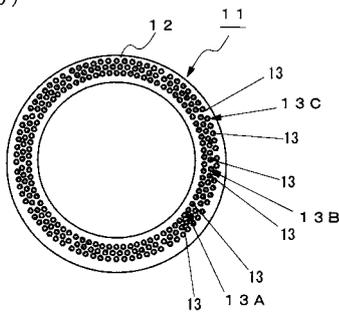
30

40

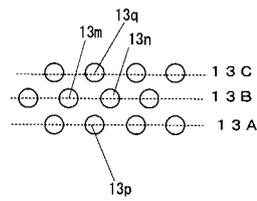
【図1】



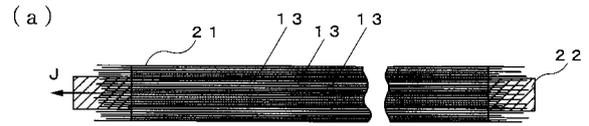
(b)



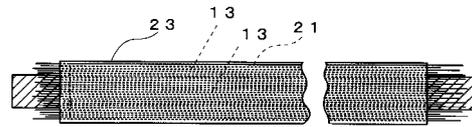
(c)



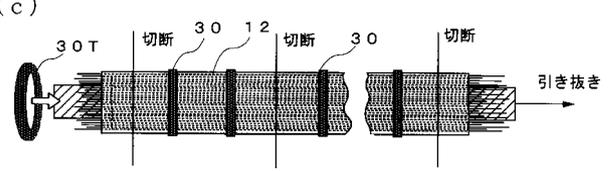
【図2】



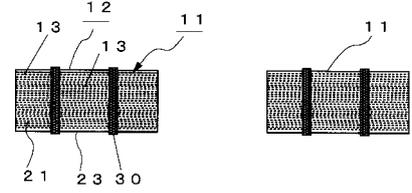
(b)



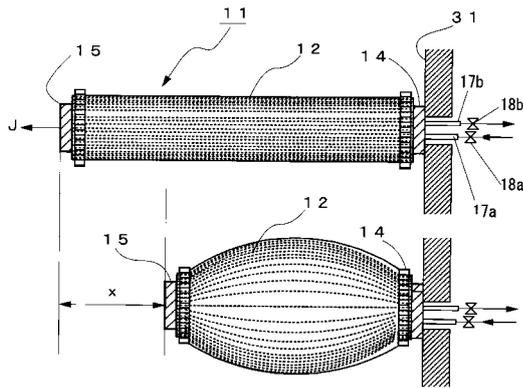
(c)



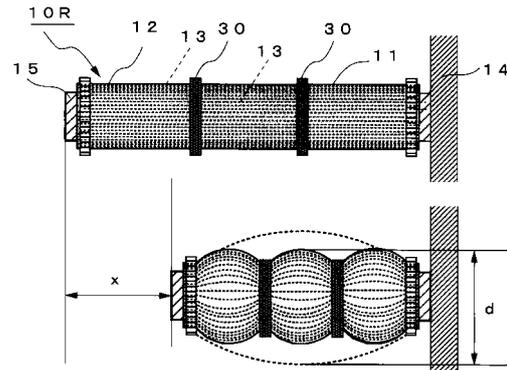
(d)



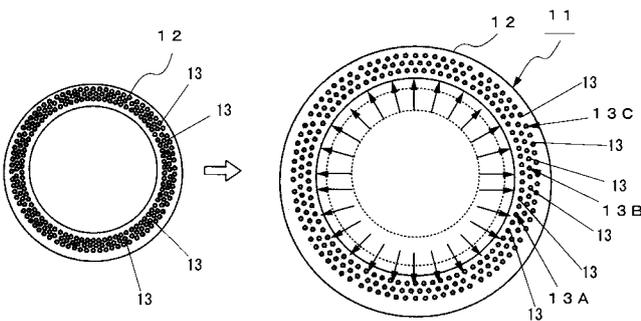
【図3】



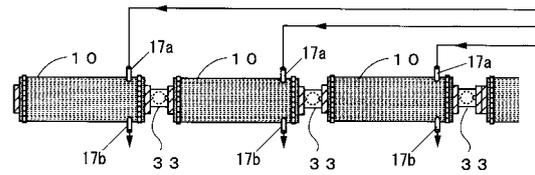
【図5】



【図4】

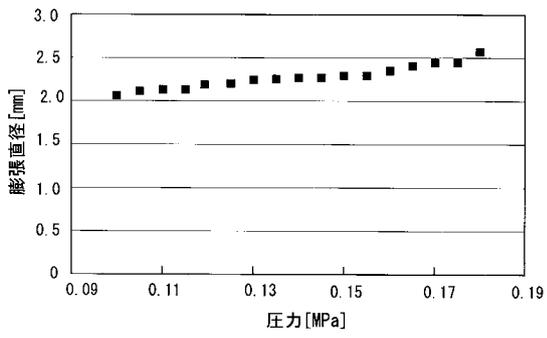


【図6】

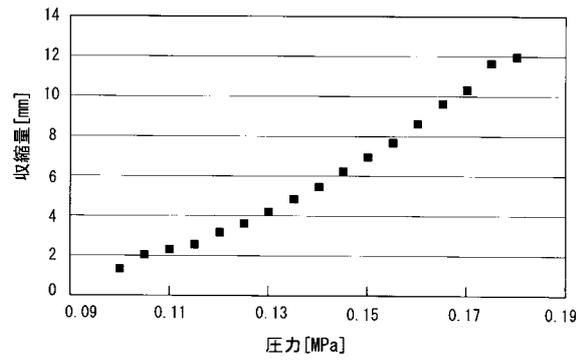


【 図 7 】

(a)

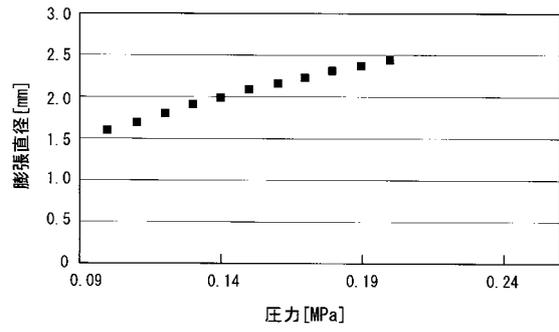


(b)

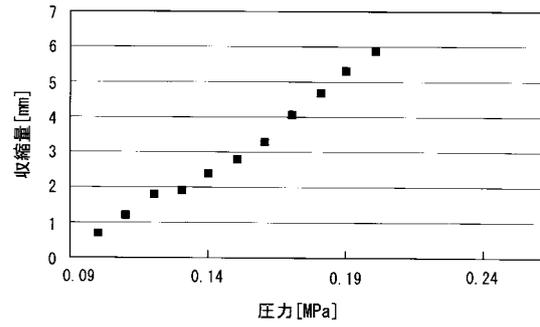


【 図 8 】

(a)

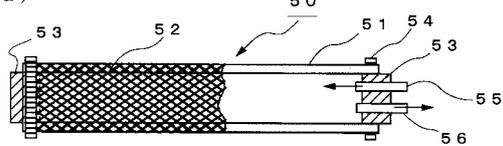


(b)

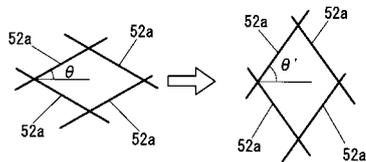


【 図 9 】

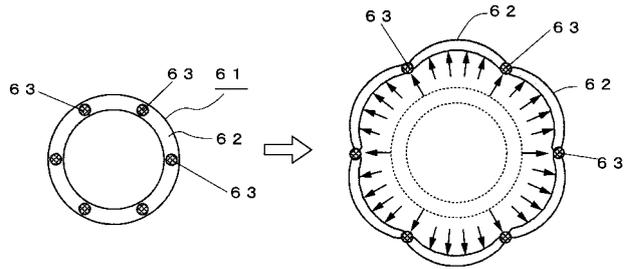
(a)



(b)

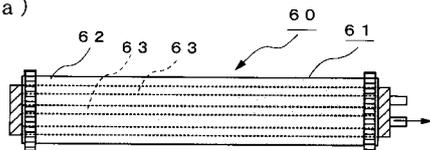


【 図 11 】

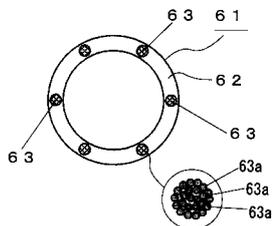


【 図 10 】

(a)



(b)



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/058605

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F15B15/10 (2006.01) i		
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) F15B15/10, F16L9/00-11/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-355608 A (Toray Engineering Co., Ltd.), 26 December, 2001 (26.12.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-5
Y	JP 61-201906 A (Bridgestone Corp.), 06 September, 1986 (06.09.86), Full text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 51-143178 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 09 December, 1976 (09.12.76), Page 1, lower right column, line 15 to page 2, upper right column, line 3; Figs. 2 to 7 (Family: none)	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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	
"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)	"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	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 03 July, 2008 (03.07.08)	Date of mailing of the international search report 15 July, 2008 (15.07.08)	
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer	
Facsimile No.	Telephone No.	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/058605

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 50-5790 B1 (Trish Energetics, Inc.), 07 March, 1975 (07.03.75), Full text; all drawings & US 3645173 A & GB 1331756 A	1-5
A	JP 60-132103 A (Mirko Kukolji), 15 July, 1985 (15.07.85), Full text; Figs. 6, 7 & US 4733603 A & EP 146261 A1 & CA 1228096 A & AT 33878 T	1-5
A	JP 63-115906 A (Katsuhiko MURAYAMA), 20 May, 1988 (20.05.88), Full text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 45-13000 B1 (Seibu Gomu Kagaku Kabushiki Kaisha), 11 May, 1970 (11.05.70), Full text; all drawings (Family: none)	1-5
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 159728/1976 (Laid-open No. 77416/1978) (Kabushiki Kaisha Takada Kojo), 28 June, 1978 (28.06.78), Full text; all drawings (Family: none)	1-5

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2008/058605									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. F15B15/10(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. F15B15/10, F16L9/00-11/18											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2008年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2008年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2008年	日本国実用新案登録公報	1996-2008年	日本国登録実用新案公報	1994-2008年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2008年										
日本国実用新案登録公報	1996-2008年										
日本国登録実用新案公報	1994-2008年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号									
Y	JP 2001-355608 A (東レエンジニアリング株式会社) 2001.12.26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5									
Y	JP 61-201906 A (株式会社ブリヂストン) 1986.09.06, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5									
A	JP 51-143178 A (川崎重工業株式会社) 1976.12.09, 第1ページ右下欄第15行-第2ページ右上欄第3行、第2-7図 (ファミリーなし)	1-5									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 03.07.2008		国際調査報告の発送日 15.07.2008									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 北村 一	30 3734								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3358								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 5 8 6 0 5
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 50-5790 B1 (トリッシュ・エナージェティックス・インコーポレーテッド) 1975.03.07, 全文、全図 & US 3645173 A & GB 1331756 A	1-5
A	JP 60-132103 A (ミルコ クコルジ) 1985.07.15, 全文、第6, 7 図 & US 4733603 A & EP 146261 A1 & CA 1228096 A & AT 33878 T	1-5
A	JP 63-115906 A (村山 勝日己) 1988.05.20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 45-13000 B1 (西武ゴム化学株式会社) 1970.05.11, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
A	日本国実用新案登録出願51-159728号(日本国実用新案登録出願公開53-77416号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社高田工場) 1978.06.28, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5

---

フロントページの続き

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

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。