



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I866926 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 12 月 21 日

(21)申請案號：108132606

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 10 日

(51)Int. Cl. : **D01F6/00 (2006.01)****F03G7/06 (2006.01)****H02N10/00 (2006.01)**

(30)優先權：2018/09/10 日本

2018-168810

(71)申請人：日商東麗股份有限公司 (日本) TORAY INDUSTRIES, INC. (JP)

日本

(72)發明人：山中博文 YAMANAKA, HIROFUMI (JP)；佐藤貴大 SATO, KIRITA (JP)；鹿野秀和 KANO, HIDEKAZU (JP)

(74)代理人：賴經臣；宿希成

(56)參考文獻：

JP 2010-512957A

JP 2015-533521A

US 09853202B2

期刊 Carter S. Haines Artificial Muscles from Fishing Line and
Sewing Thread SCIENCE 期刊 DOI:10.1126/1246906 343(6173) February
2014 頁 868~872

審查人員：陳進來

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：4 共 31 頁

(54)名稱

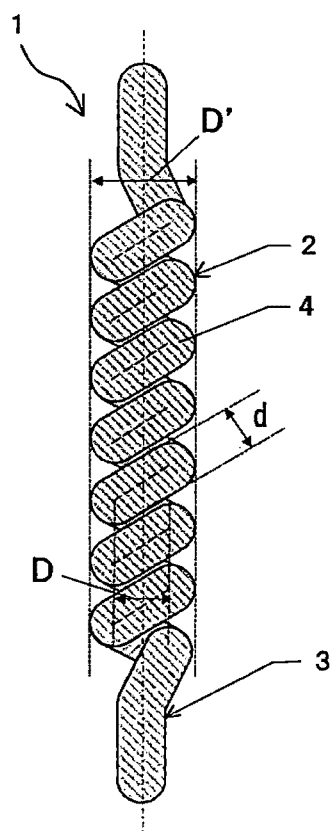
致動器用纖維暨使用其之致動器及纖維製品

(57)摘要

本發明所提供的致動器用纖維係作為軟致動器，利用加熱冷卻可進行可逆性伸縮動作，且富有柔軟性。本發明的致動器用纖維，係由熱可塑性樹脂構成的纖維，具有線圈彈簧形狀，將線圈部的平均直徑設為 D 、纖維直徑設為 d 時，彈簧指數 D/d 為 1.7 以上。

指定代表圖：

圖 1



- 符號簡單說明：
- 1 . . . 致動器用纖維
 - 2 . . . 線圈部
 - 3 . . . 端部
 - 4 . . . 加撚纖維(撚
絞纖維)
 - D . . . 線圈部平均
直徑
 - D' . . . 平均線圈部
外徑
 - d . . . 纖維直徑

I866926

發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

致動器用纖維暨使用其之致動器及纖維製品

【中文】

本發明所提供的致動器用纖維係作為軟致動器，利用加熱冷卻可進行可逆性伸縮動作，且富有柔軟性。本發明的致動器用纖維，係由熱可塑性樹脂構成的纖維，具有線圈彈簧形狀，將線圈部的平均直徑設為 D 、纖維直徑設為 d 時，彈簧指數 D/d 為 1.7 以上。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1…致動器用纖維

2…線圈部

3…端部

4…加撚纖維(撚絞纖維)

D…線圈部平均直徑

D'…平均線圈部外徑

d…纖維直徑

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

致動器用纖維暨使用其之致動器及纖維製品

【技術領域】

【0001】本發明係關於利用加熱冷卻而可伸縮動作之具有線圈彈簧形狀的致動器用纖維，以及使用其之致動器暨纖維製品。

【先前技術】

【0002】致動器係將物理/化學性能量轉換為機械性位移、或力的轉換裝置，自習知起廣泛使用作為使各種機械產生動作的驅動源。特別係利用作為供驅動電氣、磁力、氣體膨脹、油壓、空氣壓等之能量用的馬達、引擎、汽缸等，因為可獲得非常大的位移或力，因而大幅發展為機械的驅動源。

【0003】近年的動向，隨電子資訊產業、機器人產業、醫藥・生物關聯產業等的發展，相關半導體製造、模組組裝、醫藥品製造、微生物培養等多樣領域均要求精密驅動的致動器。又，針對生產性提升、生活品質提升的意識全世界性地高漲，亦朝由人類穿戴而支援步行、作業時所需要力道的機器人・裝置等開發前進。特別係例如以輔助服等為代表的輔助機器人・裝置，因為必需極力降低對穿戴者造成的負荷，因而強烈要求致動器的小型化・輕量化。針對此種致動器的要求，主要採由馬達、汽缸等的小型・微細化因應。然而，為求致動器更進一步精密・小型・輕量化，若僅依賴習知技術的延伸，會有碰到極限的可能性，因而渴求不同於習知的新世代型致動器材料。

【0004】在此種背景下，在各種領域中全力針對新世代型致動器材料的研究開發進展，尤其係通稱「人工肌肉」的致動器材料備受矚目。所謂「人工肌肉」係如活體肌肉般，藉由消耗能量而產生材料狀態變化，藉此獲得機械性動力的致動器材料。目前已研究開發有例如：對橡皮管賦予空氣壓而產生動作的 McKibben 式材料、利用加熱冷卻進行收縮伸長的形狀記憶合金材料、利用施加電壓/放電而進行伸縮動作的高分子凝膠材料，其他尚有利用了電氣・磁性黏性流體的材料或壓電材料等人工肌肉。

【0005】特別係使用有利於致動器小型・輕量化的高分子材料備受矚目，但仍有會產生位移或力道小等問題，且作為致動器材料所研究開發的高分子凝膠材料中，大多數在驅動需要電解液，因而需要電解液供應槽，產生小型化受限的問題。

【0006】為解決此種高分子致動器材料的問題已進行各種搭配，例如專利文獻 1 所提案的高分子致動器，係藉由對高分子纖維賦予撚絞及線圈形狀，利用熱能使其產生可逆性之撚絞及拉伸動作，而不需要電解質、反電極、及特別的組套化。

【0007】再者，專利文獻 2 所提案的致動器，係將依具有圓筒狀線圈形狀方式折疊的纖維材質設為直鏈狀低密度聚乙烯，將線圈的平均直徑設為小於纖維徑，藉此具有高位移率。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0008】

專利文獻 1：國際公開第 2014/022667 號

專利文獻 2：國際公開第 2017/022146 號

【發明內容】

(發明所欲解決之問題)

【0009】但是，專利文獻 1 僅止於研究水準的驗證而已，存在有尚未達到組配於衣服等纖維製品、可承受實際使用程度的課題。

【0010】再者，專利文獻 2 中，因為藉由將線圈平均直徑設為小於纖維徑，而成為較硬的彈簧，當組配於衣服等纖維製品時，有缺乏柔軟性的課題。

【0011】緣是，本發明課題係解決上述習知技術問題，提供適用於可組配於衣服等纖維製品、且柔軟之軟致動器的致動器用纖維。

(解決問題之技術手段)

【0012】上述目的係利用以下手段達成。即，本發明係具備有下述(1)~(8)中之任一項構成。

(1)一種致動器用纖維，係由熱可塑性樹脂構成的纖維，具有線圈彈簧形狀，將線圈部的平均直徑設為 D 、纖維直徑設為 d 時，彈簧指數 D/d (Spring Index)為 1.7 以上。

(2)如上述(1)所記載的致動器用纖維，其中，利用微分掃描熱量計所測定的玻璃轉移點係 150°C 以下。

(3)如上述(1)或(2)所記載的致動器用纖維，其中，從由微分掃描熱量計所測定的溶解熱量計算出之結晶化度為 5~95%範圍內。

(4)如上述(1)~(3)中任一項所記載的致動器用纖維，其中，雙折射 Δn 的絕對值為 $1.0 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-1}$ 之範圍內。

(5)如上述(1)~(4)中任一項所記載的致動器用纖維，其中，上述熱可塑性樹脂係從由聚酯、尼龍 6,10、尼龍 6,12、尼龍 10,10、聚

丙烯、乙烯-四氟乙烯、全氟烷基乙烯醚共聚合體、聚苯硫醚、聚醚醚酮、聚甲醛、聚胺基甲酸酯、及該等的組合所構成群組中選擇。

(6)如上述(1)~(5)中任一項所記載的致動器用纖維，其中，熱可塑性樹脂係從由尼龍 6,10、尼龍 6,12、尼龍 10,10 及該等的組合所構成群組中選擇。

(7)一種致動器，係由上述(1)~(6)中任一項所記載的致動器用纖維構成至少其中一部分。

(8)一種纖維製品，係由上述(1)~(6)中任一項所記載的致動器用纖維構成至少其中一部分。

(對照先前技術之功效)

【0013】本發明的致動器用纖維係彈簧指數大、具柔軟性，因而可成為能適用於軟致動器的構件。

【圖式簡單說明】

【0014】

圖 1 係本發明具線圈彈簧形狀之致動器用纖維的示意圖。

圖 2 係加撚纖維(撚絞纖維)的示意圖。

圖 3 係未加撚纖維的示意圖。

圖 4 係未加撚纖維內部的結晶部與非晶部之示意圖。

【實施方式】

【0015】以下，針對本發明較佳實施形態進行詳述。

【0016】本發明的致動器用纖維必需由熱可塑性樹脂構成。相關本發明致動器用纖維的伸縮動作機構容後述，而該動作的驅動源係利用熱可塑性樹脂的非晶部中之分子鏈因加熱而配向緩和時所產生的力。

【0017】本發明的致動器用纖維必需具有包含由纖維成形為螺旋狀之線圈部的線圈彈簧形狀。此處所謂「線圈彈簧形狀」係指與 JIS B 0103：2012(彈簧用語)所定義的線圈彈簧為相同形狀。藉由致動器用纖維具有線圈彈簧形狀，可使致動器用纖維產生伸縮動作。本發明致動器用纖維係如圖 1 所示，較佳係由纖維成形螺旋狀的線圈部 2、及非螺旋狀端部 3 構成的拉伸線圈彈簧形狀。

【0018】致動器用纖維 1 的線圈部 2 係如圖 2 所示，較佳係由加撚纖維 4(以下稱「撚絞纖維 4」)構成。由熱可塑性樹脂構成的纖維(如圖 3 所示的未加撚纖維 5)，係如圖 4 所示，在纖維內部分子鏈形成結晶部 6 與非晶部 7 的區域而存在，藉由一般性加熱，主要由非晶部 7 的分子鏈進行配向緩和，朝纖維軸方向收縮。若對該未加撚纖維施行撚絞，則原本纖維的軸方向成為沿撚絞纖維扭轉角的螺旋狀方向。此時，若利用加熱使非晶部的分子鏈進行配向緩和，則朝解除因撚絞所發生之扭轉的方向、亦即解撚方向作用力。

【0019】因為本發明的致動器用纖維具有線圈部，因而若線圈部係由具同一扭轉方向的撚絞纖維構成，則藉由加熱致動器用纖維，使非晶部的分子鏈產生配向緩和，則對構成線圈部的撚絞纖維作用解撚方向的力。藉此，產生線圈間距收縮的力，朝致動器用纖維的軸方向產生拉伸力。由此種機構，為了使本發明致動器用纖維產生軸方向拉伸力時，線圈部相鄰的繞線必需呈非接觸狀態。特別係當致動器用纖維在初期狀態呈相鄰繞線互接觸的拉伸線圈彈簧形狀時，必需將較開始解除相鄰繞線接觸的荷重(初張力)更大之荷重，施加於纖維一端，使繞線彼此間成為非接觸狀態。若加熱該致動器用纖維，使產生拉伸力後再施行冷卻，則拉伸力之產生停止，

再度返回加熱前的狀態。藉由重複該加熱冷卻，本發明的致動器纖維產生伸縮動作。

【0020】本發明致動器用纖維的彈簧指數 D/d 必需為 1.7 以上。本發明的「彈簧指數」係構成本發明致動器用纖維的纖維之纖維直徑 d 、與線圈部之平均直徑 D 的比率，利用 D/d 表示的指數。纖維直徑 d 係於例如利用數位式顯微鏡、依 300 倍倍率拍攝致動器用纖維側面的影像中，針對隨機抽樣的線圈部 2 之 10 個地方，測定圖 1 中依 d 所示撚絞纖維寬度的長度，並求取平均值；線圈部 2 的平均直徑 D 係於同樣拍攝的影像中，針對隨機抽樣的線圈部 2 之 10 個地方，測定線圈部外徑，並求取平均值，再從該平均線圈部外徑值減掉纖維直徑 d 值而可求得。

【0021】一般係彈簧指數越大，則成為越柔軟的彈簧，線圈部對於荷重越容易伸長。即，當沿線圈軸方向朝線圈部所施加荷重為一定時，彈簧指數越大，則線圈部的屈撓量越大。又，藉由彈簧成為柔軟，可分散從線圈軸方向的拉伸、壓縮、彎曲等所承受之外力，可達彈簧長壽命化。另一方面，彈簧指數越小，則成為越硬彈簧，線圈部對荷重越不易伸長。即，當沿線圈軸方向，朝線圈部所施加荷重為一定時，彈簧指數越小，則線圈部的屈撓量越小。又，雖因彈簧變硬而可應用於較大荷重，但承受外力時有容易發生應力集中、壽命縮短的傾向。若考慮此種特性而設計由金屬構成的線圈彈簧時，一般係將彈簧指數設定在 4.0~22.0 範圍內。

【0022】但是，因為本發明致動器用纖維的材質係熱可塑性樹脂，因而彈簧指數的設計範圍不同於由金屬構成的線圈彈簧。本發明人等經深入鑽研，結果發現由熱可塑性樹脂構成的致動器用纖維

中，藉由將彈簧指數 D/d 設為 1.7 以上，可富有柔軟性，當組配於衣服等纖維製品時不損及穿著感，可發揮致動器機能。又，組配於衣服等纖維製品時，從提高對身體活動追隨性的觀點而言，彈簧指數 D/d 較佳係 2.5 以上。又，從抑制穿戴時造成身體壓迫感的觀點而言，彈簧指數 D/d 較佳係 4.0 以上。另外，若彈簧指數 D/d 過大，則本發明致動器用纖維的形態不安定，因而從使產生伸縮動作安定之觀點而言，彈簧指數 D/d 的實質上限係 20.0。

【0023】本發明的致動器用纖維係由微分掃描熱量計(以下稱「DSC」)所測得玻璃轉移溫度(以下稱「 T_g 」)，較佳係 150°C 以下。本發明中所謂「 T_g 」，係指使用 DSC，依 $10^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 的升溫條件，從 20°C 起至較熔解尖峰(發熱尖峰)結束時高出約 30°C 的溫度範圍內測定，再使用解析軟體進行計算的值。

【0024】本發明致動器纖維的收縮動作之驅動源，如上述，源自自由熱造成的非晶部之分子鏈之配向緩和。所以，藉由利用加熱使致動器用纖維的溫度超過 T_g ，而配向緩和急遽進行，瞬間產生收縮動作。即，致動器用纖維的 T_g 係指可收縮動作的溫度， T_g 越高，則致動器用纖維的收縮動作需要越多的加熱； T_g 越低，則可依越少加熱產生收縮動作。從抑制收縮動作時所需要之加熱能量的觀點而言， T_g 更佳係 120°C 以下。將本發明致動器用纖維組配於衣服等纖維製品時，較佳係考慮所組合素材因熱造成的尺寸安定性，依低溫顯現伸縮動作。此外， T_g 越低，則致動器用纖維越富柔軟性，將致動器用纖維組配於衣服等纖維製品時亦可不致損及穿著感。從此種觀點而言， T_g 更佳係 80°C 以下、特佳係 60°C 以下。又，致動器用纖維的 T_g 越低，則可依越少加熱產生收縮動作，且越富柔軟

性，因而致動器用纖維的 T_g 下限並無特別的限定，但若致動器用纖維利用加熱冷卻重複進行伸縮動作時，動器用纖維的形態不安定，則無法獲得安定的伸縮動作。所以，從提高加熱冷卻時的形態安定性的觀點而言， T_g 更佳係 0°C 以上、特佳係 20°C 以上。

【0025】本發明致動器用纖維中，從利用 DSC 測定所獲得之溶解熱量計算出的結晶化度，較佳係 5~95% 範圍內。結晶化度係根據從利用 DSC 測定所獲得 DSC 熱分析圖，將由低溫結晶化尖峰(吸熱尖峰)所求得熱量設為結晶化熱量(J/g)，將由溶解尖峰(發熱尖峰)所求得熱量設為溶解熱量(J/g)，利用下式可計算出：

$$\text{結晶化度}(\%) = \{(\text{溶解熱量} - \text{結晶化熱量}) / \text{完全結晶溶解熱量}\} \times 100$$

【0026】因為本發明致動器用纖維的收縮動作之主要驅動源係源自利用熱造成非晶部的分子鏈之配向緩和，因而所存在的非晶量越多，則加熱時的致動器用纖維之收縮力越大。另一方面，在未具結晶部的非晶性聚合物的情況，纖維中並不存在連繫非晶部分子鏈的區域，在加熱冷卻時致動器用纖維的形態呈不安定，因而無法獲得安定之伸縮動作。所以，本發明的致動器用纖維係從形態安定性的觀點而言，較佳為具有結晶部。從推進此種觀點，而提高加熱冷卻時的形態安定性之觀點而言，結晶化度更佳係 10% 以上。在更高頻率地重複加熱冷卻的用途，則要求更加提高形態安定性，特佳係結晶化度為 15% 以上。另一方面，從提高加熱時收縮力的觀點而言，結晶化度更佳係 80% 以下。又，使用為輔助服等之驅動源時，需要更大的收縮力，更佳係結晶化度為 60% 以下。

【0027】本發明致動器用纖維的雙折射 Δn 之絕對值，較佳係

在 $1.0 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-1}$ 之範圍內。雙折射 Δn 係使用搭配貝瑞克消色器(Berek Compensator)的偏光顯微鏡，從遲延與纖維直徑值，依下式計算出：

$$\text{雙折射 } \Delta n = (\text{遲延} / \text{纖維直徑}) \times 10^{-3}$$

【0028】本發明中，雙折射 Δn 係將 n 數設為 5 測定纖維的雙折射，再依有效數字 2 位數的方式，將第 3 位四捨五入計算其平均值。纖維的雙折射 Δn 係視熱可塑性樹脂的種類而有正或負符號，絕對值越大，意指分子鏈在纖維軸方向的配向度越高。因為本發明致動器用纖維拉伸力的主要驅動源係源自非晶部的分子鏈因熱造成的配向緩和，因而分子鏈的配向度越高、亦即 Δn 值越大，則所產生的拉伸力越大。從此觀點而言，為了增加加熱時的拉伸力， Δn 更佳係 5.0×10^{-3} 以上。又，將本發明致動器用纖維組配於輔助服等纖維製品時，因為要求更大的拉伸力，因而 Δn 特佳係 1.0×10^{-2} 以上。另外，由熱可塑性樹脂構成的一般纖維中， Δn 的實質上限係 5.0×10^{-1} 程度。另一方面，纖維軸方向的分子鏈配向度越高，則越容易因摩擦在纖維軸方向上出現斷裂。即， Δn 越高，則越容易因擦過等而原纖維化，導致耐磨損性降低，因而為了提升本發明致動器用纖維的耐磨損性，最好使分子鏈配向度在適正範圍內降低。從此觀點而言，為了獲得高耐磨損性， Δn 更佳係 3.0×10^{-1} 以下。又，將本發明致動器用纖維組配於衣服等纖維製品時，由於在穿戴時高頻率發生摩擦、擦過等，因而要求更高耐磨損性， Δn 特佳係 1.0×10^{-1} 以下。

【0029】構成本發明致動器用纖維的熱可塑性樹脂，由於最好將致動器用纖維的 T_g 設在 150°C 以下，故較佳係 T_g 為 150°C 以下

的熱可塑性樹脂。熱可塑性樹脂較佳係從例如：聚酯、尼龍 6,10、尼龍 6,12、尼龍 10,10、聚丙烯、乙烯-四氟乙烯、全氟烷基乙烯醚共聚合體、聚苯硫醚、聚醚醚酮、聚甲醛、聚胺基甲酸酯中選擇。

【0030】 聚酯之具體例係可舉例如：聚對苯二甲酸乙二酯、聚對苯二甲酸丙二酯、聚對苯二甲酸丁二酯、聚對苯二甲酸己二酯等芳香族聚酯；聚乳酸、聚甘醇酸、聚己二酸乙二酯、聚己二酸丙二酯、聚己二酸丁二酯、聚琥珀酸乙二酯、聚琥珀酸丙二酯、聚琥珀酸丁二酯、聚癸二酸乙二酯、聚癸二酸丙二酯、聚癸二酸丁二酯、聚己內酯等脂肪族聚酯；對該等聚酯使共聚成分進行了共聚合的共聚合聚酯等，惟並不侷限於該等。

【0031】 聚酯的共聚成分之具體例係可舉例如：酞酸、異酞酸、對酞酸、間苯二甲酸-5-磺酸鈉、1,5-萘二羧酸、2,6-萘二羧酸、2,2'-聯苯二羧酸、3,3'-聯苯二羧酸、4,4'-聯苯二羧酸、蒽二羧酸等芳香族二羧酸；丙二酸、反丁烯二酸、順丁烯二酸、琥珀酸、衣康酸、己二酸、壬二酸、癸二酸、1,11-十一烷二羧酸、1,12-十二烷二羧酸、1,14-十四烷二羧酸、1,18-十八烷二羧酸、1,2-環己烷二羧酸、1,3-環己烷二羧酸、1,4-環己烷二羧酸、二聚酸等脂肪族二羧酸；鄰苯二酚、萘二醇、雙酚等芳香族二醇；乙二醇、伸丙二醇、伸丁二醇、伸己二醇、二乙二醇、聚乙二醇、聚丙二醇、新戊二醇、環己烷二甲醇等脂肪族二醇等等，惟並不侷限於該等。該等共聚成分係可僅使用 1 種、亦可併用 2 種以上。

【0032】 聚丙烯係可為單聚體、亦可為與共聚成分的共聚合體，作為共聚合體的形式係可舉例如：嵌段共聚合體、接枝共聚合體等，惟並不侷限於該等。作為共聚成分，可適應採用含有與染

料具高親和性之極性官能基的不飽和化合物，可舉例如：羧酸基、羧酸酐基、羧酸鹽基、羧酸酯基、羧酸醯胺基等。又，共聚合成分的具體例係可舉例如：順丁烯二酸、反丁烯二酸、衣康酸、丙烯酸、甲基丙烯酸等不飽和羧酸；順丁烯二酸酐、衣康酸酐等不飽和羧酸酐；甲基丙烯酸鈉、丙烯酸鈉等不飽和羧酸鹽；醋酸乙烯酯、丙酸乙烯酯、丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸甲酯、順丁烯二酸單乙酯等不飽和羧酸酯；丙烯醯胺、順丁烯二酸單醯胺等不飽和羧酸醯胺等，惟並不侷限於該等。該等共聚合成分係可僅使用 1 種、亦可併用 2 種以上。

【0033】聚胺基甲酸酯係可舉例如由二異氰酸酯、多元醇、及鏈伸長劑等 3 成分進行反應而獲得的高分子化合物。

【0034】二異氰酸酯的具體例係可舉例如：三亞甲基二異氰酸酯、四亞甲基二異氰酸酯、六亞甲基二異氰酸酯、異佛爾酮二異氰酸酯、1,3-雙(異氰酸酯甲基)環己烷、1,4-雙(異氰酸酯甲基)環己烷、1,3-環己烷二異氰酸酯、1,4-環己烷二異氰酸酯、2,2'-二苯基甲烷二異氰酸酯、2,4'-二苯基甲烷二異氰酸酯、4,4'-二苯基甲烷二異氰酸酯、1,5-萘二異氰酸酯、2,4-甲苯二異氰酸酯、2,6-甲苯二異氰酸酯、二苯基甲烷二異氰酸酯等，惟並不侷限於該等。

【0035】多元醇係可舉例如：聚醚多元醇、聚酯多元醇、聚己內酯多元醇、聚碳酸酯多元醇等，惟並不侷限於該等。聚醚多元醇係利用低分子量多元醇或低分子量多元胺、與環氧烷的開環加成聚合而獲得。聚酯多元醇係利用低分子量多元醇、與多元羧酸、多元羧酸酯、多元羧酸酐、多元羧酸鹵化物的縮合反應或酯交換反應而獲得。聚己內酯多元醇係利用低分子量多元醇、與己內酯的開環聚

合而獲得。聚碳酸酯多元醇係利用低分子量多醇、與碳酸酯的加成聚合而獲得。

【0036】低分子量多元醇的具體例係可舉例如：乙二醇、丙二醇、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,5-戊二醇、1,6-己二醇、環己二醇、環己烷二甲醇、雙酚、二乙二醇、二丙二醇、甘油、三羥甲基丙烷、季戊四醇、雙甘油、木糖醇、山梨糖醇、甘露糖醇、二季戊四醇蔗糖等，惟並不侷限於該等。低分子量多胺的具體例係可舉例如：伸乙二胺、1,3-丙二胺、1,4-丁二胺、1,6-己二胺、1,4-環己烷二胺、聯氨等，惟並不侷限於該等。環氧烷的具體例係可舉例如：環氧乙烷、環氧丙烷、環氧丁烷、四氫呋喃等，惟並不侷限於該等。多元羧酸的具體例係可舉例如：草酸、丙二酸、反丁烯二酸、順丁烯二酸、琥珀酸、衣康酸、己二酸、酞酸、異酞酸、對酞酸、二聚酸等，惟並不侷限於該等。多元羧酸酯的具體例係可舉例如：多元羧酸的甲酯、乙酯等，惟並不侷限於該等。多元羧酸酐的具體例係可舉例如：草酸酐、琥珀酸酐、順丁烯二酸酐、酞酸酐、偏苯三酸酐等，惟並不侷限於該等。多元羧酸鹵化物的具體例係可舉例如：二氯草酸、二氯化己二酸等，惟並不侷限於該等。己內酯的具體例係可舉例如： ϵ -己內酯，惟並不侷限於此。碳酸酯的具體例係可舉例如：碳酸伸乙酯、二甲基碳酸酯等，惟並不侷限於該等。

【0037】鏈伸長劑的具體例係可舉例如：乙二醇、1,2-丙二醇、1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,6-己二醇、二乙二醇、二丙二醇等，惟並不侷限於該等。

【0038】從將本發明致動器用纖維組配於輔助服、一般衣服等纖維製品的觀點而言，因為富柔軟性、組配於衣服等纖維製品時不

致損及穿著感、且衣服的機械強度亦優異，因而於上述熱可塑性樹脂中，最好從尼龍 6,10、尼龍 6,12、尼龍 10,10 中選擇。

【0039】本發明致動器用纖維中，由熱可塑性樹脂構成的纖維係可僅由 1 種構成，但由熱可塑性樹脂構成的纖維亦可由 2 種以上構成。

【0040】用於使本發明致動器用纖維產生拉伸力的加熱方法，並無特別的限定，可使用例如：熱風、蒸氣、各種高溫氣體等熱源；將電能轉換為熱能的各種電阻發熱體；太陽光、紅外線、紫外線、雷射、電磁波等利用光能的發熱等。從精密控制致動器用纖維之伸縮動作的觀點而言，最好使用可利用電氣信號進行加熱的電阻發熱體。又，為了加速伸縮動作的循環，係要求盡可能快速降低致動器用纖維的溫度，回復至初期狀態。從此觀點而言，最好組合例如：利用通氣扇等的空冷、利用水等各種冷媒的液冷、或帕爾帖元件等冷卻裝置，以提高冷卻效率。

【0041】為了電氣性控制本發明致動器用纖維的伸縮動作，提高伸縮動作對電氣信號輸入的響應速度，從高效率將電能轉換為熱能的觀點而言，亦可組合電阻發熱體。該電阻發熱體若為利用電阻進行發熱的材料，則無特別的限定，最好為例如：碳黑、奈米碳管、碳纖維等碳系材料；以金、銀、銅為首的金屬粒子；聚乙炔、聚苯胺、聚噻吩、聚吡咯系等導電性高分子等。該等係可預先混練於各種熱可塑性樹脂中，而含於纖維內部，又亦可將該等電阻發熱體利用塗敷或化學鍵結等手法，而複合・固定化於本發明致動器用纖維的表面上。亦可將由該等電阻發熱體本身加工成以薄膜、纖維、電線為首之成形體者，或與通用成形體經複合化者，利用撚絞等接觸

形態組配於本發明致動器用纖維中。

【0042】本發明致動器用纖維的纖維直徑 d 並無特別的限定，從使其產生作為致動器的實用伸縮動作的觀點而言，較佳係 $1\sim 10000\mu\text{m}$ 範圍內。在組配於衣服等纖維製品，在穿戴時要求對身體活動具高追隨性的用途方面，從更加提高致動器用纖維之柔軟性的觀點而言，纖維直徑 d 更佳係 $1\sim 1000\mu\text{m}$ 範圍內。

【0043】在活用本發明致動器用纖維特徵之柔軟性，並能適用更大荷重之目的下，最好將複數致動器用纖維進行並聯或串聯連接使用。

【0044】本發明致動器用纖維的製造方法並無特別的限定，以下記載製造方法一例。將由熱可塑性樹脂構成的纖維(單絲或複絲)切取為所需長度，將纖維上端綁附等固定於具備旋轉馬達之攪拌機的軸上。接著，在纖維下端安裝錘，使攪拌機的旋轉馬達作動。馬達的旋轉方向係設為與纖維軸垂直的方向相同，利用攪拌機的軸與錘，對二端被固定的纖維施加撚絞。若在此狀態下持續馬達旋轉，而持續施加撚絞，則超過雙撚絞(single twisted)的極限，加撚纖維一邊旋轉一邊折疊，開始繞成螺旋。此處所謂「繞成螺旋(coiling)」係指加撚纖維成形為線圈狀。從該螺旋開始點起，纖維全體繞成螺旋，最終獲得具有線圈彈簧形狀的致動器用纖維。如此製造之具有線圈彈簧形狀的致動器用纖維，係呈相鄰繞線彼此密接狀態，但在製造後，亦可藉由施行部分性解撚，使相鄰繞線分離而調整為非接觸狀態。由纖維形成的線圈部之旋轉方向，係與攪拌機馬達的旋轉方向一致，藉由調整馬達的旋轉方向，可分別製作具有右旋或左旋方向之線圈彈簧形狀的致動器用纖維。

【0045】再者，在纖維下端所安裝錘的荷重亦影響到繞成螺旋，在荷重不足時，在施加撚絞期間出現纖維纏結，反之若荷重過度，則在施加撚絞期間出現纖維斷裂。必需於不發生此種纖維纏結與斷裂情形之適當範圍內選擇荷重，在此適當範圍內，當使用纖維直徑 d 相同的纖維時，荷重越大，則所形成線圈部的平均直徑 D 越小，有彈簧指數 D/d 越小的傾向；若荷重越小，則線圈部的平均直徑 D 越大，有彈簧指數 D/d 越大的傾向。又，為了增加致動器用纖維的彈簧指數 D/d 、亦即增加線圈部的平均直徑 D ，亦可一邊將纖維捲繞於芯棒周圍，一邊形成線圈部。

【0046】所獲得之具有線圈彈簧形狀的致動器用纖維，有因在製造中施加過度撚絞而塑性變形，導致形態被固定化的情況。又，在使致動器用纖維形態安定化之目的下，亦可與通常之由熱可塑性樹脂所構成纖維同樣地施行熱定型。

【0047】在將本發明致動器用纖維使用作為致動器時，因為利用加熱冷卻而顯現出可逆性的伸縮動作，因而頗適用於例如：機器人、相關電子資訊、以及相關生物・醫療所採用的精密機器、微小機械。又，因為本發明致動器用纖維富有柔軟性，因而亦可適用為輔助步行、作業時所需要之力的輔助服等輔助機器人・裝置、衣服或纖維製品等。

[實施例]

【0048】以下列舉實施例，針對本發明的致動器用纖維進行具體說明。針對實施例與比較例進行下述評價。

【0049】

A.纖維直徑 d

針對致動器用纖維的側面，利用 KEYENCE 公司製數位式顯微鏡 VHX2000，於依 300 倍的倍率拍攝的影像中，針對隨機抽樣的線圈部 2 之 10 個地方，測定圖 1 中 d 所示撚絞纖維 4 的寬度之長，將平均小數點第 2 位四捨五入，以求取至小數點第 1 位的值作為纖維直徑 $d(\mu\text{m})$ 。

【0050】

B.線圈部之平均直徑 D

針對致動器用纖維的側面，利用 KEYENCE 公司製數位式顯微鏡 VHX2000，於依 300 倍的倍率拍攝的影像中，針對隨機抽樣的線圈部 2 之 10 個地方，測定線圈部外徑 (μm) ，將平均小數點第 2 位四捨五入，以求取至小數點第 1 位的值作為平均線圈部外徑 $D'(\mu\text{m})$ 。接著，如下式：

線圈部平均直徑 $D(\mu\text{m}) = \text{平均線圈部外徑 } D' - \text{纖維直徑 } d$ ，以從所獲得平均線圈部外徑 D' 值減掉纖維直徑 d 值的數值作為線圈部的平均直徑 $D(\mu\text{m})$ 。

【0051】

C.彈簧指數 D/d

使用纖維直徑 d 及線圈部平均直徑 D ，由下式：

彈簧指數 $D/d = \text{線圈部平均直徑 } D / \text{纖維直徑 } d$

計算，將小數點第 2 位四捨五入，以求取至小數點第 1 位的數值作為彈簧指數 D/d 。

【0052】

D.Tg 及結晶化度(DSC 測定)

使用 TA Instruments 公司製 DSC2000，依 $10^\circ\text{C}/\text{分}$ 的升溫條件，

在從 20℃ 起至較溶解尖峰(發熱尖峰)結束時高出約 30℃ 的溫度範圍內，施行致動器用纖維的微分掃描熱量測定。解析軟體係使用 TA Instruments 製通用分析 2000，於所測得的 DSC 熱分析圖求取 $T_g(^{\circ}\text{C})$ 。

再者，將從吸熱尖峰所求得的熱量設為結晶化熱量(J/g)，將從發熱尖峰所求得的熱量設為熔解熱量(J/g)，將由下式：

$$\text{結晶化度}(\%) = \{(\text{熔解熱量} - \text{結晶化熱量}) / \text{完全結晶熔解熱量}\} \times 100$$

所計算出數值的小數點第 1 位四捨五入，以成為整數的數值作為結晶化度。另外，各種熱可塑性樹脂的完全結晶熔解熱量(J/g)，係使用各實施例中所記載的數值。

【0053】

E. 雙折射 Δn

切取致動器用纖維的線圈部，利用、搭配貝瑞克消色器的 OLYMPUS BH-2 偏光顯微鏡，測定遲延(nm)，使用上述 A 項所求得纖維直徑 $d(\mu\text{m})$ ，從下式：

$$\text{雙折射 } \Delta n = (\text{遲延} / \text{纖維直徑 } d) \times 10^{-3}$$

求取雙折射 Δn 。針對線圈部的任意 5 個地方施行測定，依平均值成為有效數字 2 位數的方式將第 3 位四捨五入，以計算出的數值作為雙折射 Δn 。

【0054】

F. 伸縮動作率

在保持溫度 25.0℃、濕度 60.0%RH 的恆溫恆濕室內，將致動器用纖維依上端固定狀態懸吊，且將依在相鄰繞線呈非接觸狀態下

施加 20MPa 張力的方式，從下式：

$$\text{張力(MPa)} = \text{荷重} \times 0.0098 / \text{纖維截面積}$$

所計算出之荷重(g)的錘，懸掛於致動器用纖維下端。另外，纖維截面積(mm²)係使用纖維直徑 d(μm)計算出的數值。

【0055】另外，在致動器用纖維在無荷重時，相鄰繞線呈接觸之情況時，以排除初張力影響之目的，除施加相當於由以下方法所計算出之初張力的初荷重 $P_i(g)$ 之外，尚施加 20MPa 張力。

【0056】即，在保持溫度 25.0℃、濕度 60.0%RH 的恆溫恆濕室內，將相鄰繞線呈接觸的致動器用纖維，依上端固定的狀態懸吊，並在下端安裝測力計，朝線圈軸方向拉伸，使相鄰繞線間呈非接觸狀態，讀取致動器用纖維的線圈部長度成為 1.1 倍時的荷重 $P_1(g)$ 。接著，朝線圈軸方向拉伸，讀取線圈部長度成為 1.2 倍時的荷重 $P_2(g)$ ，從下式：

$$P_i(g) = 2P_1 - P_2$$

計算出初荷重 P_i 。

【0057】以此狀態作為初期狀態，使用熱風槍，依致動器用纖維的 $T_g + 70^\circ\text{C}$ 熱風施行加熱，使其收縮，在完成收縮的時點停止加熱，放冷至返回初期狀態。將加熱前的纖維長度設為 $L_1(\text{mm})$ ，加熱收縮時的纖維長度設為 $L_2(\text{mm})$ ，從下式：

$$\text{伸縮動作率(\%)} = \{(L_1 - L_2) / L_1\} \times 100$$

計算出伸縮動作率。

【0058】此處， $L_1 - L_2$ 係表示加熱前後的纖維長度差、亦即因加熱收縮造成的位移，伸縮動作率係相對於加熱前纖維長度的位移率。針對同一樣品，重複 5 次加熱放冷的循環，再將所求得伸縮動

作率的平均值之小數點第 2 位四捨五入，以求取至小數點第 1 位的數值作為致動器用纖維的伸縮動作率。

另外，當致動器用纖維的 T_g 未滿 25°C 時，係使用熱風槍，依 95°C 熱風施行加熱，並評價伸縮動作率。

【0059】

G.伸縮動作時之初期長變化率

測定經依照上述 F 項所記載方法施加了張力的致動器纖維用初期狀態時的纖維長度 $L3(\text{mm})$ 。然後，依上述 F 項所記載方法重複施行加熱放冷循環合計 50 次，測定第 50 次放冷完成時的樣品纖維長度 $L4(\text{mm})$ 。使用該等測定值，從下式：

$$\text{初期長變化率}(\%) = (|L3 - L4| / L3) \times 100$$

將小數點第 2 位四捨五入，求取至小數點第 1 位而計算出初期長變化率。此處， $|L3 - L4|$ 係表示加熱放冷 50 次循環前的初期狀態纖維長度、與經 50 次循環後的初期狀態纖維長度差之絕對值。所計算出的初期長變化率未滿 5.0% 時，評為合格。即，初期長變化率越小越優異，最小值係 0.0%。

【0060】

H.組配致動器用纖維的纖維製品之穿戴試驗

將實施例所獲得致動器用纖維，依對綿平織物(英式綿編號 40S：紡紗、經/緯織密度：各 50 支/吋(2.54cm))的經紗 10 支，組配 1 支的比例作為經紗，而製作縱・橫各 10cm 的平織物。接著，依圍繞綿製長袖襯衫之左右袖子上臂部分一周的方式，縫合所獲得平織物。在縫合平織物時，使袖子朝向與致動器用纖維朝向一致。由 20 位具 5 年以上穿戴試驗評價經驗的受測者，穿戴所製作襯衫，經

步行 10 分鐘後，依如下述評價柔軟性、追隨性、壓迫感。

【0061】針對柔軟性，將「極強烈感受柔軟性」評為 5 分，「強烈感受柔軟性」評為 4 分，「感受到柔軟性」評為 3 分，「幾乎未感受到柔軟性」評為 2 分，「完全未感受到柔軟性」評為 1 分，計算出由 20 位受測者所給分數的平均分數，並將平均分數達 3.0 分以上者評為合格。

【0062】針對追蹤性，將「極強烈感受追蹤性」評為 5 分，「強烈感受追蹤性」評為 4 分，「感受到追蹤性」評為 3 分，「幾乎沒有感受到追蹤性」評為 2 分，「完全沒有感受到追蹤性」評為 1 分，計算出由 20 位受測者所給分數的平均分數，並將平均分數達 3.0 分以上者評為合格。

【0063】針對壓迫感，將「完全沒有感受到壓迫感」評為 5 分，「幾乎沒有感受到壓迫感」評為 4 分，「些微感受到壓迫感」評為 3 分，「有感受壓迫感」評為 2 分，「強烈感受壓迫感」評為 1 分，計算出由 20 位受測者所給分數的平均分數，並將平均分數達 3.0 分以上者評為合格。

【0064】

[實施例 1]

將聚對苯二甲酸乙二酯(PET)樹脂(東麗股份有限公司製 T755M)連續供應給單軸型擠壓機，依溫度 280℃施行熔融擠出。利用齒輪泵計量所擠出的熔融聚合物，送入至噴絲組件，再從圓截面用紡絲吐絲口進行紡出後，藉由施行延伸而製作直徑 130.5 μ m 的聚對苯二甲酸乙二酯製單絲。

【0065】將所製作之聚對苯二甲酸乙二酯製單絲的上端，綁附

於具備旋轉馬達的攪拌機之軸上而固定後，藉由在單絲下端安裝 27g 錘，而施加 20MPa 張力作為繞成螺旋時之張力。接著，使攪拌機的旋轉馬達依 200rpm 作動，而製作致動器用纖維。所獲得致動器用纖維、與穿戴試驗的評價結果如表 1 所示。另外，聚對苯二甲酸乙二酯的完全結晶溶解熱量係 140.1J/g。

【0066】

[實施例 2~10]

在實施例 1 中，除了將熱可塑性樹脂，在實施例 2 變更為尼龍 6 樹脂(東麗股份有限公司製「Amilan」聚醯胺 CM1017、熔融擠出溫度：260℃)、在實施例 3 變更為尼龍 6,6 樹脂(東麗股份有限公司製「Amilan」聚醯胺 CM3001-N、熔融擠出溫度：290℃)、在實施例 4 變更為尼龍 6,10 樹脂(東麗股份有限公司製「Amilan」聚醯胺 CM2001、熔融擠出溫度：270℃)、在實施例 5 變更為尼龍 6,12 樹脂(Daicel-Evonik 製「VESTAMID」D18、熔融擠出溫度：215℃)、在實施例 6 變更為尼龍 10,10 樹脂(Daicel-Evonik 製「VESTAMID」Terra DS、熔融擠出溫度：250℃)、在實施例 7 變更為高密度聚乙烯(HDPE)樹脂(Prime Polymer 股份有限公司製 HI-ZEX 5000SR、熔融擠出溫度：180℃)、在實施例 8 變更為直鏈狀低密度聚乙烯(LLDPE)樹脂(Prime Polymer 股份有限公司製 NEO-ZEX 2015M、熔融擠出溫度：170℃)、在實施例 9 變更為聚丙烯(PP)樹脂(日本聚丙烯股份有限公司製 FY5、熔融擠出溫度：230℃)、在實施例 10 變更為聚偏氟乙烯(PVDF)樹脂(吳羽股份有限公司製 KF 聚合物 #1100、熔融擠出溫度：230℃)之外，其餘均依照與實施例 1 同樣地實施。所獲得致動器用纖維、與穿戴試驗的評價結果如表 1 所示。

另外，相關各實施例的熱可塑性樹脂之完全結晶溶解熱量，尼龍 6 係 229.8J/g、尼龍 6,6 係 255.4J/g、尼龍 6,10 係 253.9J/g、尼龍 6,12 係 258.0J/g、尼龍 10,10 係 244.0J/g、高密度聚乙烯及直鏈狀低密度聚乙烯係 286.7J/g、聚丙烯係 209.0J/g、聚偏氟乙烯係 105.0J/g。

【0067】 [表 1]

表1

	實施例1	實施例2	實施例3	實施例4	實施例5	實施例6	實施例7	實施例8	實施例9	實施例10
致動器用纖維	熱可塑性樹脂	PET	尼龍6	尼龍6,6	尼龍6,10	尼龍6,12	尼龍10,10	HDPE	LLDPE	PP
	繞成螺旋時之張力[MPa]	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	纖維直徑d[μm]	130.5	126.9	122.3	130.6	122.8	137.4	152.9	155.6	148.7
	線圈部之平均直徑D[μm]	234.9	228.4	220.1	235.1	221.0	247.3	275.2	280.1	267.7
	D/d	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	玻璃轉移溫度Tg[°C]	69	47	49	48	50	37	-125	-120	0
	結晶化度[%]	36	28	36	32	31	29	61	34	43
	雙折射Δn	1.8×10 ⁻¹	7.2×10 ⁻²	8.4×10 ⁻²	5.6×10 ⁻²	5.8×10 ⁻²	4.8×10 ⁻²	4.3×10 ⁻²	3.4×10 ⁻²	3.7×10 ⁻²
	伸縮動作率[%]	10.4	4.7	4.8	11.9	11.5	12.5	4.3	4.5	13.1
	伸縮動作時之初期長變化率[%]	1.5	2.2	1.9	0.9	1.1	0.8	4.8	4.6	4.2
穿戴試驗	柔軟性	3.7	3.6	3.4	4.3	4.1	4.5	4.4	4.5	4.5
	追隨性	4.0	3.5	3.4	4.2	4.2	4.3	3.1	3.0	4.4
	壓迫感	3.9	3.7	3.6	4.1	4.1	4.1	4.2	4.3	4.3

PET：聚對苯二甲酸乙二酯、HDPE：高密度聚乙烯、LLDPE：直鏈狀低密度聚乙烯、PP：聚丙烯、PVDF：聚偏氟乙烯

【0068】

[實施例 11、12、比較例 1、2]

在實施例 1 中，除了將纖維直徑 d 變更如表 2 所示之外，其餘均依照與實施例 1 同樣地實施。所獲得致動器用纖維、與穿戴試驗的評價結果如表 2 所示。

比較例 1、2 因為彈簧指數 D/d 較小，因而呈現致動器用纖維成為較硬的彈簧，為伸縮動作率亦偏低的結果。在穿戴試驗時，柔軟性、追隨性、壓迫感均獲得較低的評價，穿戴感差。

【0069】 [表 2]

表2

		實施例11	實施例12	比較例1	比較例2
致動器 用纖維	熱可塑性樹脂	PET	PET	PET	PET
	繞成螺旋時之張力[MPa]	20	20	20	20
	纖維直徑d[μm]	200.5	180.3	100.2	50.4
	線圈部之平均直徑D[μm]	822.1	468.8	130.3	35.3
	D/d	4.1	2.6	1.3	0.7
	玻璃轉移溫度Tg[℃]	69	69	69	69
	結晶化度[%]	34	35	37	40
	雙折射 Δn	1.6×10 ⁻¹	1.7×10 ⁻¹	1.9×10 ⁻¹	2.1×10 ⁻¹
	伸縮動作率[%]	13.3	11.8	5.7	2.4
	伸縮動作時之初期長變化率[%]	1.9	1.8	1.4	1.6
穿戴試驗	柔軟性	4.3	4.1	2.7	1.3
	追隨性	4.5	4.2	2.3	1.2
	壓迫感	4.5	4.3	1.8	1.1

PET：聚對苯二甲酸乙二酯

【0070】

[實施例 13、14、比較例 3、4]

在實施例 4 中，除了將繞成螺旋時的張力變更如表 3 所示之外，其餘均依照與實施例 4 同樣地實施。所獲得致動器用纖維、與穿戴試驗的評價結果如表 3 所示。

比較例 3、4 因為彈簧指數 D/d 較小，因而致動器用纖維成為較硬的彈簧，為伸縮動作率亦偏低的結果。在穿戴試驗時，柔軟性、

追隨性、壓迫感均獲得較低的評價，穿戴感差。

【0071】 [表 3]

表3

		實施例13	實施例14	比較例3	比較例4
致動器 用纖維	熱可塑性樹脂	尼龍6,10	尼龍6,10	尼龍6,10	尼龍6,10
	繞成螺旋時之張力[MPa]	13	23	27	40
	纖維直徑d[μm]	130.7	130.5	130.4	130.2
	線圈部之平均直徑D[μm]	496.7	221.9	208.6	117.2
	D/d	3.8	1.7	1.6	0.9
	玻璃轉移溫度Tg[℃]	48	48	48	48
	結晶化度[%]	30	33	34	37
	雙折射 Δ n	4.8×10^{-2}	6.0×10^{-2}	6.5×10^{-2}	9.0×10^{-2}
	伸縮動作率[%]	13.2	10.6	8.5	3.1
	伸縮動作時之初期長變化率[%]	1.1	0.9	0.9	0.8
穿戴試驗	柔軟性	4.7	4.1	3.6	1.5
	追隨性	4.5	3.8	2.7	1.3
	壓迫感	4.7	3.5	2.4	1.2

(產業上之可利用性)

【0072】 藉由本發明的致動器用纖維，可獲得利用加熱冷卻產生可逆性伸縮動作的致動器，可適用於機器人、相關電子資訊、相關生物・醫療所使用的精密機器、微小機械，且因為富柔軟性，因而可適用為輔助步行、作業時所必要力的輔助服等輔助機器人・裝置、衣服、纖維製品。

【0073】 針對本發明參照詳細的特定實施形態進行了說明，惟在不脫逸本發明精神與範疇之前提下，均可追加各種變更、修正，此係熟習此技術者可輕易思及。本申請案係以 2018 年 9 月 10 日所提出申請的日本專利申請案(特願 2018-168810)為基礎，參照其內容並援引於本案中。

【符號說明】

【0074】

1…致動器用纖維

2…線圈部

3…端部

4…加撚纖維(撚紋纖維)

5…未加撚纖維

6…結晶部

7…非晶部

D…線圈部平均直徑

D'…平均線圈部外徑

d…纖維直徑

d'…加撚纖維直徑

d"…未加撚纖維直徑

申請專利範圍

1.一種致動器用纖維，係由熱可塑性樹脂構成的纖維，具有線圈彈簧形狀，將線圈部的平均直徑設為 D 、纖維直徑設為 d 時，彈簧指數 D/d 為 1.7 以上，

上述熱可塑性樹脂係從由聚酯、尼龍 6,10、尼龍 6,12、尼龍 10,10、聚丙烯、乙烯-四氟乙烯、全氟烷基乙烯醚共聚合體、聚苯硫醚、聚醚醚酮、聚甲醛、聚胺基甲酸酯、及該等的組合所構成群組中選擇。

2.如請求項 1 之致動器用纖維，其中，利用微分掃描熱量計所測定的玻璃轉移點係 150°C 以下。

3.如請求項 1 或 2 之致動器用纖維，其中，從藉由微分掃描熱量計所測定的熔解熱量計算出之結晶化度係 5~95%範圍內。

4.如請求項 1 或 2 之致動器用纖維，其中，雙折射 Δn 的絕對值係 $1.0 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-1}$ 之範圍內。

5.如請求項 1 之致動器用纖維，其中，上述熱可塑性樹脂係從由尼龍 6,10、尼龍 6,12、尼龍 10,10 及該等的組合所構成群組中選擇。

6.一種致動器，係由請求項 1 至 5 中任一項之致動器用纖維構成至少其中一部分。

7.一種纖維製品，係由請求項 1 至 5 中任一項之致動器用纖維構成至少其中一部分。

圖式

圖 1

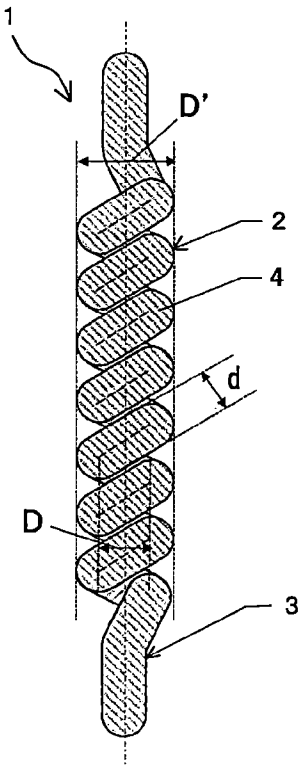


圖 2

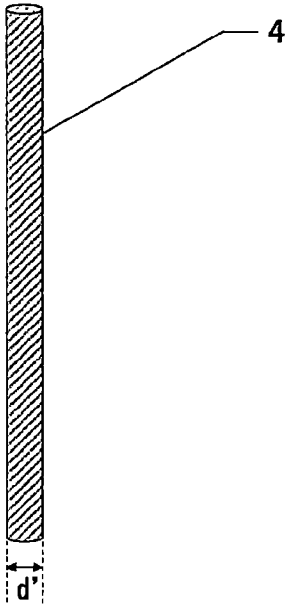


圖 3

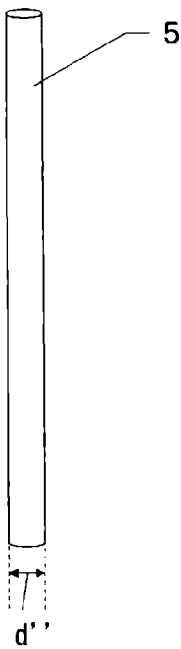


圖 4

