

(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
2010年3月18日(18.03.2010)

PCT



(10) 国際公開番号
WO 2010/029992 A1

- (51) 国際特許分類:
H02N 11/00 (2006.01) C01B 31/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/065906
- (22) 国際出願日: 2009年9月11日(11.09.2009)
- (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 2008-234541 2008年9月12日(12.09.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): アルプス電気株式会社 (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 Tokyo (JP). 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞ヶ関一丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 小野 泰一 (ONO, Yasuichi) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区

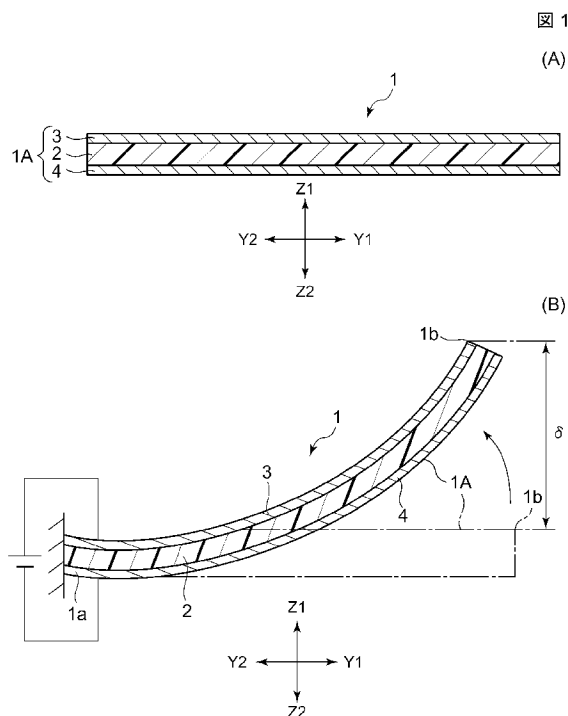
雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 克俊 (SUZUKI, Katsutoshi) [JP/JP]; 〒1458501 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内 Tokyo (JP). 安積 欣志 (ASAKA, Kinji) [JP/JP]; 〒5638577 大阪府池田市緑丘1-8-31 独立行政法人産業技術総合研究所関西センター内 Osaka (JP).

- (74) 代理人: 野▲崎▼ 照夫, 外 (NOZAKI, Teruo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋1-21-11 オーク池袋ビルディング3F 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, 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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: POLYMER ACTUATOR

(54) 発明の名称: 高分子アクチュエータ



(57) Abstract: Disclosed is a polymer actuator which has a first electrode layer (3) and a second electrode layer (4) both comprising an ionic liquid, a polymer and carbon nanoparticles, wherein the carbon nanoparticles are prepared by mixing carbon nanotubes (CNTs) with carbon nanohorns (CNHs), the carbon particles are contained in each of the first and second electrode layers in an amount of 25 to 80 wt% inclusive relative to the total weight of the ionic liquid, the polymer and the carbon nanoparticles, the ratio of the content of the CNTs to the content of the CNHs (i.e., a (CNT):(CNH)) in the carbon particles is 1:1 to 3:1, and the polymer is contained in an amount of 17.7 to 30.2 wt% inclusive. The polymer actuator can generate a larger driving power and a larger amount of displacement than ever before.

(57) 要約: カーボンナノ粒子を、カーボンナノチューブ (CNT) とカーボンナノホーン (CNH) とが混成したものとし、第1、第2電極層 (3)、(4) に含まれるイオン液体、ポリマーおよびカーボンナノ粒子の全重量に対し、カーボン粒子を25重量%以上80重量%以下で、且つカーボン粒子に含まれるCNTとCNHの配合比を (CNT):(CNH) = 1:1ないし3:1の範囲とし、さらにポリマーを17.7重量%以上30.2重量%以下とすることにより、これまでよりも大きな駆動力および変位量を発生することが可能な高分子アクチュエータとすることができる。



(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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： 高分子アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、電極間に電位差を与えると変形を生じるアクチュエータに係り、特に電界によるイオンの移動に伴い変形を生じる高分子アクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 空中、あるいは真空中で作動可能なアクチュエータ素子として、カーボンナノチューブとイオン液体とのゲルを導電性の伸縮性のある活性層として用いるアクチュエータが提案されている（特許文献１）。

[0003] 従来の方法では、特にカーボンナノチューブの含有量が多い場合にカーボンナノチューブとポリマー、イオン液体の均質混合が困難であり、アクチュエータの性能低下の原因となっていた。特に、大きな変位量および駆動力を発生するには限界があった。

特許文献１：特開２００５－１７６４２８号公報

特許文献２：特開２００８－３４２６８号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明は、カーボンナノチューブとカーボンナノホーンの適正な配合比により、これまでよりも大きな駆動力および変位量を発生することが可能な高分子アクチュエータを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明は、イオン液体、ポリマーおよびカーボンナノ粒子からなる一対の電極層と、前記一対の電極層間に設けられた電解質層とから形成される高分子アクチュエータにおいて、

前記カーボンナノ粒子は、カーボンナノチューブ（以下、CNTと称す）とカーボンナノホーン（以下、CNHと称す）とが混成されたものであり、

前記一対の電極層に含まれるイオン液体、ポリマーおよびカーボンナノ粒子の全重量に対し、

前記カーボン粒子が25重量%以上80重量%以下で、且つ前記カーボン粒子に含まれる前記CNTと前記CNHの配合比が、(CNT) : (CNH) = 1 : 1ないし3 : 1の範囲であり、

前記ポリマーが17.7重量%以上30.2重量%以下であることを特徴とするものである。

特に、前記CNTと前記CNHの配合比が、2 : 1であるものが好ましい。

[0006] 本発明では、イオン液体、ポリマーおよびカーボンナノ粒子から構成される一対の電極層の配合比を適正な範囲に設定することにより、これまで以上に大きな発生力及び大きな変位量を発揮する高分子アクチュエータを得ることができる。

発明の効果

[0007] 本発明の高分子アクチュエータによれば、これまでよりも大きな駆動力および変位量を発生させることができる。

発明を実施するための最良の形態

[0008] 図1(A)は高分子アクチュエータに基本原理を説明するための断面図、(B)は高分子アクチュエータの駆動状態を示す断面図である。

[0009] まず、高分子アクチュエータの基本構成について説明する。

図1(A)(B)はイオン導電型の高分子アクチュエータ1であり、電解質層2と、この電解質層2の一方の面に設けられた第1の電極層3と、電解質層2の他方の面に設けられた第2の電極層4とが重ねられた積層体1Aの三層で構成される。

[0010] 電解質層2は、イオン交換が可能な樹脂層であり、陽イオン交換樹脂に電解質である電解液が含浸されたものである。陽イオン交換樹脂は、ポリエチレン、ポリスチレン、フッ素樹脂などにスルホン酸基やカルボキシル基などの親水性官能基が導入されたものである。電解液は、塩を含有する分極性有

機溶媒や後述のイオン液体などである。また、電解質層 2 が、ポリフッ化ビニリデンなどのベースポリマーにイオン液体が混入されてゲル状とされたものであってもよい。

[0011] 第 1 の電極層 3 および第 2 の電極層 4 には、カーボンナノ粒子、ポリマーおよびイオン液体が使用される。カーボンナノ粒子は、カーボンナノチューブ (CNT) とカーボンナノホーン (CNH) が混成されたものである。後述するように、全重量 (カーボンナノ粒子+イオン液体+ポリマー) に対するカーボンナノ粒子の配合比 (重量比) は、下限が 25 重量%であり、上限は 80 重量%以下である。

[0012] 以下の実施例に示すように、カーボンナノ粒子に含まれるカーボンナノチューブ (CNT) とカーボンナノホーン (CNH) の配合比の適正な範囲は (CNT) : (CNH) = 1 : 1 ないし 3 : 1 であり、好ましくは 2 : 1、より好ましくは 42 : 23 である。このような配合比であれば、アクチュエータとしての特性が飛躍的に向上する。

[0013] 本発明に用いられるイオン液体 (Ionic Liquid; IL) とは、常温溶融塩または単に溶融塩などとも称されるものであり、常温 (室温) を含む幅広い温度域で溶融状態を呈する塩である。例えば 0℃、好ましくは -20℃、さらに好ましくは -40℃ で溶融状態を呈する塩である。また、本発明で使用するイオン液体はイオン導電性が高いものが好ましい。

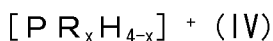
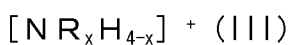
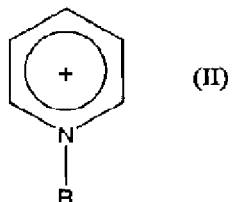
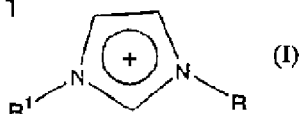
[0014] 本発明においては、各種公知のイオン液体を使用することができるが、常温 (室温) または常温に近い温度において液体状態を呈する安定なものが好ましい。

[0015] 本発明において用いられる好適なイオン液体としては、下記の一般式 (I) ~ (IV) で表わされるカチオン (好ましくは、イミダゾリウムイオン、第 4 級アンモニウムイオン) と、アニオン (X⁻) より成るものが挙げられる。

[0016]

[化1]

化 1



[0017] 上記の式 (I) ~ (IV) において、Rは炭素数1~12の直鎖又は分枝を有するアルキル基またはエーテル結合を含み炭素と酸素の合計数が3~12の直鎖又は分枝を有するアルキル基を示し、式 (I) においてR'は炭素数1~4の直鎖又は分枝を有するアルキル基または水素原子を示す。式 (I) において、RとR'は同一ではないことが好ましい。式 (III) および (IV) において、xはそれぞれ1~4の整数である。

[0018] 炭素数1~12の直鎖又は分枝を有するアルキル基としては、メチル、エチル、n-プロピル、イソプロピル、n-ブチル、イソブチル、sec-ブチル、t-ブチル、ペンチル、ヘキシル、ヘプチル、オクチル、ノニル、デシル、ウンデシル、ドデシルなどの基が挙げられる。炭素数は好ましくは1~8、より好ましくは1~6である。

[0019] 炭素数1~4の直鎖又は分枝を有するアルキル基としては、メチル、エチル、n-プロピル、イソプロピル、n-ブチル、イソブチル、sec-ブチル、t-ブチルが挙げられる。

[0020] エーテル結合を含み炭素と酸素の合計数が3~12の直鎖又は分枝を有するアルキル基としては、 CH_2OCH_3 、 $(CH_2)_p(OCH_2CH_2)_qOR^2$ (ここで、pは1~4の整数、qは1~4の整数、 R^2 は CH_3 又は C_2H_5 を表す) が挙げられる。アニオン (X^-) としては、テトラフルオロホウ酸イオン (BF_4)、 BF_3CF_3 、 $BF_3C_2F_5$ 、 $BF_3C_3F_7$ 、 $BF_3C_4F_9$ 、ヘキサフルオロリン酸イオン (PF_6)、ビス (トリフルオロメタン

スルホニル) イミド酸イオン ($(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$)、過塩素酸イオン (ClO_4)、トリス (トリフルオロメタンスルホニル) 炭素酸イオン ($(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}$)、トリフルオロメタンスルホン酸イオン (CF_3SO_3)、ジシアンアミドイオン ($(\text{CN})_2\text{N}$)、トリフルオロ酢酸イオン (CF_3COO)、有機カルボン酸イオンおよびハロゲンイオンが例示できる。

[0021] これらのうち、イオン液体としては、例えば、カチオンが 1-エチル-3-メチルイミダゾリウムイオン、 $[\text{N}(\text{CH}_3)(\text{CH}_3)(\text{C}_2\text{H}_5)(\text{C}_2\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3)]^+$ 、アニオンがハロゲンイオン、テトラフルオロホウ酸イオンのものが、具体的に例示できる。なお、カチオン及び／又はアニオンを 2 種以上使用し、融点をさらに下げることが可能である。

[0022] ただし、これらの組み合わせに限らず、イオン液体であって、導電率が 0.1 S m^{-1} 以上のものであれば、使用可能である。

[0023] 本発明に用いられるカーボンナノチューブは、グラフェン (グラファイトのシート) を筒形に巻いた形状から成る炭素系材料であり、カーボンナノホーンはグラフェンを円錐形に巻いた形状から成る炭素系材料である。

[0024] これらカーボンナノ粒子は、その周壁の構成数から単層ナノチューブ (SWNT) と多層ナノチューブ (MWNT) とに大別され、また、グラフェンの構造の違いからカイラル (らせん) 型、ジグザグ型、およびアームチェア型に分けられるなど、各種のものが知られている。

[0025] カーボンナノ粒子は、一般的にアスペクト比が大きい、すなわち、細くて長い単層ナノチューブがゲルを形成し易い。例えば、アスペクト比が 10^3 以上、好ましくは 10^4 以上のカーボンナノ粒子が挙げられる。カーボンナノ粒子の長さは、通常 $1 \mu\text{m}$ 以上、好ましくは $50 \mu\text{m}$ 以上、さらに好ましくは $500 \mu\text{m}$ 以上である。カーボンナノ粒子の長さの上限は、特に限定されないが、例えば 3 mm 程度である。

[0026] 従って、本発明においては、SWNT からゲル状組成物を得るのが好ましい。

実用に供されるカーボンナノチューブの好適な例として、一酸化炭素を原

料として比較的量産が可能なH i P c o（カーボン・ナノテクノロジー・インコーポレーテッド社製）が挙げられるが、勿論、これに限定されるものではない。

[0027] 本発明に用いられるポリマーとしては、ポリフッ化ビニリデンーヘキサフルオロプロピレン共重合体〔P V D F（H F P）〕などの水素原子を有するフッ素化オレフィンとパーフッ素化オレフィンの共重合体、ポリフッ化ビニリデン（P V D F）などの水素原子を有するフッ素化オレフィンのホモポリマー、パーフルオロスルホン酸（N a f i o n，ナフィオン）、ポリー２ーヒドロキシエチルメタクリレート（polyH E M A）、ポリメチルメタクリレート（P M M A）などのポリ（メタ）アクリレート類、ポリエチレンオキシド（P E O）、ポリアクリロニトリル（P A N）などが挙げられる。

[0028] 図１（Ｂ）に示すように、第１の電極層３が陽極側となり、第２の電極層４が陰極側となるように、電解質層２に電界が与えられると、電解質層２内の陽イオンが陰極側である第２の電極層４へ移動する。第１の電極層３と第２の電極層４とが、電解質層２と同様にイオン交換可能な層の内部に導電性フィラーとしてカーボンナノ粒子が混入されたものである場合には、第１の電極層３と第２の電極層４内で解離した陽イオンも第２の電極層４側に移動する。

[0029] その結果、電解質層２の内部では、第２の電極層４側に偏った位置で体積が膨張しようとする。つまり、第２の電極層４側において膨張応力が発生しこれに基づいて膨張歪みが発生するために、積層体１Ａに曲げ応力が発生して、図１（Ｂ）に示すように、高分子アクチュエータ１に曲げが発生する。

[0030] 次に、上記基本的構成からなる高分子アクチュエータ１において、カーボン粒子の適正な配合量、および適正なカーボンナノチューブとカーボンナノホーンの配合比について、発生力および変位量の観点から説明する。

[0031] 図２は高分子アクチュエータの特性として、カーボン粒子の配合量と発生力との関係を示すグラフ、図３は高分子アクチュエータの特性として、カーボン粒子の配合量と変位量との関係を示すグラフである。

[0032] なお、以下の説明において変位量 δ とは、図1（B）に示すように、固定端1 aを基準として自由端1 bをZ方向に曲げ変形させたときに、自由端1 bの破線で示す初期状態におけるZ方向の位置と、実線で示す変形後のZ方向の位置との差を意味する。変位量 δ は固定端1 aと自由端1 bとの間の長さ寸法（距離）Lに比例する。また発生力とは、高分子アクチュエータ1の自由端1 bを持ち上げることができる最大の力、または自由端1 bに加えた荷重を大きくしたときに変位量 $\delta = 0$ を維持することができる最大荷重（耐荷重量）を意味する。

[0033] <カーボン粒子の配合量>

図2及び図3は、カーボン粒子の配合量を50 mg、55 mg、60 mg、65 mgに対する発生力Pおよび変位量 δ を示している。

[0034] また図2及び図3において、「◆CNT」とはカーボンナノチューブ（CNT）が100%の場合を意味し、「◆CNT（50）+CNH」とはCNTが50 mg配合され、残りはカーボンナノホーン（CNH）であることを意味している。すなわち、CNTが50 mgの場合にはCNHの配合量は0 mgであり、CNTが55 mgの場合にはCNHは5 mg含まれ、CNTが60 mgの場合にはCNHは10 mg含まれ、CNTが65 mgの場合にはCNHは15 mg含まれることを意味している。

[0035] 図2および図3から、カーボン粒子の配合量は、55 mgで且つCNTが50 mg（CNHは5 mg）の場合よりも60 mgで且つCNTが50 mg（CNHは10 mg）の場合の方が、さらには60 mgで且つCNTが50 mg（CNHは10 mg）の場合よりも65 mgで且つCNTが50 mg（CNHは15 mg）の場合の方が大きな発生力Pおよび変位量 δ を生じさせることがわかる。すなわち、カーボン粒子の配合量が多くなるほど発生力Pおよび変位量 δ も大きくなることがわかる。

[0036] <発生力と変位量との関係>

図4は高分子アクチュエータの特性として、CNTとCNHとの配合比毎の発生力と変位量との関係を示すグラフである。

[0037] 図4におけるカーボン粒子とイオン液体とポリマーとの各重量%は、（カーボン粒子）：（イオン液体）：（ポリマー）＝65mg：120mg：80mg $\div$ 24.5：45.5：30.0である。

[0038] また図4において、◆はケース1として（CNT）：（CNH）＝65：0（CNTのみ）の場合を、×はケース2として（CNT）：（CNH）＝50：15（ $\div$ 3：1）の場合を、○はケース3として（CNT）：（CNH）＝42：23（ $\div$ 2：1）の場合を、△はケース4として（CNT）：（CNH）＝33：32（ $\div$ 1：1）の場合を、●はケース5として（CNT）：（CNH）＝0：65（CNHのみ）の場合をそれぞれ示している。

[0039] 表1は図4から読み取れる発生力Pと変位量 δ の最大値と最小値とをケースごとにそれぞれ示したものである。

[0040] [表1]

表1

	ケース1 CNTのみ	ケース2 3:1(50:15)	ケース3 2:1(42:23)	ケース4 1:1(33:32)	ケース5 CNHのみ
最大発生力[mN]	1.6	1.3	2.2	1.4	1.6
最小発生力[mN]	0.6	0.9	0.9	0.6	0.2
最大変位量[μ m]	260	400	390	300	450
最小変位量[μ m]	100	80	160	190	20

[0041] 表1を総合的に評価した場合、最大発生力を発生するには、ケース3（（CNT）：（CNH）＝42：23（ $\div$ 2：1））の場合の2.2mNであることがわかる。また（CNT）：（CNH）が3：1よりも大きくなると（ケース1の場合）最大／最小変位量が共に低下する傾向があり、また1：1よりも小さくなる（ケース5の場合）と最大／最小発生力および最大／最小変位量のばらつきがそれぞれ大きくなることがわかる。よって、CNTとCNHの配合比は、概ね（CNT）：（CNH）＝1：1ないし3：1の範囲が適切であるといえる。

[0042] 以上により、第1、第2の電極層3、4に含まれるカーボン粒子の好ましい配合割合は、65mg／265mg＝24.5重量%を考慮して、下限は25重量%程度が適切である。

- [0043] 次に、上記基本的構成からなる高分子アクチュエータ 1 において、ポリマーの適正な配合量および配合比率について、発生力および変位量の観点から説明する。
- [0044] 図 5 は高分子アクチュエータの特性として、ポリマーの配合量毎の発生力と変位量の関係を示すグラフである。なお、図 5 では、◆がポリマーの配合量が 80 mg の場合を、○が 60 mg の場合を、×が 40 mg の場合をそれぞれ示している。
- [0045] なお、第 1、第 2 の電極層 3、4 を形成する他の材料の配合量は、例えば CNT が 42 mg、CNH が 23 mg、イオン液体が 120 mg である。
- [0046] 図 5 に示すように、大きな発生力 P および変位量 δ を得るには、ポリマーの配合量は 60 mg が最も好ましく、次に 80 mg、40 mg の順で好ましいことがわかる。
- [0047] ここで、全重量（カーボンナノ粒子＋イオン液体＋ポリマー）に対するポリマーの重量比は、ポリマーの配合量が 40 mg、60 mg および 80 mg の場合、それぞれ $40 \text{ mg} / (42 + 23 + 120 + 40) \text{ mg} = 17.7$ 重量%、 $60 \text{ mg} / (42 + 23 + 120 + 60) \text{ mg} = 24.5$ 重量%、 $80 \text{ mg} / (42 + 23 + 120 + 80) \text{ mg} = 30.2$ 重量%である。よって、ポリマーの好ましい範囲は、17.7 重量%以上～30.2 重量%以下である。
- [0048] この結果、好ましいカーボン粒子の配合割合の上限は、 $100 \text{ 重量}\% - 17.7 \text{ 重量}\% = 82.3 \text{ 重量}\%$ 未満であり、イオン液体の存在を考慮すれば、概ね 80 重量%以下であり、例えば 75.5 重量%（ポリマーが 24.5 重量%の場合）、69.8 重量%（ポリマーが 30.2 重量%の場合）などである。
- [0049] 以上をまとめと、第 1、第 2 の電極層 3、4 に含まれるカーボン粒子の好ましい重量比の下限は、25 重量%以上で上限は 82.3 重量%未満であり、好ましくは 80 重量%以下、より好ましくは 75.5 重量%、69.8 重量%である。

図面の簡単な説明

- [0050] [図1] (A) は高分子アクチュエータに基本原理を説明するための断面図、 (B) は高分子アクチュエータの駆動状態を示す断面図、
[図2] 高分子アクチュエータの特性として、カーボン粒子の配合量と発生力との関係を示すグラフ、
[図3] 高分子アクチュエータの特性として、カーボン粒子の配合量と変位量との関係を示すグラフ、
[図4] 高分子アクチュエータの特性として、CNTとCNHとの配合比毎の発生力と変位量との関係を示すグラフ、
[図5] 高分子アクチュエータの特性として、ポリマーの配合量毎の発生力と変位量との関係を示すグラフ、

符号の説明

- [0051] 1 高分子アクチュエータ
1 A 積層体
2 電解質層
3 第1の電極層
4 第2の電極層

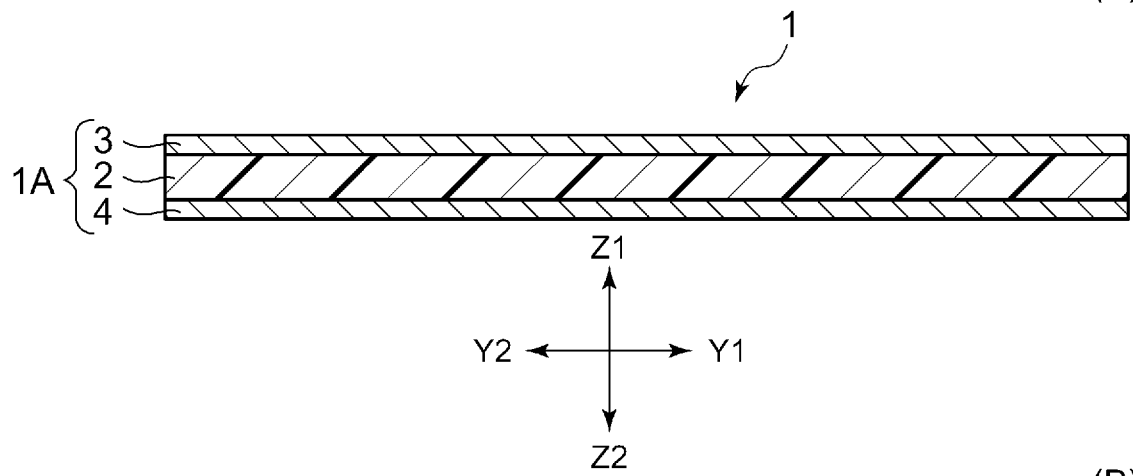
請求の範囲

- [請求項1] イオン液体、ポリマーおよびカーボンナノ粒子からなる一対の電極層と、前記一対の電極層間に設けられた電解質層とから形成される高分子アクチュエータにおいて、
- 前記カーボンナノ粒子は、カーボンナノチューブ（以下、CNTと称す）とカーボンナノホーン（以下、CNHと称す）とが混成されたものであり、
- 前記一対の電極層に含まれるイオン液体、ポリマーおよびカーボンナノ粒子の全重量に対し、
- 前記カーボン粒子が25重量%以上80重量%以下で、且つ前記カーボン粒子に含まれる前記CNTと前記CNHの配合比が、（CNT）：（CNH）＝1：1ないし3：1の範囲であり、
- 前記ポリマーが17.7重量%以上30.2重量%以下であることを特徴とする高分子アクチュエータ。
- [請求項2] 前記CNTと前記CNHの配合比が、2：1である請求項1記載の高分子アクチュエータ。

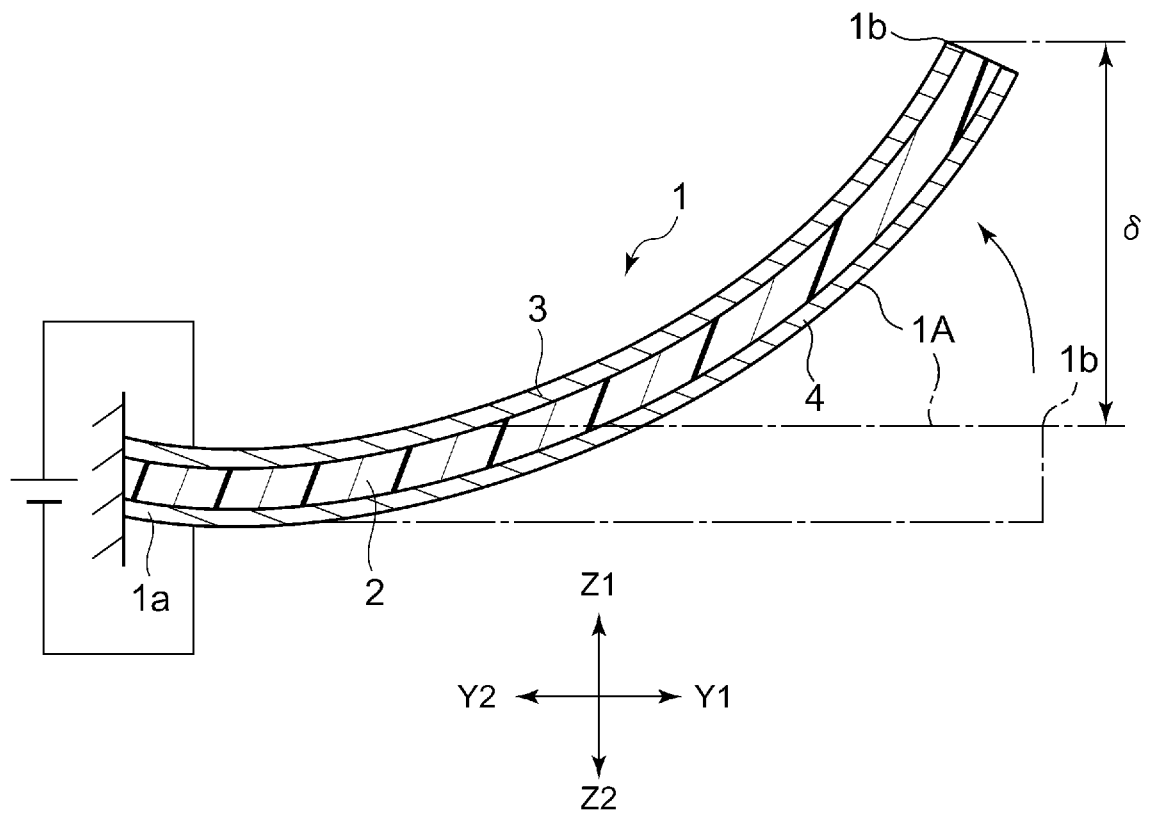
[図1]

図 1

(A)

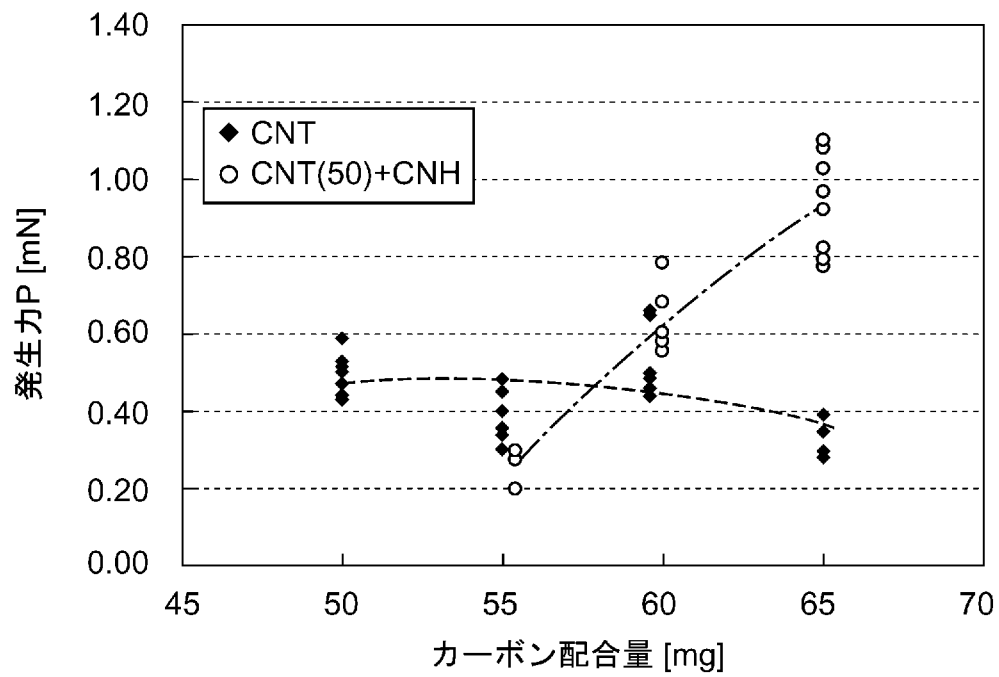


(B)



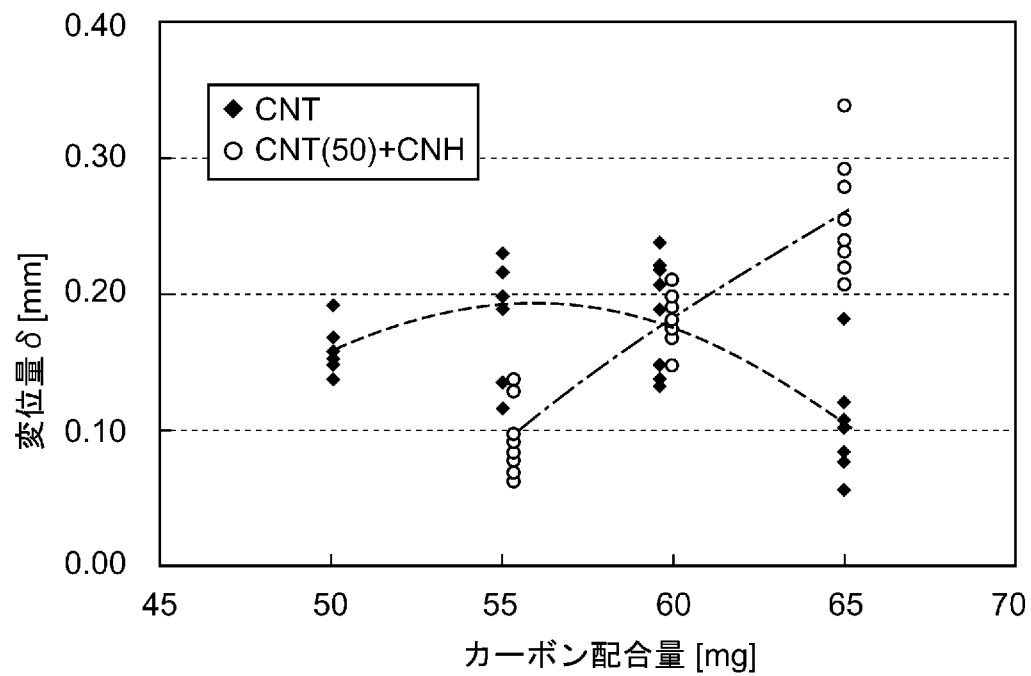
[図2]

図 2



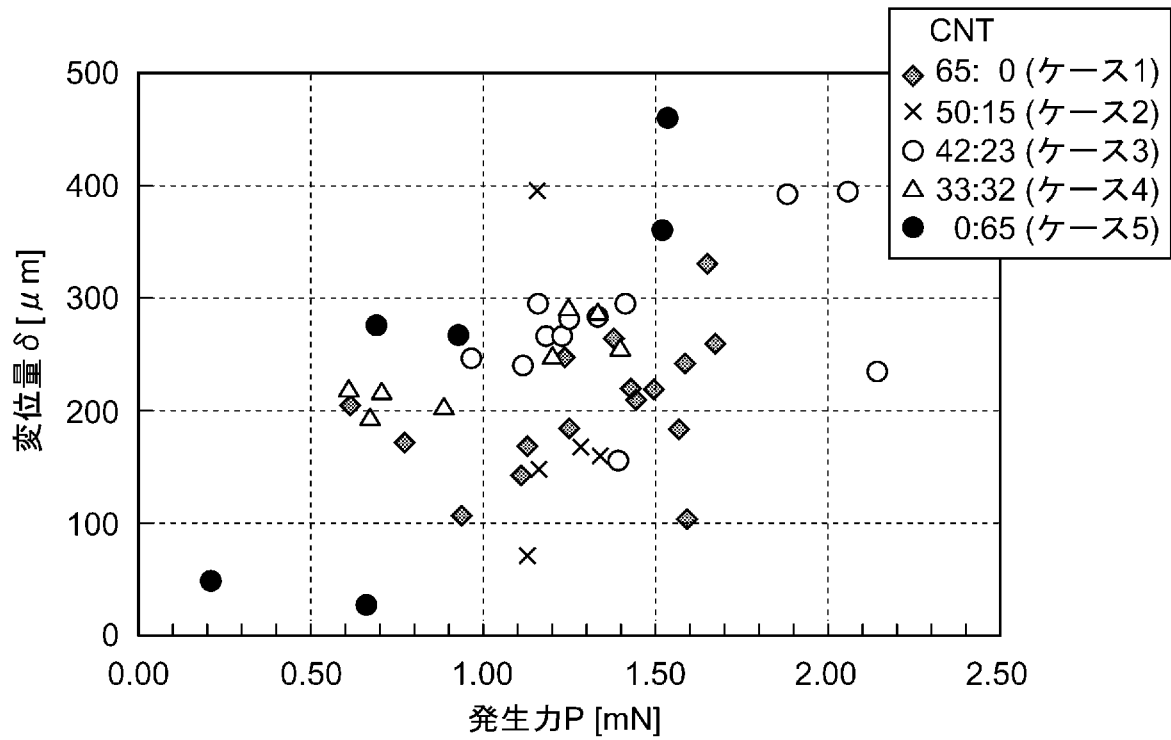
[図3]

図 3



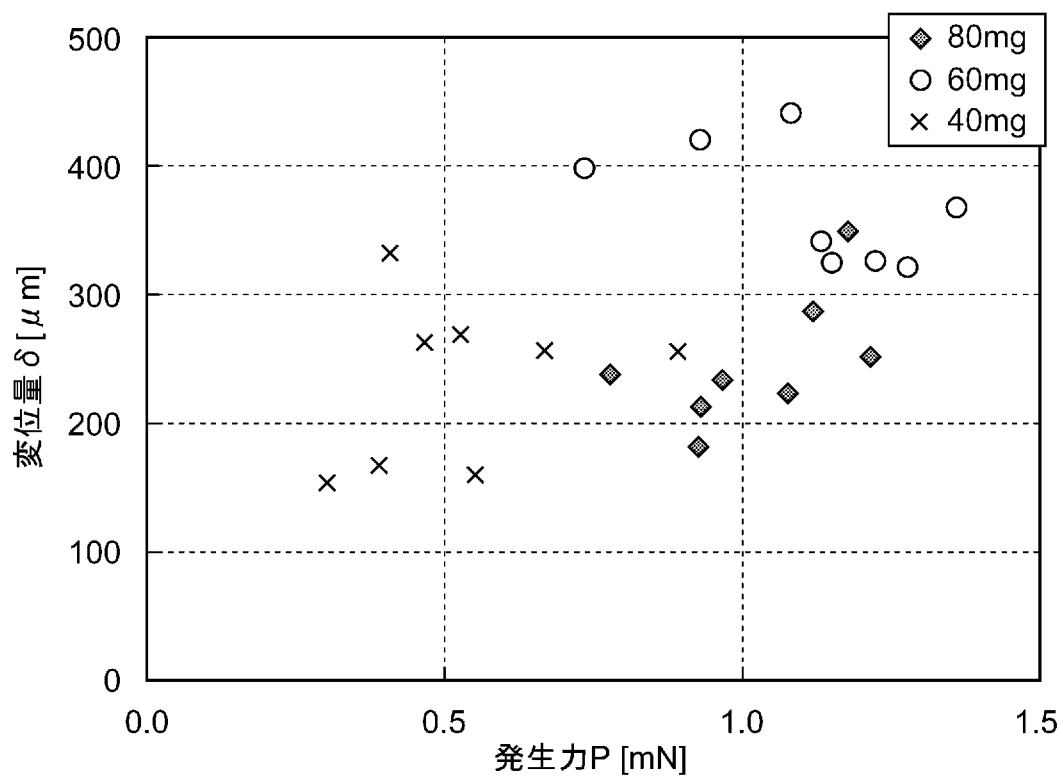
[図4]

図 4



[図5]

図 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/065906

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N11/00 (2006.01) i, C01B31/02 (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)

H02N11/00, C01B31/02

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 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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.
A	JP 2005-176428 A (Japan Science and Technology Agency), 30 June 2005 (30.06.2005), entire text; all drawings & US 2006/0266981 A1 & EP 1693950 A1 & WO 2005/057772 A1 & KR 10-2006-0052980 A & CN 1833352 A	1,2
A	JP 2008-34268 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 14 February 2008 (14.02.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1,2



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

15 December, 2009 (15.12.09)

Date of mailing of the international search report

22 December, 2009 (22.12.09)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/065906

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 2007-204682 A (Daikin Industries, Ltd.), 16 August 2007 (16.08.2007), paragraph [0200] & EP 1981034 A1 & WO 2007/088746 A1	1, 2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H02N11/00(2006.01)i, C01B31/02(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. H02N11/00, C01B31/02			
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 0 9 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 9 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 9 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	
A	JP 2005-176428 A（独立行政法人科学技術振興機構）2005.06.30, 全文, 全図 & US 2006/0266981 A1 & EP 1693950 A1 & WO 2005/057772 A1 & KR 10-2006-0052980 A & CN 1833352 A	1, 2	
A	JP 2008-34268 A（独立行政法人産業技術総合研究所）2008.02.14, 全文, 全図（ファミリーなし）	1, 2	
A	JP 2007-204682 A（ダイキン工業株式会社）2007.08.16, 段落【0200】 & EP 1981034 A1 & WO 2007/088746 A1	1, 2	
☐ 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 1 5 . 1 2 . 2 0 0 9		国際調査報告の発送日 2 2 . 1 2 . 2 0 0 9	
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） 平岩 正一 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	3 V 8 7 0 9