

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-46907
(P2006-46907A)

(43) 公開日 平成18年2月16日(2006.2.16)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
G 2 1 K 1/093 (2006.01) G 2 1 K 1/093 Z 2 G 0 8 5
 H 0 5 H 7/00 (2006.01) H 0 5 H 7/00

審査請求 未請求 請求項の数 26 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-223615 (P2004-223615)	(71) 出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
(22) 出願日	平成16年7月30日(2004.7.30)	(74) 代理人	100072051 弁理士 杉村 興作
		(74) 代理人	100100125 弁理士 高見 和明
		(74) 代理人	100101096 弁理士 徳永 博
		(74) 代理人	100107227 弁理士 藤谷 史朗
		(74) 代理人	100114292 弁理士 来間 清志

最終頁に続く

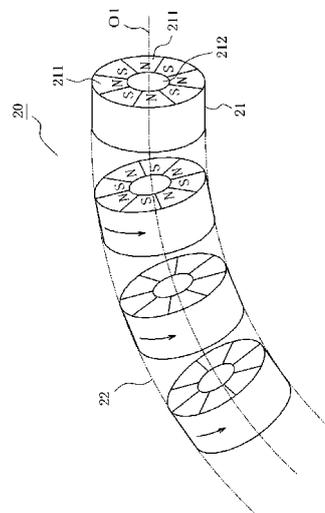
(54) 【発明の名称】 ビームファイバ、及びビーム輸送方法

(57) 【要約】

【課題】 荷電粒子ビームの輸送範囲及び照射範囲を自在に変化させる。

【解決手段】 複数のリング状の磁石21を、それらの中心部における開口部212が互いに所定の軌道O1を描くように連結して配列する。各磁石21はその中心部において多極磁場を形成し、所定の荷電粒子ビームを複数のリング状磁石21の開口部212を通じて輸送するようにビームファイバ20を構成する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のリング状の磁石が、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列されるとともに、各磁石はその中心部において多極磁場を形成し、所定の荷電粒子ビームを前記複数のリング状磁石の前記開口部を通じて輸送するように構成したことを特徴とする、ビームファイバ。

【請求項 2】

前記磁石は複数の磁石要素からなり、前記複数の磁石要素は、隣接する磁石要素間でN極及びS極が互いに逆方向を向くようにしてリング状に配列してなることを特徴とする、請求項 1 に記載のビームファイバ。

10

【請求項 3】

隣接する前記磁石間で、一方の磁石を構成する前記磁石要素が、他方の磁石を構成する隣接する2つの前記磁石要素に跨がるようにして、前記複数の磁石を配列させたことを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載のビームファイバ。

【請求項 4】

前記多極磁場の大きさが $0.1 \text{ T} \sim 10 \text{ T}$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一に記載のビームファイバ。

【請求項 5】

前記磁石を構成する前記磁石要素の数が $10 \text{ 個} \sim 10^4 \text{ 個}$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載のビームファイバ。

20

【請求項 6】

隣接する前記磁石間の距離が $0.1 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一に記載のビームファイバ。

【請求項 7】

前記磁石の前記開口部の直径が $0.1 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一に記載のビームファイバ。

【請求項 8】

複数のリング状の電極部材が、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列されるとともに、各電極部材はその中心部において多極電場を形成し、所定の荷電粒子ビームを前記複数のリング状電極部材の前記開口部を通じて輸送するように構成したことを特徴とする、ビームファイバ。

30

【請求項 9】

前記電極部材に正極及び負極を交互に誘起させたことを特徴とする、請求項 8 に記載のビームファイバ。

【請求項 10】

隣接する前記電極部材間で、一方の電極部材に誘起された前記正極及び前記負極が、他方の電極部材に誘起された前記正極及び前記負極に跨がるようにして、前記複数の電極部材を配列させたことを特徴とする、請求項 8 又は 9 に記載のビームファイバ。

【請求項 11】

前記多極電場の大きさが $10^4 \text{ V/m} \sim 10^7 \text{ V/m}$ であることを特徴とする、請求項 8 ~ 10 のいずれか一に記載のビームファイバ。

40

【請求項 12】

隣接する前記電極部材間の距離が $0.1 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ であることを特徴とする、請求項 8 ~ 11 のいずれか一に記載のビームファイバ。

【請求項 13】

前記電極部材の前記開口部の直径が $0.1 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一に記載のビームファイバ。

【請求項 14】

複数のリング状の磁石を、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列されるとともに、各磁石の中心部において多極磁場を形成し、所定の荷

50

電粒子ビームを前記複数のリング状磁石の前記開口部を通じて輸送することを特徴とする、ビーム輸送方法。

【請求項 15】

前記磁石は複数の磁石要素からなり、前記複数の磁石要素は、隣接する磁石間でN極及びS極が互いに逆方向を向くようにしてリング状に配列することを特徴とする、請求項 14 に記載のビーム輸送方法。

【請求項 16】

隣接する前記磁石間で、一方の磁石を構成する前記磁石要素を、他方の磁石を構成する隣接する2つの前記磁石要素に跨がるようにして、前記複数の磁石を配列することを特徴とする、請求項 14 又は 15 に記載のビーム輸送方法。

10

【請求項 17】

前記多極磁場の大きさを $0.1\text{ T} \sim 10\text{ T}$ とすることを特徴とする、請求項 14 ~ 16 のいずれか一に記載のビーム輸送方法。

【請求項 18】

前記磁石を構成する前記磁石要素の数を 10 個 ~ 10^4 個とすることを特徴とする、請求項 14 ~ 17 のいずれか一に記載のビーム輸送方法。

【請求項 19】

隣接する前記磁石間の距離を $0.1\text{ cm} \sim 10\text{ cm}$ とすることを特徴とする、請求項 14 ~ 18 のいずれか一に記載のビーム輸送方法。

【請求項 20】

前記磁石の前記開口部の直径を $0.1\text{ cm} \sim 10\text{ cm}$ とすることを特徴とする、請求項 14 ~ 19 のいずれか一に記載のビーム輸送方法。

20

【請求項 21】

複数のリング状の電極部材を、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列させるとともに、各電極部材の中心部において多極電場を形成し、所定の荷電粒子ビームを前記複数のリング状電極部材の前記開口部を通じて輸送することを特徴とする、ビーム輸送方法。

【請求項 22】

前記電極部材に正極及び負極を交互に誘起することを特徴とする、請求項 21 に記載のビーム輸送方法。

30

【請求項 23】

隣接する前記電極部材間で、一方の電極部材に誘起された前記正極及び前記負極を、他方の電極部材に誘起された前記正極及び前記負極に跨がるようにして、前記複数の電極部材を配列することを特徴とする、請求項 21 又は 22 に記載のビーム輸送方法。

【請求項 24】

前記多極電場の大きさを $10^4\text{ V/m} \sim 10^7\text{ V/m}$ とすることを特徴とする、請求項 21 ~ 23 のいずれか一に記載のビーム輸送方法。

【請求項 25】

隣接する前記電極部材間の距離を $0.1\text{ cm} \sim 10\text{ cm}$ とすることを特徴とする、請求項 21 ~ 24 のいずれか一に記載のビーム輸送方法。

40

【請求項 26】

前記電極部材の前記開口部の直径を $0.1\text{ cm} \sim 10\text{ cm}$ とすることを特徴とする、請求項 21 ~ 25 のいずれか一に記載のビーム輸送方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ビームファイバ、及びビーム輸送方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ガントリアのような粒子線医療装置における医療分野、及び電子線照射装置などの物理

50

分野においては、荷電粒子を自在に輸送できる装置の確立が急務となっている。

【0003】

図1は、従来のビーム輸送装置の一例を示す構成図である。図1に示すビーム輸送装置10は、ビームの入口側及び出口側に焦点レンズ11及び12を有するとともに、これら焦点レンズ11及び12間において、凹レンズ13及び14、凸レンズ15が設けられている。また、隣接するレンズ間には、磁石16～19が設けられている。

【0004】

図1に示すビーム輸送装置10においては、所定の荷電粒子ビームが右方から焦点レンズ11を介して装置内に導入されるとともに、磁石16～19による磁場及びレンズ13～16による偏向及び収束を受けた後、焦点レンズ12から装置外へ放出される。この結果、前記荷電粒子ビームは、装置10によって所定の箇所から所定の箇所へ輸送されることになる。

10

【0005】

しかしながら、図1に示すビーム輸送装置では、各レンズ及び各磁石が固定されているため、前記荷電粒子ビームの輸送範囲が制限されてしまうという問題があった。また、前記荷電粒子ビームの照射範囲を変えるには、前記磁場の大きさを変化させる必要があるが、前記磁場の大きさを変化させる度合いにも限界があり、その結果、前記荷電粒子ビームの照射範囲の変化についても自ずから限界があった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

本発明は、荷電粒子ビームの輸送範囲及び照射範囲を自在に変化させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成すべく、本発明は、

複数のリング状の磁石が、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列されるとともに、各磁石はその中心部において多極磁場を形成し、所定の荷電粒子ビームを前記複数のリング状磁石の前記開口部を通じて輸送するように構成したことを特徴とする、ビームファイバ（第1のビームファイバ）に関する。

30

【0008】

また、本発明は、

複数のリング状の電極部材が、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列されるとともに、各電極部材はその中心部において多極電場を形成し、所定の荷電粒子ビームを前記複数のリング状電極部材の前記開口部を通じて輸送するように構成したことを特徴とする、ビームファイバ（第2のビームファイバ）に関する。

【0009】

さらに、本発明は、

複数のリング状の磁石を、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列されるとともに、各磁石の中心部において多極磁場を形成し、所定の荷電粒子ビームを前記複数のリング状磁石の前記開口部を通じて輸送することを特徴とする、ビーム輸送方法（第1のビーム輸送方法）に関する。

40

【0010】

また、本発明は、

複数のリング状の電極部材を、それらの中心部における開口部が互いに所定の軌道を描くように連結して配列させるとともに、各電極部材の中心部において多極電場を形成し、所定の荷電粒子ビームを前記複数のリング状電極部材の前記開口部を通じて輸送することを特徴とする、ビーム輸送方法（第2のビーム輸送方法）に関する。

【0011】

本発明によれば、複数のリング状の磁石又は電極部材からビームファイバを構成し、前

50

記磁石又は前記電極部材の中心開口部に多極磁場又は多極電場を形成し、この多極磁場及び多極電場を利用して荷電粒子ビームを輸送するようにしている。前記複数のリング状磁石又は電極部材は、それらの中心開口部が所定の軌道を描くように連結されている限り、自在に配列することができる。したがって、前記複数の磁石又は電極部材の配列を変化させることにより、前記荷電粒子ビームの輸送範囲を自在に変化させることができるようになり、また、前記荷電粒子ビームの照射範囲を磁場の大きさなどを変化させることなく、自在に変化させることができるようになる。

【0012】

なお、本発明の好ましい態様においては、前記磁石を複数の磁石要素から構成し、前記複数の磁石要素を、隣接する磁石要素間でN極及びS極が互いに逆方向を向くようにしてリング状に配列する。または、前記電極部材に正極及び負極を交互に誘起させる。これによって、リング状の磁石又は電極部材の中心開口部において、安定した多極磁場又は多極電場を形成することができ、荷電粒子ビームの輸送を安定的に行うことができる。

10

【0013】

また、本発明の他の好ましい態様においては、隣接する前記磁石間で、一方の磁石を構成する前記磁石要素が、他方の磁石を構成する隣接する2つの前記磁石要素に跨がるようにして、前記複数の磁石を配列する。または、隣接する前記電極部材間で、一方の電極部材に誘起された前記正極及び前記負極が、他方の電極部材に誘起された前記正極及び前記負極に跨がるようにして、前記複数の電極部材を配列する。これによって、リング状の磁石又は電極部材の中心開口部において、安定した多極磁場又は多極電場を形成することができ、荷電粒子ビームの輸送を安定的に行うことができる。

20

【発明の効果】**【0014】**

以上説明したように、本発明によれば、荷電粒子ビームの輸送範囲及び照射範囲を自在に変化させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0015】**

以下、本発明の詳細、並びにその他の特徴及び利点について、最良の形態に基づいて詳細に説明する。

【0016】

図2は、本発明のビームファイバの一例を示す構成図であり、図3は、前記ビームファイバを構成する隣接する磁石同士的位置関係を示す図である。

30

【0017】

図2に示すビームファイバ20は、真空チューブ22内において、複数のリング状の磁石21が、それらの中心部における開口部212が互いに所定の軌道01を描くように連結して配列されている。各磁石21は複数の磁石要素211からなり、これら複数の磁石要素211が隣接する磁石要素間でN極及びS極が互いに逆方向を向くようにしてリング状に配列し、各磁石21の中心に位置する開口部212において多極磁場を形成している。

【0018】

また、図3に示すように、隣接する磁石21同士の間では、一方の磁石21に対する中心線I-Iに対して、他方の磁石21が角度だけ傾き、前記一方の磁石21における所定の磁石要素211が、前記他方の磁石21における隣接する2つの磁石要素に跨がっている。すなわち、図2に示すビームファイバ20においては、隣接する磁石21同士が僅かに回転した状態で配列されている。

40

【0019】

図2に示すビームファイバ20においては、所定の荷電粒子ビームが連続して配列されている磁石21の開口部212内を通過することによって、前記多極磁場による偏向及び収束を受け、軌道01に従って輸送されることになる。したがって、連続して配列された磁石21において、中心開口部212が所定の軌道を描くようにして連結されている限り

50

、前記荷電粒子ビームは前記軌道に従って輸送されることになる。

【0020】

この結果、このような条件を満足する限りにおいて、複数の磁石21の配列を自在に変化させることにより、前記荷電粒子ビームの輸送範囲を自在に変化させることができるようになり、その照射範囲を磁場強度を変化させることなく、自在に変化させることができるようになる。

【0021】

なお、図2に示すビームファイバにおいては、上述したように、磁石21を複数の磁石要素211から構成し、複数の磁石要素211を、隣接する磁石要素211間でN極及びS極が互いに逆方向を向くようにしてリング状に配列している。さらに、隣接する磁石21間で、一方の磁石21を構成する磁石要素211が、他方の磁石21を構成する隣接する2つの磁石要素211に跨がるようにしている。したがって、各磁石21の中心開口部212において、安定した多極磁場を形成することができ、荷電粒子ビームの輸送を安定的に行うことができる。

10

【0022】

また、各磁石21における磁石要素211の数は10個～10⁴個であることが好ましい。この場合においても、上述したように、磁石21の中心開口部212内においてより安定した多極磁場を形成することができ、その結果、前記荷電粒子ビームの輸送を安定的に行うことができる。

【0023】

また、荷電粒子ビームの輸送をより安定的に行うためには、例えば前記多極磁場の大きさを0.1T～10Tとし、隣接する磁石21間の距離を0.1cm～10cmとし、磁石21の開口部212の直径を0.1cm～10cmとする。

20

【0024】

なお、ビームファイバ20における磁石21の数は、前記荷電粒子ビームの輸送経路の長さに応じて任意に設定することができる。

【0025】

また、図2に示すビームファイバ20は、各磁石21を真空チューブ22内に入れていたが、このような状態において、あるいは真空チューブ22を有しない磁石のみを上述した配列を維持した状態で、気体、液体及び固体の如何なる雰囲気中にも配置することができる。したがって、前記雰囲気中において、前記荷電粒子ビームの輸送範囲及び照射範囲を自在に制御できるようになる。

30

【0026】

図4は、本発明のビームファイバの他の例を示す構成図であり、図4は、前記ビームファイバを構成する隣接する電極部材同士の位置関係を示す図である。

【0027】

図4に示すビームファイバ30は、真空チューブ32内において、複数のリング状の電極部材31が、それらの中心部における開口部312が互いに所定の軌道O2を描くように連結して配列されている。各電極部材31には、正極及び負極が交互に誘起され、開口部312において多極電場を形成している。

40

【0028】

また、図5に示すように、隣接する電極部材31同士の間では、一方の電極部材31に対する中心線II-IIに対して、他方の電極部材31が角度だけ傾き、前記一方の電極部材31に誘起された正極及び負極が、前記他方の電極部材31に誘起された正極及び負極に跨がっている。すなわち、図4に示すビームファイバ30においては、隣接する電極部材31同士が僅かに回転した状態で配列されている。

【0029】

図4に示すビームファイバ30においては、所定の荷電粒子ビームが連続して配列されている電極部材31の開口部312内を通過することによって、前記多極電場による偏向及び収束を受け、軌道O2に従って輸送されることになる。したがって、連続して配列さ

50

れた電極部材 3 1 において、中心開口部 3 1 2 が所定の軌道を描くようにして連結されている限り、前記荷電粒子ビームは前記軌道に従って輸送されることになる。

【0030】

この結果、このような条件を満足する限りにおいて、複数の電極部材 3 1 の配列を自在に変化させることにより、前記荷電粒子ビームの輸送範囲を自在に変化させることができるようになり、その照射範囲を電場強度を変化させることなく、自在に変化させることができるようになる。

【0031】

なお、図 4 に示すビームファイバにおいては、上述したように、電極部材 3 1 に正極及び負極を交互に誘起し、また、隣接する電極部材 3 1 間で、一方の電極部材 3 1 に誘起された正極及び負極が、他方の電極部材 3 1 に誘起された正極及び負極に跨がるようにしている。したがって、各電極部材 3 1 の中心開口部 3 1 2 において、安定した多極電場を形成することができ、荷電粒子ビームの輸送を安定的に行うことができる。

10

【0032】

また、荷電粒子ビームの輸送をより安定的に行うためには、例えば前記多極電場の大きさを $10^4 \text{ V/m} \sim 10^7 \text{ V/m}$ とし、隣接する電極部材 3 1 間の距離を $0.1 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ とし、電極部材 3 1 の開口部 3 1 2 の直径を $0.1 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ とする。

【0033】

なお、ビームファイバ 3 0 における電極部材 3 1 の数は、前記荷電粒子ビームの輸送経路の長さに応じて任意に設定することができる。

20

【0034】

また、図 4 に示すビームファイバ 3 0 は、各電極部材 3 1 を真空チューブ 3 2 内に入れているが、このような状態において、あるいは真空チューブ 3 2 を有しない電極部材のみを上述した配列を維持した状態で、気体、液体及び固体の如何なる雰囲気中にも配置することができる。したがって、前記雰囲気中において、前記荷電粒子ビームの輸送範囲及び照射範囲を自在に制御できるようになる。

【0035】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変形や変更が可能である。

30

【産業上の利用可能性】

【0036】

本発明は、ガントリーのような粒子線医療装置における医療分野、及び電子線照射装置や加速器からのビーム輸送系などの物理分野において好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図 1】従来のビーム輸送装置の一例を示す構成図である。

【図 2】本発明のビームファイバの一例を示す構成図である。

【図 3】図 2 に示すビームファイバを構成する隣接する磁石同士の位置関係を示す図である。

40

【図 4】本発明のビームファイバの他の例を示す構成図である。

【図 5】図 4 に示すビームファイバを構成する隣接する電極部材同士の位置関係を示す図である。

【符号の説明】

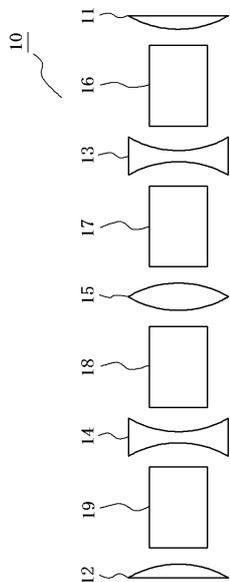
【0038】

- 10 ビーム輸送装置
- 11、12 焦点レンズ
- 13、14 凹レンズ
- 15 凸レンズ
- 16 - 19 磁石

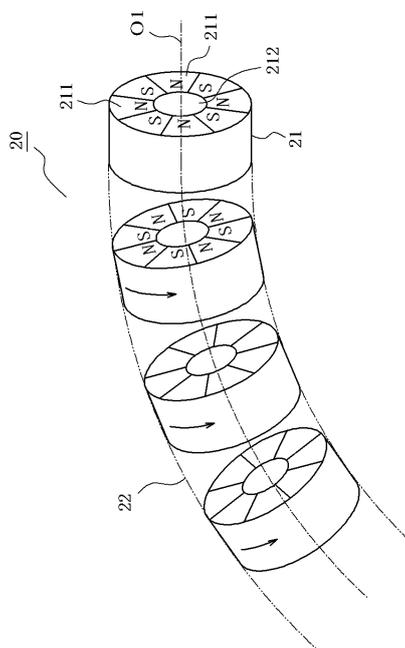
50

- 2 0、3 0 ビームファイバ
- 2 1 磁石
- 2 2、3 2 真空チューブ
- 2 1 1 磁石要素
- 2 1 2 磁石の開口部
- 3 1 電極部材
- 3 1 2 電極部材の開口部
- 0 1、0 2 荷電粒子ビームの軌道

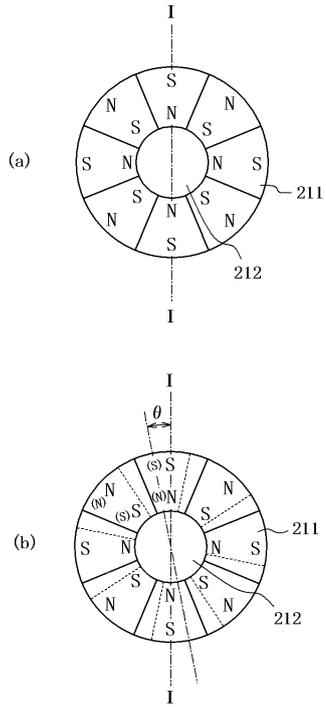
【 図 1 】



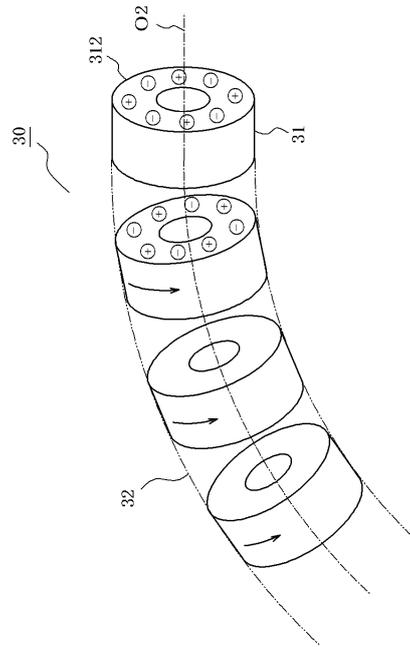
【 図 2 】



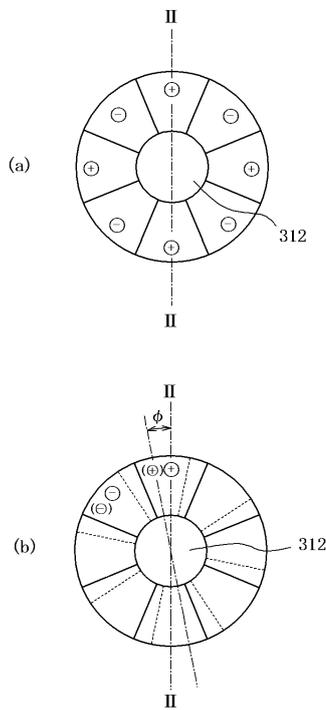
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100119530
弁理士 富田 和幸
- (74)代理人 100110180
弁理士 阿相 順一
- (72)発明者 森 義治
茨城県土浦市板谷 2 - 3 3 2 2 - 3 2
- (72)発明者 町田 慎二
東京都練馬区三原台 1 - 1 0 - 7
- (72)発明者 エティエンヌ フォレ
茨城県つくば市松代 5 丁目 6 0 8 - 2
- Fターム(参考) 2G085 BA11 BC02 BE10 CA11 EA07