

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 7 月 2 日(02.07.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/098294 A1

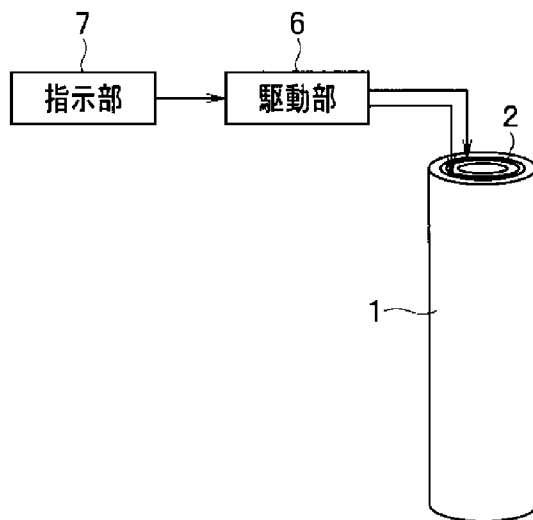
- (51) 国際特許分類:
A61B 1/00 (2006.01) G02B 23/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079234
- (22) 国際出願日: 2014 年 11 月 4 日(04.11.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-269994 2013 年 12 月 26 日(26.12.2013) JP
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 沖田 龍彦(OKITA Tatsuhiko); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷二丁目 4 3 番 2 号オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 松本 薫(MATSUKI Kaoru).
- (74) 代理人: 伊藤 進(ITO H Susumu); 〒1600023 東京都新宿区西新宿七丁目 4 番 4 号 武蔵ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: VARIABLE STIFFNESS ACTUATOR

(54) 発明の名称: 硬度可変アクチュエータ

[図7]



6... DRIVE PART
7... INSTRUCTION PART

(57) Abstract: A variable stiffness actuator which comprises: a first flexible member (1) to which a first electrode (3) is fixed; a second flexible member (2) which is disposed so as to face the first flexible member (1) and to which a second electrode (4) is fixed; an insulating member (5) which insulates the electrodes (3, 4); a drive part (6) which applies a voltage to the electrodes (3, 4); and an instruction part (7) which instructs the drive part (6) to apply the voltage. When the drive part (6) applies the voltage in response to an instruction from the instruction part (7), an electrostatic attractive force is generated between the electrodes (3, 4) causing a friction force between the flexible members (1, 2) whereby the flexible members (1, 2) come together and stiffen against an external bending force.

(57) 要約: 第 1 の電極 (3) が固定された第 1 の可撓性部材 (1) と、第 1 の可撓性部材 (1) と対向するように配置され第 2 の電極 (4) が固定された第 2 の可撓性部材 (2) と、電極 (3, 4) を絶縁する絶縁部材 (5) と、電極 (3, 4) に電圧を印加する駆動部 (6) と、駆動部 (6) に電圧を印加させる指示を行う指示部 (7) とを備え、指示部 (7) からの指示に応じて駆動部 (6) が電圧を印加すると、電極 (3, 4) 間に静電引力が発生して可撓性部材 (1, 2) 間に摩擦力が生じ、外部からの曲げ力に対して可撓性部材 (1, 2) が一体的となり硬化する硬度可変アクチュエータ。

WO 2015/098294 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 硬度可変アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、曲げ力に対する剛性を変化させることができる硬度可変アクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 例えば、複雑な形状をもつ管腔内にチューブを挿入する場合に、チューブが軟性であると、管腔の曲がり形状部にチューブが突き当たったときに変形を生じてその位置にとどまり、それ以上は管腔の奥にチューブを挿入することが困難となる。

[0003] そこで、曲げ力に対する部材の剛性を変化させることができる硬度可変アクチュエータが従来より提案されており、一例としては内視鏡の分野において挿入性を向上するために利用されている。

[0004] このような硬度可変アクチュエータの一例として、例えば日本国特許第5 1 2 4 6 2 9号公報には、密着コイルばねの先端に取り付けたワイヤを牽引することにより密着コイルばねの圧縮状態を変化させて、硬度を変化させる硬度調整装置が記載されている。さらに、該公報には、ワイヤを牽引する際の操作に大きな力を要する点を考慮して、ワイヤ牽引機構に弾性体を設けることにより力の軽減を図る技術が記載されている。具体的には、弾性体としてねじりばねやゼンマイばねを用いて、牽引に必要な牽引トルクをマイナス側へシフトさせるものとなっているが、牽引トルクがマイナスとなる部分も生じてしまうために、ウォームギヤーおよびウォームホイールの組み合わせを用いることにより、マイナスの牽引力が作用するのを係止するようにしている。

[0005] しかしながら、上記日本国特許第5 1 2 4 6 2 9号公報に記載の技術であっても、牽引量が大きくなるに従って牽引トルクが大きくなる基本的な構造に変化はなく、硬度を変化させるための操作力量が何割か減少するだけに止

まり、依然として小さくない操作力量が必要であった。

[0006] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、硬度を変化させる操作を力量に依存することなく軽快に行うことができる硬度可変アクチュエータを提供することを目的としている。

発明の開示

課題を解決するための手段

[0007] 本発明のある態様による硬度可変アクチュエータは、第１の可撓性部材と、前記第１の可撓性部材と対向するように配置された第２の可撓性部材と、前記第１の可撓性部材に固定された第１の電極と、前記第１の電極と対向するように前記第２の可撓性部材に固定された第２の電極と、前記第１の電極と前記第２の電極との間に配設され、該第１の電極と該第２の電極とを絶縁する絶縁部材と、前記第１の電極および前記第２の電極に電圧を印加する駆動部と、前記駆動部に電圧を印加させる指示を行う指示部と、を具備し、前記指示部からの指示に応じて前記駆動部が電圧を印加すると、前記第１の電極と前記第２の電極との間に静電引力が発生して前記第１の可撓性部材と前記第２の可撓性部材との間に摩擦力が生じ、外部からの曲げ力に対して前記第１の可撓性部材と前記第２の可撓性部材とが一体的となって硬化する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態１における硬度可変アクチュエータの構成を示す図。
[図2]上記実施形態１において、硬化させたときの硬度可変アクチュエータの状態を示す断面図。
[図3]上記実施形態１において、硬化させていないときに曲げ力を加えた場合の硬度可変アクチュエータの状態を示す側面図。
[図4]上記実施形態１において、硬化させたときに曲げ力を加えた場合の硬度可変アクチュエータの状態を示す側面図。
[図5]上記実施形態１における硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示す断面図。
[図6]上記実施形態１において、印加電圧を変化させたときの硬度可変アクチ

ュエータの硬度の変化の様子を示すタイムチャート。

[図7]本発明の実施形態2における硬度可変アクチュエータの構成を示す図。

[図8]上記実施形態2における硬度可変アクチュエータの構成を示す平断面図

。

[図9]上記実施形態2における硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示すブロック図。

[図10]本発明の実施形態3の硬度可変アクチュエータにおける電極の構成を示す斜視図。

発明を実施するための最良の形態

[0009] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

[0010] [実施形態1]

図1から図6は本発明の実施形態1を示したものであり、図1は硬度可変アクチュエータの構成を示す図である。

[0011] 図1に示すように、硬度可変アクチュエータは、第1の可撓性部材1と、第2の可撓性部材2と、第1の電極3と、第2の電極4と、絶縁部材5と、駆動部6と、指示部7と、を備えている。

[0012] 第1の可撓性部材1は、曲げ力を加えると撓む部材であり、例えば面状の部材として構成されている。

[0013] 第2の可撓性部材2は、第1の可撓性部材1と対向するように（直接対向するように、または他の部材等を介して間接的に対向するように）配置された、曲げ力を加えると撓む部材であり、例えば面状の部材として構成されている。

[0014] 本実施形態においては、第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2は、面状をなす形状の一例として平面を採用し平板状部材となっているが、後述する実施形態において他の幾つかの例を示すように、曲面状であっても良く、円筒状やその他の形状でも構わない。さらに、第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2は、面状に限らず線状であっても良いし、線状の部材を例えば格子状に組み合わせるなどにより面状に形成したものであっても構

わない。

[0015] 第1の電極3は、第1の可撓性部材1に固定された、第1の可撓性部材1の面状に沿った形状の電極である。本実施形態においては、第1の電極3として面状の金属の薄膜（箔あるいは薄板であっても良い）を採用している。また、第1の電極3は第1の可撓性部材1に固定されているために、第1の可撓性部材1が曲げ力を受けて撓むと、第1の電極3も第1の可撓性部材1と一体に撓む。さらに、電圧を印加することにより第1の電極3に静電引力が作用すると、第1の電極3を介して第1の可撓性部材1にも静電引力が作用することになる。

[0016] 第2の電極4は、上述した第1の電極3と対向するように（ただし、図1および図2に示す構成例では、直接対向するのではなく、絶縁部材5を介して第1の電極3と対向するように）第2の可撓性部材2に固定された、第2の可撓性部材2の面状に沿った形状の電極である。本実施形態においては、第2の電極4として面状の金属の薄膜（箔あるいは薄板であっても良い）を採用している。また、第2の電極4は第2の可撓性部材2に固定されているために、第2の可撓性部材2が曲げ力を受けて撓むと、第2の電極4も第2の可撓性部材2と一体に撓む。さらに、電圧を印加することにより第2の電極4に静電引力が作用すると、第2の電極4を介して第2の可撓性部材2にも静電引力が作用することになる。

[0017] そして、図1および図2に示す構成例では、第1の電極3は、第1の可撓性部材1の第2の可撓性部材2に対向する面に、第2の電極4は、第2の可撓性部材2の第1の可撓性部材1に対向する面に、それぞれ固定されている。

[0018] なお、第1の電極3および第2の電極4は、第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2の主たる面の全体に設けるに限るものではなく、硬度を変化させたい所望の部分のみに局所的に設けるようにしても勿論構わない。

[0019] 絶縁部材5は、第1の電極3と第2の電極4との間に配設され、第1の電極3と第2の電極4とを絶縁する部材であり、本実施形態においては薄膜（

あるいは薄板であっても良い)の絶縁シートを採用している。ここに、絶縁部材5を薄膜として形成したのは、第1の電極3と第2の電極4との電極間距離をなるべく小さくして、電圧を印加したときに作用する静電引力をなるべく大きくするためである。また、絶縁部材5は、第1の電極3と第2の電極4とを絶縁に保つことができれば、配置や構造を限定されるものではない。すなわち、絶縁部材5は、第1の電極3と第2の電極4との間に単体で存在しても良いし、第1の電極3の表面と第2の電極4の表面との一方または両方に例えば絶縁被膜等として設けられていても良いし、後述するように他の部材が絶縁部材5の機能を兼ねるようにしても構わない。

[0020] 駆動部6は、上述した第1の電極3および第2の電極4に電圧を印加するものであり、例えば電源や変圧器等を含んで構成されている。本実施形態の駆動部6は、さらに、印加する電圧の高さを制御可能となっている。

[0021] 指示部7は、駆動部6に電圧を印加させる指示を行うものであり、例えば操作スイッチ等で構成されていて、操作に特段の力量を要せず、軽快な操作が可能である。本実施形態の指示部7は、さらに、駆動部6に印加させる電圧の高さを指示可能となっている。

[0022] 図2は、硬化させたときの硬度可変アクチュエータの状態を示す断面図である。

[0023] 指示部7からの指示に応じて駆動部6が電圧を印加すると、第1の電極3と第2の電極4との間に静電引力が発生し、つまり、第1の可撓性部材1には第2の可撓性部材2へ向かう力が、逆に、第2の可撓性部材2には第1の可撓性部材1へ向かう力が、それぞれ発生して、図2に示すように、絶縁部材5の、一面側に第1の電極3が、他面側に第2の電極4が、それぞれ当接して密着する(静電吸着)。

[0024] この第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2との間に作用する引力が垂直抗力となって、第1の電極3と第2の電極4と絶縁部材5とを介して、第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2との間に摩擦力が生じる。

[0025] このような構成において外部からの曲げ力を受けたときの硬度可変アクチ

ュエータの変化について、図3および図4を参照して説明する。なお、図3および図4において、硬度可変アクチュエータは下端側が固定され、上端側に、白抜き矢印に示すような左から右へ向かう曲げ力が加えられているものとする。

[0026] まず、図3は、硬化させていないときに曲げ力を加えた場合の硬度可変アクチュエータの状態を示す側面図である。

[0027] 第1の電極3および第2の電極4に電圧を印加せず硬化させていないときには第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2との間に滑りが生じるために、外部からの曲げ力が加わると第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2とがそれぞれ独立に湾曲し、当接面が摺動してずれることにより、図3に示すように先端に段差が生じる。このときには第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2は、それぞれ、左側の面が伸張され、右側の面が圧縮された状態となる。

[0028] 次に、図4は、硬化させたときに曲げ力を加えた場合の硬度可変アクチュエータの状態を示す側面図である。

[0029] 第1の電極3および第2の電極4に電圧を印加して硬化させたときには、外部からの曲げ力が加わると第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2とが静電吸着して一体的となって（つまり、第1の可撓性部材1の厚みと第2の可撓性部材2の厚みとを加算した厚みの1つの部材として）湾曲し、（最大静止摩擦力以下の範囲であれば）当接面は静止摩擦力により摺動せず、図4に示すように先端にも段差が生じることはない。このときには、対向する側の面（第1の可撓性部材1の右側の面および第2の可撓性部材2の右側の面）は伸張と圧縮の中間的な状態であるが、第1の可撓性部材1の左側の面は大きく伸張され、第2の可撓性部材2の右側の面は大きく圧縮された状態となる。

[0030] 具体的に、図3の状態と図4の状態とで曲がり量が同一であるとする、図4の状態における第1の可撓性部材1の左側の面の伸張量は図3の状態における第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2の左側の面の伸張量の

例えば2倍、同様に、図4の状態における第2の可撓性部材2の右側の面の圧縮量は図3の状態における第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2の右側の面の圧縮量の例えば2倍となる。従って、図4の状態では図3の状態よりも大きな応力が第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2の内部で発生しており、つまり曲げ力に対する剛性が高くなっている。

[0031] こうして、第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2とは、電極3, 4に電圧をかけていないときには曲げ力に対してそれぞれが別個の部材として振る舞うが、電極3, 4に電圧をかけると曲げ力に対して1個の部材として一体的に振る舞うために、硬化して硬度が高くなるのである。

[0032] 次に、図5は、硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示す断面図である。

[0033] 図1および図2に示した構成例では、電極間距離を小さくして静電引力を大きくするために、第1の電極3を第1の可撓性部材1の第2の可撓性部材2に対向する面に配置し、第2の電極4を第2の可撓性部材2の第1の可撓性部材1に対向する面に配置していた（つまり、電極3, 4を可撓性部材1, 2の近接する側の面に各配置していた）が、このような構成に限定されるものではない。

[0034] すなわち、図5に示すように、第1の電極3を第1の可撓性部材1の第2の可撓性部材2とは反対側の面に配置し、第2の電極4を第2の可撓性部材2の第1の可撓性部材1とは反対側の面に配置しても（つまり、電極3, 4を可撓性部材1, 2の離隔する側の面に各配置しても）、ある程度の静電引力を生じることは可能である。

[0035] なお、この図5に示したような構成の場合には、第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2との少なくとも一方を絶縁性の材料により構成すれば、絶縁部材5の機能を兼ねることができ、その結果、絶縁部材5を省略することが可能となる。

[0036] 一方、絶縁部材5が存在する条件の下で第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2を導電性素材により形成すれば、第1の可撓性部材1が第1の

電極 3 を兼ね、第 2 の可撓性部材 2 が第 2 の電極 4 を兼ねることができるとともに、第 1 の電極 3 および第 2 の電極 4 を省略することが可能となる。

[0037] 次に、図 6 は、印加電圧を変化させたときの硬度可変アクチュエータの硬度の変化の様子を示すタイムチャートである。

[0038] 本実施形態の硬度可変アクチュエータは、第 1 の電極 3 および第 2 の電極 4 に印加する電圧の高さを制御することにより、硬度を調整することが可能となっている。

[0039] まず、電圧を印加しないときであっても、硬度可変アクチュエータには各部材を構成する素材や肉厚などに応じたある程度の硬度が存在している。

[0040] 次に、第 1 の電極 3 および第 2 の電極 4 に電圧を印加すると、電圧が高くなればなるほど、第 1 の電極 3 と第 2 の電極 4 との間に作用する静電引力も強くなる。この静電引力が垂直抗力として作用するために、印加電圧が高くなると第 1 の可撓性部材 1 と第 2 の可撓性部材 2 との間に生じ得る最大静止摩擦力も大きくなり、つまり第 1 の可撓性部材 1 と第 2 の可撓性部材 2 とが一体となって外部からの曲げ力に対抗する力の上限値が上がる。図 6 における硬度（硬さ）は、このような外部からの曲げ力に対抗する力の上限値を示している。

[0041] なお、上述では電極と可撓性部材との組でなる層を 2 層に積層した構成であったが、これに限定されるものではなく、より多数の層を重ねる構成を採用しても構わない。

[0042] ある厚みの硬度可変アクチュエータが n 層で構成されているときに、ある湾曲量を得るために必要な曲げ力は、静電吸着が生じていないときを F_n 、静電吸着が生じているときを F とすると、 $F \propto F_n \times n^2$ （ここに、記号「 $\sim^2$ 」は 2 乗を表す）となり、つまり積層数の 2 乗に比例する曲げ力が必要となる。

[0043] 従って、硬度可変アクチュエータを多数の層で構成すれば、硬度変化のダイナミックレンジを大きくすることができる利点がある。

[0044] このような実施形態 1 によれば、第 1 の電極 3 と第 2 の電極 4 との間に電

圧を印加して生じる静電引力により、第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2とを一体化させることによって、曲げ力に対する剛性を高めることができる。

[0045] そして、第1の電極3および第2の電極4に印加する電圧の高さを制御することにより、硬化の度合いを所望に調整することができる。

[0046] また、第1の電極3を第1の可撓性部材1の第2の可撓性部材2に対向する側の面に固定し、第2の電極4を第2の可撓性部材2の第1の可撓性部材1に対向する側の面に固定した場合には、第1の電極3と第2の電極4との間の距離をなるべく近接させることができるために、印加する電圧が同一である場合に、電極間の距離がより離隔している場合に比して強力な静電引力を発生させることができ、より効果的に高い硬度を得ることが可能となる。

[0047] さらに、第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2との少なくとも一方が絶縁部材5を兼ねるようにした場合には、絶縁部材5を別途設ける必要がない利点がある。

[0048] 加えて、第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2とを導電性素材により形成した場合には電極3、4を兼ねることが可能となるために、電極3、4を可撓性部材1、2と別個に設ける必要がなくなり、部品点数を削減することができる。

[0049] こうして、本実施形態の硬度可変アクチュエータによれば、硬度を変化させる操作を力量に依存することなく軽快に行うことが可能となる。

[0050] [実施形態2]

図7から図9は本発明の実施形態2を示したものであり、図7は硬度可変アクチュエータの構成を示す図、図8は硬度可変アクチュエータの構成を示す平断面図、図9は硬度可変アクチュエータの変形例の構成を示すブロック図である。

[0051] この実施形態2において、上述の実施形態1と同様である部分については同一の符号を付すなどして説明を適宜省略し、主として異なる点についてのみ説明する。

- [0052] 上述した実施形態 1 では硬度可変アクチュエータを平板状に構成したが、平板状の場合には、硬度が変化するのは特定の方向（例えば、平板の主面に垂直な方向）からの曲げ力に対してとなり、特定方向と異なる方向（例えば、平板の主面に平行な方向）からの曲げ力に対しては、電極に電圧を印加したとしても硬度がほとんど変化しない。
- [0053] そこで、本実施形態は、より多様な方向からの曲げ力に対して硬度を変化させることができるように、硬度可変アクチュエータを円筒形状に構成したものとなっている。
- [0054] すなわち、図 7 に示すように、第 1 の可撓性部材 1 は、円筒状をなす部材となっている。
- [0055] また、第 2 の可撓性部材 2 は、第 1 の可撓性部材 1 よりも小径の円筒状をなす部材であって、外周面が第 1 の可撓性部材 1 の内周面と対向するように第 1 の可撓性部材 1 の内周側に同軸状に挿通して配置されている。
- [0056] さらに、図 8 に示すように、第 1 の電極 3 は、第 1 の可撓性部材 1 の円筒状に沿った形状となっている。具体的に本実施形態の第 1 の電極 3 は、第 1 の可撓性部材 1 の内周面に固定された円筒状の金属の薄膜となっている。
- [0057] そして、第 2 の電極 4 は、第 2 の可撓性部材 2 の円筒状に沿った形状である。具体的に本実施形態の第 2 の電極 4 は、第 2 の可撓性部材 2 の外周面に固定された円筒状の金属の薄膜となっている。
- [0058] なお、図 7 および図 8 には電極 3, 4 を可撓性部材 1, 2 の近接する側の面に配置する例を示したが、上述した実施形態 1 の図 5 に示した例と同様に、第 1 の電極 3 を第 1 の可撓性部材 1 の円筒状の外周面に固定し、第 2 の電極 4 を第 2 の可撓性部材 2 の円筒状の内周面に固定すること（つまり、電極 3, 4 を可撓性部材 1, 2 の離隔する側の面に配置すること）も可能である。
- [0059] また、絶縁部材 5 も、第 1 の電極 3 と第 2 の電極 4 とを絶縁に保つために、例えば円筒状をなす薄膜として形成され、第 1 の電極 3 と第 2 の電極 4 との間に配置されている。絶縁部材 5 のより具体的な例としては、第 1 の電極

3および第2の電極4の表面に形成された絶縁コートが挙げられる。

[0060] そして、本実施形態の構成においても、第1の電極3および第2の電極4に電圧を印加することにより電磁吸着が発生し、第1の可撓性部材1と第2の可撓性部材2とが密着して硬度が高くなる。このとき、印加する電圧の高さを制御することで硬度を変更可能なことは上述した実施形態1と同様である。

[0061] 次に、図9は、電極を複数対設けて、硬度可変アクチュエータの異なる部分にそれぞれ配置した例となっている。

[0062] 具体的に、図9には3つの電極対を設けた例（ただし、3つに限らないことはいうまでもない）を示しており、第1の電極対G aは第1の電極3 aおよび第2の電極4 aで構成され、第2の電極対G bは第1の電極3 bおよび第2の電極4 bで構成され、第3の電極対G cは第1の電極3 cおよび第2の電極4 cで構成されている。

[0063] これら3つの電極対G a～G cは、円筒状をなす第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2の、長手方向（例えば軸方向）に沿った異なる位置にそれぞれ配設されている。

[0064] また、駆動部6は、これら3つの電極対G a～G cのそれぞれに個別に接続されていて、各電極対G a～G cに対して独立に電圧を印加可能（すなわち、電圧印加の有無を独立に制御可能であり、かつ印加する電圧の高さを独立に制御可能）となっている。

[0065] さらに、指示部7は、これら3つの電極対G a～G cの何れに対してどのような高さの電圧を印加させるかを駆動部6に指示可能となっている。

[0066] この図9に示したような構成を採用することにより、硬度可変アクチュエータの長手方向（例えば軸方向）に沿った所望の部分の硬度を変化させることが可能となる利点がある。さらに、3つの電極対G a～G cに印加する電圧の高さをそれぞれ異ならせることにより、硬度可変アクチュエータのそれぞれの部分の硬度を所望の硬度に設定することができる。従って、例えば、第1の部分は柔軟な状態、第2の部分は第1の硬度になった状態、第3の部

分は第1の硬度とは異なる第2の硬度になった状態、等を実現することが可能となる。

[0067] なお、このような所望部分の硬度を可変とする構成は、この実施形態2に示した円筒状の硬度可変アクチュエータに限らず、任意の形状の硬度可変アクチュエータに適用することができる。

[0068] このような実施形態2によれば、上述した実施形態1とほぼ同様の効果を奏するとともに、第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2を同心の円筒状に形成したために、曲げ力が円筒状の周面のどの方向から加わっても、曲げ力に対する剛性をほぼ同一とすることができる。また、硬度可変アクチュエータを円筒状に形成したために、第2の可撓性部材2の内周側の空間に他の部材を配置することも可能となる。従って、例えば内視鏡に好適な構成の硬度可変アクチュエータとなる。

[0069] [実施形態3]

図10は本発明の実施形態3を示したものであり、硬度可変アクチュエータにおける電極の構成を示す斜視図である。

[0070] この実施形態3において、上述の実施形態1、2と同様である部分については同一の符号を付すなどして説明を適宜省略し、主として異なる点についてのみ説明する。

[0071] 第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2が、例えば内視鏡に配置されている場合には、被検体への挿入を行う際に撓みが頻繁に発生することになる。そこで、こうした頻繁な撓みが発生しても、電極の耐久性を向上することができるように工夫したのが本実施形態となっている。

[0072] すなわち、第1の電極3Aは、細長の導電性薄板を第1の可撓性部材1の周面、具体例としては内周面に沿って、軸方向位置をずらしながら螺旋状に巻回することにより形成されている。

[0073] また、第2の電極4Aは、細長の導電性薄板を第2の可撓性部材2の周面、具体例としては外周面に沿って、軸方向位置をずらしながら螺旋状に巻回することにより形成されている。

- [0074] このとき、好ましくは図10に示すように、第1の電極3Aの巻回方向と第2の電極4Aの巻回方向とは逆方向であると良い。
- [0075] なお、このような螺旋状の電極構成は、例えば図9に示したような複数の電極対を構成する各電極に対しても適用可能なことは勿論である。
- [0076] このような実施形態3によれば、上述した実施形態1, 2とほぼ同様の効果を奏するとともに、第1の電極3Aおよび第2の電極4Aを螺旋状に形成することにより、電圧を印加していないときの、第1の可撓性部材1および第2の可撓性部材2の可撓性をなるべく妨げないようにすることができる。
- [0077] また、螺旋状に形成された第1の電極3Aおよび第2の電極4Aは、曲げられた場合でも折れ難く、電極の破損や剥離が起こり難いだけでなく、それ自体がばね性を有するために元の形状に比較的容易に復帰することができる。
- [0078] さらに、第1の電極3Aの巻回方向と第2の電極4Aの巻回方向とを逆方向としたために、曲げ力が加わる方向が偏っていたとしても曲げ癖が付き難い利点がある。
- [0079] なお、本発明は上述した実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化することができる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明の態様を形成することができる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除しても良い。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせても良い。このように、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形や応用が可能であることは勿論である。
- [0080] 本出願は、2013年12月26日に日本国に出願された特願2013-269994号を優先権主張の基礎として出願するものであり、上記の開示内容は、本願明細書、請求の範囲、図面に引用されたものとする。

請求の範囲

[請求項1]

第1の可撓性部材と、
前記第1の可撓性部材と対向するように配置された第2の可撓性部材と、
前記第1の可撓性部材に固定された第1の電極と、
前記第1の電極と対向するように前記第2の可撓性部材に固定された第2の電極と、
前記第1の電極と前記第2の電極との間に配設され、該第1の電極と該第2の電極とを絶縁する絶縁部材と、
前記第1の電極および前記第2の電極に電圧を印加する駆動部と、
前記駆動部に電圧を印加させる指示を行う指示部と、
を具備し、
前記指示部からの指示に応じて前記駆動部が電圧を印加すると、前記第1の電極と前記第2の電極との間に静電引力が発生して前記第1の可撓性部材と前記第2の可撓性部材との間に摩擦力が生じ、外部からの曲げ力に対して前記第1の可撓性部材と前記第2の可撓性部材とが一体的となって硬化することを特徴とする硬度可変アクチュエータ。

[請求項2]

前記第1の可撓性部材は、円筒状をなす部材であり、
前記第2の可撓性部材は、前記第1の可撓性部材よりも小径の円筒状をなす部材であって、外周面が前記第1の可撓性部材の内周面と対向するように該第1の可撓性部材の内周側に同軸状に配置されていて、
前記第1の電極は、前記第1の可撓性部材の円筒状に沿った形状であり、
前記第2の電極は、前記第2の可撓性部材の円筒状に沿った形状であることを特徴とする請求項1に記載の硬度可変アクチュエータ。

[請求項3]

前記第1の電極および前記第2の電極でなる電極対は、前記第1の

可撓性部材および前記第 2 の可撓性部材の長手方向に沿って複数設けられており、

前記駆動部は、複数の前記電極対のそれぞれに独立に電圧を印加可能であり、

前記指示部は、複数の前記電極対の何れに電圧を印加させるかを前記駆動部に指示可能であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

[請求項4]

前記駆動部は、印加する電圧の高さを制御可能であり、

前記指示部は、前記駆動部に印加させる電圧の高さを指示可能であって、

前記第 1 の電極および前記第 2 の電極に印加する電圧の高さを制御することにより、硬度を調整可能であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の硬度可変アクチュエータ。

[請求項5]

前記第 1 の電極は前記第 1 の可撓性部材の内周面に固定され、

前記第 2 の電極は前記第 2 の可撓性部材の外周面に固定され、

前記絶縁部材は薄膜として形成されていて、

前記駆動部が電圧を印加しているときは、前記絶縁部材の、一面側に前記第 1 の電極が、他面側に前記第 2 の電極が、それぞれ当接して、前記第 1 の可撓性部材と前記第 2 の可撓性部材との間の摩擦力は前記絶縁部材を介して生じることを特徴とする請求項 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

[請求項6]

前記第 1 の電極は前記第 1 の可撓性部材の外周面に固定され、

前記第 2 の電極は前記第 2 の可撓性部材の内周面に固定されていて、

、

前記第 1 の可撓性部材と前記第 2 の可撓性部材との少なくとも一方が、前記絶縁部材を兼ねていることを特徴とする請求項 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

[請求項7]

前記第 1 の電極は、細長の導電性薄板を前記第 1 の可撓性部材の周

面に沿って螺旋状に巻回することにより形成され、

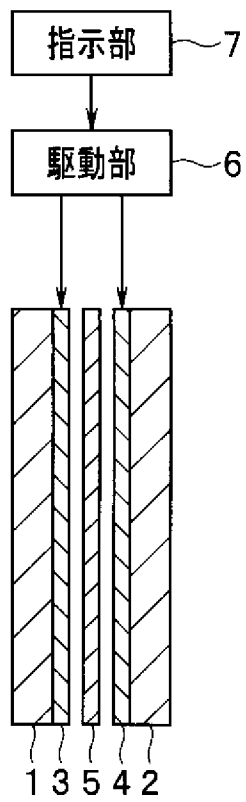
前記第 2 の電極は、細長の導電性薄板を前記第 2 の可撓性部材の周面に沿って螺旋状に巻回することにより形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

[請求項 8] 前記第 1 の電極の巻回方向と前記第 2 の電極の巻回方向とは逆方向であることを特徴とする請求項 7 に記載の硬度可変アクチュエータ。

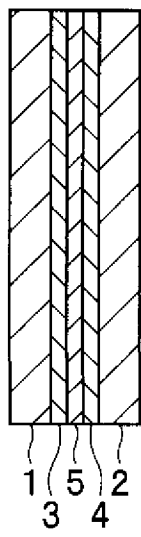
[請求項 9] 前記第 1 の可撓性部材は導電性素材により形成されていて前記第 1 の電極を兼ね、

前記第 2 の可撓性部材は導電性素材により形成されていて前記第 2 の電極を兼ねていることを特徴とする請求項 2 に記載の硬度可変アクチュエータ。

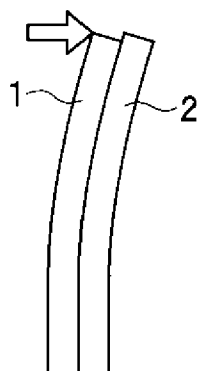
[図1]



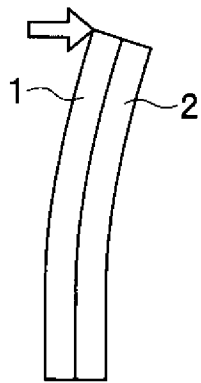
[図2]



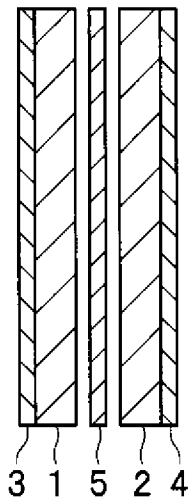
[図3]



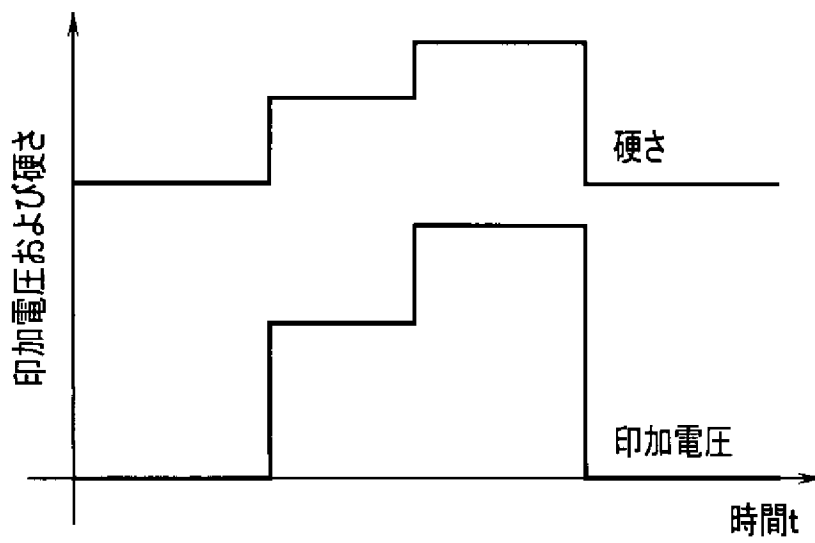
[図4]



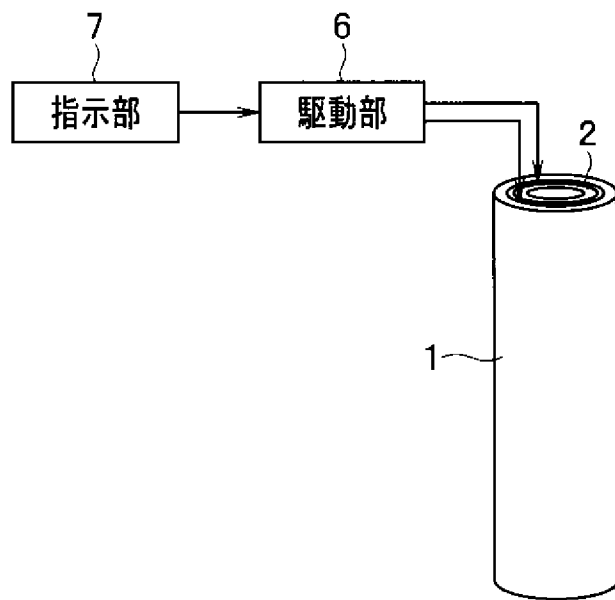
[図5]



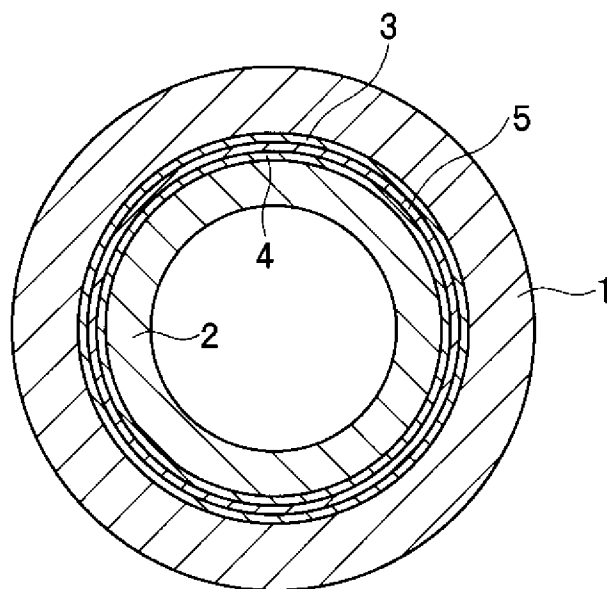
[図6]



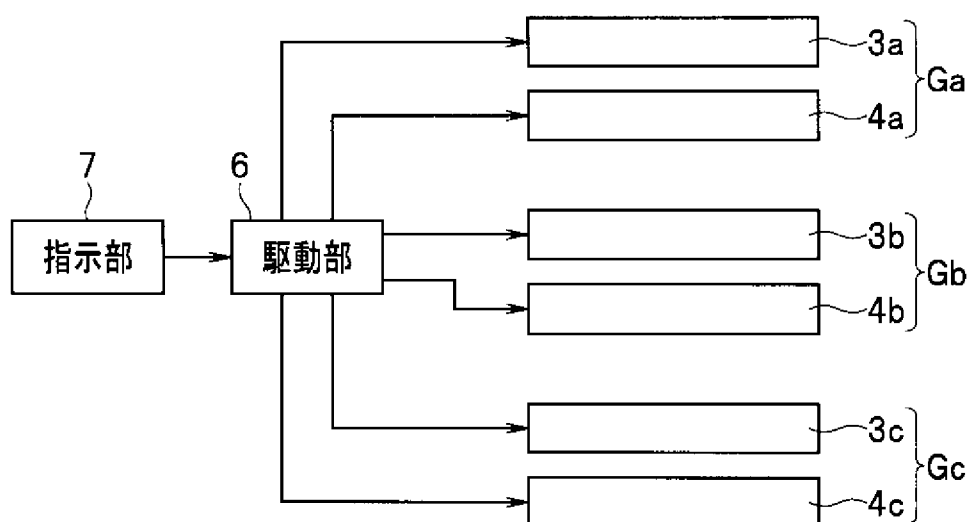
[図7]



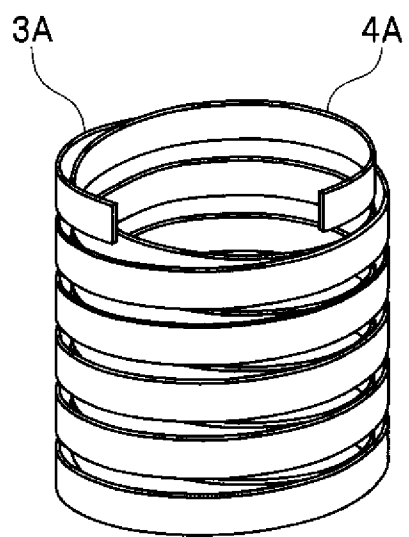
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079234

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B1/00(2006.01)i, G02B23/24(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)

A61B1/00-1/32, G02B23/24-23/26

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 2010-534529 A (SRI International), 11 November 2010 (11.11.2010), paragraphs [0018] to [0019], [0036] to [0042], [0046]; fig. 1, 7 & US 2009/0028670 A1 & EP 2173230 A1 & WO 2009/015374 A1	1-5, 7-9 6
Y	JP 2000-358385 A (Canon Inc.), 26 December 2000 (26.12.2000), paragraphs [0020] to [0025]; fig. 8 & US 6525446 B1	1-5, 7-9
Y	JP 2007-54231 A (Pentax Corp.), 08 March 2007 (08.03.2007), paragraphs [0012] to [0019]; fig. 1 to 4 (Family: none)	7, 8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 January 2015 (09.01.15)

Date of mailing of the international search report
27 January 2015 (27.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079234

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 2005-253187 A (Olympus Corp.), 15 September 2005 (15.09.2005), entire text; fig. 1 to 12 (Family: none)	1-9
A	JP 2008-5888 A (Fujifilm Corp.), 17 January 2008 (17.01.2008), entire text; fig. 1 to 13 & US 2007/0299303 A1	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B1/00(2006.01)i, G02B23/24(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（I P C））

Int.Cl. A61B1/00-1/32, G02B23/24-23/26

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 請求項の番号
Y A	JP 2010-534529 A（エスアールアイ インターナショナル） 2010.11.11, 段落【0018】－【0019】，【0036】－【0042】，【0046】， 第1,7図 & US 2009/0028670 A1 & EP 2173230 A1 & WO 2009/015374 A1	1-5, 7-9 6
Y	JP 2000-358385 A（キヤノン株式会社）2000.12.26, 段落【0020】－【0025】，第8図 & US 6525446 B1	1-5, 7-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

の日の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

0 9 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
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）

安田 明央

2 Q

9 3 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

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 請求項の番号
Y	JP 2007-54231 A (ペンタックス株式会社) 2007. 03. 08, 段落【0012】－【0019】, 第1-4 図 (ファミリーなし)	7, 8
A	JP 2005-253187 A (オリンパス株式会社) 2005. 09. 15, 全文, 第1-12 図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2008-5888 A (富士フイルム株式会社) 2008. 01. 17, 全文, 第1-13 図 & US 2007/0299303 A1	1-9