

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-200324

(P2014-200324A)

(43) 公開日 平成26年10月27日(2014.10.27)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 2 0 B	2 H 0 4 0
A 6 1 B 1/04 (2006.01)	A 6 1 B 1/04 3 7 2	4 C 1 6 1
G 0 2 B 23/24 (2006.01)	G 0 2 B 23/24 C	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-76214 (P2013-76214)	(71) 出願人	599011687
(22) 出願日	平成25年4月1日 (2013.4.1)		学校法人 中央大学
			東京都八王子市東中野742-1
		(71) 出願人	000220354
			東京航空計器株式会社
			東京都町田市小山ヶ丘2丁目2番地6
		(74) 代理人	100080296
			弁理士 宮園 純一
		(74) 代理人	100141243
			弁理士 宮園 靖夫
		(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

最終頁に続く

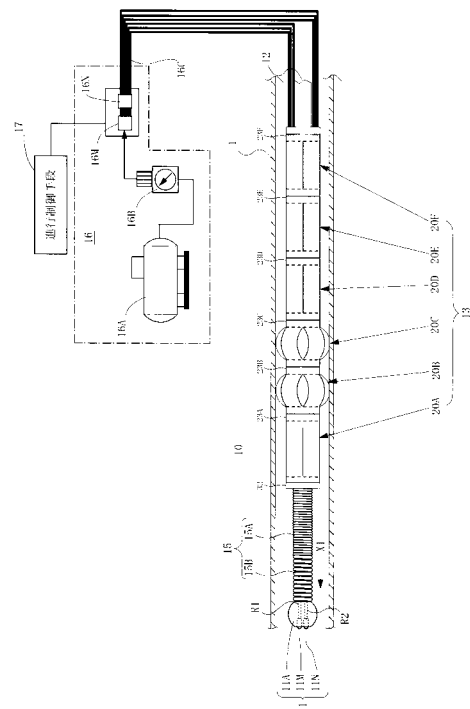
(54) 【発明の名称】 伸縮ユニット、管体内移動体、及び管体内探査装置

(57) 【要約】

【課題】管体内を速やかに進行可能な管体内探査装置、及び当該管体内探査装置に好適に採用可能な伸縮ユニット、管体内移動体を提供する。

【解決手段】軸方向に伸縮可能な筒状伸縮体と、筒状伸縮体の外周側に配設され、筒状伸縮体との間に形成された空気室への流体の供給により軸方向に収縮し、流体の排出により軸方向へ伸長する弾性膨張体とを備え、管体内を進行可能な管体内移動体に組み込まれる伸縮ユニットであって、弾性膨張体の外周面側に、管体の内周面との摩擦係数が弾性膨張体の外周面と管体の内周面との摩擦係数よりも小さく、弾性膨張体の収縮時において管体の内周面側への弾性膨張体の外周面の露出を許容する低摩擦層を設けた。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸方向に伸縮可能な筒状伸縮体と、
前記筒状伸縮体の外周側に配設され、前記筒状伸縮体との間に形成された空気室への流体の供給により軸方向に収縮し、前記流体の排出により軸方向へ伸長する弾性膨張体とを備え、管体内を進行可能な管体内移動体に組み込まれる伸縮ユニットであって、
前記弾性膨張体の外周面側に、前記管体の内周面との摩擦係数が前記弾性膨張体の外周面と前記管体の内周面との摩擦係数よりも小さく、前記弾性膨張体の収縮時において前記管体の内周面側への前記弾性膨張体の外周面の露出を許容する低摩擦層を設けたことを特徴とする伸縮ユニット。

10

【請求項 2】

前記低摩擦層が、弾性膨張体の外周面を覆い、前記弾性膨張体の収縮時において拡大する開口部を有するシートであることを特徴とする請求項 1 記載の伸縮ユニット。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 記載の伸縮ユニットの軸方向両端部に設けられた連結手段を介して前記伸縮ユニットを 3 個以上連結してなることを特徴とする管体内移動体。

【請求項 4】

前記伸縮ユニットを 6 個以上連結し、
管体の一部に形成された屈曲部の内径を D 、前記弾性膨張体の最大収縮率を α 、前記連結手段の軸方向長さを p としたとき、
前記弾性膨張体の軸方向長さ L と外径 d とが、以下の式を満たすことを特徴とする請求項 3 に記載の管体内移動体。

20

【数 1】

$$\frac{D-d}{1-\alpha} < L < 2(\sqrt{2}D-d-p)$$

【請求項 5】

前記管体内移動体の進行方向先頭に位置する伸縮ユニットの前端部に、圧縮バネ及び引張バネとからなり、進行方向に向けて延長する先端挿入体を設けたことを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の管体内移動体。

30

【請求項 6】

前記請求項 5 記載の管体内移動体を備え、
前記先端挿入体の前端側に撮像手段を設けたことを特徴とする管体内探査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガス管や水道管等に代表される管体内を移動可能な装置に関し、特に管体内を速やかに進行し、管体内の状態を的確に把握可能な管体内探査装置と、当該管体内探査装置に好適に採用可能な伸縮ユニット、管体内移動体に関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、大腸、小腸などの生体管体の内部や、ガス管、水道管等の人工管体の内部を自走し、管体内の状態を探査する管体内探査装置が提案されている。

特許文献 1 に開示された管体内探査装置は、空気室内への圧縮空気等の流体の供給により径方向に膨張しつつ軸方向に収縮する弾性膨張体を備えた伸縮ユニットを軸方向に複数個連結するとともに、複数の伸縮ユニットの進行方向前方に撮像装置を設け、管体の外部に設置された流体給排手段を制御して伸縮ユニットを規則的に伸縮動作させることにより管体内を進行する管体内探査装置が提案されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-240713号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載の管体内探査装置は、複数連結された伸縮ユニットの弾性膨張体の外周面がゴム等で形成されているため、伸縮ユニットの伸長時における管体内周面に対する低い押し付け力下においても伸縮ユニットの自重や管体の形状によっては伸縮ユニットにおける弾性膨張体の外周面と管体の内周面との間に生じる摩擦力が過大となり、当該摩擦力が管体内探査装置のスムーズな進行を阻害する要因となっていた。

10

【0005】

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、管体内探査装置の進行を阻害する摩擦力を低減し、管体内を速やかに進行可能な管体内探査装置、及び当該管体内探査装置に好適に採用可能な伸縮ユニット、管体内移動体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】

【0006】

軸方向に伸縮可能な筒状伸縮体と、筒状伸縮体の外周側に配設され、筒状伸縮体との間に形成された空気室への流体の供給により軸方向に収縮し、流体の排出により軸方向へ伸長する弾性膨張体とを備え、管体内を進行可能な管体内移動体に組み込まれる伸縮ユニットであって、弾性膨張体の外周面側に、管体の内周面との摩擦係数が弾性膨張体の外周面と管体の内周面との摩擦係数よりも小さく、弾性膨張体の収縮時において管体の内周面側への弾性膨張体の外周面の露出を許容する低摩擦層を設けた構成とした。

20

本構成によれば、弾性膨張体の外周面側に低摩擦層が設けられ、当該低摩擦層と管体の内周面との摩擦係数が、弾性膨張体の外周面と管体の内周面との摩擦係数よりも小さく、さらに、弾性膨張体の収縮時において管体の内周面側への弾性膨張体の外周面の露出を許容するため、管体内移動体に組み込まれた場合に、弾性膨張体の収縮時において摩擦係数の高い外周面が管体の内周面と接し、弾性膨張体の伸長時においては摩擦係数の低い低摩擦層と管体の内周面が接するため、伸長状態にある伸縮ユニットが管体内移動体の進行を阻害することがなくなり、管体内移動体が管体内を速やかに進行可能となる。

30

また、望ましくは、低摩擦層を弾性膨張体の外周面を覆い、弾性膨張体の収縮時において拡大する開口部を有するシートとすれば、拡大した開口部より弾性膨張体の外周面が管体の内周面側に露出するため、弾性膨張体の外周面を収縮時において管体の内周面と適切に接触させることが可能となる。

【0007】

また、上記課題を解決するための管体内移動体の構成として、上記各構成からなる伸縮ユニットの軸方向両端部に設けられた連結手段を介して前記伸縮ユニットを3個以上連結すれば、管体内を速やかに進行可能な管体内移動体を得ることができる。

また、望ましくは、上記各構成からなる伸縮ユニットを6個以上連結し、管体の一部に形成された屈曲部の内径をD、弾性膨張体の最大収縮率を α 、連結手段の軸方向長さをpとしたとき、弾性膨張体の軸方向長さLと外径dとが、以下の式を満たす構成とすれば、上記各構成から生じる効果に加えて、管体の一部に90度エルボ等の部材によって形成された屈曲部が存在する場合であっても当該屈曲部を速やかに進行可能な管体内移動体を得ることができる。

40

【数1】

$$\frac{D-d}{1-\alpha} < L < 2(\sqrt{2}D-d-p)$$

また、さらに望ましくは、管体内移動体の進行方向先頭に位置する伸縮ユニットの前端部に、圧縮バネ及び引張バネとからなり、進行方向に向けて延長する先端挿入体を設けれ

50

ば、屈曲部をより一層速やかに進行可能な管体内移動体を得ることができる。

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するための管体内探査装置の構成として、上記構成からなる管体内移動体を備え、先端挿入体の前端側に撮像手段を設けた構成とすれば、管体内の状態を撮像手段によって速やかに把握可能な管体内探査装置を得ることができる。

なお、前記発明の概要は、本発明の必要な全ての特徴を列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となり得る。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 管体内探査装置の概要を示す図である。

10

【 図 2 】 伸縮ユニットの一例を示す図である。

【 図 3 】 弾性膨張体の断面図である。

【 図 4 】 摩擦低減層の断面図である。

【 図 5 】 伸縮ユニットの動作を示す図である。

【 図 6 】 管体内移動体の動作原理を示す図である。

【 図 7 】 管体内移動体の進行状態を示す図である。

【 図 8 】 管体内移動体の屈曲部における進行状態を示す図である。

【 図 9 】 管体及び伸縮ユニットの寸法等を示す模式図である。

【 図 1 0 】 管体内探査装置の屈曲部における進行状態を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

20

【 0 0 1 0 】

以下、本発明の実施の形態について、各図に基づき説明する。

図 1 は、管体 1 の内部の状態を探査、把握する管体内探査装置 1 0 の概要を示す図である。なお、以下の説明においては、矢印 X 1 で示す管体内探査装置 1 0 の進行方向を前側とし、当該進行方向とは逆の後退方向を後側としてその前後方向を特定する。同図に示すように、管体内探査装置 1 0 は、当該管体内探査装置 1 0 の前端側に設けられた探査ユニット 1 1 と、当該探査ユニット 1 1 と接続され、管体 1 の後方に延在するケーブル 1 2 と、複数の伸縮ユニット 2 0 A ~ 2 0 F が連結されてなる管体内移動体 1 3 と、当該管体内移動体 1 3 と前記探査ユニット 1 1 との間に設けられた第 1 のコイルバネ 1 5 A 及び第 2 のコイルバネ 1 5 B とから構成される先端挿入体 1 5 と、各伸縮ユニットの駆動源となる流体としての圧縮空気を給排する圧縮空気給排手段 1 6 と、圧縮空気給排手段 1 6 による圧縮空気の給排を制御する進行制御手段 1 7 とを主たる構成として備える。

30

【 0 0 1 1 】

同図に示すように、探査ユニット 1 1 は、ほぼ球形に形成された本体部 1 1 A と、本体部 1 1 A の前端部において前方に露出する撮像手段 1 1 M 及び照明手段 1 1 N とを備え、照明手段 1 1 N より照射される光によって管体 1 の内部を照らし、撮像手段 1 1 M によって管体 1 の内部（管路内）を撮像する。

また、探査ユニット 1 1 には、可撓性を有するケーブル 1 2 の前端部から前方に延出する細径のリード線 R 1 ; R 2 が接続されており、当該ケーブル 1 2 のリード線 R 1 ; R 2 を介して撮像手段 1 1 M 及び照明手段 1 1 N に対して管体 1 の外部より電源が供給されるとともに、撮像手段 1 1 からの信号が管体 1 の外部に設置されたモニタ等の表示手段に出力される。また、ケーブル 1 2 のリード線 R 1 ; R 2 は、先端挿入体 1 5 の内部を通じて撮像手段 1 1 M 及び照明手段 1 1 N と接続され、リード線 R 1 ; R 2 よりも大径なケーブル 1 2 は、管体内移動体 1 3 の内部を通じて管体 1 の外部に延出する。

40

【 0 0 1 2 】

管体内移動体 1 3 は、6 個の伸縮ユニット 2 0 (2 0 A ~ 2 0 F) が互いに連結されて構成される。伸縮ユニット 2 0 A ~ 2 0 F は、進行制御手段 1 7 によって制御される圧縮空気給排手段 1 6 からの圧縮空気の供給又は排出によってそれぞれ独立して収縮動作又は伸長動作し、これら動作の繰り返しにより管体 1 内を進行する。

【 0 0 1 3 】

50

図 2 は、伸縮ユニット 20 の一構成例を示す図であり、図 2 (a) は、複数の伸縮ユニット 20 の軸方向断面図、図 2 (b) はフランジ 23 の A - A 断面図、図 2 (c) はフランジ 23 の斜視断面図である。なお、説明の便宜上、管体内移動体 13 の最後尾に位置する伸縮ユニット 20 F と、当該伸縮ユニット 20 F の前方に連結される伸縮ユニット 20 E を例として説明する。同図に示すように、伸縮ユニット 20 は、内周面側に前述のケーブル 12 が挿通可能な空間を有する略円筒状の内筒 21 と、当該内筒 21 の外周面側に配設される弾性膨張体 22 とを備え、各伸縮ユニット 20 は、内筒 21 及び弾性膨張体 22 の両端部を強固に固定した状態とする連結手段としてのフランジ 23 (図示の例ではフランジ 23 E ; 23 F) を介して軸方向に沿って連結される。

【 0014 】

10

図 2 (a) に示すように、円筒状の内筒 21 は、可撓性を有する部材により構成され、その軸方向に沿って伸縮可能な蛇腹状に形成される。当該内筒 21 は、後述する弾性膨張体 22 の収縮動作に追従して軸方向に収縮し、伸長動作に追従して軸方向に伸長する。

内筒 21 の両端部はそれぞれ、ほぼ円環状に形成されたフランジ 23 E ; 23 F の内周面に対して接着剤等の固定手段によって強固に固定される。

【 0015 】

弾性膨張体 22 は、内筒 21 の軸方向に渡って延在する略円筒状の部材であって、内筒 21 の外周面全域を取り囲んで覆うように配設される。図 3 に誇張して示すように、弾性膨張体 22 は、弾性体より形成される円筒状の筒本体 22 A と、当該筒本体 22 A の内部において密に内挿された複数の規制繊維 22 B とから構成される。

20

筒本体 22 A の材質としては、シリコンゴム等の合成ゴム、或いは天然ラテックスゴム等の天然ゴムが好適であるが、後述する空気室への圧縮空気の給排によってその形状が変化し得る材質であれば如何なる材質であってもよい。また、図 3 に示すように、規制繊維 22 B は、筒本体 22 A の壁厚内において幾重にも積層されるように密に内挿されるとともに、筒本体 22 A の軸方向に沿って延在する。規制繊維 22 B の材質としては、例えばグラスロービング繊維やカーボンロービング繊維等、軸方向への伸びの少ない材質が好適に用いられる。

弾性膨張体 22 の両端部はそれぞれ、フランジ 23 E ; 23 F の外周面において円周方向に沿って形成された環状溝 29 と対応する位置でピアノ線等の括り部材 29 A によって強固に固定される。

30

【 0016 】

図 2 の各図に示すとおり、フランジ 23 は、例えば樹脂や硬質のゴム等により構成された円環体であって、前述のとおりその内周面には内筒 21 の端部が固定され、その外周面には弾性膨張体 22 の端部が固定され、フランジ 23 の端面、内筒 21 の外周面、及び弾性膨張体 22 の内周面によって密閉空間としての空気室 S が形成される。当該空気室 S 内には後述のエアチューブ 24 を介して圧縮空気が供給される。

図 2 (b) , (c) に示すように、フランジ 23 の内周面には、円周方向に沿って等間隔 (本例では 60 ° 間隔) となる位置で、フランジ 23 の軸方向に沿って延在する複数のエアチューブ係合台座 33 A ~ 33 F が中心方向に向けて突設されている。エアチューブ係合台座 33 A ~ 33 F は、扁平状に形成された複数のエアチューブ 24 A ~ 24 F の幅方向両端部の円弧と対応する弧面を有しており、隣接するエアチューブ係合台座 33 A ~ 33 F 間に複数のエアチューブ 24 A ~ 24 F を独立して支持する計 6 か所のエアチューブ支持凹部 33 が形成される。なお、エアチューブ支持凹部 33 に挿入されるエアチューブ 24 A ~ 24 F は、軸方向にスライド可能な程度に緩やかに拘束されており、伸縮ユニット 20 の伸縮動作に伴うキンクの発生が抑制される。

40

【 0017 】

図 2 (c) に示すように、フランジ 23 における複数のエアチューブ支持凹部 33 の内の 1 か所には、エアチューブ接続部 30 が軸方向に突設される。エアチューブ接続部 30 は、扁平状のエアチューブ 24 の内径よりも僅かに小径な口径を有し、エアチューブ 24 (図示の例ではエアチューブ 24 A) の先端部が接続可能とされている。また、エアチュ

50

ープ接続部 30 は、フランジ 23 の外周面及び内周面を貫通する空気供給孔 31 と連通しており、エアチューブ 24 A 内に供給された圧縮空気は、当該空気供給孔 31 から排出され、伸縮ユニット 20 F の空気室 S 内に供給される。

【0018】

複数のエアチューブ 24 A ~ 24 F は、複数の伸縮ユニット 20 A ~ 20 F に対して独立して圧縮空気を供給する流路を構成するものであって、図 2 (b), (c) の例においては、例えばフランジ 23 F に至る計 6 本のエアチューブ 24 A ~ 24 F の内、エアチューブ 24 A のみがエアチューブ接続部 30 に接続され、他のエアチューブ 24 B ~ 24 F が前方に位置する伸縮ユニット 20 (20 A ~ 20 E) の空気室 S と対応して開口するフランジ 23 A ~ 23 E までそれぞれ延長する。

10

なお、図示の便宜上、図 2 (c) の例においては、フランジ 23 F のエアチューブ接続部 30 にエアチューブ 24 A が接続され、複数のエアチューブ支持凹部 33 にエアチューブ 24 E ; 24 F が支持された状態を示しているが、実際には図 2 (b) に示すように、エアチューブ 24 A を除く他のエアチューブ 24 B ~ 24 F がエアチューブ支持凹部 33 B によって支持され、前方に延在することとなる。

【0019】

以上説明したとおり、各伸縮ユニット 20 A ~ 20 F の空気室 S には、これらを連結する複数のフランジ 23 A ~ 23 F に設けられたエアチューブ接続部 30 に接続されるエアチューブ 24 A ~ 24 F を介して圧縮空気が供給され、当該圧縮空気の給排により各伸縮ユニット 20 A ~ 20 F が独立して収縮動作又は伸長動作を行うことが可能となる。具体的には、上記構成よりなる伸縮ユニット 20 の空気室 S 内に圧縮空気が供給された場合、両端部が複数のフランジ 23 によって強固に固定された規制繊維 22 B が弾性膨張体 22 の軸方向への膨張を規制する一方で、径方向への膨張を許容するため、結果として図 1 に示すように伸縮ユニット 20 (図示の例では 20 B ; 20 C) 全体が軸方向へ収縮動作することとなる。一方で、空気室 S 内に供給された圧縮空気を排出すれば、伸縮ユニット 20 全体が軸方向へ伸長動作することとなる。

20

即ち、本実施形態に係る管体内移動体 13 を構成する伸縮ユニット 20 は、圧縮空気の供給により軸方向に収縮し、圧縮空気の排出により軸方向に伸長するユニットである。

【0020】

次に、伸縮ユニット 20 の弾性膨張体 22 の外周面側に設けられた摩擦低減層 25 について説明する。摩擦低減層 25 は、伸縮ユニット 20 の弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面との間の摩擦係数よりも小さな摩擦係数で管体 1 の内周面と接する層であり、弾性膨張体 22 の外周面の全域を含むように形成される。

30

また、摩擦低減層 25 は、伸縮ユニット 20 の伸長時において弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面との接触面積を低減し、伸縮ユニット 20 の収縮時において弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面との接触面積を伸長時よりも増大させる。以下、図 4 を参照して摩擦低減層 25 の具体例について説明する。

【0021】

図 4 (a) は、弾性膨張体 22 と摩擦低減層 25 とを誇張して示す断面図である。

同図に示すように本例における摩擦低減層 25 は、弾性膨張体 22 及び両端に位置するフランジ 23 ; 23 の全体を覆うように巻き付けられた単一の被覆シート 26 に対して、その円周方向において等間隔となるように (例えば 4 本)、軸方向に延在する複数の切り込み 27 A ~ 27 D を形成することにより構成される。図 1, 図 5 に示すように、切り込み 27 A ~ 27 D は、弾性膨張体 22 の軸方向端部まで達しており、被覆シート 26 の両端部がフランジ 23 ; 23 の外周上において接着剤等により固定される。

40

【0022】

また、図 4 (b) は、摩擦低減層 25 の他の例を示す図である。

本例における摩擦低減層 25 は、弾性膨張体 22 及びフランジ 23 ; 23 の円周方向において例えば 4 分割された被覆シート 26 (26 A ~ 26 D) により形成される。同図に示すとおり、被覆シート 26 A ~ 26 D 同士は、互いに円周方向に略等しい間隙 G を有し

50

て隣接しており、被覆シート 26A ~ 26D の両端部が、フランジ 23 ; 23 の外周面上において接着剤により貼着される。なお、上記切り込み 27A ~ 27D の本数や被覆シート 26 の分割数は、4 つに限られるものではなく、複数であればその数は問わない。また、複数の切り込みや被覆シートを設ける際には、軸対称となる位置に設けるのが望ましい。また、被覆シート 26 の材質としては、アルミ蒸着シートのような表面が滑らかな金属もしくは合金のシートや、フッ素樹脂などから成る潤滑性の樹脂シート等、弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面との摩擦係数よりも小さい摩擦係数となり得る材質であれば好適に採用できる。

【0023】

さらに、摩擦低減層 25 の形態として、上記被覆シート 26 を用いる以外にも、弾性膨張体 22 の外周面に直接アルミや他の合金、或いはフッ素樹脂等の塗布剤を直接的に塗布（蒸着）することにより摩擦低減層 25 を形成してもよい。また、弾性膨張体 22 への直接的な塗布に際しては、例えば円周方向に所定の間隔を持って軸方向に延在するように塗布することや、弾性膨張体 22 の外周面に点在するように塗布することにより、伸縮ユニット 20 の収縮時において、摩擦係数の高い弾性膨張体 22 の外周面を管体 1 の内周面に確実に密着させることが可能となる。或いは、従来の弾性膨張体 22 それ自体を従来の弾性膨張体（ゴム）の摩擦係数よりも小さい摩擦係数を有する材質によって形成してもよい。

10

【0024】

以下、図 5 を参照し、伸縮ユニット 20 の収縮動作及び伸長動作と、摩擦低減層 25 との関係について説明する。図 5 は、伸縮ユニット 20C ~ 20F の状態を示し、同図において伸縮ユニット 20C ; 20F は伸長状態であり、伸縮ユニット 20D ; 20E は圧縮空気の供給により収縮状態にある。

20

また、同図における摩擦低減層 25 は、上述した摩擦低減層 25 の一例としての単一の被覆シート 26 に複数の切り込み 27A ~ 27D を設けた形態である。同図に示すように、伸縮ユニット 20C ; 20F の弾性膨張体 22 の外周面は、摩擦係数の小さい摩擦低減層 25 の存在によりその全域が覆われた状態となり、管体 1 の内周面と直接接することが阻止される。

【0025】

一方、収縮状態にある伸縮ユニット 20D ; 20E の弾性膨張体 22 の外周面は、弾性膨張体 22 の膨張に伴って拡大して開口する複数の切り込み 27A ~ 27D から管体 1 の内周面側に露出し、当該露出した外周面が管体 1 の内周面に対して圧縮空気の供給による高い押し付け力で密着して接することが許容される。

30

つまり、摩擦低減層 25 は、伸縮ユニット 20 の伸長時において弾性膨張体 22 の外周面の露出範囲を減少させ、伸縮ユニット 20 の収縮時において弾性膨張体 22 の外周面の露出範囲を拡大させるものである。換言すれば、摩擦低減層 25 は、伸縮ユニット 20 の伸長時において弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面との接触面積を収縮時よりも減少させ（上記例においては接触面積が実質的に 0）、伸縮ユニット 20 の収縮時において弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面との接触面積を伸長時よりも増大させる作用を奏するものである。そして、このような作用は、図 4（b）に示した摩擦低減層 25 の形態についても同様である。

40

【0026】

例えば、上述の 4 分割された被覆シート 26A ~ 26D により摩擦低減層 25 を構成した場合には、伸縮ユニット 20 の伸長時において弾性膨張体 22 の外周面が間隙 G の面積以下の範囲で露出し、伸縮ユニット 20 の収縮時においては、弾性膨張体 22 の膨張に伴って、弾性膨張体 22 の外周面が間隙 G を拡大しつつ、当該拡大後の間隙 G（開口部）より管体 1 の内周面側に露出し、摩擦係数の高い弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面とが高い押し付け力下において密着することとなる。

また、弾性膨張体 22 の外周面に対して円周方向に所定の間隔を持って塗布剤を塗布することにより摩擦低減層 25 を構成した場合には、伸縮ユニット 20 の伸長時において弾

50

性膨張体 22 の外周面が円周方向への所定の間隔以下の面積で露出し、伸縮ユニット 20 の収縮時においては、弾性膨張体 22 の膨張に伴って、上記間隔を拡大しつつ、当該拡大後の間隔より管体 1 の内周面側に露出し、摩擦係数の高い弾性膨張体 22 の外周面と管体 1 の内周面とが高い押し付け力下において密着することとなる。

【0027】

次に、先端挿入体 15 について説明する。

図 1 に示すように、先端挿入体 15 は、管体内移動体 13 を構成する伸縮ユニット 20 A ~ 20 F のうち、先端に位置する伸縮ユニット 20 A に取り付けられて前方に延出する。同図に示すように、先端挿入体 15 は、第 1 のコイルバネ 15 A と、第 2 のコイルバネ 15 B とから構成されており、第 1 のコイルバネ 15 A は引張バネあり、第 2 のコイルバネ 15 B は圧縮バネである。

10

【0028】

同図に示すとおり、第 1 のコイルバネ 15 A の後端部は、フランジ 23 と同様に伸縮ユニット 20 A の内筒 21 及び弾性膨張体 22 の端部を強固に固定するとともに開口を閉塞するキャップ体 32 の先端部に図外の係合手段を介して接続されている。また、第 1 のコイルバネ 15 A の前端部には、第 2 のコイルバネ 15 B の後端部が接続され、当該第 2 のコイルバネ 15 B の前端部に前述の探查ユニット 11 の本体部 11 A が接続される。

また、前述のとおり、先端挿入体 15 内には、キャップ体 32 に開設された開口を介してケーブル 12 のリード線 R1 ; R2 が通じている。なお、リード線 R1 ; R2 を省略し、ケーブル 12 を先端挿入体 15 内に直接内挿して撮像手段 11 M 及び照明手段 11 N と直接的に接続してもよいが、先端挿入体 15 の柔軟性を確保する観点から、細径なリード線 R1 ; R2 を介して接続するのが望ましい。

20

【0029】

図 1 に示すように、圧縮空気給排手段 16 は、コンプレッサ 16 A と、レギュレータ 16 B と、空気制御弁（空気供給弁 16 M 及び空気開放弁 16 N）と、伸縮ユニット 20 の連結数に対応し、各伸縮ユニット 20 A ~ 20 F の空気室 S とそれぞれ独立して連通する複数のエアチューブ 16 C とを備える。各エアチューブ 16 C は、前述の複数のエアチューブ 24 とそれぞれ対応して接続されており、進行制御手段 16 からの制御信号に応じて、各伸縮ユニット 20 A ~ 20 F に対して独立して圧縮空気を供給又は排出することが可能である。

30

【0030】

例えば、伸縮ユニット 20 A を収縮させる場合には、伸縮ユニット 20 A の空気室 S に連通するエアチューブ 24 と対応して接続されたいずれかのエアチューブ 16 C に介在する空気供給弁 16 M を開放して伸縮ユニット 20 A の空気室 S 内に圧縮空気を供給し、反対に伸縮ユニット 20 A を伸長させる場合には、空気供給弁 16 M を閉鎖するとともに空気開放弁 16 N を開放することにより圧縮空気を大気に排出する。進行制御手段 17 は、例えば所定のプログラムに従って動作する CPU を備えたコンピュータであって、圧縮空気給排手段 16 の空気供給弁 16 M 及び空気開放弁 16 N の開閉を制御して、伸縮ユニット 20 A ~ 20 F への圧縮空気の給排を制御することで、管体内移動体 13 を管体 1 内において進行させる。

40

【0031】

次に、図 6 に基づいて上記構成からなる管体内移動体 13 の基本的な進行動作について説明する。なお、同図においては説明の簡略化のため、管体内移動体 13 を 3 つの伸縮ユニット 20 A ~ 20 C により構成し、摩擦低減層 25 の図示を省略している。図 6 (a) は、管体内移動体 13 の初期状態（停止状態）を示し、当該管体内移動体 13 は、初期状態から矢印で示す方向に進行するものとする。まず、図 6 (a) に示す初期状態では、管体内移動体 13 の先端に位置する伸縮ユニット 20 A と最後尾に位置する伸縮ユニット 20 C とが収縮状態にあり、伸縮ユニット 20 A ; 20 C の弾性膨張体 22 の外周面の一部の範囲が管体 1 の内周面と密着している。この状態から進行制御手段 17 により、圧縮空気給排手段 16 を制御し、図 6 (b) に示す如く最後尾の伸縮ユニット 20 C を伸長状態

50

とするとともに、中間に位置する伸縮ユニット 20 B を収縮させる。この時点では、伸縮ユニット 20 C が軸方向に伸長し、伸縮ユニット 20 B が軸方向に収縮しただけなので、管体内移動体 13 の位置は変わらない。

【0032】

次に、図 6 (b) の状態から、図 6 (c) に示す如く、伸縮ユニット 20 A を伸長状態とするとともに、伸縮ユニット 20 C を収縮させる。この時、伸縮ユニット 20 A の伸長動作及び伸縮ユニット 20 C の収縮動作は、管体内移動体 13 全体を前方に進行させる動作に変換され、管体内移動体 13 が管体 1 内を矢印方向に向けて進行する。

その後、図 6 (d) に示すように、伸縮ユニット 20 B を伸長状態とするとともに、伸縮ユニット 20 A を収縮させることにより、図 6 (a) に示す初期状態に復帰する。なお、この時、伸縮ユニット 20 B の伸長動作と同時に伸縮ユニット 20 A が軸方向に収縮するので、管体内移動体 13 は進行しない。以上のとおり、進行制御手段 17 の制御により、各伸縮ユニット 20 A ~ 20 C を順次収縮、伸長させる動作を繰り返すことにより、管体内移動体 13 を管体 1 内において進行させることが可能となる。

なお、管体内移動体 13 を進行させるには、伸縮ユニット 20 が 3 つ以上であれば如何なる数を連結してもよく、例えば図 1 に示す如く、管体内移動体 13 が例えば 6 個以上のような伸縮ユニット 20 A ~ 20 F を備える場合には、前述の摩擦低減層 25 の構成を付加するのが望ましく、さらに、管体 1 に 90 度エルボ等により形成された屈曲部が存在する場合には、摩擦低減層 25 の構成に加えて、前述の先端挿入体 15 の構成を付加するのが一層望ましい。以下、摩擦低減層 25 及び先端挿入体 15 の作用、効果についてそれぞれ詳細に説明する。

【0033】

図 7 (a), (b) はそれぞれ、6 個の伸縮ユニット 20 A ~ 20 F を備えた管体内移動体 13 の管体 1 内の直線部及び湾曲部内における進行状態を示す概略図である。同図に示すように、伸縮ユニット 20 が 6 個ともなると、例えば伸縮ユニット 20 A ; 20 B の収縮時において、これより後続に位置し、伸長状態にある伸縮ユニット 20 C ~ 20 F は、管体 1 の内周面下部と接触し、引きずられながら管体 1 を進行することとなるため、伸縮ユニット 20 C ~ 20 F の弾性膨張体 22 の外周面と、これに接する管体 1 の内周面との間に生じる摩擦力が管体内移動体 13 の進行を阻害する。

【0034】

しかし、前述したとおり、本実施形態における各伸縮ユニット 20 A ~ 20 F の弾性膨張体 22 及びフランジ 23 の外周面には、摩擦係数の小さい摩擦低減層 25 が存在し、弾性膨張体 22 の伸長時における弾性膨張体 22 の外周面、及び管体 1 の内周面との間に生じる摩擦力が大幅に低減されるため、管体内移動体 13 が伸長状態にある伸縮ユニット 20 C ~ 20 F を引きずりながら進行したとしても、管体内移動体 13 の進行を阻害することはない。一方で、収縮状態にある伸縮ユニット 20 A ; 20 B における摩擦低減層 25 よりも摩擦係数の大きな弾性膨張体 22 の外周面は、摩擦低減層 25 より管体 1 の内周面側に露出し、管体 1 の内周面に対して高い摩擦力を有して密着するため、結果として管体内移動体 13 を管体 1 内においてスムーズに進行させることが可能となる。

【0035】

図 8 (a), (b) は、6 個の伸縮ユニット 20 A ~ 20 F からなる管体内移動体 13 を備えた管体内探査装置 10 の管体 1 内の屈曲部における進行状態を示す概略図である。当該屈曲部は、例えば管体 1 の一部を構成する 90 度エルボ管 1 R (以下、単にエルボ 1 R という。)等の部材により形成され、エルボ 1 R の両端部には、直管 1 A ; 1 B が接続されている。

【0036】

図 8 (a) に示すように、先端に位置する探査ユニット 11 が直管 1 A からエルボ 1 R を経由して直管 1 B 内に進行するには、エルボ 1 R と直管 1 B との接続部に生じる段差部 V を超える必要がある。そして、探査ユニット 11 と先頭の伸縮ユニット 20 A とを、例えばゴムチューブなどで連結した場合には、探査ユニット 11 が直管 1 A の延長方向に進

10

20

30

40

50

行して段差部 V に引っ掛かるため、ゴムチューブの座屈によりエルボ 1 R を通過できない事態が生じ得る。

【 0 0 3 7 】

これに対して本例では、図 8 (b) に示すように、探査ユニット 1 1 の段差部 V への接触に伴って、前方に位置する第 2 のコイルバネ (圧縮バネ) 1 5 B のもつ柔軟性と収縮動作により、探査ユニット 1 1 が段差部 V を超え、さらにその向きが直管 1 B 方向に向く。

さらに、探査ユニット 1 1 の向きが直管 1 B 方向に向くと、図 8 (c) に示すように、第 2 のコイルバネ 1 5 B が自然長に復帰しようとするとともに、これに伴って後方に位置する第 1 のコイルバネ (引張バネ) 1 5 A が伸長する。その後、図 8 (d) に示すように、伸長した第 1 のコイルバネ 1 5 A は、自然長に復帰しようとするので、第 1 のコイルバネ 1 5 A の後端部と接続された先頭の伸縮ユニット 2 0 A が、第 1 のコイルバネ 1 5 A に引っ張られてその向きが直管 1 B 方向に向くため、探査ユニット 1 1 及びこれに続く後続の伸縮ユニット 2 0 A ~ 2 0 F についてもエルボ 1 R 内を速やかに通過することができる。

【 0 0 3 8 】

即ち、本実施形態に係る管体内探査装置 1 0 によれば、管体内移動体 1 3 を構成する複数の伸縮ユニット 2 0 のうち、先頭に位置する伸縮ユニット 2 0 A と探査ユニット 1 1 とを高い柔軟性を有する第 1 のコイルバネ 1 5 A 及び第 2 のコイルバネ 1 5 B とから構成された先端挿入体 1 5 を介して接続しているため、管体 1 にエルボ 1 R 等の部材によって形成された屈曲部が存在する場合であっても、管体 1 内をスムーズに進行することが可能となり、管体 1 の管路形状を問わず管体 1 内をくまなく探査することが可能となる。

【 0 0 3 9 】

次に、弾性膨張体 2 2 の長さとの関係、及び管体 1 に屈曲部が存在する場合の伸縮ユニット 2 0 の連結数について説明する。

図 9 (a) は管体 1 の寸法等を表す模式図、図 9 (b) は、伸縮ユニット 2 0 の弾性膨張体 2 2 の収縮前後の寸法変化を表す模式図である。各図に示すように、管体 1 の内径を D、弾性膨張体 2 2 の収縮時の最大半径を d m とすると、管体内移動体 1 3 が、管体 1 の内周面に接地しながら移動する条件は、 $d m > D$ である。

【 0 0 4 0 】

また、図 9 (b) に示すように、弾性膨張体 2 2 の長さを L、外径を d、弾性膨張体 2 2 の最大収縮率 (最大収縮時の収缩量 / L) を α とし、圧縮空気の空気圧が弾性膨張体 2 2 の全ての面に等しく垂直に加わるという条件から、弾性膨張体 2 2 が円弧を描くと仮定した場合、実線で示す弾性膨張体 2 2 の収縮後の長さは $(1 - \alpha) L$ なので、 $d m = (1 - \alpha) L + d$ となる。

したがって、管体内移動体 1 3 が、管体 1 の内周面に接触しながら移動するためには、弾性膨張体 2 2 の長さ L と外径 d とは、以下の式 (1) を満たす必要がある。

【 数 2 】

$$L > \frac{D-d}{1-\alpha} \quad \cdots \cdots (1)$$

【 0 0 4 1 】

また、図 9 (a) に示すように、管体内移動体 1 3 が 9 0 度エルボのような屈曲部を通過する際には、一部の伸縮ユニット 2 0 がエルボ R 1 内に収容される。したがって、管体 1 の内径を D、フランジ 2 3 の長さ (突出長さ) を p としたとき、弾性膨張体 2 2 の長さ L と外径 d とは、以下の式 (2) を満たす必要がある。

【 数 3 】

$$L < 2(\sqrt{2}D-d-p) \quad \cdots \cdots (2)$$

【 0 0 4 2 】

また、図 6 を用いて説明したとおり、管体内移動体 1 3 が進行するには、伸縮ユニット 2 0 の数が少なくとも 3 個必要であるから、エルボ 1 R の前段にある直管 1 A 内又は、エルボ 1 R の後段にある直管 1 B 内に少なくとも 3 個の伸縮ユニット 2 0 が存在することが条件となる。

【 0 0 4 3 】

以上の検討を前提として、本例では伸縮ユニット 2 0 の弾性膨張体 2 2 の長さ L 及び外径 d を前記式 (1) 及び式 (2) を満たすように設定するとともに、管体内移動体 1 3 を構成する伸縮ユニット 2 0 の数を 6 個以上としたので、図 1 0 (a) に示すように、エルボ R 1 通過中に直管 1 A 内に最低でも 3 個の伸縮ユニット 2 0 D ~ 2 0 F が存在する状態、又は、図 1 0 (b) に示すように、直管 1 B 内に最低でも 3 個の伸縮ユニット 2 0 A ~ 2 0 C が存在する状態を実現できる。

10

したがって、直線部、湾曲部が存在する管体は元より、90度エルボ等の存在によって屈曲部を有する管体であっても管体内をスムーズに進行可能な管体内移動体 1 3 及び管体内探査装置 1 0 を得ることが可能となる。

【 0 0 4 4 】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は前記実施の形態に記載の範囲には限定されない。前記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者にも明らかである。そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲から明らかである。

例えば、上記実施形態では、管体内移動体 1 3 にケーブル 1 2 を内挿した例について説明したが、探査ユニット 1 1 に内蔵した電源やメモリーなどにより管体 1 内の状態 (画像、動画) を記憶すれば、ケーブル 1 2 を省略することが可能となる。

20

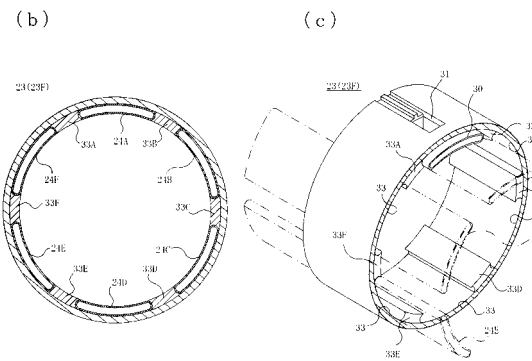
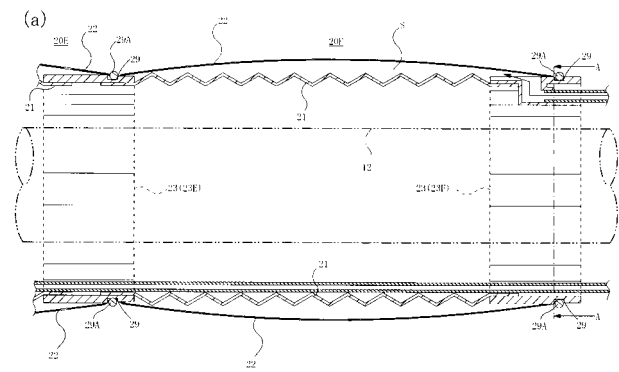
【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

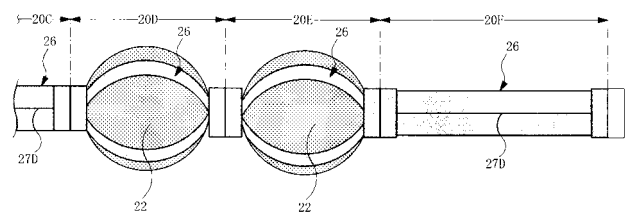
1 管体, 1 A ; 1 B 直管, 1 R 90度エルボ管, 1 0 管体内探査装置,
1 1 探査ユニット, 1 2 ケーブル, 1 3 管体内移動体, 1 5 先端挿入体,
1 5 A 第1のコイルバネ, 1 5 B 第2のコイルバネ, 1 6 圧縮空気給排手段,
2 0 (2 0 A ~ 2 0 F) 伸縮ユニット, 2 1 内筒, 2 2 弾性膨張体,
2 3 (2 3 A ~ 2 3 F) フランジ, 2 4 (2 4 A ~ 2 4 F) エアチューブ,
2 5 摩擦低減層

30

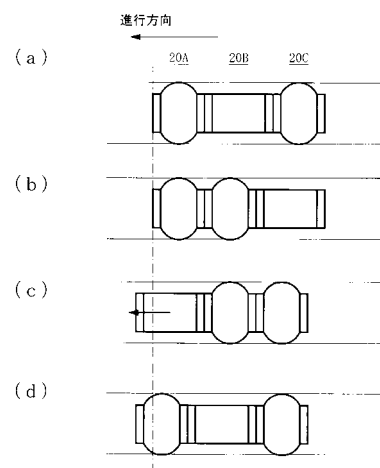
【 図 2 】



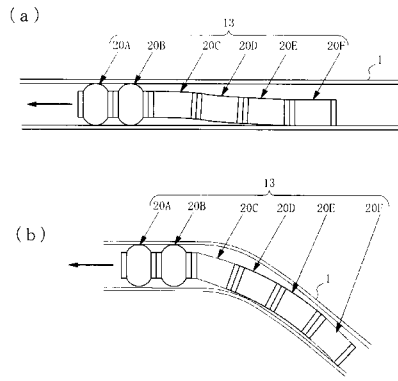
【 図 5 】



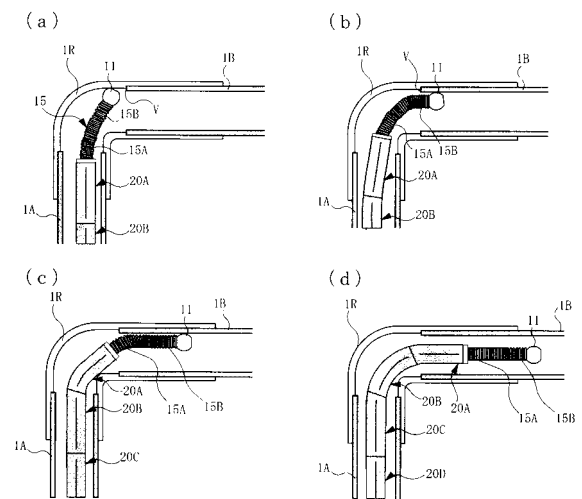
【 図 6 】



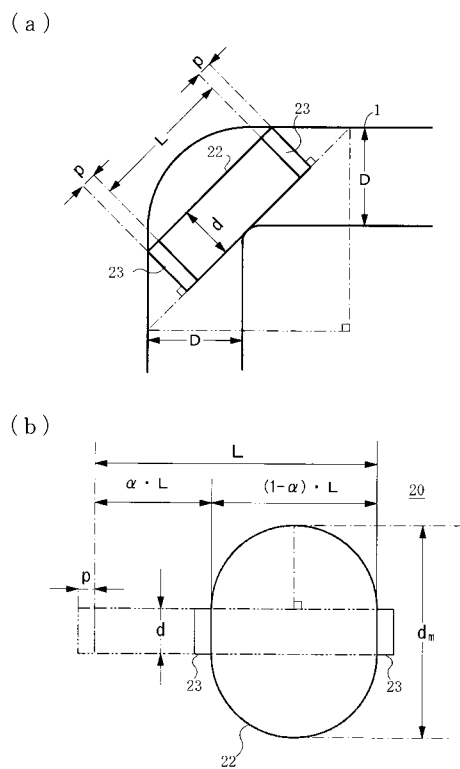
【図 7】



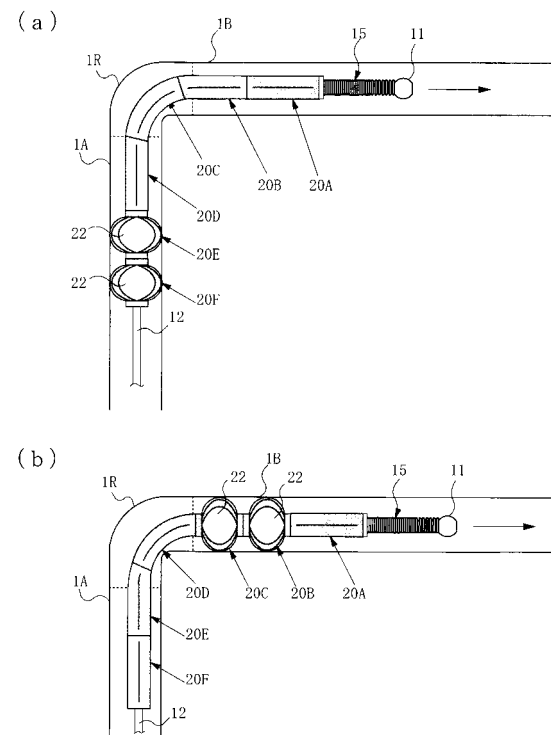
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 岸 達也
東京都文京区春日 1 - 1 3 - 2 7 中央大学後楽園キャンパス内
- (72)発明者 池内 愛
東京都文京区春日 1 - 1 3 - 2 7 中央大学後楽園キャンパス内
- (72)発明者 隅田 和哉
東京都町田市小山ヶ丘 2 - 2 - 6 東京航空計器株式会社内
- (72)発明者 山向 健太
東京都町田市小山ヶ丘 2 - 2 - 6 東京航空計器株式会社内
- (72)発明者 岡堀 哲郎
東京都町田市小山ヶ丘 2 - 2 - 6 東京航空計器株式会社内
- F ターム(参考) 2H040 AA02 DA17 DA41 DA55 GA03
4C161 AA00 BB00 CC06 DD03 FF36 JJ01 LL02