

(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7月29日(29.07.2010)

PCT

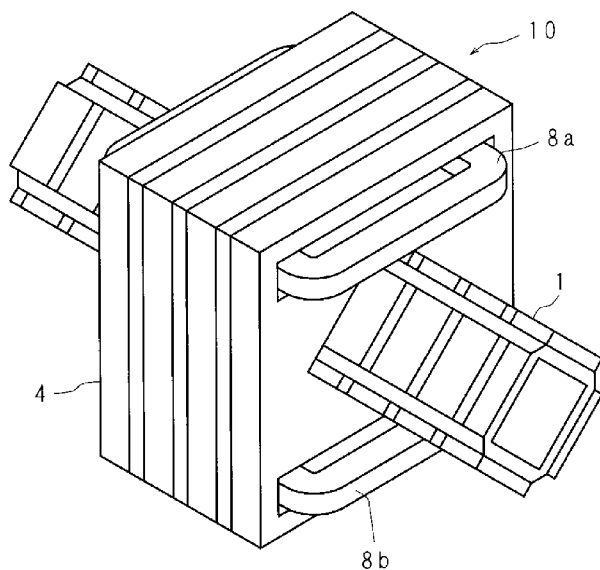
(10) 国際公開番号  
WO 2010/084940 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02K 41/03 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/050761
  - (22) 国際出願日: 2010年1月22日(22.01.2010)
  - (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 2009-013259 2009年1月23日(23.01.2009) JP
  - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日立金属株式会社 (HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1058614 東京都港区芝浦一丁目2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): 川上 誠 (KAWAKAMI, Makoto) [JP/JP]; 〒6180013 大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号 日立金属株式会社 磁性材料研究所内 Osaka (JP).
  - (74) 代理人: 河野 登夫 (KOHNO, Takao); 〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目4番3号 河野特許事務所 Osaka (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, 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, 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))

(54) Title: MOVING MEMBER AND LINEAR MOTOR

(54) 発明の名称: 可動子及びリニアモータ

[図4]



(57) Abstract: A linear motor (10) comprises a movable element (1) and an armature (4). The movable element (1), in which flat plate-like magnets (3a) magnetized from the inside toward the outside perpendicularly to the outside surfaces, flat plate-like magnets (3b) magnetized in the axial direction of an inner yoke (2), flat plate-like magnets (3c) magnetized from the outside toward the inside perpendicularly to the outside surfaces, flat plate-like magnets (3d) magnetized in the axial direction of the inner yoke (2),... are alternately arranged in that order in each of the outside surfaces of the inner yoke (2) of an angular cylindrical shape, is inserted through the armature (4) in which a first single pole unit (5) and a second single pole unit (6) in which the first single pole unit (5) is rotated by 90 degrees are alternately stacked. A winding (8a) and a winding (8b) are collectively wound around core portions (5c) of the first single pole units (5). The positions where the magnets are arranged are shifted between the respective outside surfaces of the inner yoke (2).

(57) 要約: 角筒状のインナーヨーク2の各外側面に、外側面に垂直に内側から外側に向けて磁化した平板状磁石3a、インナーヨーク2の軸方向に磁化した平板状磁石3b、外側面に垂直に外側から内側に向けて磁化した平板状磁石3c、インナーヨーク2の軸方向に磁化した平板状磁石3d、…の順に交互に設

置させた可動子1を、第1単極ユニット5と、これを90度回転させた第2単極ユニット6とを交互に重ねた電機子4に貫通させて、リニアモータ10とする。第1単極ユニット5のコア部5cに一括して巻き線8a、巻き線8bが巻回されている。インナーヨーク2の各外側面間において磁石の設置位置が偏位している。

WO 2010/084940 A1

## 明 細 書

**発明の名称**：可動子及びリニアモータ

### 技術分野

[0001] 本発明は、角筒状のインナーヨークの外側面に複数の平板状の永久磁石を設けた可動子、及びこの可動子と電機子（固定子）とを組み合わせるリニアモータに関する。

### 背景技術

[0002] 電子回路基板などの孔あけ機に用いるドリルの垂直移動装置、または、ピックアッププレース（部品を掴んで所定の位置に置く）型ロボットにおける垂直移動機構などにあつては、高速な移動かつ高精度の位置決めが要求される。したがって、回転型モータの出力をボールねじにて平行運動（垂直運動）に変換するような従来の方法では、移動速度が遅いため、そのような要求を満たせない。

[0003] そこで、このような垂直移動には、平行運動出力を直接に取り出し可能なリニアモータの利用が進められている。多数の板状の永久磁石を配設した角形状の永久磁石構造体を可動子とし、通電コイルを有する電機子を固定子として、固定子に可動子を貫通させた構成を有するリニアモータとして、種々のタイプのものが提案されている（例えば、特許文献1、2など）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-359962号公報  
特許文献2：特開2008-228545号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 従来のリニアモータは、ボールねじに比べれば応答は速いが、可動子の質量が大きいため十分な推力は確保できるものの要求される水準の応答速度を実現できない。高速化に適したリニアモータの構造は可動磁石型であるが

、磁極ピッチが大きいと磁石背面のインナーヨークに回り込む磁束の量が多くなり、インナーヨークの体積が増して可動子が重くなる。一方、磁極ピッチを小さくした場合には、電機子側の巻き線構造が複雑になり、より小型で高出力なリニアモータを実現するのが困難となる。また、垂直移動の用途にあっては自重の影響を受けるため、軽量化がより一層望まれており、高速動作の実現には可動子の高い剛性も要求される。

[0006] 本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、発生する磁束の量が多かつ軽量であり、しかも高い剛性を有する可動子を提供することを目的とする。

[0007] 本発明の他の目的は、推力リプルが少なく滑らかな移動が可能である可動子を提供することにある。

[0008] 本発明の更に他の目的は、磁気飽和が起こりにくい構造であり、高速な応答性を実現できてモータの変換効率を高めて高パワー密度化を図れるリニアモータを提供することにある。

[0009] 本発明の更に他の目的は、推力リプル及び／またはディテント力を少なくすることができて、滑らかな移動を行えて、位置精度の向上も図れるリニアモータを提供することにある。

[0010] 本発明の更に他の目的は、3相駆動と同程度の可動子の滑らかな移動が可能である2相駆動のリニアモータを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0011] 本発明に係る可動子は、角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの外側面に複数の平板状の永久磁石を設けたリニアモータの可動子において、前記複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状磁石は、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記イ

ンナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位していることを特徴とする。

[0012] 本発明の可動子にあっては、角筒状の軟質磁性体制のインナーヨークの各外側面に、内側から外側に向かう外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石、インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石、外側から内側に向かう外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石、インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石、…の順にインナーヨークの軸方向に配されており、インナーヨークの外側面間におけるこれらの平板状磁石の設置位置が偏位している。したがって、外側面に垂直な方向に磁化した2つの平板状磁石の間に、軸方向に磁化した平板状磁石を設けているため、可動子内側のインナーヨーク内に発生する磁束が減少するため、インナーヨークの厚さを薄くすることができ、軽量化を図れる。また、インナーヨークの各外側面に平板状磁石を分割して設置させることができるため、円筒形状の可動子に比べて作製の自由度が非常に高く、高性能の磁石の使用も可能となって剛性の向上を図れる。また、外側面間での磁石の設置位置が軸方向（移動方向）に偏位しているため、推力リップル及び／またはディテント力は低くなり、コギングを抑制して滑らかな移動が可能である。

[0013] 本発明に係る可動子は、一つの前記第1平板状磁石、一つの前記第2平板状磁石、及び軸方向に磁化した二つの前記平板状磁石の合計の長さの $1/4$ 以下の寸法だけ、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が軸方向に偏位していることを特徴とする。

[0014] 本発明の可動子にあっては、外側面間における複数の平板状の磁石の設置位置を、4個一組の平板状磁石の界磁周期を $1/4$ 以下の寸法だけずらせている（偏位している）。偏位させていない場合には大きな推力リップルが生じて滑らかな移動が困難となり、正確な位置決め支障となる場合がある。但し、4個一組の平板状磁石の界磁周期を $1/4$ より大きく偏位させた場合に

は、同一の電機子の磁極に可動子磁石のS極、N極双方が面することとなり、S、Nが反転して十分な推力が得られなくなることがある。よって、その界磁周期を $1/4$ 以下だけずらせ（偏位させ）、推力リップルを低減して滑らかな直線移動を実現する。

[0015] なお、本発明の可動子では、上記のような構成からインナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石を除いた構成であっても良い。即ち、この変形例では、角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの各外側面に、内側から外側に向かう外側面に垂直な方向に磁化した第1平板状磁石と外側から内側に向かう外側面に垂直な方向に磁化した第2平板状磁石とが交互にインナーヨークの軸方向に配されており、インナーヨークの外側面間におけるこれらの平板状磁石の設置位置が偏位している。例えば、一つの第1平板状磁石及び一つの第2平板状磁石の合計の長さの $1/4$ 以下の寸法だけ、インナーヨークの外側面間におけるこれらの平板状磁石の設置位置が軸方向に偏位している。このような変形例でも、4個一組の平板状磁石を複数組設けた上記のような構成例と同様な作用を果たす。

[0016] 本発明に係る可動子は、四角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの4面の外側面に複数の平板状の永久磁石を設けたリニアモータの可動子において、前記複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状磁石は、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの隣り合う一方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置と、前記インナーヨークの隣り合う他方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁

石の設置位置とが、一つの前記第1平板状磁石、一つの前記第2平板状磁石、及び軸方向に磁化した二つの前記平板状磁石の合計の長さの $1/4$ だけ偏位していることを特徴とする。

[0017] 本発明の可動子にあっては、四角筒状の軟質磁性体制のインナーヨークの各外側面に、内側から外側に向かう外側面に垂直な方向に磁化した第1平板状磁石、インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石、外側から内側に向かう外側面に垂直な方向に磁化した第2平板状磁石、インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石、…の順にインナーヨークの軸方向に配されており、インナーヨークの隣り合う一方の2面の外側面における複数の平板状磁石（電機子の一方の巻き線に対向する磁石）の設置位置と、インナーヨークの隣り合う他方の2面の外側面における複数の平板状磁石（電機子の他方の巻き線に対向する磁石）の設置位置とが、一つの第1平板状磁石、一つの第2平板状磁石、及び軸方向に磁化した二つの平板状磁石の合計の長さの $1/4$ （電気角の90度分）だけ偏位している。よって、電機子のそれぞれの巻き線に位相が90度ずれた駆動電流を流すことにより、可動子には連続的に推力が発生し、2相駆動での滑らかな移動が実現する。

[0018] 本発明に係る可動子は、前記インナーヨークの外側面の隅部に、自身を支持するリニアガイドレールを前記インナーヨークの軸方向に延在させて設けてあることを特徴とする。

[0019] 本発明の可動子にあっては、インナーヨークの外側面の隅部に軸方向に延在させてリニアガイドレールを設けて、自身を支持している。よって、このリニアガイドレールにて横方向から可動子を押し返るので、たわみ振動、共振振動などを抑制できて、がたつきがない高速な直線移動が可能となる。

[0020] 本発明に係るリニアモータは、角筒状の軟質磁性体制のインナーヨークの外側面に複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状磁石は、前

記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位している可動子を、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第1単極ユニットと、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び前記第1単極ユニットのコア部を90度回転させた位置に設けられ、該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第2単極ユニットとを交互に重ねてなり、前記第1単極ユニットの複数のコア部及び／または前記第2単極ユニットの複数のコア部に巻き線を施してある電機子の前記第1単極ユニットの開口部及び前記第2単極ユニットの開口部に貫通させてあることを特徴とする。

- [0021] 本発明に係るリニアモータは、角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの外側面に複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位している可動子を、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第1単極ユニットと、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び前記第1単極ユニットのコア部を90度回転させた位置に設けられ、該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第2単極ユニットとを交互に重ねてなり、前記第1単極ユニットの複数のコア部及び／または前記第2単極ユニットの複数の

コア部に捲き線を施してある電機子の前記第1単極ユニットの開口部及び前記第2単極ユニットの開口部に貫通させてあることを特徴とする。

[0022] 本発明のリニアモータにあっては、角形状の開口部、開口部の外側に配置したヨーク部、及びヨーク部から開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体制の第1単極ユニットと、第1単極ユニットを90度回転させた構成をなす軟質磁性体制の第2単極ユニットとを交互に重ねて、一方の単極ユニットのコア部に一括して捲き線を施してある電機子に、上述したような可動子を貫通させた構成をなす。可動子の軽量化を図れるため、可動子の応答速度は速くなる。また、電機子における捲き線構造が簡単であって、小型化を図れる。また、可動子の外側面間での磁石の設置位置が軸方向（移動方向）に偏位しているため、推力リップル及び／またはディテント力は低くなり、高速な安定した可動子の移動が可能である。

[0023] 本発明に係るリニアモータは、四角筒状の軟質磁性体制のインナーヨークの4面の外側面に複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状磁石は、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの隣り合う一方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置と、前記インナーヨークの隣り合う他方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置とが、一つの前記第1平板状磁石、一つの前記第2平板状磁石、及び軸方向に磁化した二つの前記平板状磁石の合計の長さの1/4だけ偏位している可動子を、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア

部を有する軟質磁性体製の第1単極ユニットと、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び前記第1単極ユニットのコア部を90度回転させた位置に設けられ、該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第2単極ユニットとを交互に重ねてなり、前記第1単極ユニットの複数のコア部または前記第2単極ユニットの複数のコア部の2箇所第1の巻き線及び第2の巻き線を施してある電機子の前記第1単極ユニットの開口部及び前記第2単極ユニットの開口部に、前記一方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石が前記第1の巻き線に対向し、前記他方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石が前記第2の巻き線に対向するように貫通させてあり、前記第1の巻き線と前記第2の巻き線とに電気角で90度位相が異なる電流を印加すべくしてあることを特徴とすることを特徴とする。

[0024] 本発明のリニアモータにあっては、電機子の一方の巻き線に対向する可動子の平板状磁石の設置位置と電機子の他方の巻き線に対向する可動子の平板状磁石の設置位置とが、界磁周期の $1/4$ （電気角の90度分）だけ偏位している。よって、電機子のそれぞれの巻き線に位相が90度ずれた駆動電流（例えば、正弦波電流と余弦波電流）を流すことにより、一つのコアユニットにて可動子には連続的に推力が発生し、2相駆動での滑らかな移動が行える。

[0025] 本発明に係るリニアモータは、前記一方の2面の外側面間同士で前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位しており、前記他方の2面の外側面間同士で前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位していることを特徴とする。

[0026] 本発明のリニアモータにあっては、一方の巻き線に対向する平板状磁石の設置位置と他方の巻き線に対向する平板状磁石の設置位置との偏位の関係は維持したままで、一方の2面の外側面間同士で平板状磁石の設置位置を偏位させ、また他方の2面の外側面間同士で平板状磁石の設置位置を偏位させることにより、2相駆動方式での推力リップル、ディテント力の高調波次数成分

を低減する。

- [0027] 本発明に係るリニアモータは、隣り合う前記第1単極ユニットと前記第2単極ユニットとの間隔を調整してあることを特徴とする。
- [0028] 本発明のリニアモータにあつては、電機子における第1単極ユニットと第2単極ユニットとの間隔（磁極歯（ティース）の間隔）を調整することにより、2相駆動方式での推力リップル、ディテント力の高調波次数成分を低減する。
- [0029] 本発明に係るリニアモータは、前記インナーヨークは四角筒状であつて、前記開口部は四角形状であり、前記第1単極ユニット及び第2単極ユニットは四角形状であり、前記第1単極ユニット及び第2単極ユニットの辺の方向と前記開口部の辺の方向とが45度の角度をなしていることを特徴とする。
- [0030] 本発明のリニアモータにあつては、電機子の四角形状の第1単極ユニット及び第2単極ユニットの四角形状の開口部に、四角筒状の可動子を貫通させているが、第1単極ユニット及び第2単極ユニットの辺の方向に対して、これらの開口部の辺の方向を45度傾けている。よつて、電機子における磁束の流れが円滑となり、磁気飽和が起こりにくい。また、電機子の形状を小型化させてもコア部を有効に構成できる。
- [0031] 本発明に係るリニアモータは、重なり合う前記第1単極ユニットと前記第2単極ユニットとの間に、前記第1単極ユニット及び第2単極ユニットのコア部同士が接触しないように軟質磁性体製のスペーサを挟んでいることを特徴とする。
- [0032] 本発明のリニアモータにあつては、第1単極ユニットと第2単極ユニットとの間に棒状のスペーサを設けている。よつて、簡単な構成により、第1単極ユニットのコア部及び第2単極ユニットのコア部との非接触（磁気ショート回避）を実現する。また、第1単極ユニットと第2単極ユニットとの間隔の調整を容易に行える。
- [0033] 周期性磁束密度分布をもつ磁石列Aにおいて、周期方向をx方向とし、位置xにおける磁束密度を $B(x)$ （但し、 $B(x) = (B(x)_x, B(x)_y)$

$B(x)$  とすると、 $B(x) = B(x + 2\tau)$  となる  $2\tau$  ( $2\tau = \lambda$ ) を界磁周期 ( $\tau$  を磁極ピッチ) と定義する。

- [0034] また、周期性磁束密度分布をもつ磁石列  $A_1$  と  $A_2$  とにおいて、周期方向を  $x$  方向とし、位置  $x$  における  $A_1$  の磁束密度を  $B_1(x)$ 、 $A_2$  の磁束密度を  $B_2(x)$  とすると、 $B_1(x) = B_1(x + 2\tau_1)$ 、 $B_2(x) = B_2(x + 2\tau_2)$  で、 $\tau_1 = \tau_2$  である磁石列の配置において、たとえば磁石列  $A_2$  を  $x$  方向に  $d$  だけ移動させて配置させた場合の磁束密度分布  $B_2'$  は  $B_2' = B_2(x - d)$  となり、この  $d$  を偏位と定義する。ここで、 $-\lambda/4 < d < \lambda/4$ 、 $-\tau/2 < d < \tau/2$  である。

### 発明の効果

- [0035] 本発明では、可動子内側インナーヨーク内に発生する磁束を削減することができるため、インナーヨークの厚さを低減することができ、リニアモータの軽量化を図ることができる。また、インナーヨークの外側面に分割して磁石を設けることができるため、使用可能な磁石の選択性が高くなって、可動子の剛性を向上できる。よって、高速なリニアモータを実現できる。また、外側面間での平板状磁石の設置位置を軸方向（移動方向）に偏位させているため、推力リップル及び／またはディテント力を低減することができ、滑らかな可動子の移動を実現でき、位置精度が向上したリニアモータを実現できる。

- [0036] また、本発明では、四角筒状のインナーヨークの隣り合う一方の2外側面（電機子の一方の巻き線に対向する2面）における平板状磁石の配列と、インナーヨークの隣り合う他方の2外側面（電機子の他方の巻き線に対向する2面）における平板状磁石の配列とで、一組の平板状磁石の長さの  $1/4$ （界磁周期を  $\lambda$  とした場合に  $\lambda/4$ 、電気角で  $90$  度）だけ偏位させた可動子の構成とし、電機子の一方の巻き線と他方の巻き線とで位相が  $90$  度異なる駆動電流を流すようにしたので、2相駆動による可動子の移動を実現でき、3相駆動方式のリニアモータと比べて短尺であるリニアモータを提供することができる。

[0037] 更に、本発明では、一方の2外側面間及び他方の2外側面間でのそれぞれの平板状磁石の配列、並びに／または、電機子での磁極歯の間隔を調整することにより、2相駆動方式のリニアモータでの問題点（大きな推力リップル、ディテント力）の改善を図ることができ、3相駆動方式のリニアモータと同程度の滑らかな移動を実現することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0038] [図1] 第1実施の形態に係る可動子の構成を示す斜視図である。
- [図2A] リニアモータに使用する電機子の構成を示す斜視図である。
- [図2B] リニアモータに使用する電機子の構成を示す斜視図である。
- [図2C] リニアモータに使用する電機子の構成を示す斜視図である。
- [図3A] リニアモータに使用する電機子の構成を示す斜視図である。
- [図3B] リニアモータに使用する電機子の構成を示す斜視図である。
- [図4] 第1実施の形態に係るリニアモータの構成を示す斜視図である。
- [図5] 第1実施の形態に係るリニアモータの構成を示す一部破断斜視図である。
- [図6] 電機子における通電状態と起磁力とを示す断面図である。
- [図7] 第2実施の形態に係る可動子の構成を示す斜視図である。
- [図8A] 第2実施の形態に係る電機子の構成を示す斜視図である。
- [図8B] 第2実施の形態に係る電機子の構成を示す斜視図である。
- [図8C] 第2実施の形態に係る電機子の構成を示す斜視図である。
- [図9] 第2実施の形態に係るリニアモータの構成を示す斜視図である。
- [図10] 第3実施の形態に係る可動子の構成を示す斜視図である。
- [図11] 第4実施の形態に係る可動子の構成を示す斜視図である。
- [図12] 第4実施の形態に係るリニアモータの構成を示す斜視図である。
- [図13] 第4実施の形態に係るリニアモータの構成を示す一部破断斜視図である。
- [図14] 標準的な電機子の断面図である。
- [図15] 2次及び6次の高調波成分を低減するための手法を説明するための電

機子の断面図である。

[図16] 4次の高調波成分を低減するための手法を説明するための可動子の斜視図である。

[図17] 8次の高調波成分を低減するための手法を説明するための電機子の断面図である。

[図18A] 第1実施の形態に係る電機子の作製に用いる電機子素材を示す平面図である。

[図18B] 第1実施の形態に係る電機子の作製に用いる電機子素材を示す平面図である。

[図19] 第1実施の形態に係るリニアモータにおける推力特性の測定結果を示すグラフである。

[図20A] 第4実施の形態に係る可動子を電機子に貫通させた状態を示す上面図である。

[図20B] 第4実施の形態に係る可動子を電機子に貫通させた状態を示す側面図である。

[図20C] 第4実施の形態に係る可動子を電機子に貫通させた状態を示す断面図である。

[図21A] 第4実施の形態に係る電機子の作製に用いる電機子素材を示す平面図である。

[図21B] 第4実施の形態に係る電機子の作製に用いる電機子素材を示す平面図である。

[図22] 高調波次数成分の第1低減手法によるコアユニットを示す断面図である。

[図23] 第4実施の形態に係るリニアモータにおける推力特性の測定結果を示すグラフである。

[図24] 高調波次数成分の第2低減手法によるコアユニットを示す断面図である。

[図25] 高調波次数成分の第3低減手法によるコアユニットを示す断面図であ

る。

[図26]第5実施の形態に係るリニアモータにおける推力特性の測定結果を示すグラフである。

### 発明を実施するための形態

[0039] 以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて詳述する。

[0040] (第1実施の形態)

図1は、本発明の第1実施の形態に係る可動子の構成を示す斜視図である。可動子1は、四角筒状の軟質磁性体制のインナーヨーク2の各外側面に、4種類の平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dをこの順にインナーヨーク2の軸方向(可動子1の移動方向)に交互に設置させた構成をなしている。図1において、白抜矢符は各平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの磁化方向を示している。平板状磁石(第1平板状磁石)3aは、インナーヨーク2の外側面に垂直であって内側から外側に向かう方向に磁化した平板状の永久磁石である。一方、平板状磁石(第2平板状磁石)3cは、インナーヨーク2の外側面に垂直であって外側から内側に向かう方向に磁化した平板状の永久磁石である。よって、平板状磁石3aと平板状磁石3cとの磁化方向は、インナーヨーク2の外側面に垂直な方向であって逆向きになる。

[0041] また、平板状磁石3b, 3dは、インナーヨーク2の軸方向(外側面の長手方向)であって隣り合う平板状磁石3cから隣り合う平板状磁石3aに向かう向きに磁化した平板状の永久磁石である。よって、平板状磁石3bと平板状磁石3dとの磁化方向は、インナーヨーク2の軸方向であって逆向きになる。

[0042] そして、インナーヨーク2の外側面間におけるこれらの平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置が、4種類一組の平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの長さの合計の1/4以下の寸法だけ偏位している。図1に示した例では、四角筒状のインナーヨーク2の4つの外側面において、対向する2つの外側面間におけるこれらの平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置は同じであるが、隣り合う2つの外側面間におけるこれらの平板状磁石3a

、3 b、3 c、3 dの設置位置は平板状磁石3 bまたは3 dの長さ分だけ偏位している。

[0043] 図2 A-C、図3 A、Bは、本発明に係るリニアモータに使用する電機子の構成を示す斜視図であって、図2 A-C及び図3 Aはその部分構成図、図3 Bはその全体構成図である。

[0044] 電機子4は、図2 Aに示す四角板状の第1単極ユニット5と、図2 Bに示す四角板状の第2単極ユニット6とを交互に配列し、隣り合う第1単極ユニット5及び第2単極ユニット6の間に図2 Cに示すような枠状のスペーサユニット11を挿入させた構成を有している（図3 A参照）。

[0045] 第1単極ユニット5は、軟質磁性体にて形成されており、可動子1が貫通される四角状の開口部5 aと、開口部5 aの外側に配置された枠体としてのヨーク部5 bと、ヨーク部5 bから開口部5 aに向けて延在しているコア部5 cとを有する。四角板状の第1単極ユニット5の辺の方向と、開口部5 aの辺の方向とが45度の角度をなしている。また、第2単極ユニット6は、軟質磁性体にて形成されており、可動子1が貫通される四角状の開口部6 aと、開口部6 aの外側に配置された枠体としてのヨーク部6 bと、ヨーク部6 bから開口部6 aに向けて延在しているコア部6 cとを有する。四角板状の第2単極ユニット6の辺の方向と、開口部6 aの辺の方向とが45度の角度をなしている。第2単極ユニット6は、第1単極ユニット5を90度回転させた構成をなしている。

[0046] 隣り合う第1単極ユニット5と第2単極ユニット6との間にヨークのみからなる軟質磁性体製のスペーサユニット11を挿入することにより、両単極ユニット5、6のコア部同士が接触しないようにしている。そして、このような第1単極ユニット5と第2単極ユニット6とスペーサユニット11とを、第1単極ユニット5、スペーサユニット11、第2単極ユニット6、スペーサユニット11、…の順に交互に配列して重ね合わせて、図3 Aに示すような単相ユニットを構成する。単相ユニットにおいて、隣り合う第1単極ユニット5及び第2単極ユニット6において、それらのヨーク部5 bとヨーク

部 6 b とは接しているが、それらのコア部 5 c とコア部 6 c とは接しておらず、これらの間に空隙が存在していて磁気ショートを回避している。

[0047] 第 1 単極ユニット 5 と第 2 単極ユニット 6 との共通の隙間部分 7 a, 7 b を貫通して第 1 単極ユニット 5 におけるコア部 5 c (図 2 A の上側のコア部 5 c) に一括して巻き線 8 a を巻回するとともに、第 1 単極ユニット 5 と第 2 単極ユニット 6 との共通の隙間部分 7 c, 7 d を貫通して第 1 単極ユニット 5 における他方のコア部 5 c (図 2 A の下側のコア部 5 c) に一括して巻き線 8 b を巻回する。そして、巻き線 8 a と巻き線 8 b との通電方向が逆になるように、両巻き線 8 a, 8 b を接続する (図 3 B 参照)。

[0048] そして、上述した図 1 に示す可動子 1 を、図 3 B に示す電機子 4 の開口部 5 a, 6 a が連なって形成される中空部 9 に貫通させることにより、第 1 実施の形態に係る単相駆動のリニアモータ (単相分のユニット) 10 が構成される。図 4 は本発明に係るリニアモータ 10 の構成を示す斜視図、図 5 はそのリニアモータ 10 の構成を示す一部破断斜視図である。

[0049] このリニアモータの場合には、電機子 4 が固定子として機能する。そして、巻き線 8 a, 8 b に逆方向に電流を流すことにより、電機子 4 の中空部 9 に貫通された可動子 1 が電機子 4 (固定子) に対して往復直線運動を行う。

[0050] 図 6 は、電機子 4 における通電状態と起磁力とを示す断面図である。図 6 において、「● (紙面の裏から表への通流)」、「× (紙面の表から裏への通流)」は巻き線 8 a, 巻き線 8 b への通流方向を示しており、白抜矢符はコイル通電によってコア部 5 c, 6 c に印加される起磁力の向きを示している。巻き線 8 a, 巻き線 8 b に逆向きの電流を流すことにより、第 1 単極ユニット 5, 第 2 単極ユニット 6 の全てのコア部 5 c, 6 c に磁界が生じる。

[0051] なお、上述した例では、隣り合う両単極ユニットの間に、枠状のヨークのみからなるスペーサユニット 11 を挿入することにより、各単極ユニット全体を均一の厚さにしても、両単極ユニットのコア部同士が接触しないようにしている。この例では、各単極ユニットにあって、コア部の厚さをヨーク部の厚さより薄くする必要がなくて余分な加工処理が不要であり、全体が均一

の厚さである単極ユニットを利用できるため、作製処理の簡素化を図れる。

[0052] これに対して、各単極ユニットにおいて、コア部の厚さをヨーク部の厚さより薄くして、両単極ユニットを重ね合わせた場合に、両単極ユニットのコア部同士が接触しないように構成しても良い。この例では、上記のようなスペーサユニット 11 が不要である。

[0053] 従来の円筒型リニアモータにあっては、中実のインナーヨークに半径方向に磁化した円筒状磁石を接着させた構成、または中実のインナーヨークに軸方向に磁化した円筒状磁石を接着させた構成などが用いられてきた。このような構成では、インナーヨークが大きくて可動子の質量が重くなり、高速応答性に難があった。これに対して、上述したような可動子 1 では、インナーヨーク 2 が中空であって、しかもその内側に発生する磁束を低減することができて角筒状のインナーヨーク 2 の厚さを薄くできるため、可動子 1 の軽量化を図ることが可能である。よって、可動子 1 の応答速度を高めることができる。

[0054] また、可動子のインナーヨークを薄くする方法として、磁石の極ピッチを小さくする手法があるが、極ピッチを小さくした場合に、従来の電機子の構造では巻き線の箇所が多くなって形状が大型化する傾向があった。これに対して電機子 4 では、極毎に巻き線を施さないで一括して巻き線 8 a, 8 b を施しているので、磁極ピッチが小さくても巻き線構造が複雑にならずに簡単であるため、小型化が容易である。

[0055] また、リニアモータ 10 では、可動子 1 の断面形状を角形（上記例では四角形）としているため、磁石を複数面（上記例では四面）に分割して配置することが可能であり、しかも平板状の磁石を使用できる。よって、円筒型リニアモータと比べて、使用する磁石の選択を含めた作製の自由度が極めて高く、優れた剛性を有する可動子 1 の作製も容易に行える。

[0056] また、可動子 1 のインナーヨーク 2 の隣り合う外側面間における平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の設置位置がインナーヨーク 2 の軸方向（可動子 1 の移動方向）に偏位している。よって、推力リップル及び／またはディテン

トカ力の低減に効果を上げることができ、コギングを解消して滑らかな直線移動を可動子 1 は実現できる。

[0057] また、第 1 単極ユニット 5 及び第 2 単極ユニット 6 の本体の辺の方向に対して、各単極ユニット 5, 6 の開口部 5 a, 6 a の辺の方向を 45 度傾けている。よって、電機子 4 における磁束の流れが円滑となり、磁気飽和が起こりにくい。

[0058] なお、上述した実施の形態では、インナーヨーク 2 の各外側面において各 5 組ずつ計 20 個の平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d を順次連ねる構成としたが、これは一例であって、その個数は任意の数であって良い。また、第 1 単極ユニット 5, 第 2 単極ユニット 6 を交互に 2 組配列することとしたが、これは一例であって、その組数は任意の数であって良い。

[0059] また、上述した実施の形態では、インナーヨーク 2 の形状を四角筒状としたが、これは一例であり、八角筒状などの他の多角筒状であって良い。

[0060] さらに、上述した実施の形態では、第 1 単極ユニット 5 のコア部 5 c に一括して巻き線 8 a, 8 b を施すようにしたが、第 2 単極ユニット 6 のコア部 6 c に一括して巻き線を施すようにしても良い。

[0061] 上述した実施の形態では、四角筒状のインナーヨーク 2 の 4 つの外側面において、対向する 2 つの外側面での平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の設置位置を同じとし、隣り合う 2 つの外側面間における平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の設置位置が偏位するように構成したが、インナーヨーク 2 の 4 つの外側面間における平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の設置位置を少しずつ偏位させて全て異なるように構成しても良い。但し、このような構成例にあっても、最大偏位量を、平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の 4 個一組分の長さの  $1/4$  以下とする。

[0062] 単相のリニアモータ（単相分のユニット）について説明したが、例えば 3 相駆動のリニアモータを構成する場合には、上記の電機子 3 個を、磁極ピッチ  $\times (n + 1 / 3)$  または磁極ピッチ  $\times (n + 2 / 3)$ （但し、 $n$  は整数）だけ間隔をあけて直線状に配置して、それらに可動子を貫通させるようにす

れば良い。なお、この場合、巻き線が収まるスペースを考慮して整数  $n$  を設定すれば良い。

[0063] (第2実施の形態)

図7、図8A-C、図9はそれぞれ、第2実施の形態に係る可動子21、電機子4、リニアモータ30の構成を示す斜視図である。これらの図7、図8A-C、図9において、図1、図2A-C、図3A、Bと同一部分には同一番号を付して、それらの説明を省略する。

[0064] 図7に示す可動子21では、インナーヨーク2の外側面の2つの隅部に軸方向に延在させてリニアガイドレール12を設けている。さらに、電機子4を構成する第1単極ユニット5、第2単極ユニット6の開口部にリニアガイドレール12を通すための切欠きが設けられていても良い。4枚の単極ユニットを重ね合わせた図8Aに示す本体の表面と背面とに、リニアガイドスライダ13を設けた図8Bに示す可動子支持フレーム14を設けて、単相ユニットの電機子4を構成する(図8C参照)。そして、図7に示す可動子1を、図8Cに示す電機子4に貫通させることにより、単相駆動のリニアモータ(単相分のユニット)30が構成される(図9参照)。

[0065] この第2実施の形態では、リニアガイドレール12により、可動子21を横方向から押さえて支持している。よって、剛性をより高めることができる。また、このリニアガイドレール12によって、たわみ振動、共振振動などの振動を抑えることができる。したがって、高速移動させても大きな振動は生じず、がたつきがない安定した高速直線移動を実現できる。

[0066] (第3実施の形態)

第3実施の形態は、上述した第1実施の形態の変形例である。図10は、第3実施の形態に係る可動子の構成を示す斜視図である。この第3実施の形態に係る可動子31は、第1実施の形態に係る可動子1(図1参照)から可動子の軸方向に磁化された平板状磁石3b、3dを除いた構成をなしている。即ち、可動子31は、四角筒状の軟質磁性体制のインナーヨーク2の各外側面に、2種類の平板状磁石3a、3cをこの順にインナーヨーク2の軸方

向（可動子 3 1 の移動方向）に交互に設置させた構成をなしている。図 1 0 において、白抜矢符は各平板状磁石 3 a, 3 c の磁化方向を示している。平板状磁石（第 1 平板状磁石）3 a は、インナーヨーク 2 の外側面に垂直であって内側から外側に向かう方向に磁化した平板状の永久磁石である。一方、平板状磁石（第 2 平板状磁石）3 c は、インナーヨーク 2 の外側面に垂直であって外側から内側に向かう方向に磁化した平板状の永久磁石である。よって、平板状磁石 3 a と平板状磁石 3 c との磁化方向は、インナーヨーク 2 の外側面に垂直な方向であって逆向きになる。

[0067] そして、インナーヨーク 2 の外側面間におけるこれらの平板状磁石 3 a, 3 c の設置位置が、2 種類一組の平板状磁石 3 a, 3 c の長さの合計の 1/4 以下の寸法だけ偏位している。図 1 0 に示した例では、四角筒状のインナーヨーク 2 の 4 つの外側面において、対向する 2 つの外側面間におけるこれらの平板状磁石 3 a, 3 c の設置位置は同じであるが、隣り合う 2 つの外側面間におけるこれらの平板状磁石 3 a, 3 c の設置位置は偏位している。

[0068] 第 3 実施の形態に係る電機子の構成は、上述した第 1 実施の形態に係る電機子 4 の構成（図 2 A - C、図 3 A, B 参照）と同じである。

[0069] この第 3 実施の形態に係るリニアモータの場合にも、電機子 4 が固定子として機能し、巻き線 8 a, 8 b に逆方向に電流を流すことにより、電機子 4 の中空部 9 に貫通された可動子 3 1 が電機子 4（固定子）に対して往復直線運動を行う。この際、可動子 3 1 のインナーヨーク 2 の隣り合う外側面間における平板状磁石 3 a, 3 c の設置位置がインナーヨーク 2 の軸方向（可動子 3 1 の移動方向）に偏位している。よって、推力リップル及び／またはディテント力の低減に効果を上げることができ、コギングが解消されて可動子 3 1 の滑らかな直線移動が実現される。

[0070] なお、各 5 組ずつ計 1 0 個の平板状磁石 3 a, 3 c を順次連ねる構成としたが、これは一例であって、その個数は任意の数であって良い。また、インナーヨーク 2 の形状を四角筒状としたが、これは一例であり、八角筒状などの他の多角筒状であって良い。四角筒状のインナーヨーク 2 の 4 つの外側面

において、対向する2つの外側面での平板状磁石3 a, 3 cの設置位置を同じとし、隣り合う2つの外側面間における平板状磁石3 a, 3 cの設置位置が偏位するように構成したが、インナーヨーク2の4つの外側面間における平板状磁石3 a, 3 cの設置位置を少しずつ偏位させて全て異なるように構成しても良い。但し、このような構成例にあっても、最大偏位量を、平板状磁石3 a, 3 cの2個一組分の長さの1/4以下とする。

[0071] (第4実施の形態)

第4実施の形態は、2相駆動を一つのコアユニットで行うようにしたものである。上述した第1または第3実施の形態では3相駆動であるため、3個の電機子を直線状に配置して、それらに可動子を貫通させるようにした構成となっている。したがって、構成されるリニアモータの全長が長いという難点がある。以下に説明する第4実施の形態は、2相駆動を一つのコアユニットで行うように構成して、3相分離独立型の問題点であった全長が長いことを大幅に改良したものである。

[0072] 図11は、本発明の第4実施の形態に係る可動子の構成を示す斜視図である。可動子41は、四角筒状の軟質磁性体制のインナーヨーク2の4つの各外側面2 a, 2 b, 2 c, 2 dに、4種類の平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dをこの順にインナーヨーク2の軸方向(可動子41の移動方向)に交互に設置させた構成をなしている。図11において、白抜矢符は各平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dの磁化方向を示している。平板状磁石(第1平板状磁石)3 aは、インナーヨーク2の外側面に垂直であって内側から外側に向かう方向に磁化した平板状の永久磁石である。一方、平板状磁石(第2平板状磁石)3 cは、インナーヨーク2の外側面に垂直であって外側から内側に向かう方向に磁化した平板状の永久磁石である。よって、平板状磁石3 aと平板状磁石3 cとの磁化方向は、インナーヨーク2の外側面に垂直な方向であって逆向きになる。

[0073] また、平板状磁石3 b, 3 dは、インナーヨーク2の軸方向(外側面の長手方向)であって隣り合う平板状磁石3 cから隣り合う平板状磁石3 aに向

かう向きに磁化した平板状の永久磁石である。よって、平板状磁石 3 b と平板状磁石 3 d との磁化方向は、インナーヨーク 2 の軸方向であって逆向きになる。

[0074] そして、インナーヨーク 2 の上側の隣り合う 2 つの外側面 2 a, 2 b におけるこれらの平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の設置位置と、インナーヨーク 2 の下側の隣り合う 2 つの外側面 2 c, 2 d における平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の設置位置とは、4 種類一組の平板状磁石 3 a, 3 b, 3 c, 3 d の長さの合計の  $1/4$  の寸法（界磁周期を  $\lambda$  とした場合に  $\lambda/4$ 、電気角で 90 度）だけ偏位している。

[0075] 第 4 実施の形態に係る電機子の構成は、上述した第 1 実施の形態に係る電機子 4 の構成（図 2 A - C、図 3 A, B 参照）と同様であるので、その詳細な説明は省略する。

[0076] 図 1 2 は第 4 実施の形態に係るリニアモータ 5 0 の構成を示す斜視図、図 1 3 はそのリニアモータ 5 0 の構成を示す一部破断斜視図である。第 1 単極ユニット 5 A、スペーサユニット 1 1 A、第 2 単極ユニット 6 A、スペーサユニット 1 1 C、第 1 単極ユニット 5 B、スペーサユニット 1 1 B、第 2 単極ユニット 6 B の順に、これらのユニットが交互に配列して重ね合わされて、電機子 4 は構成されている。そして、上述した図 1 1 に示す可動子 4 1 を、電機子 4 の開口部 5 a, 6 a が連なって形成される中空部 9 に貫通させることにより（図 3 B 参照）、第 4 実施の形態に係る 2 相駆動のリニアモータ 5 0 が構成される。

[0077] この際、可動子 4 1 におけるインナーヨーク 2 の上側の隣り合う外側面 2 a, 2 b が、第 1 単極ユニット 5 における上側のコア部 5 c（第 1 の巻き線としての上側の巻き線 8 a）に対向し、インナーヨーク 2 の下側の隣り合う外側面 2 c, 2 d が、第 1 単極ユニット 5 における下側のコア部 5 c（第 2 の巻き線としての下側の巻き線 8 b）に対向するように、可動子 4 1 を電機子 4 の中空部 9 に貫通させる。

[0078] そして、巻き線 8 a と巻き線 8 b とにおいて通電の位相が 90 度異なるよ

うに、捲き線 8 a には正弦波状の電流を流し、捲き線 8 b には余弦波状の電流を流す。このリニアモータ 5 0 の場合にも、電機子 4 が固定子として機能する。捲き線 8 a, 8 b に位相が 90 度異なる電流を流すことにより、電機子 4 の中空部 9 に貫通された可動子 4 1 に連続的に推力を発生させることができ、可動子 4 1 が電機子 4 (固定子) に対して往復直線運動を行う。この際、電機子 4 の上側のコア部 5 c と下側のコア部 5 c とで交互に推力のピークが得られるため、1 つのコアユニットにて連続した推力が得られて、2 相駆動のリニアモータ 5 0 を実現できる。

[0079] 前述したような第 1, 第 3 実施の形態に係る 3 相独立型のリニアモータにあっては、3 個の電機子が必要であり、また隣り合う電機子間に位相を調整するための相間スペースを設ける必要があるため、その全長が長くなるという難点がある。これに対して上述したような第 4 実施の形態に係るリニアモータでは、1 個の電機子にて可動子の移動を行えるため、その全長の大幅な短尺化を図ることができる。よって、狭い領域であってもその利用が可能となり、リニアモータの利用範囲が拡大する。

[0080] 勿論、この第 4 実施の形態でも、第 1, 第 3 実施の形態において前述したと同様な利点を有する。つまり、隣り合う両単極ユニットの間にスペーサユニット 1 1 を挿入するようにしたので、各単極ユニットにおけるコア部の厚さをヨーク部の厚さより薄くする必要がなくて余分な加工処理が不要であり、全体が均一の厚さである単極ユニットを利用できるため、作製処理の簡素化を図れる。また、中実のインナーヨークに半径方向に磁化した円筒状磁石を接着させた構成、または中実のインナーヨークに軸方向に磁化した円筒状磁石を接着させた構成などを用いた従来の円筒型リニアモータにあっては、インナーヨークが大きくて可動子の質量が重くなり、高速応答性に難があったが、第 4 実施の形態に係る可動子 4 1 では、インナーヨーク 2 が中空であって、しかもその内側に発生する磁束を低減することができて角筒状のインナーヨーク 2 の厚さを薄くできるため、可動子 4 1 の軽量化を図ることが可能である。よって、可動子 4 1 の応答速度を高めることができる。

- [0081] また、可動子のインナーヨークを薄くする方法として、磁石の極ピッチを小さくする手法があるが、極ピッチを小さくした場合に、従来の電機子の構造では捲き線の箇所が多くなって形状が大型化する傾向があったが、第4実施の形態に係る電機子4では、極毎に捲き線を施さないで一括して捲き線8a, 8bを施しているため、磁極ピッチが小さくても捲き線構造が複雑にならずに簡単であるため、小型化が容易である。
- [0082] また、第4実施の形態に係るリニアモータ50では、可動子41の断面形状を四角形としているため、磁石を四面に分割して配置することが可能であり、しかも平板状の磁石を使用できる。よって、円筒型リニアモータと比べて、使用する磁石の選択を含めた作製の自由度が極めて高く、優れた剛性を有する可動子41の作製も容易に行える。また、第1単極ユニット5及び第2単極ユニット6の本体の辺の方向に対して、各単極ユニット5, 6の開口部5a, 6aの辺の方向を45度傾けている。よって、電機子4における磁束の流れが円滑となり、磁気飽和が起こりにくい。
- [0083] なお、各5組ずつ計20個の平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dを順次連ねる構成としたが、これは一例であって、その個数は任意の数であって良い。また、第1単極ユニット5, 第2単極ユニット6を交互に2組配列することとしたが、これは一例であって、その組数も任意の数であって良い。また、捲き線8aに正弦波状の電流、捲き線8bに余弦波状の電流をそれぞれ流すようにしたが、これは例示であり、捲き線8aと捲き線8bとに電気角で90度位相が異なるような電流を流せば良い。例えば、捲き線8a、捲き線8bに通電する電流波形は、互いに電気角で90度位相が異なる矩形波状または台形波状であっても良い。
- [0084] ところで、2相駆動のリニアモータにあつては、推力リップル、ディテント力が大きくなるという問題が従来から存在しており、第4実施の形態においても、この問題が懸念される。以下、この第4実施の形態における推力リップル及びディテント力を低減する手法について説明する。第4実施の形態では、可動子41における平板状磁石の配列、及び、電機子4の磁極歯（ティー

ス)の間隔を調整することにより、2相駆動方式のリニアモータで問題となる推カリプル、ディテント力の低減化を図る。

[0085] 2相駆動方式のリニアモータでは、2次、4次、6次、8次の各高調波次数において推カリプル、ディテント力の高調波成分が大きくなる。そこで、各次数での高調波成分を低減する工夫についてそれぞれ説明する。下記に示す例では、180度位相がずれた2つの正弦波を加算すると互いに相殺され、180度位相がずれた2つの余弦波を加算すると互いに相殺されるという原理に基づいている。

[0086] 〈2次及び6次の高調波成分の低減〉

図14は、標準的な電機子4の断面図である。上述したように(図12, 13参照)、第1単極ユニット5A、スペーサユニット11A、第2単極ユニット6A、スペーサユニット11C、第1単極ユニット5B、スペーサユニット11B、第2単極ユニット6Bの順に交互に配列して一体化して電機子4は構成されている。図14の例では、3枚のスペーサユニット11A, 11B, 11Cは同一の厚さであり、第1単極ユニット5A、第2単極ユニット6A、第1単極ユニット5B、第2単極ユニット6Bは均等に配置されている。なお、第1単極ユニット5A、スペーサユニット11A及び第2単極ユニット6Aの一組を第1ブロック51と称し、第1単極ユニット5B、スペーサユニット11B及び第2単極ユニット6Bの一組を第2ブロック52と称する。

[0087] 図15は、2次及び6次の高調波成分を低減するための手法を説明するための電機子4の断面図である。図15では、図14に示すような各単極ユニットの均等配置から電気角90度分だけ広げている。つまり、第1ブロック51と第2ブロック52との間隔(第2単極ユニット6Aと第1単極ユニット5Bとの間隔)を電気角90度(界磁周期を $\lambda$ とした場合に長さ $\lambda/4$ )分だけ広げて、第1単極ユニット5Aと第2単極ユニット6Aとの間、及び第1単極ユニット5Bと第2単極ユニット6Bとの間より広くしている。このような構成は、図14に示す例に比べて、スペーサユニット11Cの厚さ

を厚くすることにより（より厚いスペーサユニット 11C を用いることにより）容易に達成できる。

[0088] 第 1 ブロック 51 と第 2 ブロック 52 との間で電気角 90 度分だけ広げることにより、2 次の高調波では 180 度（= 90 度 × 2）のずれが生じ、第 1 ブロック 51 及び第 2 ブロック 52 間の加算で相殺されるため、2 次の高調波成分は低減する。また、6 次の高調波では 540 度（= 90 度 × 6）のずれが生じてブロック間で相殺されるため、6 次の高調波成分も低減する。このように第 1 ブロック 51 と第 2 ブロック 52 との間隔（磁極歯の間隔）を調整することにより、推力リップル、ディテント力の 2 次及び 6 次の各高調波成分を低減させている。

[0089] 〈4 次の高調波成分の低減〉

図 16 は、4 次の高調波成分を低減するための手法を説明するための可動子 41 の斜視図である。インナーヨーク 2 の上側の外側面 2a, 2b における平板状磁石 3a, 3b, 3c, 3d の設置位置と下側の外側面 2c, 2d における平板状磁石 3a, 3b, 3c, 3d の設置位置との電気角 90 度（長さ  $\lambda/4$ ）分偏位させた状態を維持したままで、上側の外側面 2a における平板状磁石 3a, 3b, 3c, 3d の設置位置と同じく上側の外側面 2b における平板状磁石 3a, 3b, 3c, 3d の設置位置とを電気角 45 度（長さ  $\lambda/8$ ）分偏位させると共に、下側の外側面 2c における平板状磁石 3a, 3b, 3c, 3d の設置位置と同じく下側の外側面 2d における平板状磁石 3a, 3b, 3c, 3d の設置位置とを電気角 45 度（長さ  $\lambda/8$ ）分偏位させる。

[0090] 隣り合う外側面間で平板状磁石の設置位置を電気角 45 度分だけ偏位させることにより、4 次の高調波では 180 度（= 45 度 × 4）のずれが生じ、隣り合う外側面間の加算で相殺されるため、4 次の高調波成分は低減する。このようにインナーヨーク 2 の各外側面での平板状磁石 3a, 3b, 3c, 3d の設置位置を調整することにより、推力リップル、ディテント力の 4 次の各高調波成分を低減させている。

## [0091] 〈8次の高調波成分の低減〉

図17は、8次の高調波成分を低減するための手法を説明するための電機子4の断面図である。上述した図15に示したようなスペーサユニット11Cの厚さの調整を行った後の第1ブロック51及び第2ブロック52の重心位置を変えずに、第1単極ユニット5Aと第2単極ユニット6Aとの間、及び第1単極ユニット5Bと第2単極ユニット6Bとの間をそれぞれ電気角22.5度（長さ $\lambda/16$ ）分だけ広げている（白抜矢符参照）。このような構成は、スペーサユニット11A、11Bの厚さを厚くすることにより（より厚いスペーサユニット11A、11Bを用いることにより）容易に達成できる。

[0092] 第1単極ユニットと第2単極ユニットとの間を電気角22.5度分だけ広げることにより、8次の高調波では180度（ $=22.5度 \times 8$ ）のずれが生じ、隣り合う単極ユニット間の加算で相殺されるため、8次の高調波成分は低減する。このように両ブロック内における第1単極ユニット、第2単極ユニット間の間隔（磁極歯の間隔）を調整することにより、推力リップル、ディテント力の8次の各高調波成分を低減させている。

[0093] なお、上述した手法（第1低減手法）は一例であり、推力リップル、ディテント力の各次の高調波成分を低減する手法はこれに限らず、他の手法を用いても良い。各次の高調波成分の他の低減手法について下記に説明する。

## [0094] （第2低減手法）

この手法では、推力リップル、ディテント力の2次及び6次の高調波成分を可動子の磁石配列の調整にて低減させ、4次の高調波成分を電機子の両ブロック間の間隔の調整にて低減させ、8次の高調波成分を各ブロック内における第1単極ユニット、第2単極ユニット間の間隔の調整にて低減させるようにする。

## [0095] （第3低減手法）

この手法では、推力リップル、ディテント力の2次及び6次の高調波成分を電機子の両ブロック間の間隔の調整にて低減させ、4次の高調波成分を各ブ

ロック内における第1単極ユニット、第2単極ユニット間の間隔の調整にて低減させ、8次の高調波成分を可動子の磁石配列の調整にて低減させるようにする。

[0096] (第5実施の形態)

第4実施の形態において、第3実施の形態と同様に、可動子の軸方向に磁化された平板状磁石3b, 3dを設けない構成としても良い。

[0097] 即ち、可動子は、四角筒状の軟質磁性体製のインナーヨーク2の各外側面2a-2dに、2種類の平板状磁石3a, 3cをこの順にインナーヨーク2の軸方向(可動子の移動方向)に交互に設置させた構成をなし、インナーヨーク2の上側の外側面2a, 2bでの平板状磁石3a, 3cの設置位置と、インナーヨーク2の下側の外側面2c, 2dでの平板状磁石3a, 3cの設置位置とは、2種類一組の平板状磁石3a, 3cの長さの1/4の寸法(界磁周期を $\lambda$ とした場合に $\lambda/4$ 、電気角で90度)だけ偏位している。

[0098] また、推力リップル、ディテント力の2次、4次、6次、8次の高調波成分を低減するために、前述した第4実施の形態と同様に、インナーヨーク2の上側の外側面2a, 2bにおける平板状磁石3a, 3cの設置位置と下側の外側面2c, 2dにおける平板状磁石3a, 3cの設置位置との電気角90度分偏位させた状態を維持したままで、上側の外側面2aにおける平板状磁石3a, 3cの設置位置と同じく上側の外側面2bにおける平板状磁石3a, 3cの設置位置とを所定の電気角度分(2次及び6次については90度、4次については45度、8次については22.5度)偏位させると共に、下側の外側面2cにおける平板状磁石3a, 3cの設置位置と同じく下側の外側面2dにおける平板状磁石3a, 3cの設置位置とを所定の電気角度分(2次及び6次については90度、4次については45度、8次については22.5度)偏位させる。

[0099] なお、上述した第4, 第5実施の形態においても、第2実施の形態と同様に、可動子41におけるインナーヨーク2の外側面の2つの隅部に延在させてリニアガイドレール12(図7参照)を設け、さらに電機子4を構成する

第1単極ユニット5、第2単極ユニット6の開口部にリニアガイドレール12を通すための切欠きを設けるように構成しても良い。

[0100] 以下、本発明者が作製したリニアモータの具体的な構成と、作製したリニアモータの特性とについて説明する。

[0101] (第1実施の形態による実施例)

まず、リニアモータに用いる可動子1として、図1に示すような四角筒状のインナーヨークと平板状の永久磁石とを含んだ可動子を作製した。使用するインナーヨーク2は、純鉄製の四角筒状であり、その外側形状は22mm角、内側形状は18mm角である。

[0102] このようなインナーヨーク2の4つの外側面それぞれに、4種類1組の平板状磁石3a、3b、3c、3dを10組だけインナーヨーク2の軸方向(可動子1の移動方向)に連ねて接着させた。平板状磁石3aは、長さ10mm、幅22mm、高さ4mmで可動子1の内側(移動方向軸中心)から外側に向かう高さ方向に磁化させた永久磁石であり、平板状磁石3cは、長さ10mm、幅22mm、高さ4mmで可動子1の外側から内側に向かう高さ方向に磁化させた永久磁石である。平板状磁石3a、平板状磁石3cの磁化方向は高さ方向(インナーヨーク2の外側面に垂直な方向)に向いているが、その方向は互いに逆方向である(図1の白抜矢符参照)。

[0103] また、平板状磁石3bは、長さ2mm、幅22mm、高さ4mmで可動子1の平板状磁石3cから平板状磁石3aへ向かう長さ方向に磁化させた永久磁石であり、平板状磁石3dは、長さ2mm、幅22mm、高さ4mmで可動子1の平板状磁石3cから平板状磁石3aへ向かう長さ方向に磁化させた永久磁石である。平板状磁石3b、平板状磁石3dの磁化方向は長さ方向(可動子1の移動方向)に向いているが、その方向は互いに逆方向である(図1の白抜矢符参照)。

[0104] よって、これらの10組40個の平板状磁石3a、3b、3c、3dを連ねた長さは240mm(=(10mm+2mm+10mm+2mm)×10)となる。これらの平板状磁石3a、3b、3c、3dの設置位置を、隣り

合うインナーヨーク 2 の外側面間において、平板状磁石 3 b または 3 d の長さ分 (2 mm) だけ偏位させている。

[0105] 次に、電機子 4 を作製した。図 18 A に示すような形状をなす電機子素材を 0.5 mm 厚さの珪素鋼板から 16 枚切り出し、切り出したこれらの 16 枚を重ねて接着し、厚さ 8 mm の第 1 単極ユニット 5、第 1 単極ユニット 6 を作製した (図 2 A, B 参照)。また、図 18 B に示すような形状をなす電機子素材を 0.5 mm 厚さの珪素鋼板から 8 枚切り出し、切り出したこれらの 8 枚を重ねて接着し、厚さ 4 mm のスペーサユニット 11 を作製した (図 2 C 参照)。

[0106] このようにして作製した各ユニットを、第 1 単極ユニット 5、スペーサユニット 11、第 2 単極ユニット 6、スペーサユニット 11、第 1 単極ユニット 5、スペーサユニット 11、第 2 単極ユニット 6 の順に重ね合わせて、単相分のユニットを構成した (図 3 A 参照)。この単相分のユニットの厚さは 44 mm ( $= 8 \text{ mm} \times 4 + 4 \text{ mm} \times 3$ ) である。また、磁極ピッチは 12 mm ( $= 8 \text{ mm} + 4 \text{ mm}$ ) である。

[0107] この単相分のユニットに対して、駆動コイルの巻き線 8 a, 巻き線 8 b として、四隅の隙間部分に、絶縁確保のため電機子コアの巻き線を施す部分にポリイミドテープを巻き、その上に導線を 2 箇所につき 100 回ずつ巻きつけた (図 3 B 参照)。そして、通電した場合に電流の向きが逆になるように直列に結線を行った。

[0108] このようにして作製した電機子 4 を 3 個準備し、その 3 個の電機子 4 をそれぞれ 20 mm ( $= 12 \text{ mm} \times (1 + 2/3)$ ) だけ間隔をあけて直線状に並べ、中央の中空部に可動子 1 を挿入し (図 4 参照)、可動子 1 が電機子 4 に接触することなく長手方向に移動できるように、テストベンチに固定した。

[0109] 3 個の電機子 4 に巻かれている一対の駆動コイルの一端をつなぎ合わせ、他端に 3 相電源 U, V, W 相を接続するスター結線にして、モータコントローラに接続した。また、可動子 1 先端部分に光学式リニアスケールを接着し

、テストベンチ固定側にリニアエンコーダを取り付けて、可動子1の位置を読み取るようにした。また、リニアエンコーダで検出したこの位置信号を上記モータコントローラに出力して可動子1の位置を制御する構成とした。

[0110] このように接続した後、駆動コイルに印加する駆動電流を変えて可動子1の推力を測定した。この際、フォースゲージを可動子1に押し付ける方法で推力を測定した。その測定結果を図19に示す。図19の横軸は、電機子1相当りの駆動電流の実効値×コイルの巻き数である。

[0111] 図19に示すように、700Nを超える最大推力が得られている。可動子1の質量が1.1kgであったため、推力/可動子質量比は637N/kgとなる。700Nの推力が得られる他の方式における従来のリニアモータ（特開2002-359962号公報）では、可動子の質量が3kg以上必要であるため、その推力/可動子質量比は233N/kg以下である。本発明のリニアモータでは、従来のリニアモータに比べて、同一の推力を得るために可動子の質量を1/3程度まで低減することができる。このように、本発明では、加工機などでの高速処理に非常に効果があるリニアモータを提供することができる。

[0112] （第4実施の形態による実施例）

一つのコアユニットにて2相駆動を行う第4実施の形態の実施例について説明する。図20A、20B、20Cはそれぞれ、可動子41を電機子4に貫通させた状態を示す上面図、側面図、断面図である。この実施例では、第2実施の形態で説明したリニアガイドレール12、リニアガイドスライダ13及び可動子支持フレーム14を備えている。

[0113] まず、リニアモータに用いる可動子41として、図11に示すような四角筒状のインナーヨークと平板状の永久磁石とを含んだ可動子を作製した。使用するインナーヨーク2は、純鉄製の四角筒状であり、その外側形状は32mm角、内側形状は26mm角である。

[0114] このようなインナーヨーク2の4つの外側面2a-2dそれぞれに、4種類1組の平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dを複数組インナーヨーク2の軸

方向（可動子 1 の移動方向）に連ねて接着させた。平板状磁石 3 a は、長さ 10 mm、幅 25 mm、高さ 4 mm で可動子 4 1 の内側（移動方向軸中心）から外側に向かう高さ方向に磁化させた永久磁石であり、平板状磁石 3 c は、長さ 10 mm、幅 25 mm、高さ 4 mm で可動子 4 1 の外側から内側に向かう高さ方向に磁化させた永久磁石である。平板状磁石 3 a、平板状磁石 3 c の磁化方向は高さ方向（インナーヨーク 2 の外側面に垂直な方向）に向いているが、その方向は互いに逆方向である（図 1 1 の白抜矢符参照）。

[0115] また、平板状磁石 3 b は、長さ 2 mm、幅 25 mm、高さ 4 mm で可動子 4 1 の平板状磁石 3 c から平板状磁石 3 a へ向かう長さ方向に磁化させた永久磁石であり、平板状磁石 3 d は、長さ 2 mm、幅 25 mm、高さ 4 mm で可動子 4 1 の平板状磁石 3 c から平板状磁石 3 a へ向かう長さ方向に磁化させた永久磁石である。平板状磁石 3 b、平板状磁石 3 d の磁化方向は長さ方向（可動子 4 1 の移動方向）に向いているが、その方向は互いに逆方向である（図 1 1 の白抜矢符参照）。

[0116] インナーヨーク 2 の上側の隣り合う外側面 2 a、2 b におけるこれらの平板状磁石 3 a、3 b、3 c、3 d の設置位置と、インナーヨーク 2 の下側の隣り合う外側面 2 c、2 d におけるこれらの平板状磁石 3 a、3 b、3 c、3 d の設置位置とは、可動子 4 1 の移動方向（軸方向）に 6 mm だけ偏位している。4 種類一組の平板状磁石 3 a、3 b、3 c、3 d の長さの合計は 24 mm であり、この 6 mm 分の偏位は、界磁周期（ $\lambda$ ）である磁石配列周期 24 mm の  $1/4$  の寸法（ $\lambda/4$ ：電気角 90 度分）の偏位に該当する。

[0117] また、上側の外側面 2 a における平板状磁石 3 a、3 b、3 c、3 d の設置位置と、同じく上側の外側面 2 b における平板状磁石 3 a、3 b、3 c、3 d の設置位置とは、可動子 4 1 の移動方向に 3 mm だけ偏位しており、下側の外側面 2 c における平板状磁石 3 a、3 b、3 c、3 d の設置位置と、同じく下側の外側面 2 d における平板状磁石 3 a、3 b、3 c、3 d の設置位置とは、可動子 4 1 の移動方向に 3 mm だけ偏位している。この 3 mm 分の偏位は、図 1 6 により説明した電気角 45 度分（界磁周期（ $\lambda$ ）24 mm

の $1/8$ の寸法 $\lambda/8$ )の偏位に該当する。以上のようにして、長さ $141$  mm, 幅 $25$  mm, 高さ $4$  mmの可動子 $41$ を作製した。

[0118] 次に、電機子 $4$ を作製した。図 $21A$ に示すような形状をなす電機子素材を $0.5$  mm厚さの珪素鋼板から切り出し、切り出したこれらの $20$ 枚を重ねて接着し、厚さ $10$  mmの第 $1$ 単極ユニット $5$  ( $5A$ ,  $5B$ )、第 $1$ 単極ユニット $6$  ( $6A$ ,  $6B$ )を作製した。また、図 $21B$ に示すような形状をなす電機子素材を $0.5$  mm厚さの珪素鋼板から切り出し、切り出した $7$ 枚を重ねて接着して厚さ $3.5$  mmの $2$ 個のスペーサユニット $11$  (スペーサユニット $11A$ ,  $11B$ )を作製すると共に、切り出した $13$ 枚を重ねて接着して厚さ $6.5$  mmの $1$ 個のスペーサユニット $11$  (スペーサユニット $11C$ )を作製した。

[0119] このようにして作製した各ユニットを、第 $1$ 単極ユニット $5A$ 、スペーサユニット $11A$ 、第 $2$ 単極ユニット $6A$ 、スペーサユニット $11C$ 、第 $1$ 単極ユニット $5B$ 、スペーサユニット $11B$ 、第 $2$ 単極ユニット $6B$ の順に重ね合わせて、長さ $80$  mm, 幅 $80$  mm, 高さ $53.5$  mm ( $=10$  mm $\times 4 + 3.5$  mm $\times 2 + 6.5$  mm $\times 1$ )のコアユニットを構成した。なお、このような各スペーサユニット $11A$ ,  $11B$ ,  $11C$ の厚さは、推力リップル、ディテント力の $2$ 次及び $6$ 次、 $8$ 次の各高調波成分を低減すべく、図 $15$ 、図 $17$ により説明した磁極歯の間隔を調整するために適宜設定される。

[0120] 図 $22$ に、この第 $1$ 低減手法によるコアユニットの断面図を示す。この例では、推力リップル、ディテント力の $2$ 次及び $6$ 次の高調波成分を低減すべく、両ブロック $51$ ,  $52$ 間の間隔を、界磁周期 $\lambda$  ( $=24$  mm)とした場合の $\lambda/4$  (電気角 $90$ 度)に相当する $6$  mmだけ広げ、また、 $8$ 次の高調波成分を低減すべく、各ブロック $51$ ,  $52$ 内における、第 $1$ 単極ユニット $5A$ ,  $6A$ と第 $2$ 単極ユニット $5B$ ,  $6B$ との間隔 (磁極歯の間隔)を、 $\lambda/16$  (電気角 $22.5$ 度)に相当する $1.5$  mmだけ広げる。この結果、基本のスペーサユニットの厚さを $2$  mmとして、スペーサユニット $11A$ ,  $11B$ の厚さは $3.5$  mm、スペーサユニット $11C$ の厚さは $6.5$  mmに設

定される。

[0121] このコアユニットに対して、駆動コイルの巻き線 8 a、巻き線 8 b として、四隅の隙間部分に、絶縁確保のため電機子コアの巻き線を施す部分にポリイミドテープを巻き、その上に導線を 2 箇所につき 100 回ずつ巻きつけた。そして、これらの巻き線 8 a、巻き線 8 b にはそれぞれ、正弦波形の駆動電流、余弦波形の駆動電流を印加する。

[0122] このような電機子の 2 個の駆動コイルを 2 相駆動用モータコントローラに接続し、可動子の先端に位置センサを取り付けて、2 相駆動用モータコントローラに位置信号を入力させ、リニアモータの推力特性を測定した。その測定結果を図 23 に示す。図 23 の横軸は、駆動電流の実効値 × コイルの巻き数である。

[0123] 図 23 に示すように、推力と駆動電流とが比例する範囲で 160 N 程度の推力が得られており、また、200 N 以上の最大推力が得られている。このような優れた特性を、第 4 実施の形態では、全長わずか 65 mm 程度の電機子にて達成している。

[0124] 従来例である相独立型のリニアモータ（特開 2008-228545 号公報）、または前述した 3 相駆動型のリニアモータにて、この第 4 実施の形態と同程度の推力特性を得るためには、全長 150 mm 程度の電機子の長さが必要であり、第 4 実施の形態では半分以下の短尺化を実現できている。第 4 実施の形態に係るリニアモータは、以上のように小型化及び省スペース化を図れるので、X-Y-Z 軸 3 軸駆動ステージのように重ねて使用する用途に最適なりニアモータである。

[0125] （第 2 低減手法での実施例）

この第 2 低減手法では、推力リップル、ディテント力の 2 次及び 6 次の高調波成分を可動子 41 の磁石配列の調整にて低減させ、4 次の高調波成分を電機子 4 の両ブロック 51、52 間の間隔の調整にて低減させ、8 次の高調波成分をブロック 51 内における第 1 単極ユニット 5A、第 2 単極ユニット 5B 間の間隔及びブロック 52 内における第 1 単極ユニット 6A、第 2 単極ユ

ニット6B間の間隔の調整にて低減させる。

[0126] インナーヨーク2の上側の隣り合う外側面2a, 2bにおける平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置と、インナーヨーク2の下側の隣り合う外側面2c, 2dにおける平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置とを、可動子41の移動方向(軸方向)に6mm( $\lambda/4$ :電気角90度分)だけ偏位させた上に、上側の外側面2aにおける平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置と、同じく上側の外側面2bにおける平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置とを、可動子41の移動方向に6mm( $\lambda/4$ :電気角90度分)だけ偏位させ、下側の外側面2cにおける平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置と、同じく下側の外側面2dにおける平板状磁石3a, 3b, 3c, 3dの設置位置とを、可動子41の移動方向に6mm( $\lambda/4$ :電気角90度分)だけ偏位させている。

[0127] 図24は、第2低減手法によるコアユニットの断面図を示す。この例では、推カリプル、ディテント力の4次の高調波成分を低減すべく、両ブロック51, 52間の間隔を、界磁周期 $\lambda$ (=24mm)とした場合の $\lambda/8$ (電気角45度)に相当する3mmだけ広げ、また、8次の高調波成分を低減すべく、各ブロック51, 52内における、第1単極ユニット5A, 6Aと第2単極ユニット5B, 6Bとの間隔(磁極歯の間隔)を、 $\lambda/16$ (電気角22.5度)に相当する1.5mmだけ広げる。この結果、磁極歯の間隔を均等に1.5mmだけ広げたことになる。このコアユニットでは、各スペーサユニット11A, 11B, 11Cの厚さが何れも3.5mmであり、コアユニット全体の高さは50.5mm(=10mm $\times$ 4+3.5mm $\times$ 3)になる。

[0128] (第3低減手法での実施例)

この手法では、推カリプル、ディテント力の2次及び6次の高調波成分を電機子4の両ブロック51, 52間の間隔の調整にて低減させ、4次の高調波成分をブロック51内における第1単極ユニット5A, 第2単極ユニット5B間の間隔及びブロック52内における第1単極ユニット6A, 第2単極

ユニット6 B間の間隔の調整にて低減させ、8次の高調波成分を可動子4 1の磁石配列の調整にて低減させる。

[0129] 図25は、第3低減手法によるコアユニットの断面図を示す。この例では、推力リップル、ディテント力の2次及び6次の高調波成分を低減すべく、両ブロック5 1, 5 2間の間隔を、界磁周期 $\lambda$  ( $=24\text{ mm}$ )とした場合の $\lambda/4$  (電気角90度)に相当する6 mmだけ広げ、また、4次の高調波成分を低減すべく、各ブロック5 1, 5 2内における、第1単極ユニット5 A, 6 Aと第2単極ユニット5 B, 6 Bとの間隔 (磁極歯の間隔) を、 $\lambda/8$  (電気角45度)に相当する3 mmだけ広げる。この結果、磁極歯の間隔を均等に3 mmだけ広げたことになる。このコアユニットでは、各スペーサユニット1 1 A, 1 1 B, 1 1 Cの厚さが何れも5 mmであり、コアユニット全体の高さは55 mm ( $=10\text{ mm} \times 4 + 5\text{ mm} \times 3$ )になる。

[0130] また、インナーヨーク2の上側の隣り合う外側面2 a, 2 bにおける平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dの設置位置と、インナーヨーク2の下側の隣り合う外側面2 c, 2 dにおける平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dの設置位置とを、可動子4 1の移動方向 (軸方向)に6 mm ( $\lambda/4$ : 電気角90度分)だけ偏位させた上に、上側の外側面2 aにおける平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dの設置位置と、同じく上側の外側面2 bにおける平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dの設置位置とを、可動子4 1の移動方向に1.5 mm ( $\lambda/16$ : 電気角22.5度分)だけ偏位させ、下側の外側面2 cにおける平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dの設置位置と、同じく下側の外側面2 dにおける平板状磁石3 a, 3 b, 3 c, 3 dの設置位置とを、可動子4 1の移動方向に1.5 mm ( $\lambda/16$ : 電気角22.5度分)だけ偏位させている。

[0131] (第5実施の形態による実施例)

前述した第4実施の形態による実施例と同様に作製した電機子の2個の駆動コイルを2相駆動用モータコントローラに接続し、可動子の先端に位置センサを取り付けて、2相駆動用モータコントローラに位置信号を入力させ、

リニアモータの推力特性を測定した。その測定結果を図26に示す。図26の横軸は、駆動電流の実効値×コイルの巻き数である。

[0132] 図26に示すように、推力と駆動電流とが比例する範囲で140N程度の推力が得られている。この推力の数値は、第4実施の形態による実施例（160N程度）と比較すると、可動子の軸方向に磁化された平板状磁石を設けていない分だけ少し低くなっている。但し、相独立型のリニアモータまたは3相駆動型のリニアモータと比べて、短尺化を実現できており、小型化及び省スペース化を図れる。

### 符号の説明

- [0133] 1, 21, 31, 41 可動子  
2 インナーヨーク  
2a, 2b, 2c, 2d 外側面  
3a 平板状磁石（インナーヨークの外側面に垂直に内側から外側へ磁化した磁石：第1平板状磁石）  
3b 平板状磁石（インナーヨークの軸方向に磁化した磁石）  
3c 平板状磁石（インナーヨークの外側面に垂直に外側から内側へ磁化した磁石：第2平板状磁石）  
3d 平板状磁石（インナーヨークの軸方向に磁化した磁石）  
4 電機子  
5, 5A, 5B 第1単極ユニット  
6, 6A, 6B 第2単極ユニット  
5a, 6a 開口部  
5b, 6b ヨーク部  
5c, 6c コア部  
7a, 7b, 7c, 7d 隙間部分  
8a, 8b 巻き線  
9 中空部  
10, 30, 50 リニアモータ

- 1 1, 1 1 A, 1 1 B, 1 1 C スペーサユニット
- 1 2 リニアガイドレール
- 1 3 リニアガイドスライダ
- 1 4 可動子支持フレーム

## 請求の範囲

- [請求項1] 角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの外側面に複数の平板状の永久磁石を設けたリニアモータの可動子において、
- 前記複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状磁石は、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位していることを特徴とする可動子。
- [請求項2] 一つの前記第1平板状磁石、一つの前記第2平板状磁石、及び軸方向に磁化した二つの前記平板状磁石の合計の長さの $1/4$ 以下の寸法だけ、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が軸方向に偏位していることを特徴とする請求項1記載の可動子。
- [請求項3] 四角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの4面の外側面に複数の平板状の永久磁石を設けたリニアモータの可動子において、
- 前記複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状磁石は、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に

向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの隣り合う一方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置と、前記インナーヨークの隣り合う他方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置とが、一つの前記第1平板状磁石、一つの前記第2平板状磁石、及び軸方向に磁化した二つの前記平板状磁石の合計の長さの1/4だけ偏位していることを特徴とする可動子。

[請求項4] 前記インナーヨークの外側面の隅部に、自身を支持するリニアガイドレールを前記インナーヨークの軸方向に延在させて設けてあることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の可動子。

[請求項5] 角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの外側面に複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状磁石は、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位している可動子を、

角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第1単極ユニットと、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び前記第1単極ユニットのコア部を90度回転さ

せた位置に設けられ、該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第2単極ユニットとを交互に重ねてなり、前記第1単極ユニットの複数のコア部及び／または前記第2単極ユニットの複数のコア部に捲き線を施してある電機子の前記第1単極ユニットの開口部及び前記第2単極ユニットの開口部に貫通させてあることを特徴とするリニアモータ。

[請求項6]

角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの外側面に複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記インナーヨークの外側面間における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位している可動子を、

角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第1単極ユニットと、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び前記第1単極ユニットのコア部を90度回転させた位置に設けられ、該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第2単極ユニットとを交互に重ねてなり、前記第1単極ユニットの複数のコア部及び／または前記第2単極ユニットの複数のコア部に捲き線を施してある電機子の前記第1単極ユニットの開口部及び前記第2単極ユニットの開口部に貫通させてあることを特徴とするリニアモータ。

[請求項7]

四角筒状の軟質磁性体製のインナーヨークの4面の外側面に複数の平板状の永久磁石として、前記インナーヨークの外側面に垂直な方向に磁化した平板状磁石と前記インナーヨークの軸方向に磁化した平板状磁石とを前記インナーヨークのそれぞれの外側面で前記インナーヨークの軸方向に交互に連ねており、前記垂直な方向に磁化した平板状

磁石は、前記インナーヨークの内側から外側に向かう向きに磁化した第1平板状磁石と前記インナーヨークの外側から内側に向かう向きに磁化した第2平板状磁石とが前記インナーヨークの軸方向に交互に配されており、前記軸方向に磁化した平板状磁石は、隣り合う前記第2平板状磁石から隣り合う前記第1平板状磁石に向かう向きに磁化しており、前記インナーヨークの隣り合う一方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置と、前記インナーヨークの隣り合う他方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石の設置位置とが、一つの前記第1平板状磁石、一つの前記第2平板状磁石、及び軸方向に磁化した二つの前記平板状磁石の合計の長さの $1/4$ だけ偏位している可動子を、

角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第1単極ユニットと、角形状の開口部、該開口部の外側に配置したヨーク部、及び前記第1単極ユニットのコア部を90度回転させた位置に設けられ、該ヨーク部から前記開口部に向かう方向に延設させたコア部を有する軟質磁性体製の第2単極ユニットとを交互に重ねてなり、前記第1単極ユニットの複数のコア部または前記第2単極ユニットの複数のコア部の2箇所第1の巻き線及び第2の巻き線を施してある電機子の前記第1単極ユニットの開口部及び前記第2単極ユニットの開口部に、前記一方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石が前記第1の巻き線に対向し、前記他方の2面の外側面における前記複数の平板状の永久磁石が前記第2の巻き線に対向するように貫通させてあり、

前記第1の巻き線と前記第2の巻き線とに電気角で90度位相が異なる電流を印加すべくなしてあることを特徴とするリニアモータ。

[請求項8]

前記一方の2面の外側面間同士で前記複数の平板状の永久磁石の設置位置が偏位しており、前記他方の2面の外側面間同士で前記複数の

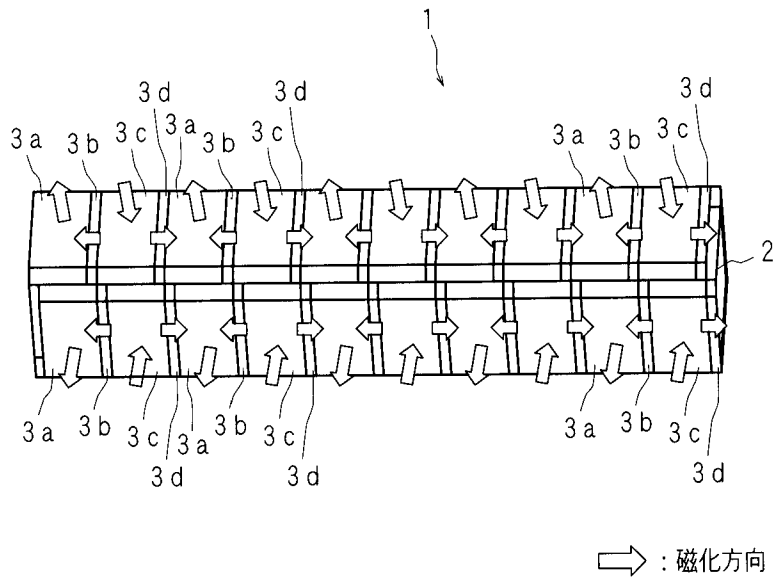
平板状の永久磁石の設置位置が偏位していることを特徴とする請求項7記載のリニアモータ。

[請求項9] 隣り合う前記第1単極ユニットと前記第2単極ユニットとの間隔を調整してあることを特徴とする請求項7記載のリニアモータ。

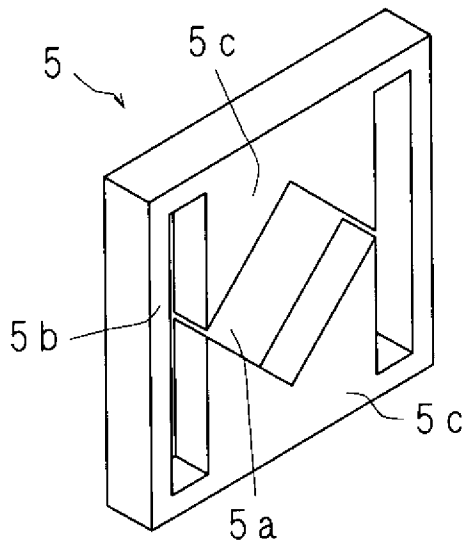
[請求項10] 前記インナーヨークは四角筒状であって、前記開口部は四角形状であり、前記第1単極ユニット及び第2単極ユニットは四角形状であり、前記第1単極ユニット及び第2単極ユニットの辺の方向と前記開口部の辺の方向とが45度の角度をなしていることを特徴とする請求項5乃至9の何れかに記載のリニアモータ。

[請求項11] 重なり合う前記第1単極ユニットと前記第2単極ユニットとの間に、前記第1単極ユニット及び第2単極ユニットのコア部同士が接触しないように軟質磁性体製のスペーサを挟んでいることを特徴とする請求項5乃至10の何れかに記載のリニアモータ。

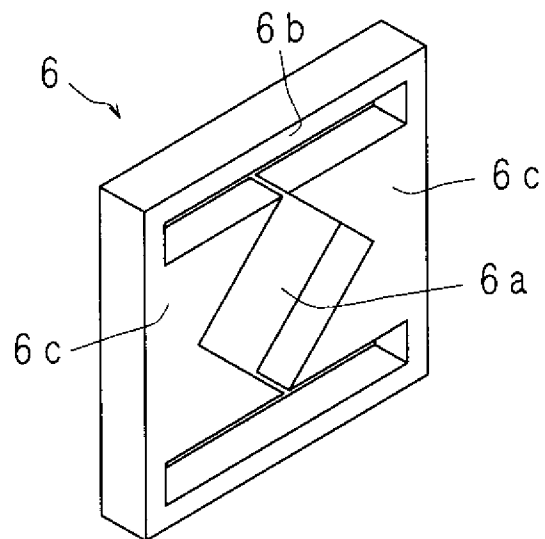
[図1]



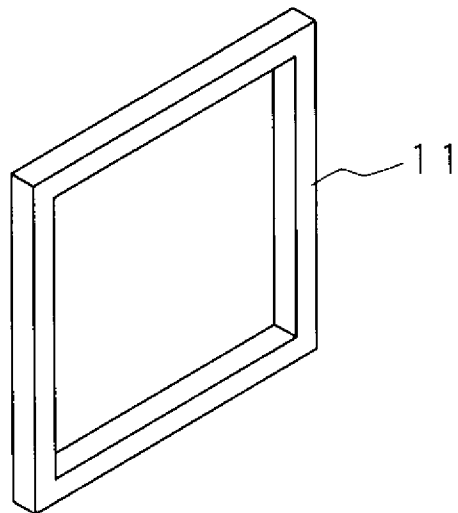
[図2A]



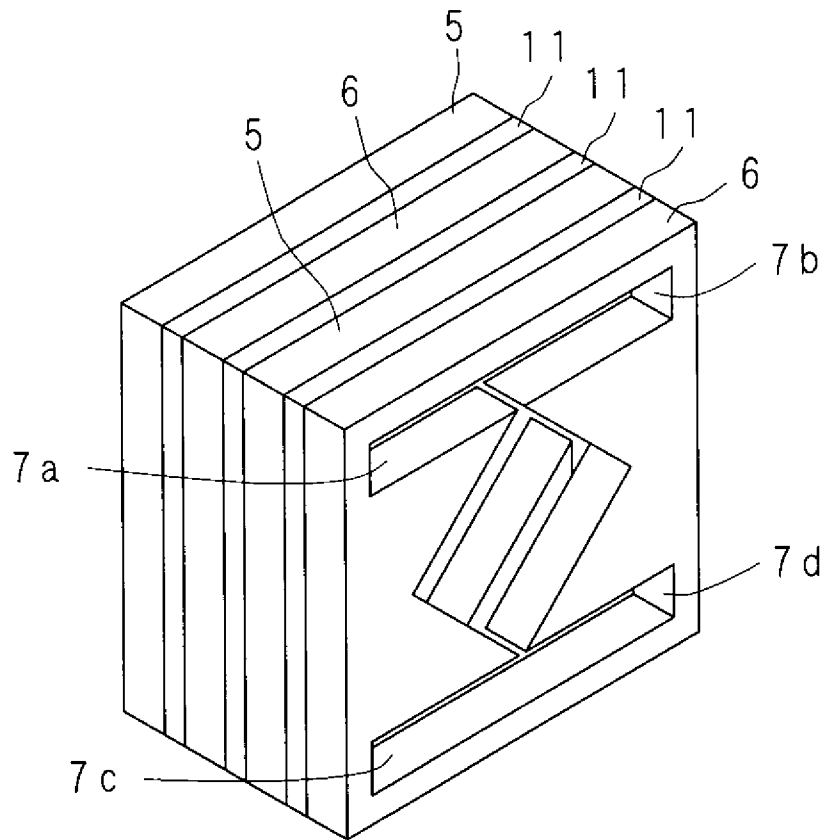
[図2B]



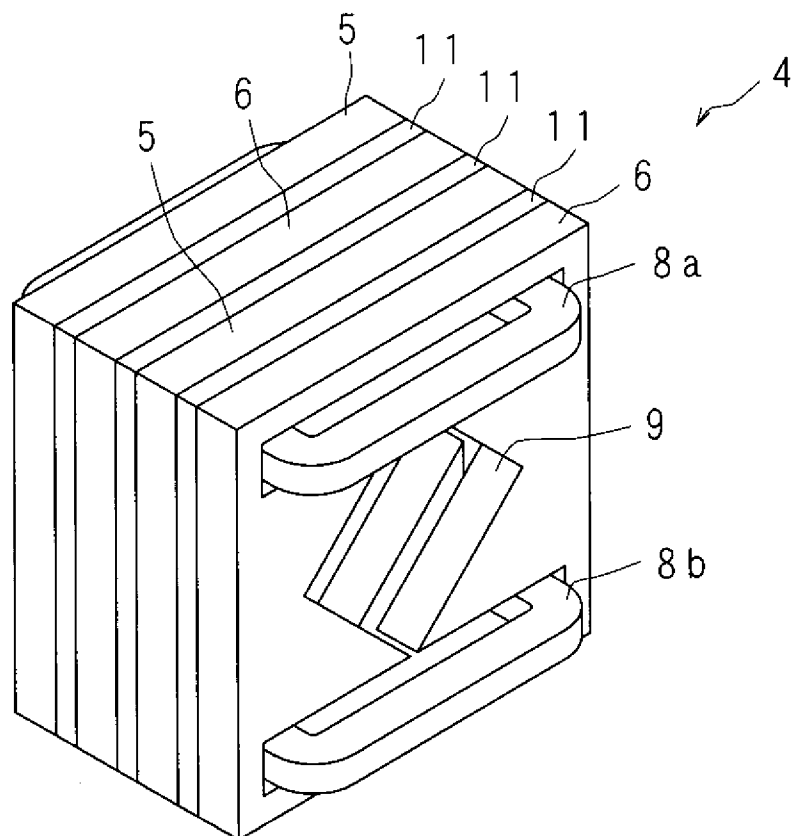
[図2C]



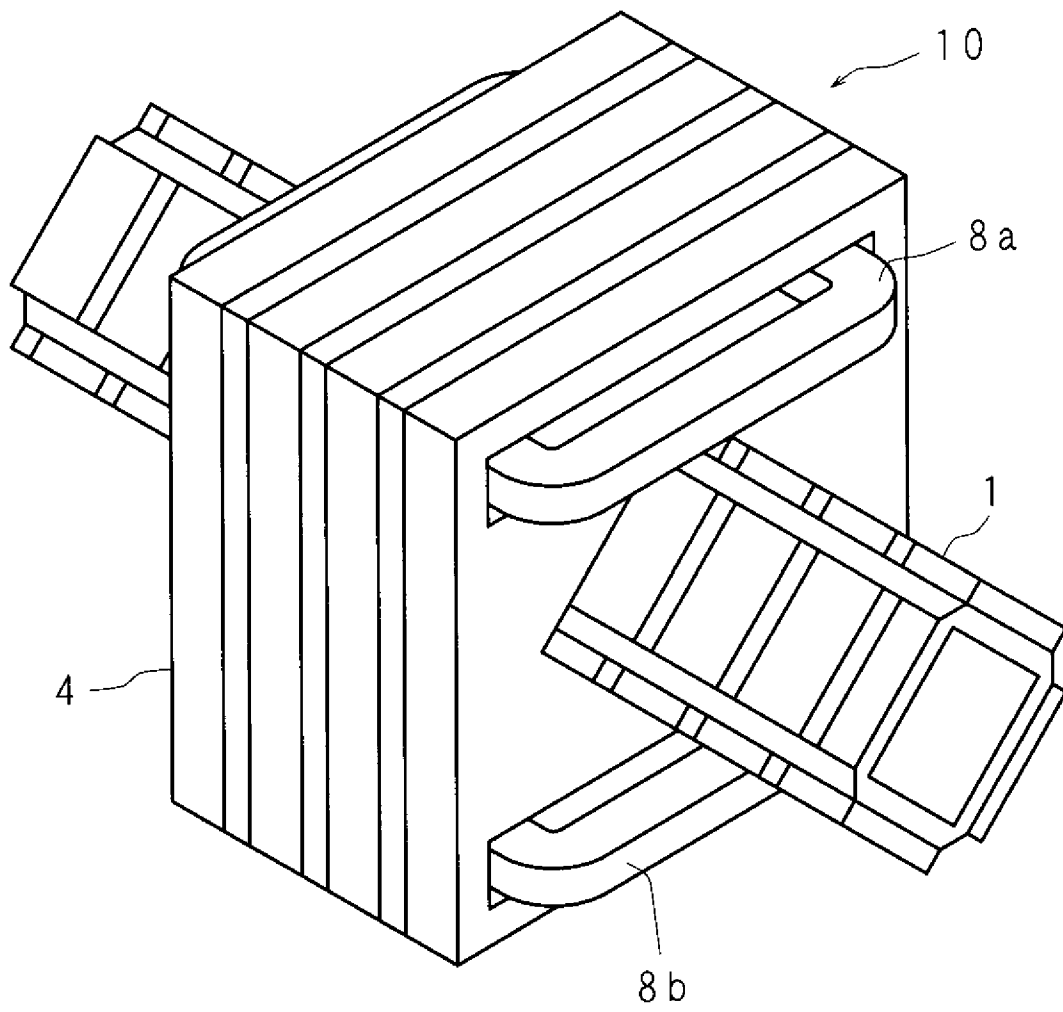
[図3A]



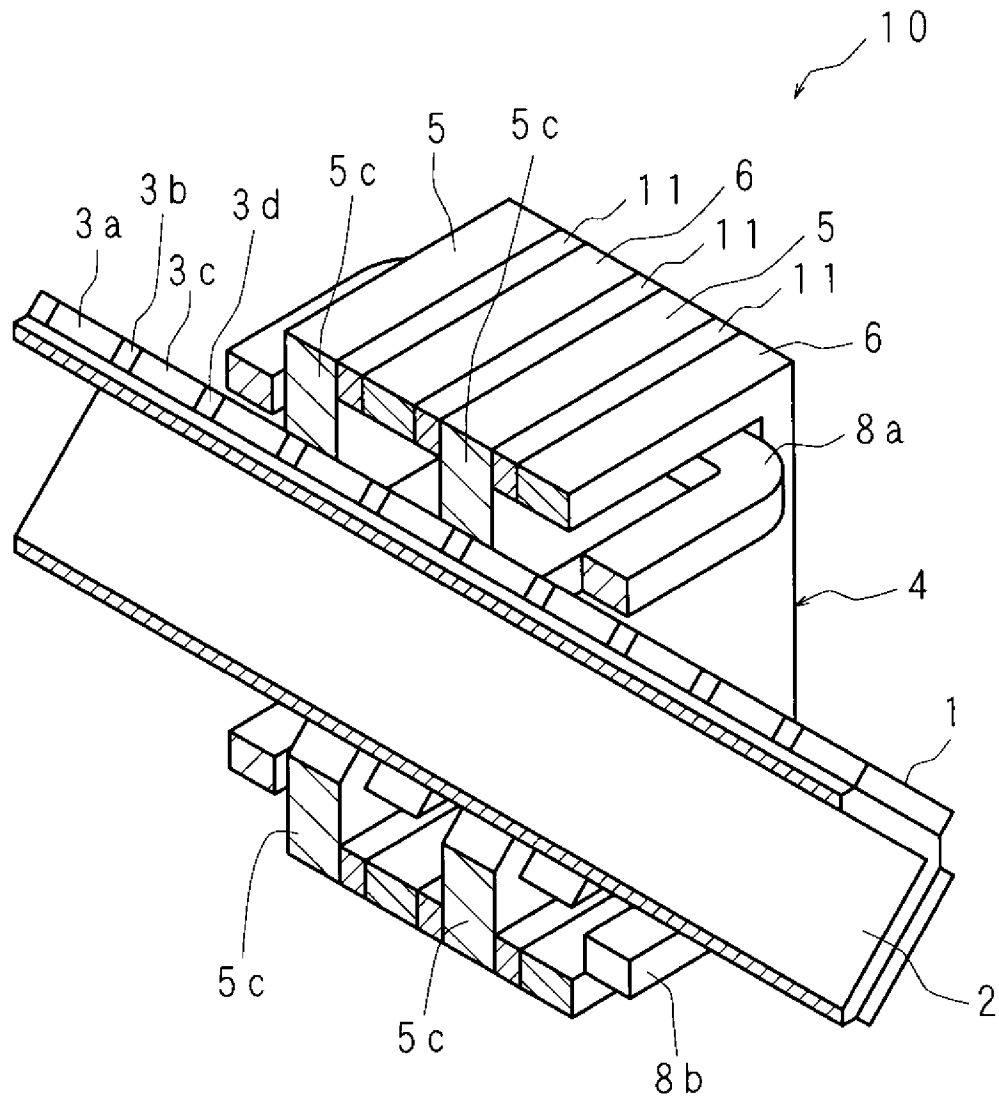
[図3B]



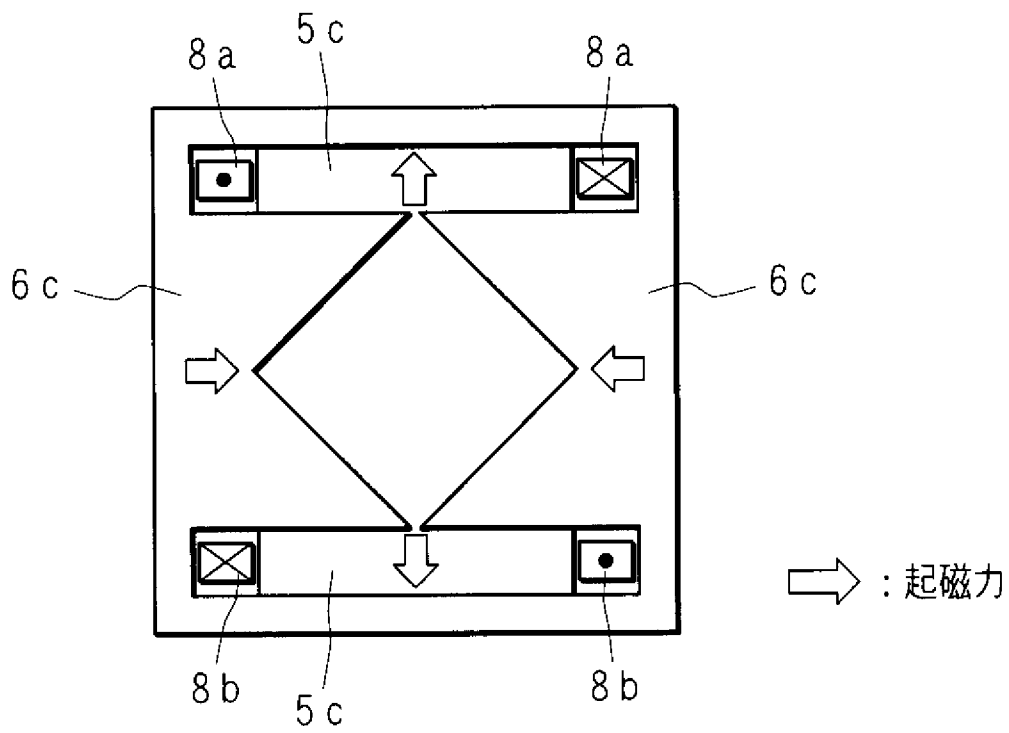
[図4]



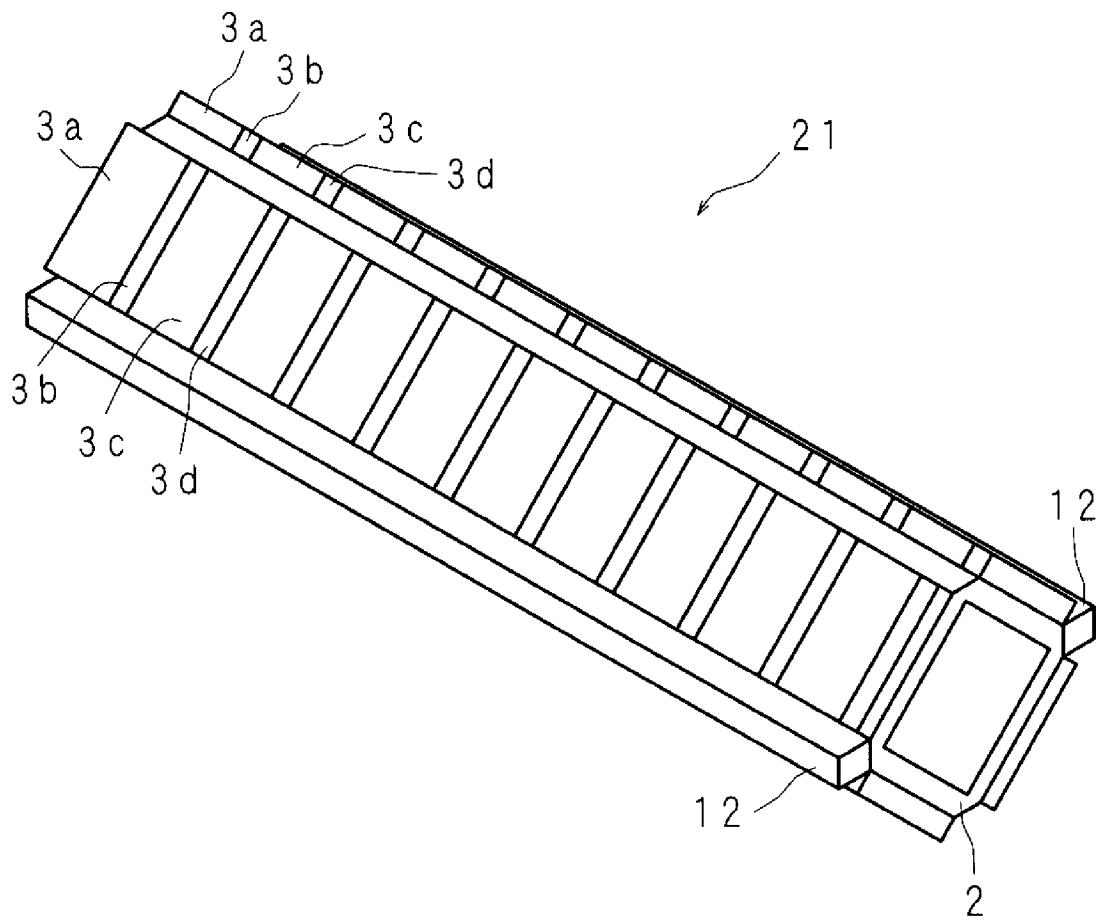
[図5]



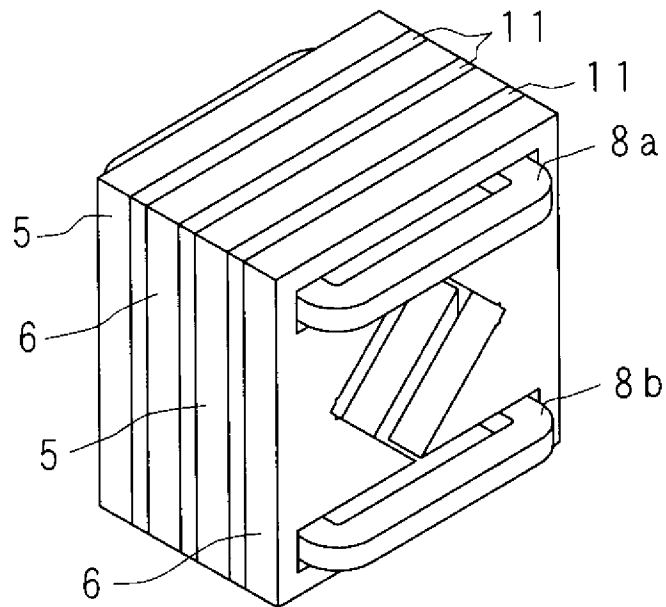
[図6]



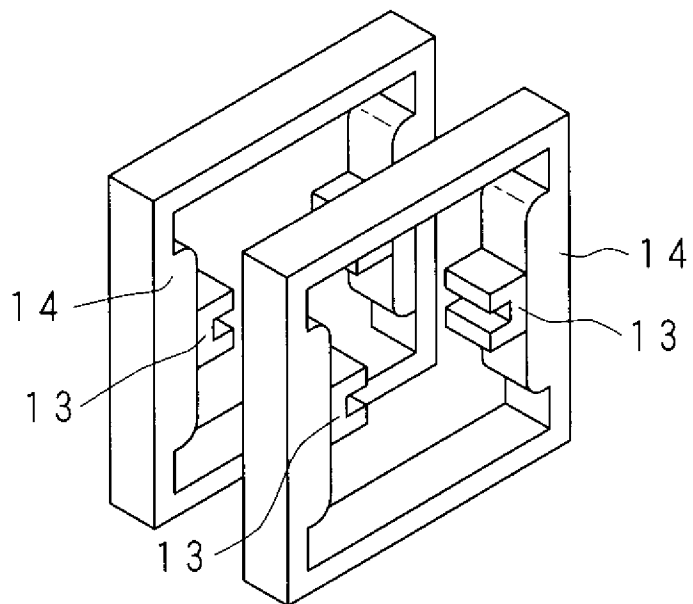
[図7]



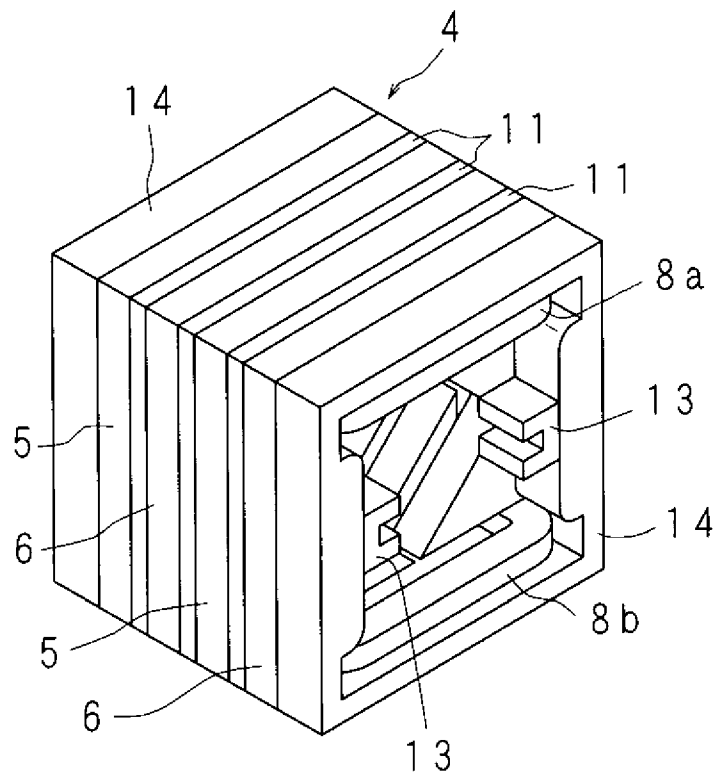
[図8A]



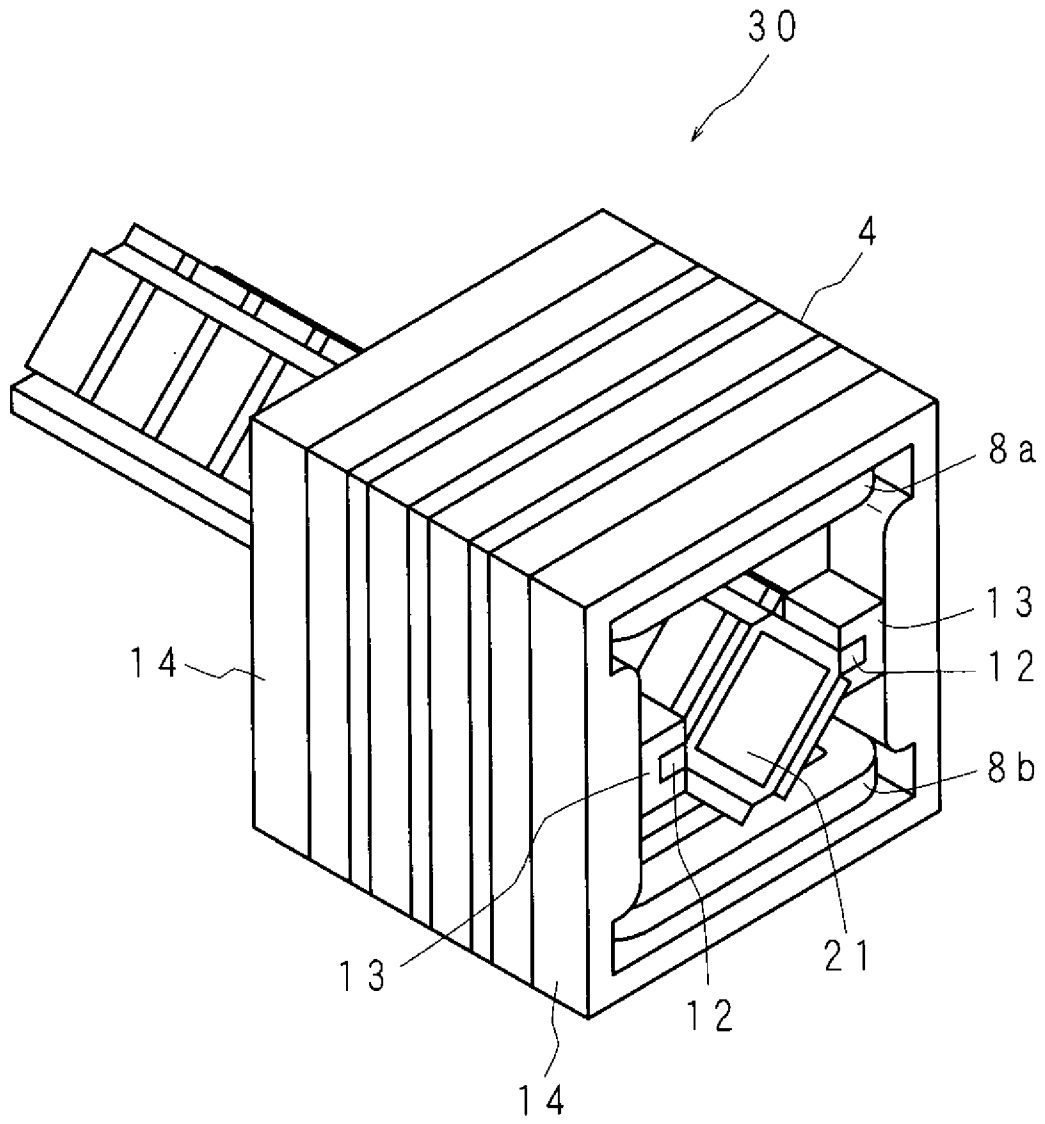
[図8B]



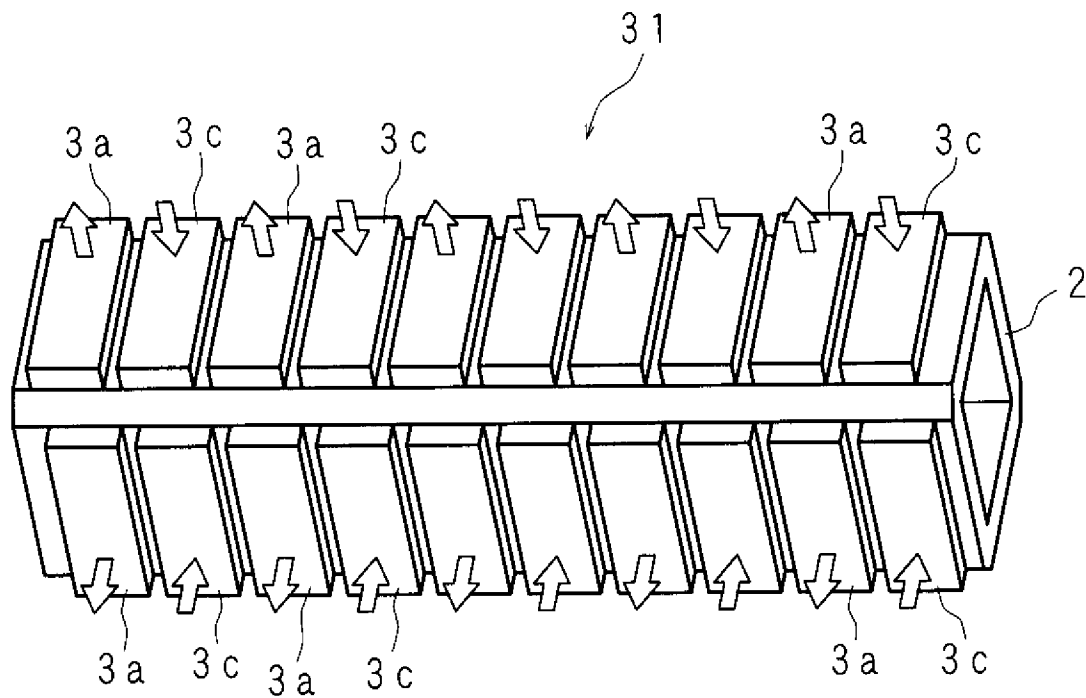
[図8C]



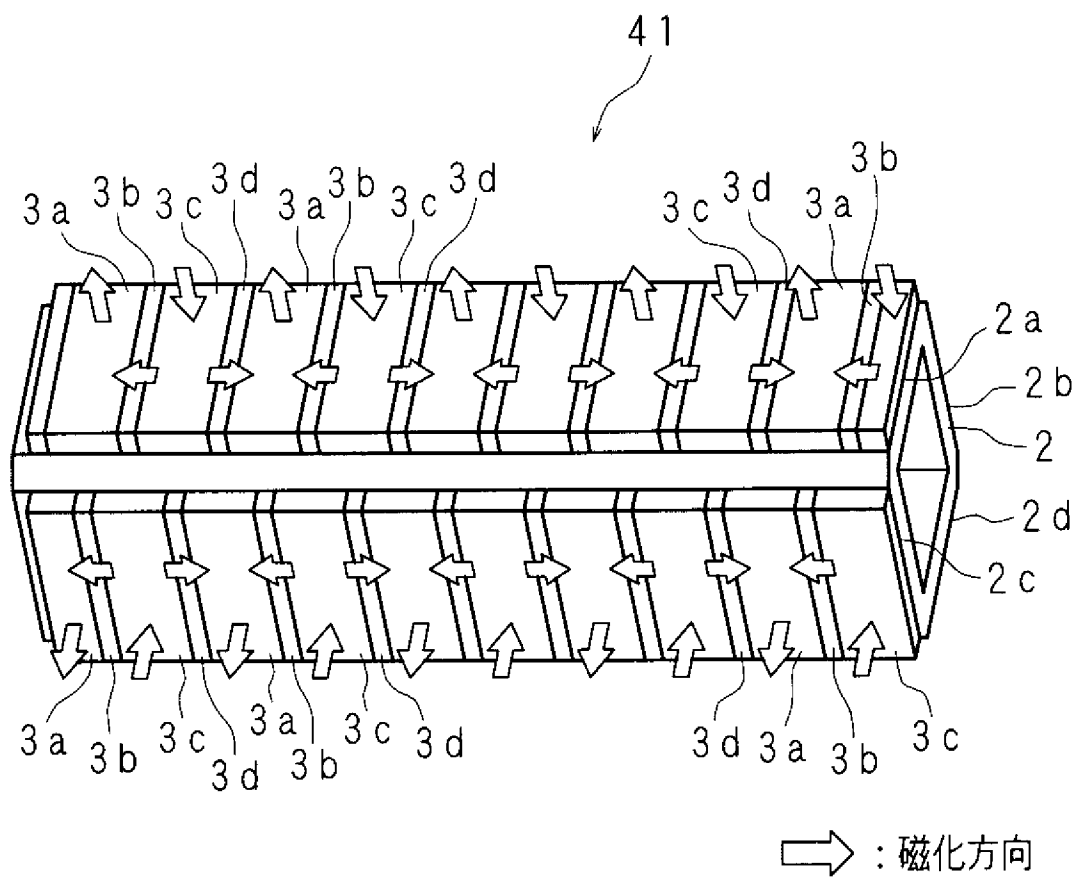
[図9]



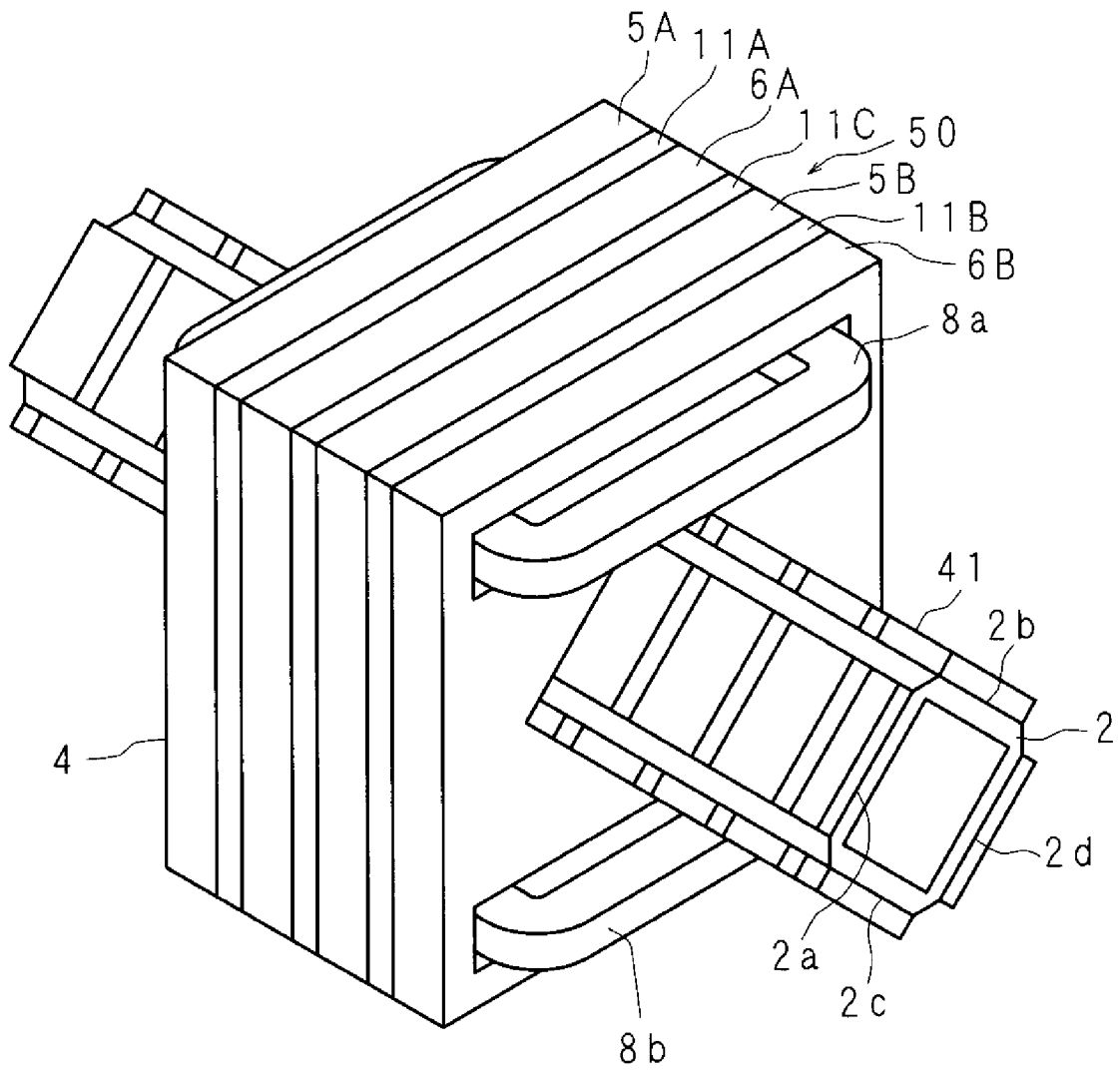
[図10]



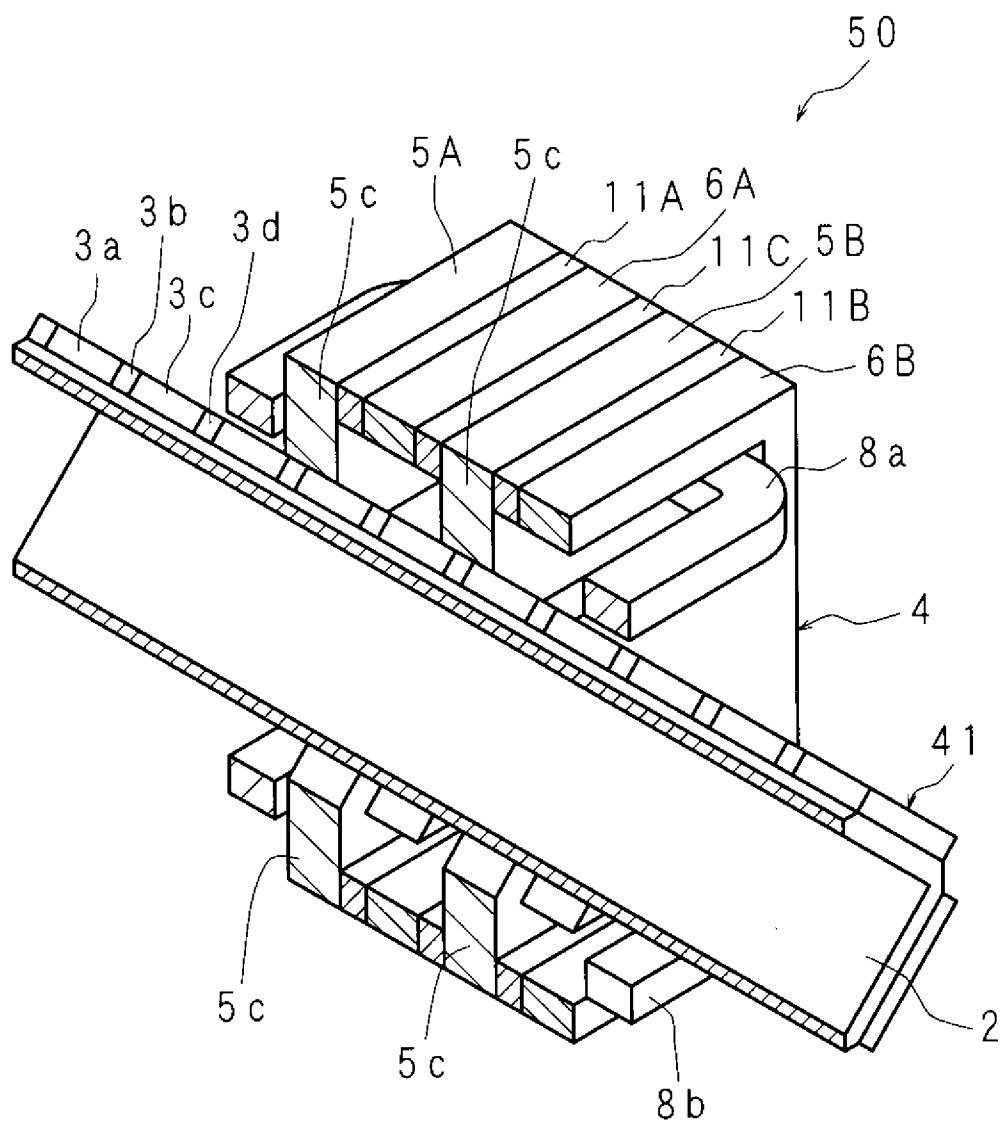
[図11]



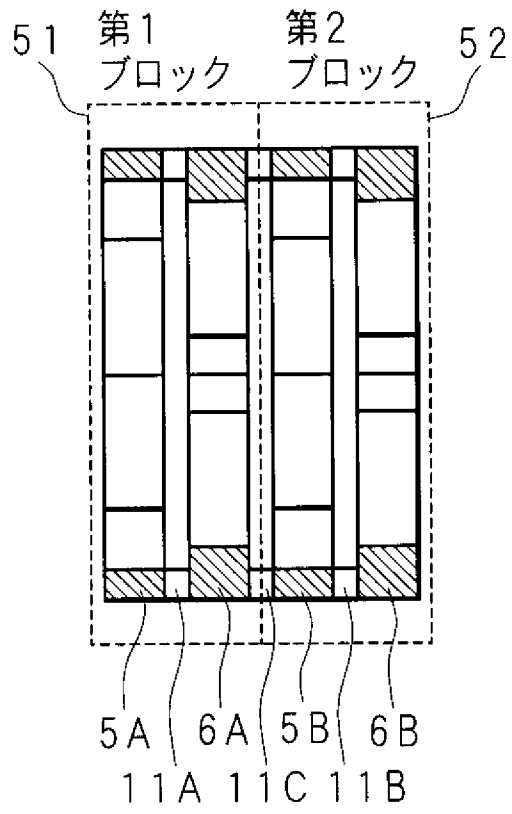
[図12]



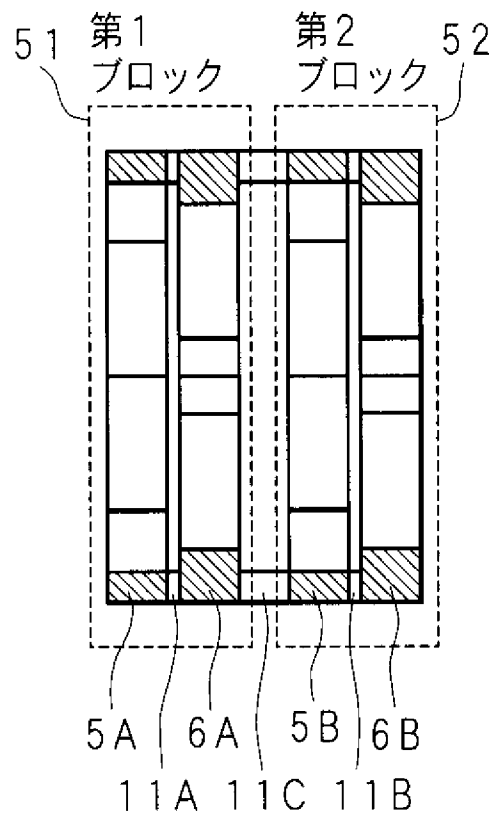
[図13]



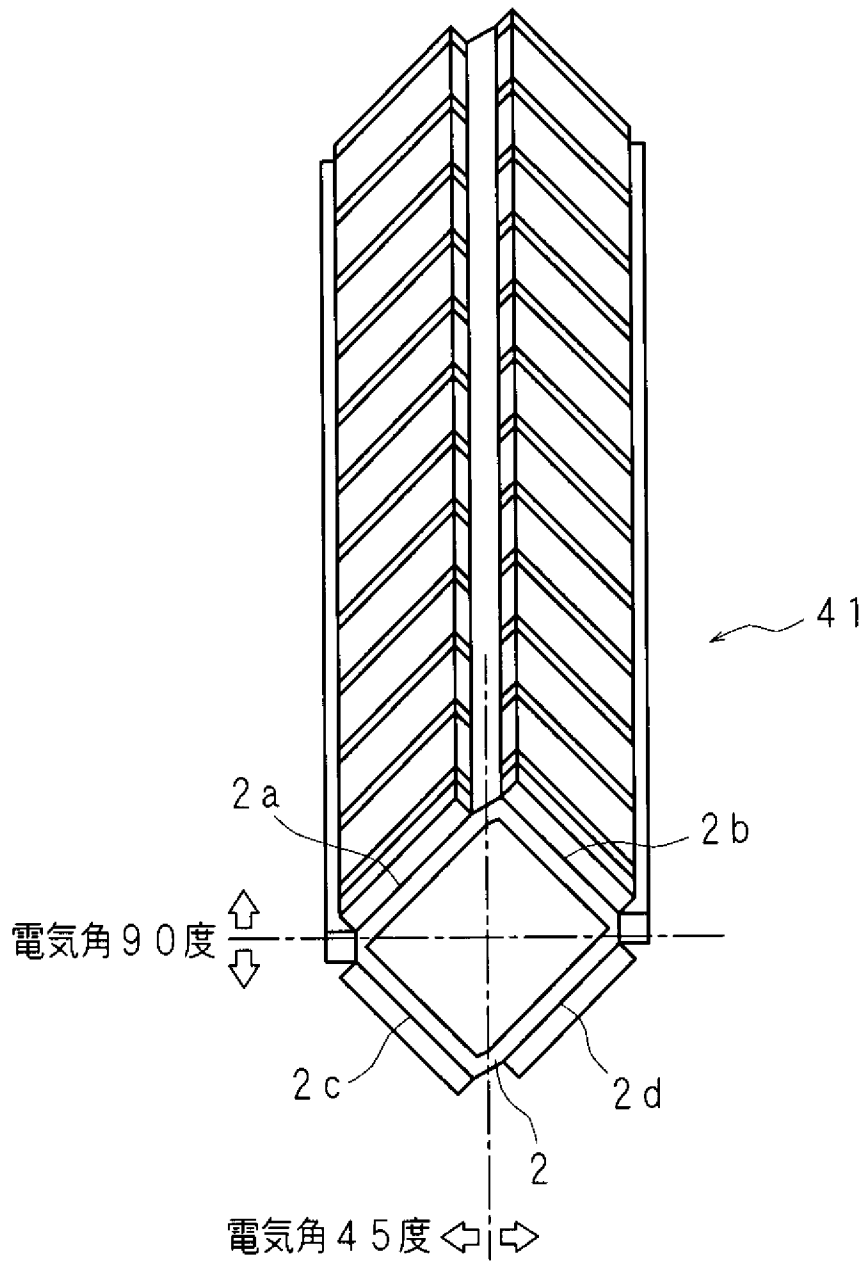
[図14]



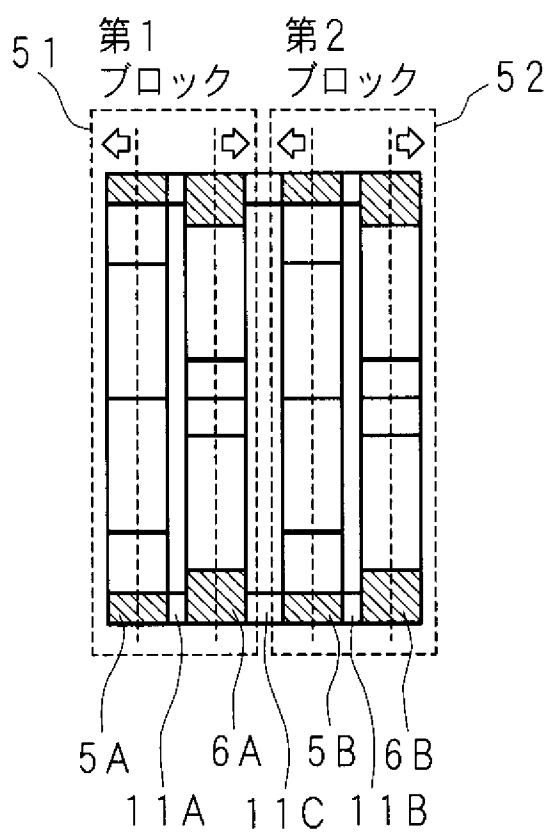
[図15]




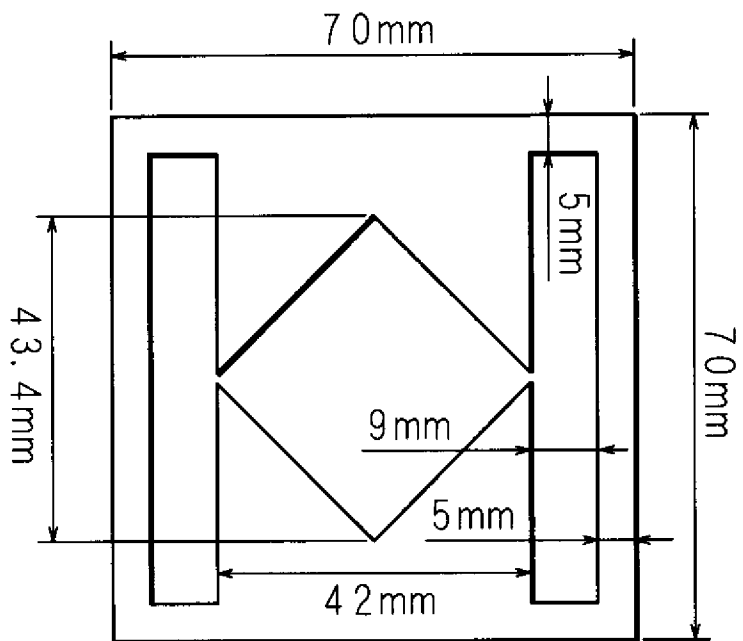
[図16]



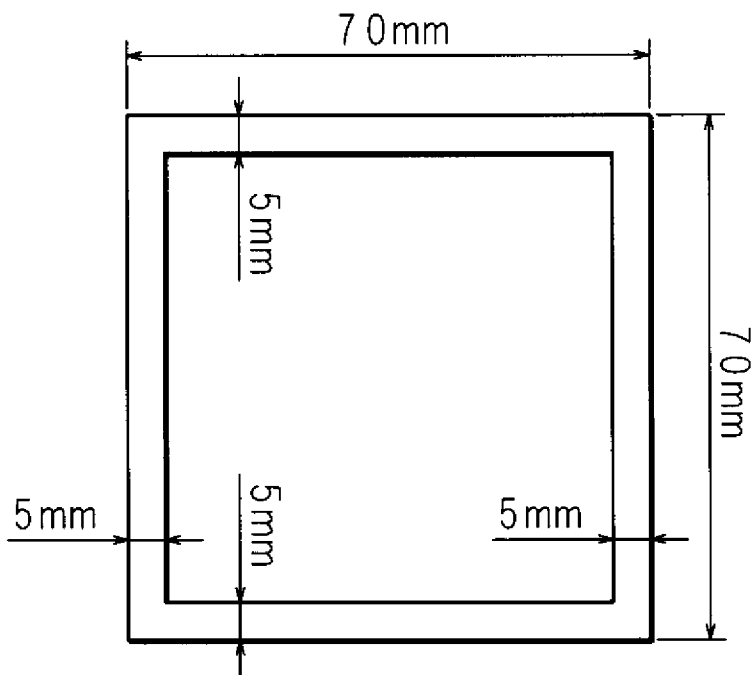
[図17]



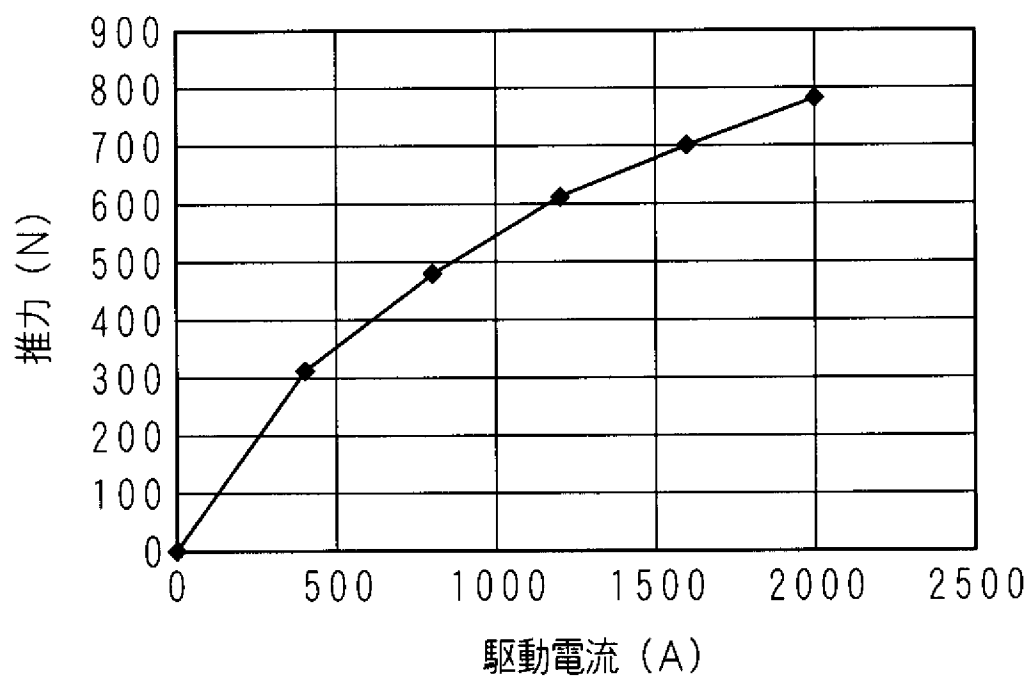
[18A]



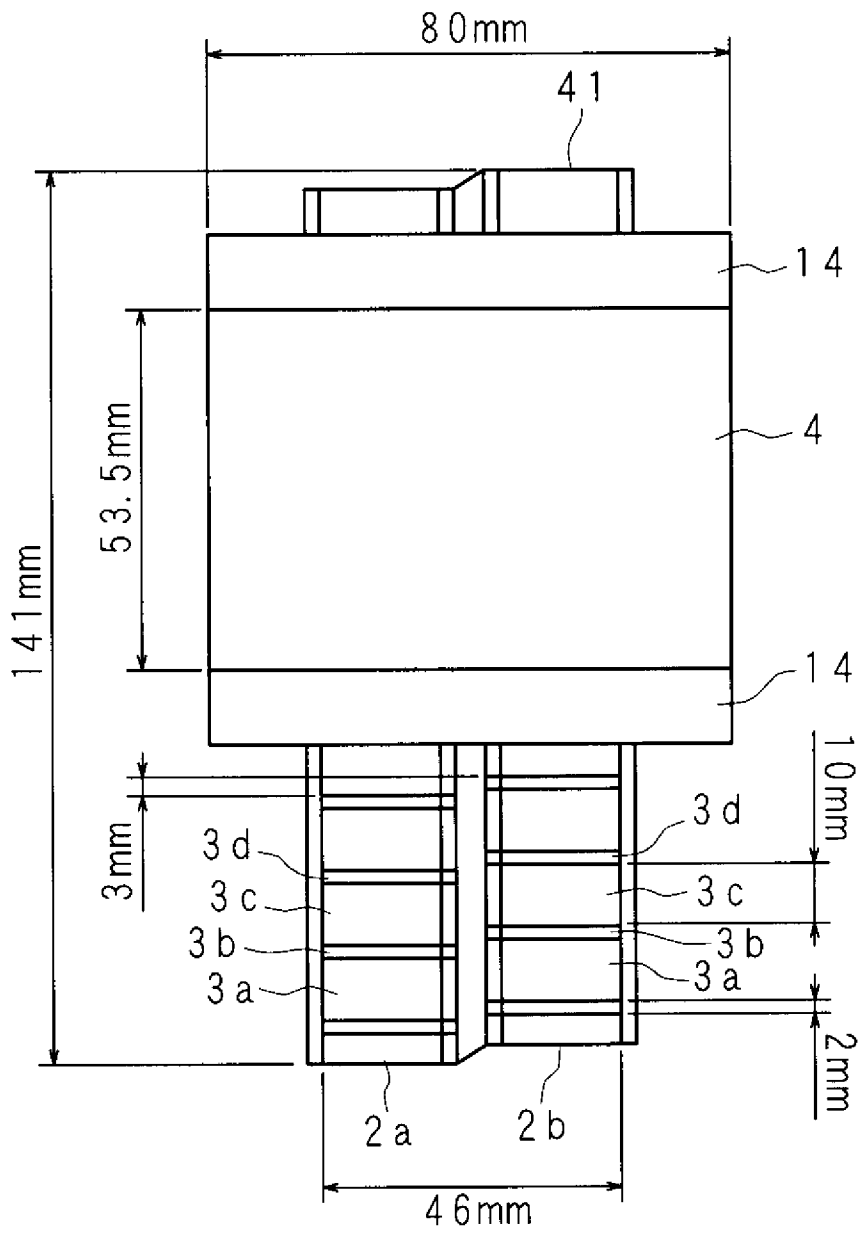
[18B]



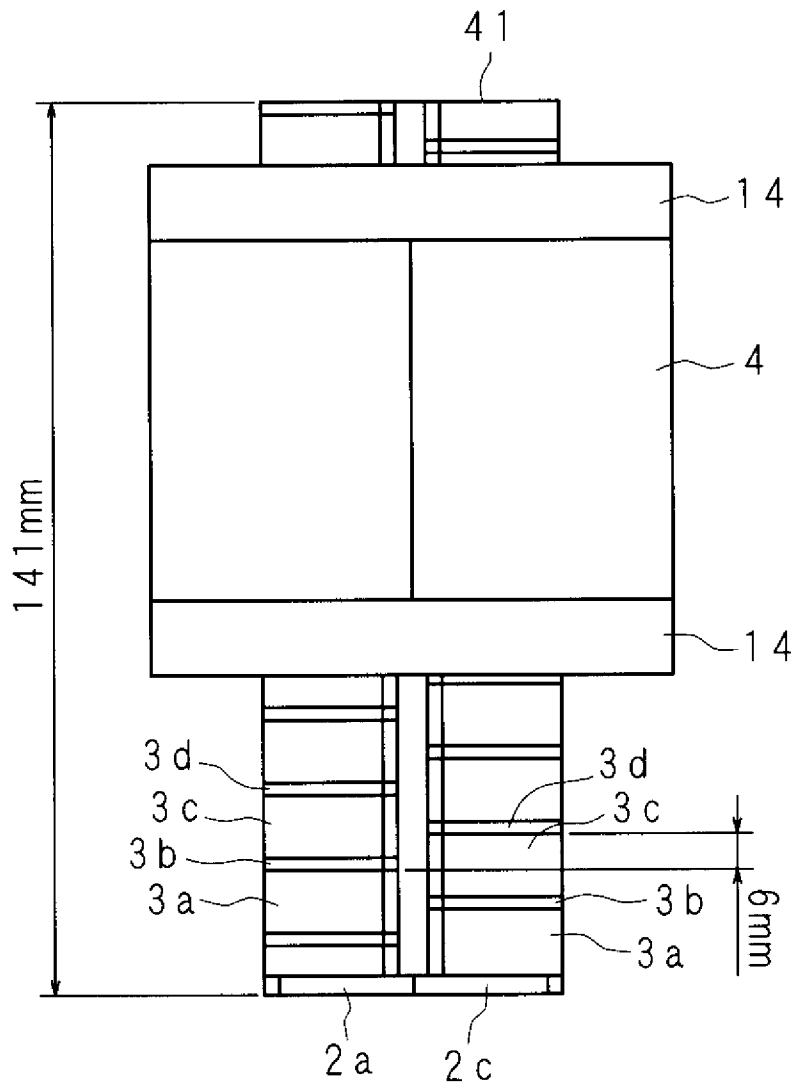
[図19]



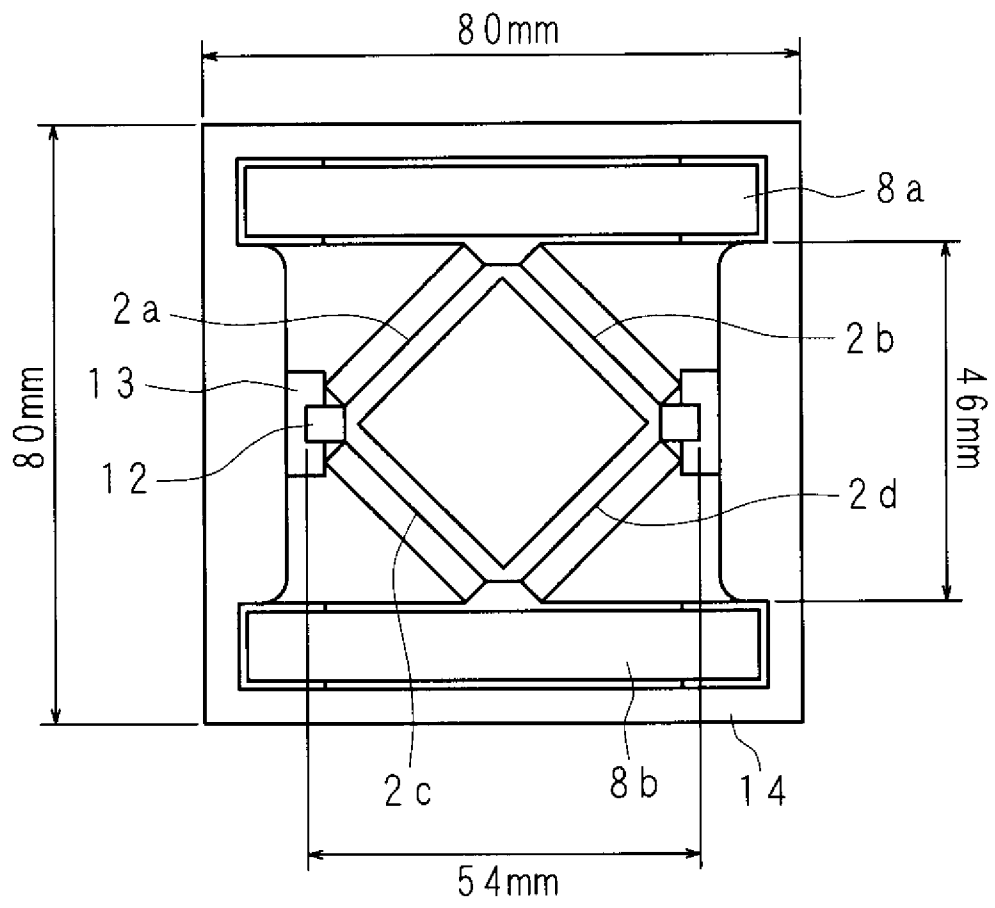
[図20A]



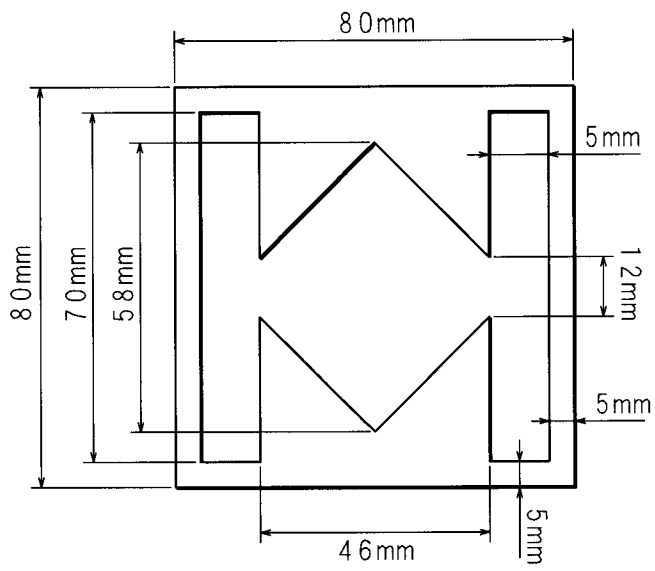
[図20B]



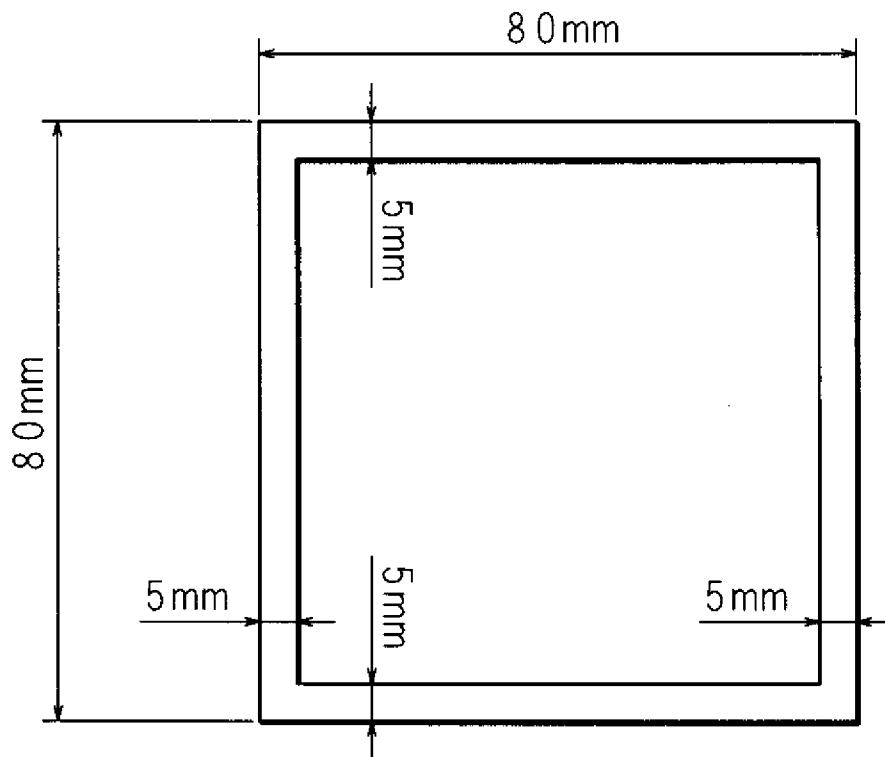
[図20C]



[図21A]

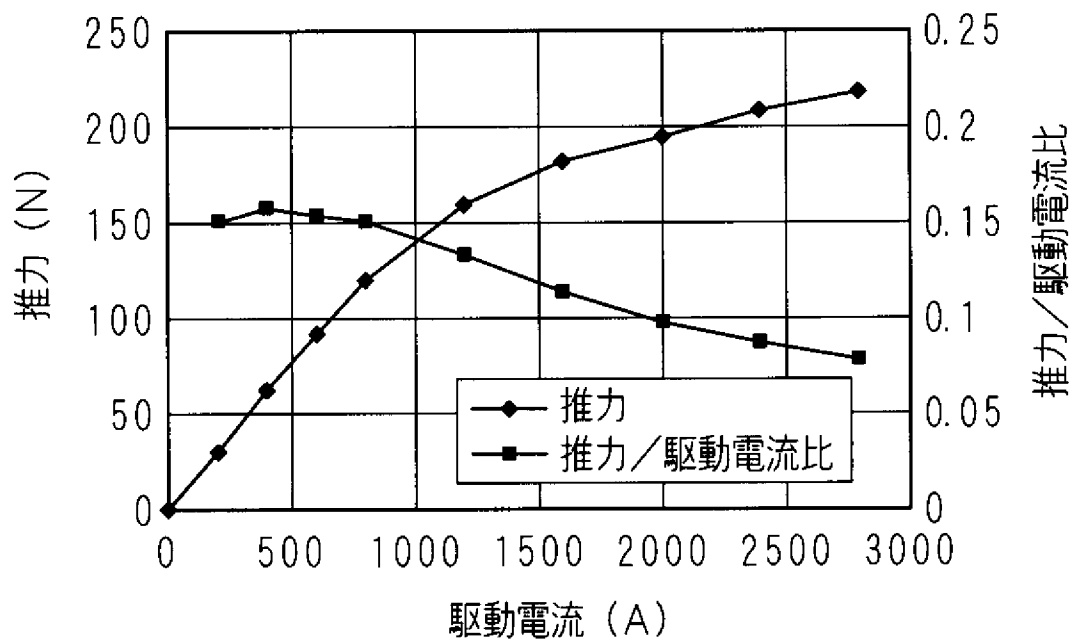


[図21B]



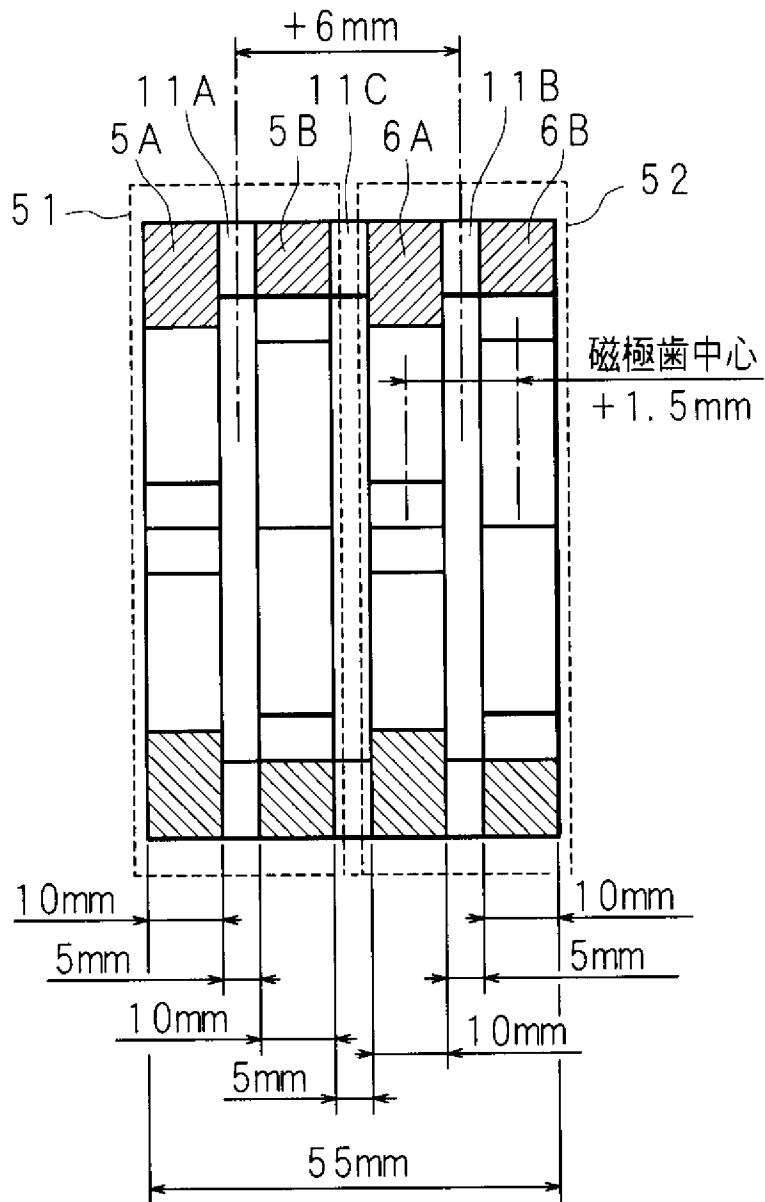


[図23]

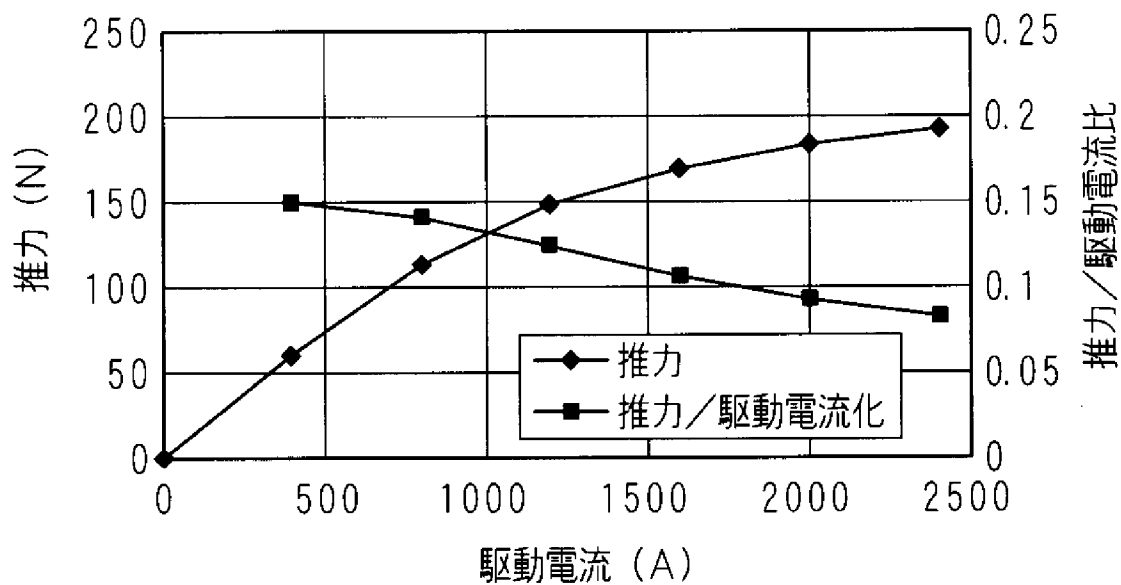




[図25]



[図26]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050761

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K41/03 (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)

H02K41/03

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2003-274630 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 26 September 2003 (26.09.2003), paragraph [0016]; fig. 1, 3 & US 6787945 B2 & EP 1347561 A1	1-4 5-11
Y A	JP 2003-70226 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 07 March 2003 (07.03.2003), paragraph [0015]; fig. 1 (Family: none)	1-4 5-11
Y A	JP 2008-228545 A (JTEKT Corp.), 25 September 2008 (25.09.2008), fig. 1, 2, 6 (Family: none)	1-4 5-11

 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

"I" 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 April, 2010 (02.04.10)Date of mailing of the international search report  
13 April, 2010 (13.04.10)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/050761

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 2005-287185 A (Hitachi, Ltd.), 13 October 2005 (13.10.2005), entire text (Family: none)	1-11
A	JP 2002-142439 A (Hitachi, Ltd.), 17 May 2002 (17.05.2002), entire text & US 2002/0053835 A1 & EP 1332543 A & WO 2002/037651 A2	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K41/03(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. H02K41/03

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010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 2003-274630 A (信越化学工業株式会社) 2003.09.26, 段落【0016】、【図1】、【図3】 & US 6787945 B2 & EP 1347561 A1	1-4 5-11
Y A	JP 2003-70226 A (信越化学工業株式会社) 2003.03.07, 段落【0015】、【図1】 (ファミリーなし)	1-4 5-11
Y A	JP 2008-228545 A (株式会社ジェイテクト) 2008.09.25, 【図1】、【図2】、【図6】 (ファミリーなし)	1-4 5-11

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、一般的な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  
02.04.2010

国際調査報告の発送日  
13.04.2010

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)	3V	4017
森山 拓哉		
電話番号 03-3581-1101	内線	3358

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
A	JP 2005-287185 A (株式会社日立製作所) 2005. 10. 13, 全文 (ファミリーなし)	1 - 1 1
A	JP 2002-142439 A (株式会社日立製作所) 2002. 05. 17, 全文 & US 2002/0053835 A1 & EP 1332543 A & WO 2002/037651 A2	1 - 1 1