

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7540937号  
(P7540937)

(45)発行日 令和6年8月27日(2024.8.27)

(24)登録日 令和6年8月19日(2024.8.19)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 2 K 41/03 (2006.01) H 0 2 K 41/03 A

請求項の数 8 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-199344(P2020-199344)	(73)特許権者	000001199 株式会社神戸製鋼所
(22)出願日	令和2年12月1日(2020.12.1)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(65)公開番号	特開2022-87420(P2022-87420A)	(74)代理人	100104880 弁理士 古部 次郎
(43)公開日	令和4年6月13日(2022.6.13)	(74)代理人	100125346 弁理士 尾形 文雄
審査請求日	令和4年11月1日(2022.11.1)	(72)発明者	林 俊平 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
前置審査		審査官	三島木 英宏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁場発生装置及び電動機

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

磁極子と、当該磁極子とは空隙を介した対面に配置された対面磁性体とを備え、  
前記磁極子は、前記対面磁性体に対向する面に、第1磁極、第2磁極、第3磁極、及び第4磁極を備え、

前記第1磁極は、前記第2磁極及び前記第3磁極と隣接し、

前記第4磁極は、前記第2磁極及び前記第3磁極と隣接し、

前記第1磁極、前記第2磁極、前記第3磁極、及び前記第4磁極のそれぞれは、中心鉄心を備え、

前記磁極子は、前記第1磁極の中心鉄心と前記第3磁極の中心鉄心との間、及び前記第2磁極の中心鉄心と前記第4磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を備え、

前記第1磁極の中心鉄心、前記第2磁極の中心鉄心、前記第3磁極の中心鉄心、及び前記第4磁極の中心鉄心のそれぞれは、前記対向する面とは反対側の面に永久磁石を備え、

前記第1磁極は、前記第2磁極及び前記第3磁極の何れとも異極であり、

前記第4磁極は、前記第2磁極及び前記第3磁極の何れとも異極であり、

前記磁極子は、前記第1磁極の中心鉄心と前記第2磁極の中心鉄心との間、及び前記第3磁極の中心鉄心と前記第4磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を有しない内側支持部材を備え、

前記第1磁極の中心鉄心と前記第3磁極の中心鉄心との間の永久磁石、及び前記第2磁極の中心鉄心と前記第4磁極の中心鉄心との間の永久磁石のそれぞれは、前記内側支持部材

10

20

とは反対側の部分を欠いており、

前記磁極子は、

前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 3 磁極の中心鉄心との間の永久磁石の欠いた部分を補う第 1 の外側支持部材と、

前記第 2 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間の永久磁石の欠いた部分を補う第 2 の外側支持部材と

をさらに備えた、磁場発生装置。

【請求項 2】

前記第 1 磁極の中心鉄心、前記第 2 磁極の中心鉄心、前記第 3 磁極の中心鉄心、及び前記第 4 磁極の中心鉄心のそれぞれは、前記対向する面以外に前記内側支持部材を固定するための切り欠き部を備えた、請求項 1 に記載の磁場発生装置。

10

【請求項 3】

前記内側支持部材には、当該内側支持部材から前記対向する面を超えて前記対面磁性体の方へ延伸する部分である延伸部が付加されている、請求項 1 に記載の磁場発生装置。

【請求項 4】

前記延伸部は、永久磁石を有する、請求項 3 に記載の磁場発生装置。

【請求項 5】

前記第 1 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、前記第 2 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、前記第 3 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、及び前記第 4 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石のそれぞれは、前記内側支持部材とは反対側の部分を欠いており、

20

前記第 1 の外側支持部材は、前記第 1 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、前記第 3 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補い、

前記第 2 の外側支持部材は、前記第 2 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、前記第 4 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う、請求項 1 に記載の磁場発生装置。

【請求項 6】

磁極子と、当該磁極子とは空隙を介した対面に配置された対面磁性体とを備え、

前記磁極子は、前記対面磁性体に対向する面に、第 1 磁極、第 2 磁極、第 3 磁極、及び第 4 磁極を備え、

30

前記第 1 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極と隣接し、

前記第 4 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極と隣接し、

前記第 1 磁極、前記第 2 磁極、前記第 3 磁極、及び前記第 4 磁極のそれぞれは、中心鉄心を備え、

前記磁極子は、前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 3 磁極の中心鉄心との間、及び前記第 2 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を備え、

前記第 1 磁極の中心鉄心、前記第 2 磁極の中心鉄心、前記第 3 磁極の中心鉄心、及び前記第 4 磁極の中心鉄心のそれぞれは、前記対向する面とは反対側の面に永久磁石を備え、

前記第 1 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極の何れとも異極であり、

40

前記第 4 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極の何れとも異極であり、

前記磁極子は、前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 2 磁極の中心鉄心との間、及び前記第 3 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を有しない内側支持部材を備え、

前記第 1 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、前記第 2 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、前記第 3 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、及び前記第 4 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石のそれぞれは、前記内側支持部材とは反対側の部分を欠いており、

前記磁極子は、

前記第 1 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、

50

前記第 3 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う第 1 の外側支持部材と、

前記第 2 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、前記第 4 磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う第 2 の外側支持部材と

をさらに備えた、磁場発生装置。

【請求項 7】

磁極子と、当該磁極子とは空隙を介した対面に配置され、コイルを有する電機子とを備え、

前記磁極子は、前記電機子に対向する面に、第 1 磁極、第 2 磁極、第 3 磁極、及び第 4 磁極を備え、

前記第 1 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極と隣接し、

前記第 4 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極と隣接し、

前記第 1 磁極、前記第 2 磁極、前記第 3 磁極、及び前記第 4 磁極のそれぞれは、中心鉄心を備え、

前記磁極子は、前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 3 磁極の中心鉄心との間、及び前記第 2 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を備え、

前記第 1 磁極の中心鉄心、前記第 2 磁極の中心鉄心、前記第 3 磁極の中心鉄心、及び前記第 4 磁極の中心鉄心のそれぞれは、前記対向する面とは反対側の面に永久磁石を備え、

前記第 1 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極の何れとも異極であり、

前記第 4 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極の何れとも異極であり、

前記磁極子は、前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 2 磁極の中心鉄心との間、及び前記第 3 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を有しない内側支持部材を備え、

前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 3 磁極の中心鉄心との間の永久磁石、及び前記第 2 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間の永久磁石のそれぞれは、前記内側支持部材とは反対側の部分を欠いており、

前記磁極子は、

前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 3 磁極の中心鉄心との間の永久磁石の欠いた部分を補う第 1 の外側支持部材と、

前記第 2 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間の永久磁石の欠いた部分を補う第 2 の外側支持部材と

をさらに備えた、電動機。

【請求項 8】

磁極子と、当該磁極子とは空隙を介した対面に配置され、コイルを有する電機子とを備え、前記磁極子は、前記電機子に対向する面に、第 1 磁極、第 2 磁極、第 3 磁極、及び第 4 磁極を備え、

前記第 1 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極と隣接し、

前記第 4 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極と隣接し、

前記第 1 磁極、前記第 2 磁極、前記第 3 磁極、及び前記第 4 磁極のそれぞれは、中心鉄心を備え、

前記磁極子は、前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 3 磁極の中心鉄心との間、及び前記第 2 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を備え、

前記第 1 磁極の中心鉄心、前記第 2 磁極の中心鉄心、前記第 3 磁極の中心鉄心、及び前記第 4 磁極の中心鉄心のそれぞれは、前記対向する面とは反対側の面に永久磁石を備え、

前記第 1 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極の何れとも異極であり、

前記第 4 磁極は、前記第 2 磁極及び前記第 3 磁極の何れとも異極であり、

前記磁極子は、前記第 1 磁極の中心鉄心と前記第 2 磁極の中心鉄心との間、及び前記第 3 磁極の中心鉄心と前記第 4 磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を有しない内側支持部材を備え、

10

20

30

40

50

前記第1磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、前記第2磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、前記第3磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石、及び前記第4磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石のそれぞれは、前記内側支持部材とは反対側の部分を欠いており、前記磁極子は、

前記第1磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、前記第3磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う第1の外側支持部材と、

前記第2磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、前記第4磁極の中心鉄心の前記対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う第2の外側支持部材と

をさらに備えた、電動機。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁極子と対面磁性体との間の空隙に磁場を発生させる磁場発生装置及びこれを用いた電動機に関する。

【背景技術】

【0002】

磁極子と、電機子と、を備え、磁極子は、磁極子コアと、磁極子コアの電機子に対向する電機子対向面を除く面に第1極又は第2極が磁極子コアを向くように配置された永久磁石と、を含む磁極ユニットセルを有し、磁極子コアは、電機子対向面と隣接する側面に配置された永久磁石と電機子との間に位置する突起部を有する、電動機は、知られている（特許文献1参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2020-102987号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

磁極の中心鉄心の対面磁性体に対向する面を除く面に永久磁石を配置した状態で支持部材により磁極の中心鉄心を支持する構成を採用した場合、磁極から出力される磁束は増加するが、支持部材が複雑な形状になってしまう。

【0005】

本発明の目的は、磁極から出力される磁束を増加させる効果を残しつつ、磁極の中心鉄心を支持する支持部材が複雑な形状になるのを抑えることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

かかる目的のもと、本発明は、磁極子と、磁極子とは空隙を介した対面に配置された対面磁性体とを備え、磁極子は、対面磁性体に対向する面に、第1磁極、第2磁極、第3磁極、及び第4磁極を備え、第1磁極は、第2磁極及び第3磁極と隣接し、第4磁極は、第2磁極及び第3磁極と隣接し、第1磁極、第2磁極、第3磁極、及び第4磁極のそれぞれは、中心鉄心を備え、第1磁極の中心鉄心、第2磁極の中心鉄心、第3磁極の中心鉄心、及び第4磁極の中心鉄心のそれぞれは、対向する面とは反対側の面に永久磁石を備え、第1磁極は、第2磁極及び第3磁極の何れとも異極であり、第4磁極は、第2磁極及び第3磁極の何れとも異極であり、磁極子は、第1磁極の中心鉄心と第2磁極の中心鉄心との間、及び第3磁極の中心鉄心と第4磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を有しない内側支持部材を備えた、磁場発生装置を提供する。

40

【0007】

50

第1磁極の中心鉄心、第2磁極の中心鉄心、第3磁極の中心鉄心、及び第4磁極の中心鉄心のそれぞれは、対向する面以外に内側支持部材を固定するための切り欠き部を備えた、ものであってよい。

【0008】

内側支持部材は、対向する面を超えて対面磁性体の方へ延伸する延伸部を備えた、ものであってよい。その場合、延伸部は、永久磁石を有する、ものであってよい。

【0009】

磁極子は、第1磁極の中心鉄心と第3磁極の中心鉄心との間、及び第2磁極の中心鉄心と第4磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を備えた、ものであってよい。その場合、磁極子は、第1磁極の中心鉄心と第3磁極の中心鉄心との間の永久磁石の欠いた部分を補う第1の外側支持部材と、第2磁極の中心鉄心と第4磁極の中心鉄心との間の永久磁石の欠いた部分を補う第2の外側支持部材とをさらに備えた、ものであってよい。また、第1の外側支持部材は、第1磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、第3磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補い、第2の外側支持部材は、第2磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、第4磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う、ものであってよい。

【0010】

磁極子は、第1磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、第3磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う第1の外側支持部材と、第2磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分と、第4磁極の中心鉄心の対向する面とは反対側の面の永久磁石の欠いた部分とを補う第2の外側支持部材とをさらに備えた、ものであってよい。

【0011】

磁極子は、第1磁極の中心鉄心と第3磁極の中心鉄心との間、及び第2磁極の中心鉄心と第4磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を有しない他の内側支持部材をさらに備えた、ものであってよい。

【0012】

また、本発明は、磁極子と、磁極子とは空隙を介した対面に配置され、コイルを有する電機子とを備え、磁極子は、電機子に対向する面に、第1磁極、第2磁極、第3磁極、及び第4磁極を備え、第1磁極は、第2磁極及び第3磁極と隣接し、第4磁極は、第2磁極及び第3磁極と隣接し、第1磁極、第2磁極、第3磁極、及び第4磁極のそれぞれは、中心鉄心を備え、第1磁極の中心鉄心、第2磁極の中心鉄心、第3磁極の中心鉄心、及び第4磁極の中心鉄心のそれぞれは、対向する面とは反対側の面に永久磁石を備え、第1磁極は、第2磁極及び第3磁極の何れとも異極であり、第4磁極は、第2磁極及び第3磁極の何れとも異極であり、磁極子は、第1磁極の中心鉄心と第2磁極の中心鉄心との間、及び第3磁極の中心鉄心と第4磁極の中心鉄心との間に、永久磁石を有しない内側支持部材を備えた、電動機も提供する。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、磁極から出力される磁束を増加させる効果を残しつつ、磁極の中心鉄心を支持する支持部材が複雑な形状になるのを抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施の形態に係る三次元磁極構造の単位胞の第1の構成を示す斜視図である。

【図2】本実施の形態に係る三次元磁極構造の単位胞の第2の構成を示す斜視図である。

【図3】本実施の形態に係る三次元磁極構造の単位胞の第3の構成を示す斜視図である。

【図4】本実施の形態が適用される直動電動機の構成を示す斜視図である。

【図5】(a)、(b)は本実施の形態が適用される直動電動機の電機子の構成を示す斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 6】本実施の形態が適用される直動電動機の磁極子の構成を示す斜視図である。

【図 7】(a) ~ (c) は図 6 の磁極子における支持部材等の従来の構成を示した図である。

【図 8】(a) ~ (c) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 1 における構成を示した図である。

【図 9】(a), (b) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 2 における構成を示した図である。

【図 10】(a) ~ (c) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 3 における構成を示した図である。

【図 11】(a) ~ (c) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 4 における構成を示した図である。

10

【図 12】(a), (b) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 5 における構成を示した図である。

【図 13】(a), (b) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 6 における構成を示した図である。

【図 14】(a), (b) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 7 における構成を示した図である。

【図 15】(a), (b) は図 6 の磁極子における支持部材等の実施の形態 8 における構成を示した図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0015】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0016】

(三次元磁極構造の単位胞の第 1 の構成)

本実施の形態に係る磁場発生装置における磁極子の最小単位は、三次元磁極構造の単位胞である。磁極子は、この単位胞を少なくとも 1 つ並べることにより構成される。その場合、三次元磁極構造の単位胞は、空隙を介した対面に永久磁石、鉄等の磁性体(以下、「対面磁性体」という)を配置して用いられる。

【0017】

図 1 は、本実施の形態に係る三次元磁極構造の単位胞 20A の構成を示す斜視図である。図示するように、単位胞 20A は、磁極ブロック 21<sub>1</sub> ~ 21<sub>4</sub> を含み、磁極ブロック 21<sub>1</sub> は磁極ブロック 21<sub>2</sub> 及び磁極ブロック 21<sub>3</sub> と隣接し、磁極ブロック 21<sub>4</sub> は磁極ブロック 21<sub>2</sub> 及び磁極ブロック 21<sub>3</sub> と隣接している。ここで、磁極ブロック 21<sub>1</sub> は第 1 磁極の一例であり、磁極ブロック 21<sub>2</sub> は第 2 磁極の一例であり、磁極ブロック 21<sub>3</sub> は第 3 磁極の一例であり、磁極ブロック 21<sub>4</sub> は第 4 磁極の一例である。

30

【0018】

磁極ブロック 21<sub>1</sub> は、直方体形状の軟磁性体の中心鉄心の一例としての磁極子鉄心 22 と、3 つの板状の永久磁石 23 とを有している。各永久磁石 23 は、磁極子鉄心 22 の一面と同じ又は若干大きい主面を有しており、磁極子鉄心 22 の一面を隠すようにこれに取り付けられる。磁極子鉄心 22 には、その 3 つの面に永久磁石 23 が取り付けられる。つまり、磁極子鉄心 22 には、他の 3 つの面を開放するように永久磁石 23 が取り付けられる。また、各永久磁石 23 は、磁極子鉄心 22 に同一の磁極を向けて配置される。磁極子鉄心 22 の開放された 3 つの面のうち 1 つの面は単位胞磁極 24 となる。この単位胞磁極 24 は、図中上側に電機子が配置されている場合の単位胞磁極である。単位胞磁極 24 は、各永久磁石 23 が磁極子鉄心 22 を向く面の磁極と同一磁極となる。また、各永久磁石 23 の外側を向く面(磁極子鉄心 22 とは反対側の面)は単位胞磁極 24 の反対磁極となる。

40

【0019】

磁極ブロック 21<sub>2</sub> ~ 21<sub>4</sub> の構成は、磁極ブロック 21<sub>1</sub> の構成と同様であるので、同一構成要素については同一符号を付し、その説明を省略する。

50

## 【 0 0 2 0 】

ただし、本実施の形態では、隣接する2つの磁極子鉄心22がそれらの間の永久磁石23を共有することとしている。これは、磁極ブロック21<sub>1</sub>の磁極子鉄心22は、磁極ブロック21<sub>2</sub>及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の側の面に永久磁石23を備えるが、磁極ブロック21<sub>2</sub>の磁極子鉄心22及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の磁極子鉄心22のそれぞれは、磁極ブロック21<sub>1</sub>の側の面に永久磁石23を備えない、ということと捉えることができる。また、磁極ブロック21<sub>4</sub>の磁極子鉄心22は、磁極ブロック21<sub>2</sub>及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の側の面に永久磁石23を備えるが、磁極ブロック21<sub>2</sub>の磁極子鉄心22及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の磁極子鉄心22のそれぞれは、磁極ブロック21<sub>4</sub>の側の面に永久磁石23を備えない、ということと捉えることができる。

10

## 【 0 0 2 1 】

一方で、隣接する2つの磁極子鉄心22がそれらの間の永久磁石23を別々に有することとしてもよい。これは、磁極ブロック21<sub>1</sub>の磁極子鉄心22が、磁極ブロック21<sub>2</sub>及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の側の面に永久磁石23を備えるのに加えて、磁極ブロック21<sub>2</sub>の磁極子鉄心22及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の磁極子鉄心22のそれぞれが、磁極ブロック21<sub>1</sub>の側の面に永久磁石23を備える、ということと捉えることができる。また、磁極ブロック21<sub>4</sub>の磁極子鉄心22が、磁極ブロック21<sub>2</sub>及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の側の面に永久磁石23を備えるのに加えて、磁極ブロック21<sub>2</sub>の磁極子鉄心22及び磁極ブロック21<sub>3</sub>の磁極子鉄心22のそれぞれが、磁極ブロック21<sub>4</sub>の側の面に永久磁石23を備える、ということと捉えることができる。

20

## 【 0 0 2 2 】

単位胞20Aは、その中に3種類の磁路を有する。例えば、矢印Minで示すように磁極ブロック21<sub>2</sub>へ入って矢印Moutで示すように磁極ブロック21<sub>1</sub>から出るまでの磁路に着目する。この場合、1つ目の磁路は、矢印M1で示すように、磁極ブロック21<sub>1</sub>と磁極ブロック21<sub>2</sub>との間の永久磁石23を通過して磁極ブロック21<sub>2</sub>から磁極ブロック21<sub>1</sub>へ入る磁路(以下、「第1磁路」という)である。2つ目の磁路は、矢印M2で示すように、磁極ブロック21<sub>2</sub>と磁極ブロック21<sub>4</sub>との間の永久磁石23を通過して磁極ブロック21<sub>2</sub>から磁極ブロック21<sub>4</sub>へ入り、磁極ブロック21<sub>3</sub>と磁極ブロック21<sub>4</sub>との間の永久磁石23を通過して磁極ブロック21<sub>4</sub>から磁極ブロック21<sub>3</sub>へ入り、磁極ブロック21<sub>1</sub>と磁極ブロック21<sub>3</sub>との間の永久磁石23を通過して磁極ブロック21<sub>3</sub>から磁極ブロック21<sub>1</sub>へ入る磁路(以下、「第2磁路」という)である。3つ目の磁路は、矢印M3で示すように、磁極ブロック21<sub>2</sub>の下の永久磁石23を通過して磁極ブロック21<sub>2</sub>から出て、磁極ブロック21<sub>1</sub>の下の永久磁石23を通過して磁極ブロック21<sub>1</sub>へ入る磁路(以下、「第3磁路」という)である。

30

## 【 0 0 2 3 】

このように、単位胞20Aでは、その中に複数の磁路が存在するため、磁束が通る永久磁石23の総表面積が大きくなる。

## 【 0 0 2 4 】

また、単位胞20Aでは、各永久磁石23の表面積が小さいため、永久磁石23の厚みを薄くしても磁気抵抗を大きくすることができる。これにより、単位胞20Aでは、反磁場が小さくなる。

40

## 【 0 0 2 5 】

永久磁石23が外部に出力する磁束の大きさは、磁束が通る永久磁石23の総表面積に比例し、永久磁石23に生じる反磁場の大きさに反比例する。したがって、三次元磁極構造の単位胞20Aでは、永久磁石23が外部に出力する磁束が大きくなる。

## 【 0 0 2 6 】

つまり、本実施の形態に係る三次元磁極構造の狙いは、空隙中の磁場のエネルギーを増加させることにある。例えば電動機に適用した際に外部から投入された電流と相互作用し易い場所である空隙に生じる磁場のエネルギー量を高めることにより、少ない電流で大きな電磁力が得られるようになる。これは、必要電圧は大きくなるが、ジュール損が低減さ

50

れるからである。

【 0 0 2 7 】

なお、本実施の形態に係る磁場発生装置が空隙に発生させた磁場は、例えば、分光や、荷電粒子を篩にかける処理のために用いることが可能である。その場合、空隙中には、磁性流体、磁性粉体、及び磁性粒子の少なくとも1つが含まれるようにするとよい。

【 0 0 2 8 】

また、本実施の形態に係る磁場発生装置が空隙に発生させた磁場を電動機で用いる場合は、空隙の磁気抵抗を低減して、より多くの磁束を空隙に集めるために、空隙中に磁性流体を封入するとよい。

【 0 0 2 9 】

( 三次元磁極構造の単位胞の第 2 の構成 )

一般的な電動機には、電機子と磁極子との対向面が1面のみのものである。そこで、本構成では、対向面に発生する磁束を増加させるため、バックヨークが用いられる。

【 0 0 3 0 】

図 2 は、本実施の形態に係る三次元磁極構造の単位胞 2 0 B の構成を示す斜視図である。なお、本構成では、図示するように X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向を設定する。ここで、単位胞 2 0 B としては駆動方向が 1 軸の場合と駆動方向が 2 軸の場合とが想定される。以下の説明では、駆動方向が 1 軸の場合を想定し、単位胞 2 0 B が Z 軸方向にのみ駆動するものとするが、駆動方向が 2 軸の場合を想定し、単位胞 2 0 B が X 軸方向にも駆動するものとしてよい。図示するように、単位胞 2 0 B は、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> を含み、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> 及び磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> と隣接し、磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> 及び磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> と隣接している。また、単位胞 2 0 B は、バックヨーク 2 5 をさらに含む。

【 0 0 3 1 】

磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> の構成は、単位胞 2 0 A における磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> の構成と同様であるので、同一構成要素については同一符号を付し、その説明を省略する。ただし、本構成では、X 軸方向に着磁する永久磁石 2 3 を特に永久磁石 2 3 X と表記し、Y 軸方向に着磁する永久磁石 2 3 を特に永久磁石 2 3 Y と表記し、Z 軸方向に着磁する永久磁石 2 3 を特に永久磁石 2 3 Z と表記することもあるものとする。

【 0 0 3 2 】

単位胞 2 0 B も、その中に 3 種類の磁路を有する。例えば、矢印 M<sub>in</sub> で示すように磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> へ入って矢印 M<sub>out</sub> で示すように磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> から出るまでの磁路に着目する。この場合、1 つ目の磁路は、矢印 M<sub>1</sub> で示すように、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> との間の永久磁石 2 3 X を通って磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> へ入る磁路である。2 つ目の磁路は、矢印 M<sub>2</sub> で示すように、磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> との間の永久磁石 2 3 Z を通って磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> へ入り、磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> との間の永久磁石 2 3 X を通って磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> へ入り、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> との間の永久磁石 2 3 Z を通って磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> へ入る磁路である。3 つ目の磁路は、矢印 M<sub>4</sub> で示すように、磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> の下の永久磁石 2 3 Y を通って磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> から出て、バックヨーク 2 5 を通過し、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> の下の永久磁石 2 3 Y を通って磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> へ入る磁路である。このように、本構成では、単位胞 2 0 B にバックヨーク 2 5 を設けることで磁路を短絡させている。

【 0 0 3 3 】

本構成を電動機に適用する場合には、図 2 の単位胞 2 0 B における磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> の部分を駆動方向に N 極及び S 極が周期的に現れるように配置していくとよい。すなわち、駆動方向が 1 軸方向のみであっても、駆動方向及び駆動方向に垂直な方向の 2 軸に N 極及び S 極が少なくとも 1 組配置されるとよい。1 軸方向のみに磁極を配置したのでは、磁束の流入出経路が減少し、三次元的な磁気回路が構成できないことによって、発

10

20

30

40

50

生磁束が低下し、電動機の性能が低下するからである。

【 0 0 3 4 】

( 三次元磁極構造の単位胞の第 3 の構成 )

本構成は、三次元磁極構造の単位胞が複数の対向面を有する場合の例である。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、本実施の形態に係る三次元磁極構造の単位胞 2 0 C の構成を示す斜視図である。なお、本構成でも、図示するように X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向を設定する。ここで、単位胞 2 0 C としても駆動方向が 1 軸の場合と駆動方向が 2 軸の場合とが想定される。以下の説明では、駆動方向が 1 軸の場合を想定し、単位胞 2 0 C が Z 軸方向にのみ駆動するものとするが、駆動方向が 2 軸の場合を想定し、単位胞 2 0 C が X 軸方向にも駆動するものとしてよい。図示するように、単位胞 2 0 C は、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> を含み、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> 及び磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> と隣接し、磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> 及び磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> と隣接している。

10

【 0 0 3 6 】

また、単位胞 2 0 C は、磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> ~ 2 1<sub>8</sub> を含み ( 磁極ブロック 2 1<sub>8</sub> は図示していない )、磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> 及び磁極ブロック 2 1<sub>7</sub> と隣接し、磁極ブロック 2 1<sub>8</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> 及び磁極ブロック 2 1<sub>7</sub> と隣接している。さらに、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> と、磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> と、磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>7</sub> と、磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> は磁極ブロック 2 1<sub>8</sub> と、それぞれ隣接している。ここで、磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> は第 5 磁極の一例であり、磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> は第 6 磁極の一例であり、磁極ブロック 2 1<sub>7</sub> は第 7 磁極の一例であり、磁極ブロック 2 1<sub>8</sub> は第 8 磁極の一例である。

20

【 0 0 3 7 】

磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> の構成は、単位胞 2 0 A における磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> の構成と同様であるので、同一構成要素については同一符号を付し、その説明を省略する。また、磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> ~ 2 1<sub>8</sub> の構成も、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>4</sub> の構成と同様であるので、同一構成要素については同一符号を付し、その説明を省略する。ただし、本構成では、X 軸方向に着磁する永久磁石 2 3 を特に永久磁石 2 3 X と表記し、Y 軸方向に着磁する永久磁石 2 3 を特に永久磁石 2 3 Y と表記し、Z 軸方向に着磁する永久磁石 2 3 を特に永久磁石 2 3 Z と表記することもあるものとする。

30

【 0 0 3 8 】

単位胞 2 0 C も、その中に 3 種類の磁路を有する。例えば、矢印 M i n で示すように磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> へ入って矢印 M o u t で示すように磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> から出るまでの磁路に着目する。この場合、1 つ目の磁路は、矢印 M 1 で示すように、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> との間の永久磁石 2 3 X を通って磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> へ入る磁路である。2 つ目の磁路は、矢印 M 2 で示すように、磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> との間の永久磁石 2 3 Z を通って磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> へ入り、磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> との間の永久磁石 2 3 X を通って磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> へ入り、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> と磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> との間の永久磁石 2 3 Z を通って磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> から磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> へ入る磁路である。3 つ目の磁路は、矢印 M 5 で示すように、磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> の下の永久磁石 2 3 Y を通って磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> へ入り、磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> から出て、矢印 M 6 で示すように、磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> へ入り、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> の下の永久磁石 2 3 Y を通って磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> へ入る磁路である。

40

【 0 0 3 9 】

本構成では、単位胞 2 0 C を複数、駆動方向に積層していくことで電動機を構成する。例えば、単位胞 2 0 C を直線状に並べることでリニアモータの磁極子を構成することができ、単位胞 2 0 C を円環状に並べることでラジアルギャップモータの磁極子を構成することができる。

【 0 0 4 0 】

50

また、本構成は、例えば、特開 2010-98929 号公報に記載のダブルギャップモータに適用することも可能である。この場合、単位胞 20C を、ダブルギャップモータのロータに、例えば、単位胞 20C の Y 軸方向正側がロータの軸方向上側と一致し、単位胞 20C の Y 軸方向負側がロータの軸方向下側と一致する方向で、径方向内側が欠けた扇形柱に変形して配置するとよい。

#### 【0041】

(電動機の構成)

本実施の形態では、複数の磁極ブロックを駆動方向に交互に異極が並ぶように配置した磁極子を備え、磁極子を左右に挟むように電機子が配置された両面リアモータについて説明する。

#### 【0042】

図 4 は、本実施の形態が適用される直動電動機 100 の構成を示す斜視図である。直動電動機 100 は、2 つの電機子 110 と、1 つの磁極子 120 とを備える。直動電動機 100 が駆動されると、電機子 110 と磁極子 120 とが相対的に直線移動する。ここで、磁極子 120 を可動子とし、電機子 110 を固定子とする構成としてもよいし、電機子 110 を可動子とし、磁極子 120 を固定子とする構成としてもよい。本実施の形態では、磁極子 120 を可動子とし、電機子 110 を固定子とする構成について説明する。なお、ここでは、図示するように X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向を設定する。すなわち、磁極子 120 の駆動方向を Z 軸方向、左側の電機子 110 から右側の電機子 110 への方向を Y 軸方向、図の下方向を X 軸方向とする。

#### 【0043】

図 5 (a), (b) を参照して、電機子 110 の構成について説明する。なお、図 5 (a), (b) は、2 つの電機子 110 のうち、磁極子 120 の左側の電機子 110 の構成を示している。図 5 (a) は、電機子 110 の構成を示す斜視図である。電機子 110 は、電機子コイル 111 と、ティース部 112 と、ヨーク部 113 とを有する。ヨーク部 113 は水平な板状をなしており、その右面 (磁極子 120 の右側の電機子 110 の場合、左面) からは上段及び下段のそれぞれにおいて Z 軸方向に並ぶように複数のティース部 112 が右方 (磁極子 120 の右側の電機子 110 の場合、左方) に突出している。

#### 【0044】

ヨーク部 113 とティース部 112 とは、図 5 (b) に示す電機子鉄心 115 として一体的に形成されている。かかる電機子鉄心 115 は、軟鉄、ソフトフェライト等の軟磁性体によって構成される。また、ティース部 112 は、直方体形状をなしており、各ティース部 112 には導線が巻回され電機子コイル 111 が形成される。電機子コイル 111 は、上段及び下段に 1 列ずつ、各列に 10 個ずつの合計 20 個設けられている。

#### 【0045】

次に、磁極子 120 の構成について説明する。図 4 に示すように、磁極子 120 は、2 つの電機子 110 の間に配置される。図 6 は、磁極子 120 の構成を示す斜視図である。図 6 に示すように、磁極子 120 は、Z 軸方向に延びる非磁性体によって構成される内側支持部材の一例としての支持部材 126 と外側支持部材の一例としての 2 つの支持部材 127 との間に Z 軸方向に 2 段に並べられた複数の磁極ブロック 121 を有している。

#### 【0046】

X 軸方向に 2 つ、Y 軸方向に 2 つ、Z 軸方向に 2 つの磁極ブロック 121 からなる部分の構成は、図 3 に示した単位胞 20C の構成と同様であるので、その説明を省略する。ただし、本実施の形態では、単位胞 20C が磁極子 120 に、例えば、図 3 に示した単位胞 20C の X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向が、図 6 に示した磁極子 120 の X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向と一致する方向で配置される。また、図 3 の磁極ブロック 21<sub>1</sub> ~ 21<sub>8</sub> における磁極子鉄心 22 を、本実施の形態では磁極子鉄心 122 と表記することとする。さらに、図 3 の磁極ブロック 21<sub>1</sub> ~ 21<sub>8</sub> における永久磁石 23 (23X, 23Y, 23Z) を、本実施の形態では永久磁石 123 (123X, 123Y, 123Z) と表記することとする。さらにまた、図 3 の磁極ブロック 21<sub>1</sub> ~ 21<sub>8</sub> における単位胞磁極 24

10

20

30

40

50

を、本実施の形態では可動子磁極 1 2 4 と表記することとする。

【 0 0 4 7 】

直方体形状の磁極ブロック 1 2 1 のそれぞれは、面と面とを接して互いに接続される。上段同士又は下段同士で隣接する 2 つの磁極ブロック 1 2 1 の可動子磁極 1 2 4 も、上段と下段とで隣接する 2 つの磁極ブロック 1 2 1 の可動子磁極 1 2 4 も、互いに異なる磁極とされる。つまり、可動子磁極 1 2 4 が X 軸方向及び Z 軸方向に交互に反転するように各磁極ブロック 1 2 1 が 2 列に並べられる。このため、隣り合う 2 つの磁極ブロック 1 2 1 の接合面は一方が S 極となり他方が N 極となる。したがって、隣り合う 2 つの磁極ブロック 1 2 1 が磁力によって互いに引きつけ合い、複数の磁極ブロック 1 2 1 を容易に 2 列に配置することができる。

10

【 0 0 4 8 】

上記のような構成の直動電動機 1 0 0 において、電機子コイル 1 1 1 に電流を流すと、電機子コイル 1 1 1 の周囲に磁界が発生する。このとき、ティース部 1 1 2 の磁極子 1 2 0 との対向面が磁極（電機子磁極 1 1 4）となる。そして、電機子磁極 1 1 4 と可動子磁極 1 2 4 とが磁力によって吸引又は反発される。電機子コイル 1 1 1 に流れる電流が制御されることで、電機子コイル 1 1 1 によって生じる磁界が変化し、これによって磁極子 1 2 0 が Z 軸方向に移動する。

【 0 0 4 9 】

（本実施の形態の課題）

このような直動電動機 1 0 0 では、三次元的な磁路を形成する構成であって、その磁路の全てに永久磁石が含まれる構成を想定しているが、そのうちの一部分が欠損した場合でも三次元的な磁路は形成されるため、磁束増加の効果は残る。

20

【 0 0 5 0 】

一方で、磁極ブロック 1 2 1 を複数並べた場合、永久磁石 1 2 3 が各方向から磁極子鉄心 1 2 2 を囲繞する構成となる。従って、割れや欠けの生じ易い永久磁石 1 2 3 に力がかかりやすい。また、永久磁石 1 2 3 のスペースを確保しながら磁極子鉄心 1 2 2 及び永久磁石 1 2 3 を保持しなければならないので、支持部材 1 2 6 , 1 2 7 の形状が複雑になり、製作難易度も高くなる。

【 0 0 5 1 】

例えば、特許文献 1 の図 1 7 では、枠体 3 2 及び介在部 3 4（支持部材 1 2 6）は、永久磁石（永久磁石 1 2 3 X）を嵌めるための隙間を要するため、はしご形状となっている。その結果、永久磁石（永久磁石 1 2 3 X）は枠体 3 2 及び介在部 3 4（支持部材 1 2 6）を複雑な形状（はしご形状）に制約し、これが強度向上の妨げとなっている。

30

【 0 0 5 2 】

また、例えば、一般に永久磁石 1 2 3 の寸法精度は低いいため、永久磁石 1 2 3 Z を含む磁極ブロック 1 2 1 を積層させていくと、永久磁石 1 2 3 Z の寸法ばらつきによって Z 軸方向にばらつきが生じる。駆動方向の磁極周期のばらつきは、制御性に影響を及ぼし、適切な駆動を行えなくなる恐れがある。具体的には、実際の可動子磁極 1 2 4 の位置とセンサから取り込まれる可動子磁極 1 2 4 の位置との位相がずれることで、電流と磁極子 1 2 0 との位相を同期できなくなる。さらに、磁極ブロック 2 1 を回転電動機に適用する場合は、寸法のばらつきが 1 か所に集中することでランドルト環状の磁極子となり偏心を招く。これは電動機を大型化していく際に顕著となる。

40

【 0 0 5 3 】

同様に Y 軸方向にも永久磁石 1 2 3 Y の寸法ばらつきの影響が生じる。電動機の場合、Y 軸方向は電機子 1 1 0 と向かい合う空隙となる。空隙が狭いほど永久磁石 1 2 3 の使用量あたりの発生磁束が大きくなるため、空隙は可能な限り狭く構成される場合が多い。このため、永久磁石 1 2 3 Y の寸法ばらつきによって、磁極子 1 2 0 と電機子 1 1 0 とが接触することがあり、そうすると磁極子 1 2 0 と電機子 1 1 0 とが固着して、最悪破損することになってしまう。

【 0 0 5 4 】

50

## (実施の形態1)

図7(a)~(c)は、図6の磁極子120における支持部材126等の従来の構成を示した図である。ここでは、従来の支持部材126を特に支持部材126Aと表記することにする。支持部材126Aは、図7(a)に示すように、隙間1261を有するはしご形状となっている。なお、図では、隙間1261を2つしか示していないが、3つ以上あってもよい。図6の磁極子120をXY平面で切断した断面は、図7(b)に示すように、支持部材126Aに磁極子鉄心122及び永久磁石123Yが左右から嵌められたものとなっている。また、図6の磁極子120をYZ平面で切断した断面は、図7(c)に示すように、支持部材126Aの隙間1261に永久磁石123Xが嵌め込まれたものとなっている。ただし、図6では、支持部材126に永久磁石123Xが嵌め込まれていても、それは見えないので示していない。

10

## 【0055】

一方、図8(a)~(c)は、図6の磁極子120における支持部材126等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材126を特に支持部材126Bと表記することにする。支持部材126Bは、図8(a)に示すように、隙間を有していない。これにより、支持部材126Bは、如何なるXY平面で切断しても断面がH字形状となる平易な形状とすることができる。図6の磁極子120をXY平面で切断した断面は、図8(b)に示すように、支持部材126Bに磁極子鉄心122及び永久磁石123Yが左右から嵌められた従来と同様のものとなっている。ただし、図8(b)は、図6の磁極子120を図3の磁極ブロック21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub>, 21<sub>5</sub>, 21<sub>6</sub>を通るXY平面で切断した断面と、図6の磁極子120を図3の磁極ブロック21<sub>3</sub>, 21<sub>4</sub>, 21<sub>7</sub>, 21<sub>8</sub>を通るXY平面で切断した断面とを同時に示している。図8(b)の磁極子鉄心122<sub>1</sub>, 122<sub>2</sub>, 122<sub>5</sub>, 122<sub>6</sub>は、図3では、それぞれ、磁極ブロック21<sub>1</sub>の磁極子鉄心22、磁極ブロック21<sub>2</sub>の磁極子鉄心22、磁極ブロック21<sub>5</sub>の磁極子鉄心22、磁極ブロック21<sub>6</sub>の磁極子鉄心22に対応する。また、図8(b)の磁極子鉄心122<sub>3</sub>, 122<sub>4</sub>, 122<sub>7</sub>, 122<sub>8</sub>は、図3では、それぞれ、磁極ブロック21<sub>3</sub>の磁極子鉄心22、磁極ブロック21<sub>4</sub>の磁極子鉄心22、磁極ブロック21<sub>7</sub>の磁極子鉄心22、磁極ブロック21<sub>8</sub>の磁極子鉄心22に対応する。ここで、磁極子鉄心122<sub>1</sub>は第1磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心122<sub>2</sub>は第2磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心122<sub>3</sub>は第3磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心122<sub>4</sub>は第4磁極の中心鉄心の一例である。また、図6の磁極子120をYZ平面で切断した断面は、図8(c)に示すように、永久磁石123Xが存在しないので、永久磁石123Xを嵌めるための隙間も存在しないものとなっている。

20

30

## 【0056】

なお、直動電動機100の駆動方向としては、上述したように1軸の場合と2軸の場合とが想定される。上記では、1軸の場合を想定してZ軸方向にのみ駆動するものとしたが、2軸の場合を想定してX軸方向にも駆動するものとしてよい。この場合は、永久磁石23Zに同様の処置を行ってもよい。つまり、永久磁石23Zをなくし、その代わりに他の内側支持部材の一例としての支持部材を設けてもよい。

## 【0057】

40

## (実施の形態2)

図9(a), (b)は、図6の磁極子120における支持部材126等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材126を特に支持部材126Cと表記することにする。支持部材126Cは、図9(a)に示すように、突起部1262を有する。図6の磁極子120をXY平面で切断した断面は、図9(b)に示すように、支持部材126の突起部1262が、磁極子鉄心122の切り欠き部1221に挿入されたものとなっている。ただし、図9(b)は、図6の磁極子120を図3の磁極ブロック21<sub>1</sub>, 21<sub>2</sub>, 21<sub>5</sub>, 21<sub>6</sub>を通るXY平面で切断した断面と、図6の磁極子120を図3の磁極ブロック21<sub>3</sub>, 21<sub>4</sub>, 21<sub>7</sub>, 21<sub>8</sub>を通るXY平面で切断した断面とを同時に示している。図9(b)の磁極子鉄心122<sub>1</sub>, 122<sub>2</sub>, 122<sub>5</sub>

50

、1226は、図3では、それぞれ、磁極ブロック211の磁極子鉄心22、磁極ブロック212の磁極子鉄心22、磁極ブロック215の磁極子鉄心22、磁極ブロック216の磁極子鉄心22に対応する。また、図9(b)の磁極子鉄心1223、1224、1227、1228は、図3では、それぞれ、磁極ブロック213の磁極子鉄心22、磁極ブロック214の磁極子鉄心22、磁極ブロック217の磁極子鉄心22、磁極ブロック218の磁極子鉄心22に対応する。ここで、磁極子鉄心1221は第1磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心1222は第2磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心1223は第3磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心1224は第4磁極の中心鉄心の一例である。そして、切り欠き部1221は、磁極子鉄心122のY軸正方向及びY軸負方向の面以外に設けられる。図では、磁極子鉄心1221、磁極子鉄心1223、磁極子鉄心1225、磁極子鉄心1227のX軸負方向の面、及び、磁極子鉄心1222、磁極子鉄心1224、磁極子鉄心1226、磁極子鉄心1228のX軸正方向の面に設けられる。これにより、最も磁気飽和を生じやすい磁極子鉄心122の表面の面積を減少させることなく、磁極子鉄心122が固定される。その結果、永久磁石123の使用量あたりの発生磁束が低下しないので、直動電動機100の駆動力も低下しない。

#### 【0058】

(実施の形態3)

図10(a)~(c)は、図6の磁極子120における支持部材126等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材126を特に支持部材126Dと表記することにする。支持部材126Dは、図10(a)に示すように、図9(a)の支持部材126Cに、対向する面を超えて対面磁性体の方へ延伸する延伸部1263を設けたものである。延伸部1263は、隙間1264を有するはしご形状となっている。なお、図では、隙間1264を4つしか示していないが、5つ以上あってもよい。図6の磁極子120をXY平面で切断した断面は、図10(b)に示すように、延伸部1263が、磁極子鉄心122のY軸正方向の端部よりも正方向に突出し、磁極子鉄心122のY軸負方向の端部よりも負方向に突出したものとなっている。ただし、図10(b)は、図6の磁極子120を図3の磁極ブロック211、212、215、216を通るXY平面で切断した断面と、図6の磁極子120を図3の磁極ブロック213、214、217、218を通るXY平面で切断した断面とを同時に示している。図10(b)の磁極子鉄心1221、1222、1225、1226は、図3では、それぞれ、磁極ブロック211の磁極子鉄心22、磁極ブロック212の磁極子鉄心22、磁極ブロック215の磁極子鉄心22、磁極ブロック216の磁極子鉄心22に対応する。また、図10(b)の磁極子鉄心1223、1224、1227、1228は、図3では、それぞれ、磁極ブロック213の磁極子鉄心22、磁極ブロック214の磁極子鉄心22、磁極ブロック217の磁極子鉄心22、磁極ブロック218の磁極子鉄心22に対応する。ここで、磁極子鉄心1221は第1磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心1222は第2磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心1223は第3磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心1224は第4磁極の中心鉄心の一例である。そして、図10(b)の断面積は、図9(a)の断面積よりも大きくなっている。これにより、支持部材126Dは、支持部材126Cよりも、接続部分の強度が向上している。なお、図10(b)には、後述する説明のために、図5の電機子110をXY平面で切断した断面も示している。また、図6の磁極子120をYZ平面で切断した断面は、図10(c)に示すように、図7(c)の断面の永久磁石23XをY軸正方向及びY軸負方向にずらして、延伸部1263の隙間1264に嵌め込んだものとなっている。ただし、本実施の形態では、駆動方向は1軸の場合に限定される。

#### 【0059】

なお、本実施の形態では、磁極子鉄心122の断面の形状を、図10(b)に示すように、延伸部1263と接する部分を中心としてX軸正方向及びX軸負方向へ傾斜した形状としている。これは、例えば、左上の電機子コイル111で発生した磁束が永久磁石23Xを通過して右上の電機子コイル111へと進む破線矢印で示した経路をとりやすくする

10

20

30

40

50

ためである。ただし、磁極子鉄心 2 2 の断面の形状は、これに限られるものではない。

【 0 0 6 0 】

(実施の形態 4)

図 1 1 ( a ) ~ ( c ) は、図 6 の磁極子 1 2 0 における支持部材 1 2 7 等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材 1 2 7 を特に支持部材 1 2 7 A と表記することにする。支持部材 1 2 7 A は、図 1 1 ( a ) に示すように、永久磁石 1 2 3 Z を支持する Z 支持部 1 2 7 1 と、永久磁石 1 2 3 Y を支持する Y 支持部 1 2 7 2 と、Z 支持部 1 2 7 1 と Y 支持部 1 2 7 2 とが交差する部分である交差部 1 2 7 3 とを有する。なお、図では、Z 支持部 1 2 7 1 を 2 つしか示していないが、3 つ以上あってもよい。図 6 の磁極子 1 2 0 を X Z 平面で切断した断面は、図 1 1 ( b ) に示すように、第 1 の外側支持部材の一例としての X 軸正方向の支持部材 1 2 7 A と、第 2 の外側支持部材の一例としての X 軸負方向の支持部材 1 2 7 A とが設けられたものである。そして、各支持部材 1 2 7 A において、隣接する Z 支持部 1 2 7 1 間に磁極子鉄心 1 2 2 が嵌められ、各 Z 支持部 1 2 7 1 によって永久磁石 1 2 3 Z が磁極子鉄心 1 2 2 の端部まで達しないようにされたものである。すなわち、永久磁石 1 2 3 Z の寸法ばらつきを低減するために永久磁石 1 2 3 Z の一部又は全部をなくして、代わりに支持部材 1 2 7 A が充填されている。ただし、図 1 1 ( b ) は、図 6 の磁極子 1 2 0 を図 3 の磁極ブロック 2 1<sub>1</sub>, 2 1<sub>2</sub>, 2 1<sub>3</sub>, 2 1<sub>4</sub> を通る X Z 平面で切断した断面と、図 6 の磁極子 1 2 0 を図 3 の磁極ブロック 2 1<sub>5</sub>, 2 1<sub>6</sub>, 2 1<sub>7</sub>, 2 1<sub>8</sub> を通る X Z 平面で切断した断面とを同時に示している。図 1 1 ( b ) の磁極子鉄心 1 2 2<sub>1</sub>, 1 2 2<sub>2</sub>, 1 2 2<sub>3</sub>, 1 2 2<sub>4</sub> は、図 3 では、それぞれ、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> の磁極子鉄心 2 2 に対応する。また、図 1 1 ( b ) の磁極子鉄心 1 2 2<sub>5</sub>, 1 2 2<sub>6</sub>, 1 2 2<sub>7</sub>, 1 2 2<sub>8</sub> は、図 3 では、それぞれ、磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>7</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>8</sub> の磁極子鉄心 2 2 に対応する。ここで、磁極子鉄心 1 2 2<sub>1</sub> は第 1 磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心 1 2 2<sub>2</sub> は第 2 磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心 1 2 2<sub>3</sub> は第 3 磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心 1 2 2<sub>4</sub> は第 4 磁極の中心鉄心の一例である。また、図 6 の磁極子 1 2 0 を X Y 平面で切断した断面も、図 1 1 ( c ) に示すように、第 1 の外側支持部材の一例としての X 軸正方向の支持部材 1 2 7 A と、第 2 の外側支持部材の一例としての X 軸負方向の支持部材 1 2 7 A とが設けられたものである。そして、各支持部材 1 2 7 A において、Y 支持部 1 2 7 2 の上下に磁極子鉄心 1 2 2 が嵌められ、Y 支持部 1 2 7 2 によって永久磁石 1 2 3 Y が磁極子鉄心 1 2 2 の端部まで達しないようにされたものである。すなわち、永久磁石 1 2 3 Y の寸法ばらつきを低減するために永久磁石 1 2 3 Y の一部又は全部をなくして、代わりに支持部材 1 2 7 A が充填されている。ただし、図 1 1 ( c ) は、図 6 の磁極子 1 2 0 を図 3 の磁極ブロック 2 1<sub>1</sub>, 2 1<sub>2</sub>, 2 1<sub>5</sub>, 2 1<sub>6</sub> を通る X Y 平面で切断した断面と、図 6 の磁極子 1 2 0 を図 3 の磁極ブロック 2 1<sub>3</sub>, 2 1<sub>4</sub>, 2 1<sub>7</sub>, 2 1<sub>8</sub> を通る X Y 平面で切断した断面とを同時に示している。図 1 1 ( c ) の磁極子鉄心 1 2 2<sub>1</sub>, 1 2 2<sub>2</sub>, 1 2 2<sub>5</sub>, 1 2 2<sub>6</sub> は、図 3 では、それぞれ、磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>2</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>5</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>6</sub> の磁極子鉄心 2 2 に対応する。また、図 1 1 ( c ) の磁極子鉄心 1 2 2<sub>3</sub>, 1 2 2<sub>4</sub>, 1 2 2<sub>7</sub>, 1 2 2<sub>8</sub> は、図 3 では、それぞれ、磁極ブロック 2 1<sub>3</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>4</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>7</sub> の磁極子鉄心 2 2、磁極ブロック 2 1<sub>8</sub> の磁極子鉄心 2 2 に対応する。ここで、磁極子鉄心 1 2 2<sub>1</sub> は第 1 磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心 1 2 2<sub>2</sub> は第 2 磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心 1 2 2<sub>3</sub> は第 3 磁極の中心鉄心の一例であり、磁極子鉄心 1 2 2<sub>4</sub> は第 4 磁極の中心鉄心の一例である。以上のことから、本実施の形態における支持部材 1 2 7 A は、永久磁石 1 2 3 Z 及び永久磁石 1 2 3 Y の両方についてその欠いた部分を補う構成である。なお、本実施の形態において、2 つの外側支持部材のうち、いずれか一方を支持部材 1 2 7 A としてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 1 】

## (実施の形態 5)

図 1 2 ( a ) , ( b ) は、図 6 の磁極子 1 2 0 における支持部材 1 2 7 等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材 1 2 7 を特に支持部材 1 2 7 B と表記することにする。支持部材 1 2 7 B は、図 1 2 ( a ) に示すように、図 1 1 ( a ) の支持部材 1 2 7 A の Y 支持部 1 2 7 2 の肉厚を薄くしたものである。図 6 の磁極子 1 2 0 を X Z 平面で切断した断面は、図 1 2 ( b ) に示すように、第 1 の外側支持部材の一例としての X 軸正方向の支持部材 1 2 7 B と、第 2 の外側支持部材の一例としての X 軸負方向の支持部材 1 2 7 B とが設けられたものである。そして、各支持部材 1 2 7 B において、隣接する Z 支持部 1 2 7 1 間に磁極子鉄心 1 2 2 が嵌められ、各 Z 支持部 1 2 7 1 によって永久磁石 1 2 3 Z が磁極子鉄心 1 2 2 の端部まで達しないようにされたものである。すなわち、永久磁石 1 2 3 Z の寸法ばらつきを低減するために永久磁石 1 2 3 Z の一部又は全部をなくして、代わりに支持部材 1 2 7 B が充填されている。ここで、図 1 2 ( b ) の磁極子鉄心 1 2 2 と図 3 の磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>8</sub> の磁極子鉄心 2 2 との対応は、図 1 1 ( b ) について述べたものと同様である。なお、本実施の形態では、Y 支持部 1 2 7 2 が肉薄となっているので、図 1 1 ( c ) のように永久磁石 1 2 3 Y の一部又は全部がなくなることはない。言い換えると、本実施の形態における支持部材 1 2 7 B は、永久磁石 1 2 3 Z についてのみその欠いた部分を補う構成である。なお、本実施の形態において、2 つの外側支持部材のうち、いずれか一方を支持部材 1 2 7 B としてもよい。

10

20

## 【 0 0 6 2 】

## (実施の形態 6)

図 1 3 ( a ) , ( b ) は、図 6 の磁極子 1 2 0 における支持部材 1 2 7 等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材 1 2 7 を特に支持部材 1 2 7 C と表記することにする。支持部材 1 2 7 C は、図 1 3 ( a ) に示すように、図 1 1 ( a ) の支持部材 1 2 7 A の Y 支持部 1 2 7 2 及び交差部 1 2 7 3 の肉厚を薄くしたものである。図 6 の磁極子 1 2 0 を X Z 平面で切断した断面は、図 1 3 ( b ) に示すように、第 1 の外側支持部材の一例としての X 軸正方向の支持部材 1 2 7 C と、第 2 の外側支持部材の一例としての X 軸負方向の支持部材 1 2 7 C とが設けられたものである。そして、各支持部材 1 2 7 C において、隣接する Z 支持部 1 2 7 1 間に磁極子鉄心 1 2 2 が嵌められ、各 Z 支持部 1 2 7 1 によって永久磁石 1 2 3 Z が磁極子鉄心 1 2 2 の端部まで達しないようにされたものである。すなわち、永久磁石 1 2 3 Z の寸法ばらつきを低減するために永久磁石 1 2 3 Z の一部又は全部をなくして、代わりに支持部材 1 2 7 C が充填されている。ここで、図 1 3 ( b ) の磁極子鉄心 1 2 2 と図 3 の磁極ブロック 2 1<sub>1</sub> ~ 2 1<sub>8</sub> の磁極子鉄心 2 2 との対応は、図 1 1 ( b ) について述べたものと同様である。なお、本実施の形態では、Y 支持部 1 2 7 2 が肉薄となっているので、図 1 1 ( c ) のように永久磁石 1 2 3 Y の一部又は全部がなくなることはない。言い換えると、本実施の形態における支持部材 1 2 7 C は、交差部 1 2 7 3 の肉厚も薄くなっているため、永久磁石 1 2 3 Z についてのみその欠いた部分を補う必要最低限の構成である。なお、本実施の形態において、2 つの外側支持部材のうち、いずれか一方を支持部材 1 2 7 C としてもよい。

30

40

## 【 0 0 6 3 】

## (実施の形態 7)

図 1 4 ( a ) , ( b ) は、図 6 の磁極子 1 2 0 における支持部材 1 2 7 等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材 1 2 7 を特に支持部材 1 2 7 D と表記することにする。支持部材 1 2 7 D は、図 1 4 ( a ) に示すように、図 1 1 ( a ) の支持部材 1 2 7 A の Z 支持部 1 2 7 1 の肉厚を薄くしたものである。ただし、ここでは、複数の Z 支持部 1 2 7 1 を連結して Z 支持部 1 2 7 4 とし、複数の Y 支持部 1 2 7 2 及び複数の交差部 1 2 7 3 を一体化して Y 支持部 1 2 7 5 としている。図 6 の磁極子 1 2 0 を X Y 平面で切断した断面は、図 1 4 ( b ) に示すように、第 1 の外側支持部材の一例としての X 軸正方向の支持部材 1 2 7 D と、第 2 の外側支持部材の一例

50

としてのX軸負方向の支持部材127Dとが設けられたものである。そして、各支持部材127Dにおいて、Y支持部1275の上下に磁極子鉄心122が嵌められ、Y支持部1275によって永久磁石123Yが磁極子鉄心122の端部まで達しないようにされたものである。すなわち、永久磁石123Yの寸法ばらつきを低減するために永久磁石123Yの一部又は全部をなくして、代わりに支持部材127Dが充填されている。ここで、図14(b)の磁極子鉄心122と図3の磁極ブロック21<sub>1</sub>~21<sub>8</sub>の磁極子鉄心22との対応は、図11(c)について述べたものと同様である。なお、本実施の形態では、Z支持部1271が肉薄となっているので、図11(b)のように永久磁石123Zの一部又は全部がなくなることはない。言い換えると、本実施の形態における支持部材127Dは、永久磁石123Yについてのみその欠いた部分を補う構成である。なお、本実施の形態において、2つの外側支持部材のうち、いずれか一方を支持部材127Dとしてもよい。

10

## 【0064】

(実施の形態8)

図15(a), (b)は、図6の磁極子120における支持部材127等の本実施の形態における構成を示した図である。ここでは、本実施の形態における支持部材127を特に支持部材127Eと表記することにする。支持部材127Eは、図15(a)に示すように、図11(a)の支持部材127AのZ支持部1271の肉厚をなくしたものである。ただし、ここでは、複数のY支持部1272及び複数の交差部1273を一体化してY支持部1275としている。図6の磁極子120をXY平面で切断した断面は、図15(b)に示すように、第1の外側支持部材の一例としてのX軸正方向の支持部材127Eと、第2の外側支持部材の一例としてのX軸負方向の支持部材127Eとが設けられたものである。そして、各支持部材127Eにおいて、Y支持部1275の上下に磁極子鉄心122が嵌められ、Y支持部1275によって永久磁石123Yが磁極子鉄心122の端部まで達しないようにされたものである。すなわち、永久磁石123Yの寸法ばらつきを低減するために永久磁石123Yの一部又は全部をなくして、代わりに支持部材127Eが充填されている。ここで、図15(b)の磁極子鉄心122と図3の磁極ブロック21<sub>1</sub>~21<sub>8</sub>の磁極子鉄心22との対応は、図11(c)について述べたものと同様である。なお、本実施の形態では、Z支持部1271がなくなっているため、図11(b)のように永久磁石123Zの一部又は全部がなくなることはない。言い換えると、本実施の形態における支持部材127Eは、Z支持部1271がなくなっているため、永久磁石123Yについてのみその欠いた部分を補う必要最低限の構成である。なお、本実施の形態において、2つの外側支持部材のうち、いずれか一方を支持部材127Eとしてもよい。

20

30

## 【0065】

(本実施の形態の効果)

本実施の形態では、磁極子鉄心122の周囲に永久磁石123X, 123Y, 123Zを設けた状態から、永久磁石123Xをなくして、代わりに支持部材126を充填した。これにより、本実施の形態では、可動子磁極124から出力される磁束を増加させる効果を残しつつ、支持部材126が複雑な形状になるのを抑えることができるようになった。

## 【符号の説明】

## 【0066】

20A, 20B, 20C 単位胞

21<sub>1</sub>~21<sub>8</sub>, 121 磁極ブロック

22, 122 磁極子鉄心

23(23X, 23Y, 23Z), 123(123X, 123Y, 123Z) 永久磁石

100 直動電動機

110 電機子

111 電機子コイル

114 電機子磁極

120 磁極子

124 可動子磁極

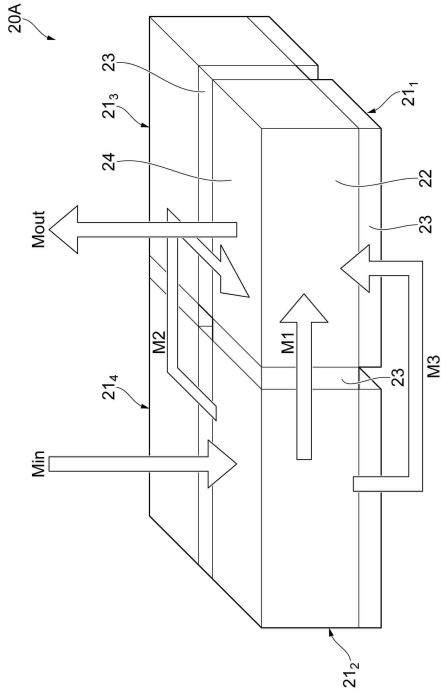
40

50

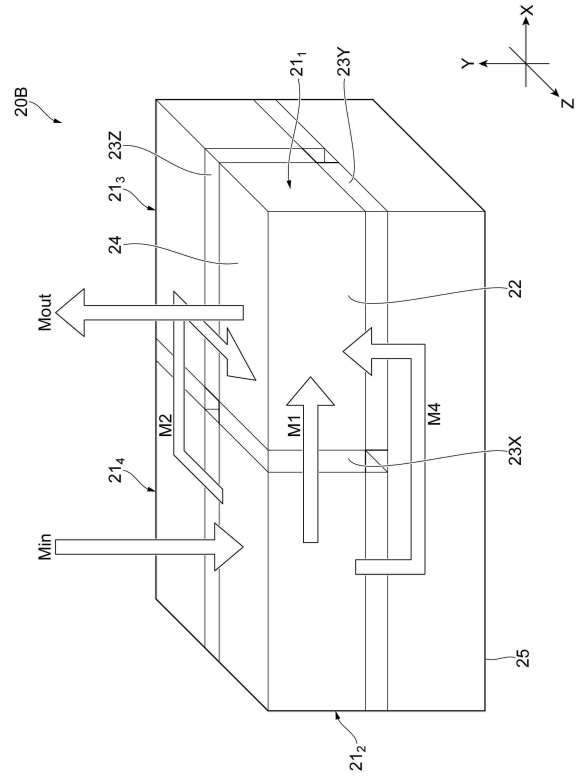
1 2 6 , 1 2 7 支持部材

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

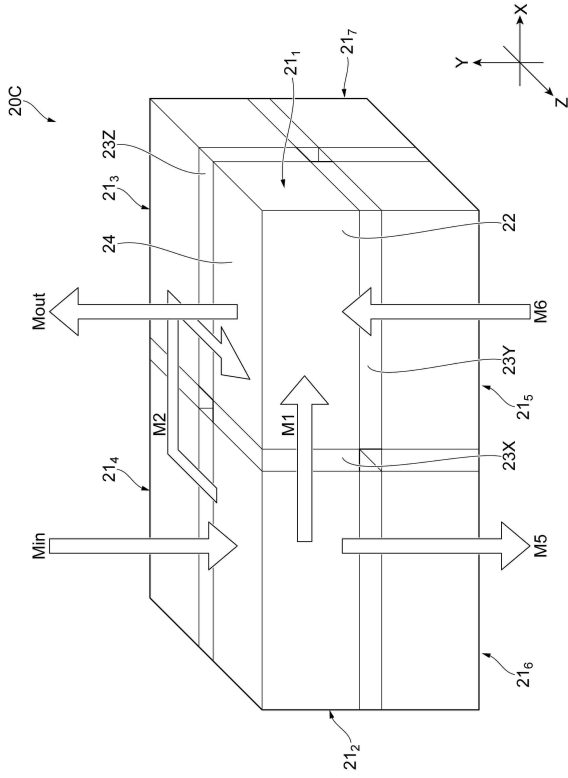
20

30

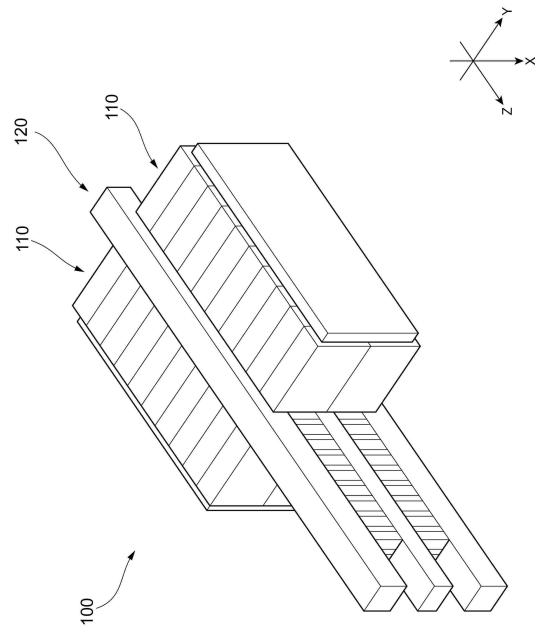
40

50

【 図 3 】



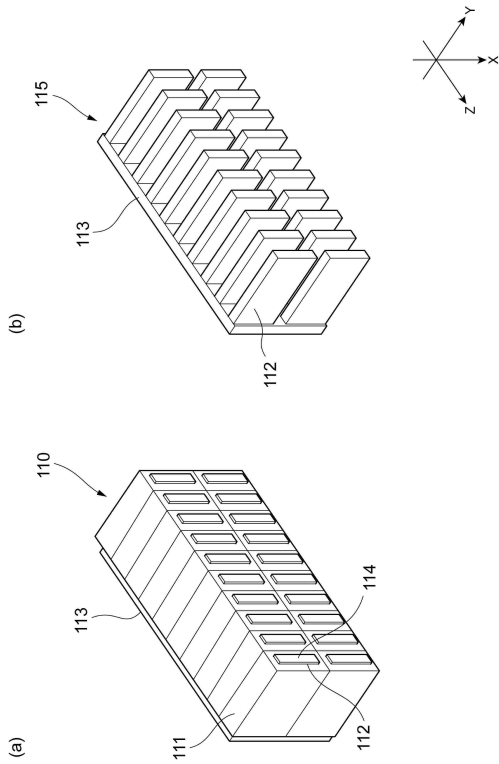
【 図 4 】



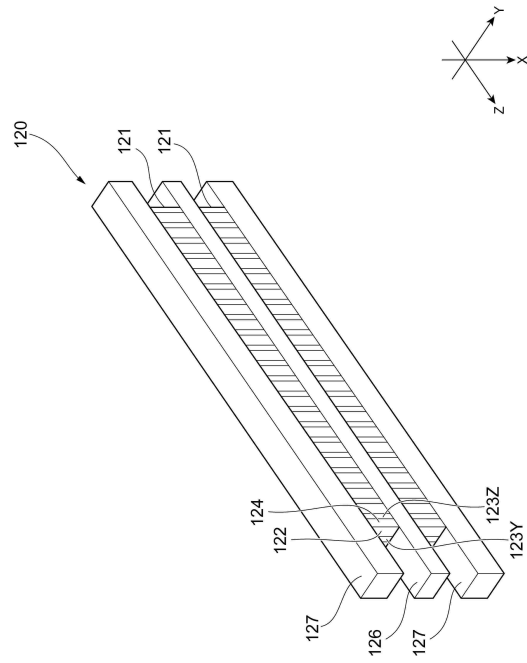
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

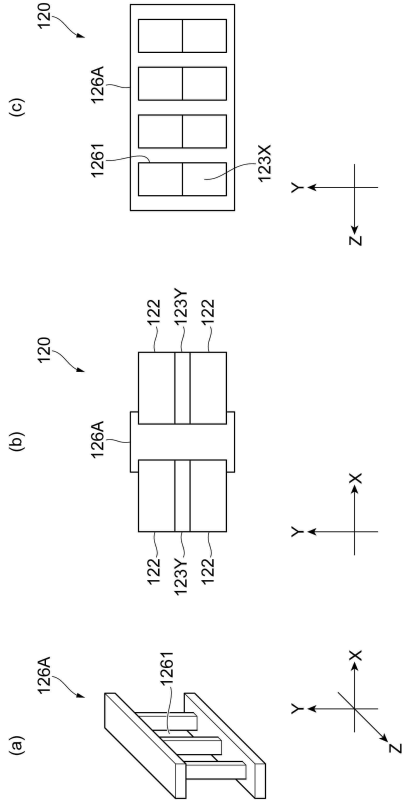


30

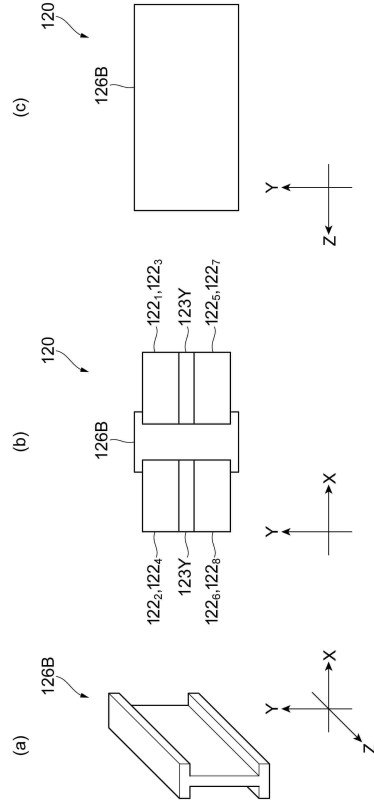
40

50

【 図 7 】



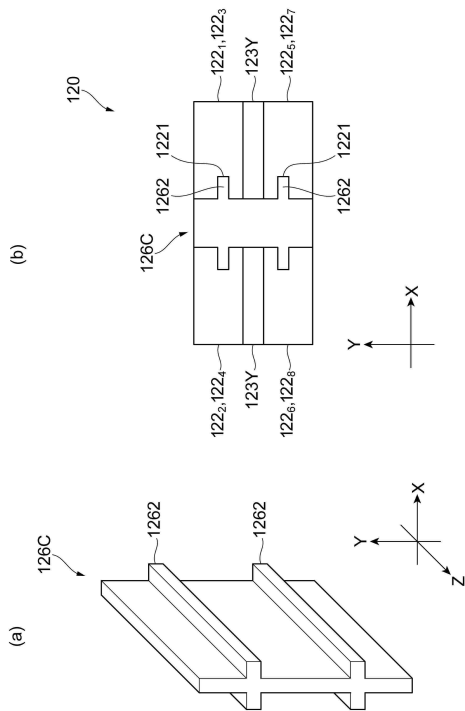
【 図 8 】



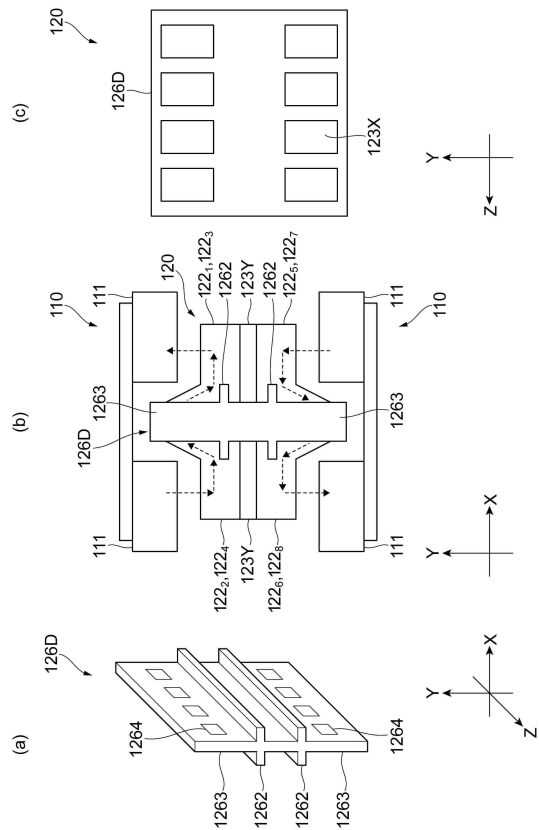
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】



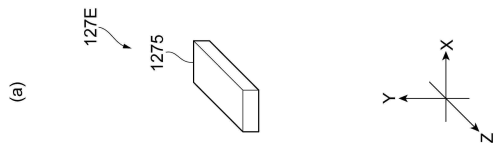
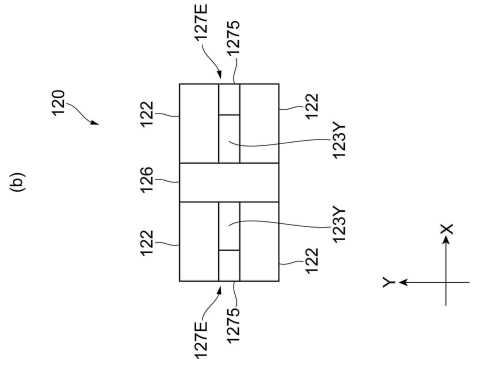
30

40

50



【 15 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 0 8 - 1 4 0 3 3 2 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 1 8 3 6 5 1 ( J P , A )  
特開 2 0 1 5 - 1 5 4 5 8 9 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 2 K 4 1 / 0 3