



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1985339 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 200580003932.0

(22) 申请日 2005.02.03

(30) 优先权数据

60/541,484 2004.02.03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.08.03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/003231 2005.02.03

(87) PCT申请的公布数据

W02005/074608 EN 2005.08.18

(73) 专利权人 美国宇航公司

地址 美国威斯康星

(72) 发明人 J·谢尔 C·B·齐姆

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 史雁鸣

(51) Int. Cl.

H01F 7/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 2508358 Y, 2002.08.28, 全文.

US 5596304 A, 1997.01.21, 全文.

US 5886609 A, 1999.03.23, 全文.

审查员 杨玮明

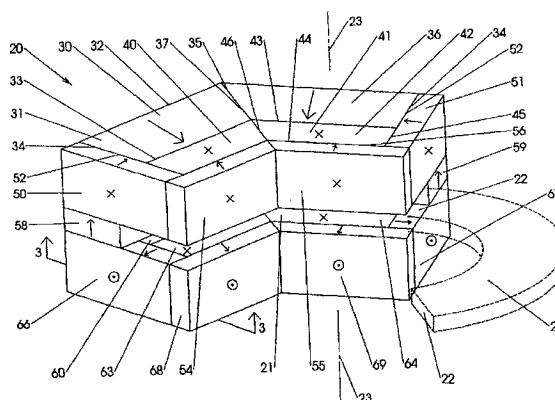
权利要求书 15 页 说明书 22 页 附图 8 页

(54) 发明名称

永磁体组件

(57) 摘要

本发明公开了一种永磁体组件,该永磁体组件适合于横过弧形间隙提供磁场。这种永磁体组件例如可以用于对环形区域提供随着时间变化的磁场,用于磁致冷机。



1. 一种永磁体组件,包括:

第一上部径向永磁体和第二上部径向永磁体;

每个上部径向永磁体形成具有六个或多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面、其中,其上部面和下部面基本上正交于其内侧和外侧径向面;

每个上部径向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通离开的面,其外侧径向面是磁通进入的面,并且其上部和下部面是与磁通平行的面;

其中,第一上部径向永磁体的内侧横向面被紧固到第二上部径向永磁体的内侧横向面上;

第一下部径向永磁体和第二下部径向永磁体,

每个下部径向永磁体形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部和下部面基本上正交于其内侧和外侧径向面;

每个下部径向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通进入的面,其外侧径向面是磁通离开的面,其上部和下部面是与磁通平行的面;

并且其中,第一下部径向永磁体的内侧横向面被紧固到第二下部径向永磁体的内侧横向面上;

第一中心轴向永磁体和第二中心轴向永磁体;

每个中心轴向形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部和下部面基本上正交于其内侧和外侧径向面;

每个中心轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面和外侧径向面是与磁通平行的面,其上部面是磁通离开的面,其下部面是磁通进入的面;

其中,第一中心轴向永磁体的内侧横向面被紧固到第二中心轴向永磁体的内侧横向面上;

其中,第一中心轴向永磁体的上部面被磁性结合到第一上部径向永磁体的下部面上;

其中,第一中心轴向永磁体的下部面被磁性结合到第一下部径向永磁体的上部面上;

其中,第二中心轴向永磁体的上部面被磁性结合到第二上部径向性永磁体的下部面上;

并且其中,第二中心轴向永磁体的下部面被磁性地结合到第二下部径向永磁体的上部面上;

第一上部轴向永磁体和第二上部轴向永磁体;

每个上部轴向永磁体形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部和下部面基本上正交于其内侧和外侧径向面;

每个上部轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面和外侧径向面是与磁通平行的面,其上部面是磁通进入的面,其下部面是磁通离开的面;

其中,第一上部轴向永磁体的内侧横向面被紧固到第二上部轴向永磁体的内侧横向面上;

其中,第一上部径向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的外侧径向面上;

其中,第二上部径向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第二上部轴向永磁体的外侧径向面上;

第一下部轴向永磁体和第二下部轴向永磁体;

每个下部轴向永磁体形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部面和下部面基本上正交于其内侧和外侧径向面;

每个下部轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面和外侧径向面是与磁通平行的面,其上部面是磁通进入的面,其下部面是磁通离开的面;

其中,第一下部轴向永磁体的内侧横向面被紧固到第二下部轴向永磁体的内侧横向面上;

其中,第一下部径向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的外侧径向面上;

其中,第二下部径向永磁体的内侧径向面磁性地结合到第二下部轴向永磁体的外侧径向面上;

藉此,经受高磁场的第一间隙形成于第一上部轴向永磁体的下部面的至少一部分与第一下部轴向永磁体的上部面的至少一部分之间,经受高磁场的第二间隙形成于第二上部轴向永磁体的下部面的至少一部分与第二下部轴向永磁体的上部面的至少一部分之间。

2. 如权利要求 1 所述的永磁体组件,进一步包括:

第一上部径向阻断永磁体和第二上部径向阻断永磁体;

每个上部径向阻断永磁体形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部面和下部面基本上正交于其内侧和外侧面;

每个上部径向阻断磁场具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通进入的面,其外侧径向面是磁通离开的面,其上部面和下部面是与磁通平行的面;

并且其中,第一上部径向阻断永磁体的内侧横向面被紧固到第二上部径向阻断永磁体的内侧横向面上;

第一下部径向阻断永磁体和第二下部径向阻断永磁体;

每个下部径向阻断永磁体形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部面和下部面基本上正交于其内侧和外侧径向面;

每个下部径向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通离开的面,其外侧径向面是磁通进入的面,其上部和下部面是与磁通平行的面;

并且其中,第一下部径向阻断永磁体的内侧横向面被紧固到第二下部径向阻断永磁体的内侧横向面上;

其中,第一上部径向阻断永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的内侧径向面上;

其中,第二上部径向阻断永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第二上部轴向永磁体的内侧径向面上;

其中,第一下部径向阻断永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的内侧径向面上;以及

其中,第二下部径向阻断永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第二下部轴向永磁体的内侧径向面上。

3. 如权利要求 2 所述的永磁体组件,进一步包括:

第一上部周向阻断永磁体、第二上部周向阻断永磁体、第一下部周向阻断永磁体、以及第二下部周向阻断永磁体;

每个周向阻断永磁体形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面相对的内侧径向面;

第一上部周向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其外侧横向面是磁通进入的面,其内侧横向面是磁通离开的面,其上部和下部面是与磁通平行的面,并且其中,第一上部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第一上部径向磁体的外侧横向面上,并且被磁性地结合到第一上部轴向磁体的外侧横向面上;

第二上部周向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其外侧横向面是磁通进入的面,其内侧横向面是磁通离开的面,其上部和下部面是与磁通平行的面,并且其中,第二上部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第二上部径向磁体的外侧横向面上,并且被磁性地结合到第二上部轴向磁体的外侧横向面上;

第一下部周向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其外侧横向面是磁通离开的面,其内侧横向面是磁通进入的面,其上部和下部面是与磁通平行的面,并且其中,第一下部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第一下部径向磁体的外侧横向面上,并且被磁性地结合到第一下部轴向磁体的外侧横向面上;并且

第二下部周向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其外侧横向面是磁通离开的面,其内侧横向面是磁通进入的面,其上部和下部面是与磁通平行的面,并且其中,第二下部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第二下部径向磁体的外侧横向面上,并且被磁性地结合到第二下部轴向磁体的外侧横向面上。

4. 如权利要求 1 所述的永磁体组件,进一步包括:

第一上部周向阻断永磁体、第二上部周向阻断永磁体、第一下部周向阻断永磁体、以及第二下部周向阻断永磁体;

每个周向阻断永磁体形成具有六个或更多个实质上的平面的多面体,所述实质上的平面包括与下部面相对的上部面、与外侧横向面相对的内侧横向面、与外侧径向面相对的内

侧径向面；

第一上部周向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其外侧横向面是磁通进入的面，其内侧横向面是磁通离开的面，其上部和下部面是与磁通平行的面，并且其中，第一上部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第一上部径向磁体的外侧横向面上，并且被磁性地结合到第一上部轴向磁体的外侧横向上；

第二上部周向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其外侧横向面是磁通进入的面，其内侧横向面是磁通离开的面，其上部和下部面是与磁通平行的面，并且其中，第二上部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第二上部径向磁体的外侧横向面上，并且被磁性地结合到第二上部轴向磁体的外侧横向上；

第一下部周向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其外侧横向面是磁通离开的面，其内侧横向面是磁通进入的面，其上部和下部面是与磁通平行的面，并且其中，第一下部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第一下部径向磁体的外侧横向面上，并且被磁性地结合到第一下部轴向磁体的外侧横向上；并且

第二下部周向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其外侧横向面是磁通离开的面，其内侧横向面是磁通进入的面，其上部和下部面是与磁通平行的面，并且其中，第二下部周向阻断永磁体的内侧横向面被磁性地结合到第二下部径向磁体的外侧横向面上，并且被磁性地结合到第二下部轴向磁体的外侧横向上。

5. 如权利要求 1 所述的永磁体组件，其特征在于，第一上部径向永磁体组件、第二上部径向永磁体组件、第一中心轴向永磁体组件、第二中心轴向永磁体组件、第一下部径向永磁体组件、以及第二下部径向永磁体组件每一个都具有六个实质上的平面。

6. 一种永磁体组件，包括：

上部径向永磁体，其形成具有六个或更多个面的弧形体，所述面包括与基本上为平面的下部面大致平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面；

上部径向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通离开的面，其外侧径向面是磁通进入的面，其上部和下部面是与磁通平行的面；

下部径向永磁体，其形成具有六个或更多个面的弧形体，所述面包括与基本上为平面的下部面大致平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面；

下部径向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通进入的面，其外侧径向面是磁通离开的面，其上部和下部面是与磁通平行的面；

中心轴向永磁体，其形成具有六个或更多个面的弧形体，所述面包括与基本上为平面的下部面大致平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面；

中心轴向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面和外侧径向面是与磁通平行的面，其上部面是磁通离开的面，其下部面是磁通进入的面；

其中，下部径向永磁体的上部面被磁性地结合到中心轴向永磁体的下部面上；

其中，上部径向永磁体的下部面被磁性地结合到中心轴向永磁体的上部面上；

上部轴向永磁体，其形成具有六个或多个面的弧形体，所述面包括与基本上为平面的

下部面大致平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面；

上部轴向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面及其外侧径向面是与磁通平行的面，其上部面是磁通进入的面，其下部面是磁通离开的面；

其中，上部径向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到上部轴向永磁体的外侧径向面上；以及

下部轴向永磁体，其形成具有六个或更多个面的弧形体，所述面包括与基本上为平面的下部面大致平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面；

下部轴向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面及其外侧径向面是与磁通平行的面，其上部面是磁通进入的面，其下部面是磁通离开的面；

其中，下部径向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到下部永磁体的外侧径向面上；

藉此，在上部轴向永磁体的下部面的至少一部分与下部轴向永磁体的上部面的至少一部分之间形成经受高磁场的弧形间隙。

7. 如权利要求 6 所述的永磁体组件，进一步包括：

外部鞘，该外部鞘形成导磁性材料的弧形体，该弧形体具有凹入弯曲的内侧径向面，该凹入弯曲的内侧径向面被磁性地结合到：上部径向永磁体的外侧径向面的至少一部分上、中心轴向永磁体的外侧径向面的至少一部分上、以及下部径向永磁体的外侧径向面的至少一部分上。

8. 如权利要求 7 所述的永磁体组件，进一步包括：

上部鞘，该上部鞘形成导磁性材料的弧形体，该弧形体具有基本上为平面的底面，该底面被磁性地结合到上部径向永磁体的上部面的至少一部分及上部轴向永磁体的上部面的至少一部分上；以及

下部鞘，该下部鞘形成导磁性材料的弧形体，该弧形体具有基本上为平面的上部面，该上部面被磁性地结合到下部径向永磁体的下部面的至少一部分及下部轴向永磁体的下部面的至少一部分上。

9. 如权利要求 8 所述的永磁体组件，进一步包括：

上部极靴，其形成导磁性材料的弧形体，该弧形体具有基本上为平面的上部面，该上部面被磁性地结合到上部轴向永磁体的下部面的至少一部分上；以及

下部极靴，其形成导磁性材料的弧形体，该弧形体具有基本上为平面的下部面，该下部面被磁性地结合到下部轴向永磁体的上部面的至少一部分上。

10. 如权利要求 6 所述的永磁体组件，进一步包括：

上部鞘，该上部鞘形成导磁性材料的弧形体，该弧形体具有基本上为平面的底面，该底面被磁性地结合到上部径向永磁体的上部面的至少一部分及上部轴向永磁体的上部面的至少一部分上；以及

下部鞘，该下部鞘形成导磁性材料的弧形体，该弧形体具有基本上为平面的上部面，该上部面被磁性地结合到下部径向永磁体的下部面的至少一部分及下部轴向永磁体的下部面的至少一部分上。

11. 一种永磁体组件，包括：

第一上部径向永磁体和第二上部径向永磁体；

每个上部径向永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横向面相对的第一横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面，其中，其上部面和下部面、其内侧和外侧径向面以及其第一和第二横向面基本上是正交的；

每个上部径向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通进入的面，其外侧径向面是磁通离开的面，其第一和第二横向面是与磁通平行的面，其上部面和下部面是与磁通平行的面；

并且其中，第一上部径向永磁体的内侧径向面被导磁性材料的板连接到第二上部径向永磁体的内侧径向面上；

第一上部轴向永磁体和第二上部轴向永磁体；

每个上部轴向永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横向面相对的第一横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面，其中，其上部面和下部面、其第一和第二横向面以及其内侧和外侧径向面基本上是正交的；

每个上部轴向永磁体具有磁化矢量，其中，其上部面是磁通进入的面，其下部面是磁通离开的面，其第一和第二横向面是与磁通平行的面，其内侧和外侧径向面是与磁通平行的面；

其中，第一上部轴向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一上部径向永磁体的外侧径向面上；

其中，第二上部轴向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第二上部径向永磁体的外侧径向面上；

第一下部径向永磁体和第二下部径向永磁体；

每个下部径向永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横向面相对的第一横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面，其中，其上部面和下部面、其内侧和外侧径向面、其第一和第二横向面是基本上正交的；

每个下部径向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通离开的面，其外侧径向面是磁通进入的面，其第一和第二横向面是与磁通平行的面，并且其上部面和下部面是与磁通平行的面；

并且其中，第一下部径向永磁体的内侧径向面被导磁性材料的板连接到第二下部径向永磁体的内侧径向面上；

第一下部轴向永磁体和第二下部轴向永磁体；

每个下部轴向永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横向面相对的第一横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面，其中，其上部面和下部面、其第一和第二横向面以及其内侧和外侧径向面是基本上正交的；

每个下部轴向永磁体具有磁化矢量，其中，其上部面是磁通进入的面，其下部面是磁通离开的面，其第一和第二横向面是与磁通平行的面，其内侧和外侧径向面是与磁通平行的

面；

其中，第一下部轴向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一下部径向永磁体的外侧径向面上；

其中，第二下部轴向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第二下部径向永磁体的外侧径向面上；

中心轴向永磁体，其形成具有和下部面相对的上部面的立体；

该中心轴向永磁体具有磁化矢量，其中，其上部面是磁通离开的面，其下部面是磁通进入的面；

其中，该中心轴向永磁体的上部面的至少一部分被磁性地结合到第一上部径向永磁体的下部面的至少一部分和第二上部径向永磁体的下部面的至少一部分上；

其中，中心轴向永磁体的下部面的至少一部分被磁性地结合到第一下部径向永磁体的上部面的至少一部分和第二下部径向永磁体的上部面的至少一部分上；

藉此，在第一上部轴向永磁体的下部面的至少一部分与第一下部轴向永磁体的上部面的至少一部分之间形成经受高磁场的第一间隙，在第二上部轴向永磁体的下部面的至少一部分与第二下部轴向永磁体的上部面的至少一部分之间形成经受高磁场的第二间隙。

12. 如权利要求 11 所述的永磁体组件，进一步包括：

第一上部径向阻断永磁体、第二上部径向阻断永磁体、第一下部径向阻断永磁体、第二下部径向阻断永磁体；

每个径向阻断永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横端面基本上平行并且相对的第一横端面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面，其中，其上部面和下部面、第一和第二横端面以及内侧和外侧径向面是基本上正交的；

每个上部径向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通离开的面，其外侧径向面是磁通进入的面，其第一和第二横端面是与磁通平行的面，其上部面和下部面是与磁通平行的面；

每个下部径向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通进入的面，其外侧径向面是磁通离开的面，其第一和第二横端面是与磁通平行的面，其上部面和下部面是与磁通平行的面；

其中，第一上部径向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的外侧径向面上；

其中，第二上部径向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第二上部轴向永磁体的外侧径向面上；

其中，第一下部径向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的外侧径向面上；以及

其中，第二下部径向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第二下部轴向永磁体的外侧径向面上。

13. 如权利要求 11 所述的永磁体组件，进一步包括：第一上部横向阻断永磁体、第二上部横向阻断永磁体、第一下部横向阻断永磁体、以及第二下部横向阻断永磁体；

每个横向阻断永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述实质上的

平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横向面基本上平行并且相对的第一横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部 and 下部面、其第一和第二横向面以及其内侧和外侧径向面基本上是正交的;

每个上部横向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通离开的面,其外侧径向面是磁通进入的面,其第一和第二横向面是与磁通平行的面,其上部 and 下部面是与磁通平行的面;

每个下部横向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁体进入的面,其外侧径向面是磁通离开的面,其第一和第二横向面是与磁通平行的面,其上部 and 下部面是与磁通平行的面;

其中,第一上部横向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一上部径向永磁体的第一横向面的至少一部分和第二上部径向永磁体的第一横向面的至少一部分上;

其中,第二上部横向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一上部径向永磁体的第二横向面的至少一部分和第二上部径向永磁体的第二横向面的至少一部分上;

其中,第一下部横向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一下部径向永磁体的第一横向面的至少一部分和第二下部径向永磁体的第一横向面的至少一部分上;以及

其中,第二下部横向阻断永磁体的内侧径向面被磁性地结合到第一下部径向永磁体的第二横向面的至少一部分和第二下部径向永磁体的第二横向面的至少一部分上。

14. 如权利要求 11 所述的永磁体组件,进一步包括:

上部鞘,该上部鞘形成导磁性材料的立体,所述立体具有基本上为平面的底面,该底面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的上部面的至少一部分、第一上部径向永磁体的上部面的至少一部分、第二上部径向永磁体的上部面的至少一部分、以及第二上部轴向永磁体的上部面的至少一部分上;以及

下部鞘,该下部鞘形成导磁性材料的立体,所述立体具有基本上为平面的上部面,该上部面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的下部面的至少一部分、第一下部径向永磁体的下部面的至少一部分、第二下部径向永磁体的下部面的至少一部分、以及第二下部轴向永磁体的下部面的至少一部分上。

15. 如权利要求 11 所述的永磁体组件,进一步包括:

第一上部极靴,其形成导磁性材料的立体,所述立体具有基本上为平面的上部面,该上部面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的下部面的至少一部分上;

第二上部极靴,其形成导磁性材料的立体,所述立体具有基本上为平面的上部面,该上部面被磁性地结合到第二上部轴向永磁体的下部面的至少一部分上;

第一下部极靴,其形成导磁性材料的立体,所述立体具有基本上为平面的下部面,该下部面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的上部面的至少一部分上;以及

第二下部极靴,其形成导磁性材料的立体,所述立体具有基本上为平面的下部面,该下部面被磁性地结合到第二下部轴向永磁体的上部面的至少一部分上。

16. 一种永磁体组件,包括:

外部轴向永磁体,其形成弧形体,该弧形体具有六个或更多个面,所述面包括与基本上为平面的下部面大致上平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面;

所述外部轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其上部面是磁通离开的面,其下部面是磁通进入的面,其内侧和外侧径向面是与磁通平行的面,其第一和第二周向端面是与磁通平行的面;

内部轴向永磁体,其形成弧形体,该弧形体具有六个或更多个面,所述面包括与基本上为平面的下部面大致上平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面;

所述内部轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其上部面是磁通进入的面,其下部面是磁通离开的面,其内侧和外侧面是与磁通平行的面,其第一和第二周向端面是与磁通平行的面;

中心径向永磁体,其形成弧形体,该弧形体具有六个或更多个面,所述面包括与基本上为平面的下部面相对的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、第一和第二周向端面;

所述中心径向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通进入的面,其外侧径向面是磁通离开的面,其上部和下部面是与磁通平行的面,其第一和第二周向端面是与磁通平行的面;

其中,外部轴向永磁体的内侧径向面被磁性地结合到中心径向永磁体的外侧径向面上;

其中,内部轴向永磁体的外侧径向面被磁性的结合到中心径向永磁体的内侧径向面上;

外部径向永磁体,其形成弧形体,该弧形体具有六个或更多个面,所述面包括与基本上为平面的下部面大致上平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面;

外部径向永磁体具有磁化矢量,其中,其上部和下部面是与磁通平行的面,其内侧径向面是磁通离开的面,其外侧径向面是磁通进入的面,其第一和第二周向端面是与磁通平行的面;

其中,外部径向永磁体的下部面的至少一部分被磁性地结合到外部轴向永磁体的上部面上;

内部径向永磁体,其形成弧形体,该弧形体具有六个或更多个面,所述面包括与基本上为平面的下部面大致上平行并且相对的基本上为平面的上部面、与凸出弯曲的外侧径向面相对的凹入弯曲的内侧径向面、以及第一和第二周向端面;

所述内部径向永磁体具有磁化矢量,其中,其上部和下部面是与磁通平行的面,其内侧径向面是磁通离开的面,其外侧径向面是磁通进入的面,其第一和第二周向端面是与磁通平行的面;

其中,内部径向永磁体的下部面的至少一部分被磁性地结合到内部轴向永磁体的上部面上;

藉此,在外部径向永磁体的内部径向面的至少一部分与内部径向永磁体的外部径向面的至少一部分之间形成经受高磁场的弧形间隙。

17. 如权利要求 16 所述的永磁体组件,其特征在于,所述中心径向永磁体在其内侧径向面与其上部面之间具有内部倒角,在其外侧径向面与其上部面之间具有外部倒角。

18. 如权利要求 16 所述的永磁体组件,进一步包括:

外部鞘,其形成导磁性材料的立体,所述立体具有凹入的内侧径向面,该面被磁性地结合到外部径向永磁体的外侧径向面的至少一部分和外部轴向永磁体的外侧径向面的至少一部分上;

底部鞘,其形成导磁性材料的立体,所述立体具有基本上为平面的上部面,该上部面被磁性地结合到内部轴向永磁体的下部面的至少一部分、中心径向永磁体的下部面的至少一部分、以及外部轴向永磁体的下部面的至少一部分上;以及

内部鞘,其形成导磁性材料的立体,所述立体具有凸出的外侧径向面,该面被磁性地结合到内部径向永磁体的内侧径向面的至少一部分和内部轴向永磁体的内侧径向面的至少一部分上。

19. 如权利要求 16 所述的永磁体组件,进一步包括:

内部极靴,其形成导磁性材料的弧形体,所述弧形体具有凹入的内侧径向面,该面被磁性地结合到内部径向永磁体的外侧径向面的至少一部分上;以及

外部极靴,其形成导磁性材料的弧形体,所述弧形体具有凸出的外侧径向面,该面被磁性地结合到外部径向永磁体的内侧径向面的至少一部分上。

20. 如权利要求 19 所述的永磁体组件,其特征在于,中心径向永磁体在其内侧径向面与其上部面之间具有内部倒角,其中,内部极靴被磁性地结合到该内部倒角上,并且,中心径向永磁体在其外侧径向面与其上部面之间具有外部倒角,其中,外部极靴被磁性地结合到该外部倒角上。

21. 一种永磁体组件,包括:

第一上部较大径向永磁体和第二上部较大径向永磁体;

每个上部较大径向永磁体形成多面体,该多面体具有七个或更多个实质上的平面,所述实质上的平面包括与五边的下部面基本上平行并且相对的五边的上部面、与第二横向面基本上平行并且相对的第一横向面、与内侧径向面相对的第一外侧径向面和第二外侧径向面,其中,其上部面和下部面、其内侧径向面、以及其第一和第二横向面是基本上正交的;

每个上部较大径向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通至少部分进入的面,其外侧径向面是磁通至少部分离开的面,其第一和第二横向面是与磁通平行的面,其上部面和下部面是与磁通平行的面;

并且其中,第一上部较大径向永磁体的内侧径向面被导磁性材料的板连接到第二上部较大径向永磁体的内侧径向面上;

第一上部轴向永磁体和第二上部轴向永磁体;

每个上部轴向永磁体形成多面体,该多面体具有八个或更多个实质上的平面,所述平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、第一内侧径向面和第二内侧径向面、与第二横向面相对的第一横向面、以及第一外侧径向面和第二外侧径向面,

每个上部轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面、其横向面、以及其外侧径向面是与磁通平行的面,其中,上部面是磁通进入的面,下部面是磁通离开的面;

其中,第一上部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的第一内侧径向面上,第一上部较大径向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的第二内侧径向面上;

其中,第二上部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第二上部轴向永磁体的第一内侧径向面上,第二上部较大径向磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第二上部轴向永磁体的第二内侧径向面上;

第一下部较大径向永磁体和第二下部较大径向永磁体;

每个下部较大径向永磁体形成多面体,该多面体具有七个或更多个实质上的平面,所述平面包括与五边的下部面基本上平行并且相对的五边的上部面、与第二横端面基本上平行并且相对的第一横端面、与内侧径向面相对的第一外侧径向面和第二外侧径向面,其中,其上部和下部面、其内侧径向面、其第一和第二横端面是基本上正交的;

每个下部较大径向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通至少部分离开的面,其外侧径向面是磁通至少部分进入的面,其第一和第二横端面是与磁通平行的面,其上部和下部面是与磁通平行的面;

并且其中,第一下部较大径向永磁体的内侧径向面被导磁性材料的板连接到第二下部较大径向永磁体的内侧径向面上;

第一下部轴向永磁体和第二下部轴向永磁体;

每个下部轴向永磁体形成多面体,该多面体具有八个或更多个实质上的平面,所述平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、第一内侧径向面和第二内侧径向面、与第二横端面相对的第一横端面、以及第一外侧径向面和第二外侧径向面,

每个上部轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面、其横端面、以及其外侧径向面是与磁通平行的面,其中,上部面是磁通进入的面,下部面是磁通离开的面;

其中,第一下部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的第一内侧径向面上,第一下部较大径向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的第二内侧径向面上;

其中,第二下部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第二下部轴向永磁体的第一内侧径向面上,第二下部较大径向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第二下部轴向永磁体的第二内侧径向面上;

中心轴向永磁体,其形成具有与下部面相对的上部面的立体;

中心轴向永磁体具有磁化矢量,其中,其上部面是磁通离开的面,其下部面是磁通进入的面;

其中,中心轴向永磁体的上部面的至少一部分被磁性地结合到第一上部较大径向永磁体的下部面的至少一部分、以及第二上部较大径向永磁体的下部面的至少一部分上;

其中,中心轴向永磁体的下部面的至少一部分被磁性地结合到第一下部较大径向永磁体的上部面的至少一部分、以及第二下部较大径向永磁体的上部面的至少一部分上;

藉此,在第一上部轴向永磁体的下部面的至少一部分与第一下部轴向永磁体的上部面的至少一部分之间形成经受高磁场的第一间隙,在第二上部轴向永磁体的下部面的至少一部分与第二下部轴向永磁体的上部面的至少一部分之间形成经受高磁场的第二间隙。

22. 如权利要求 21 所述的永磁体组件,进一步包括:

第一、第二、第三和第四上部径向阻断永磁体,以及第一、第二、第三和第四下部径向阻断永磁体;

每个径向阻断永磁体形成矩形块,所述矩形块具有六个实质上的平面,所述实质上的

平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横向面基本上平行并且相对的第一横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部 and 下部面、其第一和第二横向面、以及其内侧和外侧径向面是基本上正交的;

每个上部径向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通离开的面,其外侧径向面是磁通进入的面,其第一和第二横向面是与磁通平行的面,其上部 and 下部面是与磁通平行的面;

每个下部径向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧径向面是磁通进入的面,其外侧径向面是磁通离开的面,其第一和第二横向面是与磁通平行的面,其上部 and 下部面是与磁通平行的面;

其中,第一上部轴向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第一上部径向阻断永磁体的内侧径向面上;

其中,第一上部轴向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第二上部径向阻断永磁体的内侧径向面上;

其中,第二上部轴向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第三上部径向阻断永磁体的内侧径向面上;

其中,第二上部轴向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第四上部径向阻断永磁体的内侧径向面上;

其中,第一下部轴向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第一下部径向阻断永磁体的内侧径向面上;

其中,第一下部轴向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第二下部径向阻断永磁体的内侧径向面上;

其中,第二下部轴向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第三下部径向阻断永磁体的内侧径向面上;

其中,第二下部轴向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第四下部径向阻断永磁体的内侧径向面上。

23. 如权利要求 22 所述的永磁体组件,进一步包括:

第一、第二、第三和第四上部横向阻断永磁体,以及第一、第二、第三和第四下部横向阻断永磁体;

每个横向阻断永磁体形成矩形块,所述矩形块具有六个实质上的平面,所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面基本上平行并且相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面,其中,其上部 and 下部面、其第一和第二横向面、以及其内侧和外侧径向面是基本上正交的;

每个上部横向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧横向面是磁通离开的面,其外侧横向面是磁通进入的面,其内侧和外侧径向面是与磁通平行的面,其上部 and 下部面是与磁通平行的面;

每个下部横向阻断永磁体具有磁化矢量,其中,其内侧横向面是磁通进入的面,其外侧横向面是磁通离开的面,其内侧和外侧径向面是与磁通平行的面,其上部 and 下部面是与磁通平行的面;

其中,第一上部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第一上部横向阻断永磁体的

内侧横向面上；

其中，第一上部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第二上部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第二上部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第三上部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第二上部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第四上部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第一下部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第一下部横向阻断永磁体的内侧横面上；

其中，第一下部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第二下部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第二下部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第三下部横向阻断永磁体的内侧横向面上；并且

其中，第二下部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第四下部横向阻断永磁体的内侧横向面上。

24. 如权利要求 23 所述的永磁体组件，进一步包括：

第一、第二、第三和第四上部较小径向永磁体，以及第一、第二、第三和第四下部较小径向永磁体，其中，较小径向永磁体的体积比较大径向永磁体的体积小；

每个较小径向永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述实质上的平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与第二横向面基本上平行并且相对的第一横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面，其中，其上部和下部面、其第一和第二横向面、以及其内侧和外侧径向面是基本上正交的；

每个上部较小径向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通进入的面，其外侧径向面是磁通离开的面，其第一和第二横向面是与磁通平行的面，其上部和下部面是与磁通平行的面；

每个下部较小径向永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧径向面是磁通离开的面，其外侧径向面是磁通进入的面，其第一和第二横向面是与磁通平行的面，其上部和下部面是与磁通平行的面；

其中，第一上部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第一上部较小径向永磁体的内侧径向面上，第一上部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的第一内侧径向面上；

其中，第一上部较大径向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第二上部较小径向永磁体的内侧径向面上，第二上部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第一上部轴向永磁体的第二内侧径向面上；

其中，第二上部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第三上部较小径向永磁体的内侧径向面上，第三上部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第二上部轴向永磁体的第一内侧径向面上；

其中，第二上部较大径向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第四上部较小径向永磁体的内侧径向面上，第四上部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第二上部

轴向永磁体的第二内侧径向面上；

其中，第一下部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第一下部较小径向永磁体的内侧径向面上，第一下部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的第一内侧径向面上；

其中，第一下部较大径向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第二下部较小径向永磁体的内侧径向面上，第二下部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第一下部轴向永磁体的第二内侧径向面上；

其中，第二下部较大径向永磁体的第一外侧径向面被磁性地结合到第三下部较小径向永磁体的内侧径向面上，第三下部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第二下部轴向永磁体的第一内侧径向面上；

其中，第二下部较大径向永磁体的第二外侧径向面被磁性地结合到第四下部较小径向永磁体的内侧径向面上，第四下部较小径向永磁体的外侧径向面被磁性地结合到第二下部轴向永磁体的第二内侧径向面上；

藉此，第一上部较大径向永磁体被间接地磁性结合到第一上部轴向永磁体上，第二上部较大径向永磁体被间接地磁性结合到第二上部轴向永磁体上，第一下部较大径向永磁体被间接地磁性结合到第一下部轴向永磁体上，第二下部较大径向永磁体被间接地磁性结合到第二下部轴向永磁体上。

25. 如权利要求 21 所述的永磁体组件，进一步包括：

第一、第二、第三和第四上部横向阻断永磁体，以及第一、第二、第三和第四下部横向阻断永磁体；

每个横向阻断永磁体形成矩形块，所述矩形块具有六个实质上的平面，所述平面包括与下部面基本上平行并且相对的上部面、与外侧横向面基本上平行并且相对的内侧横向面、与外侧径向面基本上平行并且相对的内侧径向面，其中，其上部面和下部面、其第一和第二横向面、以及其内侧和外侧径向面是基本上正交的；

每个上部横向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧横向面是磁通离开的面，其外侧横向面是磁通进入的面，其内侧和外侧径向面是与磁通平行的面，其上部面和下部面是与磁通平行的面；

每个下部横向阻断永磁体具有磁化矢量，其中，其内侧横向面是磁通进入的面，其外侧横向面是磁通离开的面，其内侧和外侧径向面是与磁通平行的面，其上部面和下部面是与磁通平行的面；

其中，第一上部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第一上部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第一上部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第二上部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第二上部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第三上部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第二上部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第四上部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第一下部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第一下部横向阻断永磁体的

内侧横向面上；

其中，第一下部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第二下部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第二下部轴向永磁体的第一横向面被磁性地结合到第三下部横向阻断永磁体的内侧横向面上；

其中，第二下部轴向永磁体的第二横向面被磁性地结合到第四下部横向阻断永磁体的内侧横向面上。

永磁体组件

技术领域

[0001] 本发明总体涉及磁体,更详细地说,涉及适合于向环形区域提供随着时间变化的磁场的永磁体组件。

背景技术

[0002] 永磁体已经应用了很多年并且用于很多种目的。但是,永磁体的新的应用正在推动日益完善的永磁体组件的发展。能够穿过间隙产生高振幅磁场强度的永磁体组件,尤其是在磁热材料的应用中,特别使人感兴趣。接近从铁磁状态向顺磁状态转变的磁热材料当磁化时会变热,而当退磁时会冷却。将随着时间变化的磁场施加到磁热材料上的设备可以用于例如在磁致冷机中进行加热或冷却。

[0003] 穿过间隙产生磁场强度的磁体组件,通过将磁热材料移入到间隙之内和从间隙中移出,可以用于对磁热材料施加随着时间变化的磁场。例如,这可以通过相对于固定的磁体组件移动磁热材料或者通过相对于固定的磁热材料移动磁体组件来实现。

[0004] 可以通过旋转运动或者平移运动实现磁热材料相对于磁体组件的运动。一个途径(“旋转磁体”的途径)是将磁热材料配置成固定的环状(环形形状的)结构,然后,围绕该环转动永磁体。另一个途径(“转动台架”途径)是将磁热材料配置成部分地被固定的永磁体组件所围绕的环状结构,然后转动包含磁热材料的环状结构。因此,对于包括但并不局限于磁致冷机的应用而言,永磁体组件特别适合于对所关注的环状区域提供随着时间变化的磁场。

发明内容

[0005] 根据本发明的永磁体组件适合于穿过空气间隙产生强的磁场,并且对具有中心轴线的环形区域提供随着时间变化的磁场,而且,将这种组件的体积、质量和制造成本最小化。根据本发明的永磁体组件特别适合于转动台架或者旋转磁体磁致冷机。

[0006] 例如,根据本发明的永磁体组件可以持续地从一侧接近空气间隙或环形区域。这能够在磁体组件旋转时,使诸如包含磁热材料和传热流体管道的台架等磁致冷机的部件被固定并位于空气间隙或者环形区域内。或者,可以将磁体组件制成固定的,而诸如包含磁热材料和传热流体管道的台架等磁致冷机的部件在环形区域内旋转。

[0007] 根据本发明的永磁体组件,包括多个用烧结的磁性材料制造的磁体块,每个磁体块具有自己的磁场矢量。将磁体块被定位成指向在组件内的磁通线的路径,所述磁通线的路径沿着跨越所结合的空气间隙的回路。

[0008] 为了降低制造成本,根据本发明的永磁体组件,通过减少对于精确加工永磁体的需要,可以利用尽可能地接近于它们的烧结形式的磁体块,以便将切割和研磨操作的数目降低到最低限度,并减少废弃材料的量。这种磁体组件的某些或者全部永磁体部分可以是具有矩形截面的圆弧状的,或者基本上是矩形的,在其中的任何一种情况下,都具有正交的磁化矢量,以便将生产成本最小化。这种几何形状尤其可以适合于利用目前的压制方法制

造烧结的 NdFeB 磁体,其相对少的数目的磁体匹配面可以减少精确研磨操作的次数,否则的话会要求这种精确的研磨操作。

[0009] 根据本发明的永磁体组件可以包括一个或多个特征,以便优化该组件,用于特殊的用途。根据本发明的永磁体组件可以包括一个或多个极靴,例如,以便将磁通聚焦和集中到空气间隙中。根据本发明的永磁体组件可以包括一个或多个阻断磁体,例如,用于集中磁通并将杂散磁通最小化。根据本发明的永磁体组件可以包括磁通屏蔽套或者一个或多个磁通屏蔽鞘,例如,用于将在磁通回路外面的磁通损失最小化。

[0010] 用于根据本发明的磁体组件中的精确加工的结构,例如在高磁场下围绕着间隙的极靴可以具有这样的表面,即,所述表面得益于精密的公差,允许这些表面和诸如磁热材料的容器等磁致冷机的其它部件紧密地套装在一起。通过形成导磁性材料的诸如极靴等要求精确加工的结构,并且将这些精确加工的结构可操作地结合到矩形永磁体部分上,可以减少或者避免永磁材料的精确加工。

[0011] 根据本发明的永磁体组件可以提供轴向间隙磁通(沿着平行于环形区域的中心轴线的方向通过空气间隙的磁通)。在这种提供轴向间隙磁通的永磁体组件中,既可以利用内部磁通返回路线(位于环形区域的内部),也可以利用外部磁通路线(位于环形区域的外部)。

[0012] 或者,这种永磁体组件可以提供径向间隙磁通(沿着垂直于环形区域的中心轴线的方向通过空气间隙的磁通)。在提供径向间隙磁通的这种永磁体组件中,既可以利用上部磁通返回路线(位于环形区域的上部),也可以利用下部磁通路线(位于环形区域的下部)。

[0013] 根据本发明的永磁体组件的一个优选实施例提供具有外部磁通返回路线的轴向间隙磁通,并且包括直线段结构特征。本优选实施例包括两个上部径向永磁体、两个下部径向永磁体、两个中心轴向永磁体,与围绕空气间隙的两个上部轴向永磁体和两个下部轴向永磁体一起配置形成磁回路,使得空气间隙经受高的轴向磁场。尽管并非是必须的,该优选的实施例可以包括上部和下部周向阻断磁体和上部及下部径向阻断磁体,在不明显增加成本的情况下,可以改善磁场的发生特性。

[0014] 根据本发明的另外一种可供选择的永磁体组件提供带有外部磁通返回路线的轴向间隙磁通,并包括具有矩形截面的弧形弯曲的块状磁体。这种可供选择的永磁体组件包括:弧形中心轴向永磁体、弧形上部 and 下部径向永磁体、以及围绕弧形空气间隙的弧形上部和下部轴向永磁体,它们配置形成磁路,使得空气间隙经受高的轴向磁场。

[0015] 根据本发明的不同的永磁体组件,具有两个处于具有轴向间隙磁通的高磁场下的空气间隙、内部磁通返回路线、以及基本上直的结构特征。该永磁体组件包括:中心轴向永磁体、第一和第二上部径向永磁体、第一和第二下部径向永磁体、围绕第一空气间隙的第一上部轴向永磁体和第一下部轴向永磁体、以及围绕第二空气间隙的第二上部轴向永磁体和第二下部轴向永磁体,它们配置形成两个磁回路,使得两个空气间隙经受高的轴向磁场。

[0016] 根据本发明的另外一种永磁体组件提供带有下部磁通返回路线的径向间隙磁通,并且包括具有矩形截面的弧形弯曲块状磁体。这种永磁体组件包括弧形中心径向磁体、内部和外部弧形轴向磁体,以及围绕弧形空气间隙的内部和外部弧形径向磁体,它们配置形成磁回路,使得空气间隙经受高的径向磁场。

[0017] 根据本发明的永磁体组件对于应用在磁致冷装置中而言特别令人感兴趣。在美国专利 U. S. Pat. Nos. 6, 526, 759 和 6, 668, 560 中给出了典型的利用旋转运动的磁致冷装置, 通过引用将所述专利文献的内容结合到本说明书中。

[0018] 通过下面结合附图所进行的详细说明, 本发明的进一步的目的、特征和优点将会变得更加清楚。

附图说明

[0019] 图 1 是根据本发明的永磁体组件的优选实施例的俯视透视图, 该组件具有轴向间隙磁通、外部磁通返回路线、以及直线段结构特征;

[0020] 图 2 是图 1 所示的永磁体组件的仰视透视图;

[0021] 图 3 是沿着图 1 的 3-3 线截取的图 1 所示的永磁体组件的剖视图;

[0022] 图 4 是根据本发明的永磁体组件的一个实施例的透视图, 该组件具有轴向间隙磁通、外部磁通返回路线、以及弯曲的结构特征;

[0023] 图 5 是沿着图 4 的 5-5 线截取的图 4 所示的永磁体组件的剖视图;

[0024] 图 6 是根据本发明的永磁体组件的一个实施例的透视图, 该组件具有两个处于带有轴向间隙磁通的高磁场下的空气间隙、内部磁通返回路线、以及大体上直的结构特征;

[0025] 图 7 是沿着图 6 的 7-7 线截取的图 6 所示的永磁体组件的剖视图;

[0026] 图 8 是根据本发明的永磁体组件的一个实施例的透视图, 所示组件具有径向间隙磁通、下部磁通返回路线、以及弯曲的结构特征;

[0027] 图 9 是沿着图 8 的 9-9 线截取的图 8 所示的永磁体组件的剖视图;

[0028] 图 10 是本发明的具有简单的阵列结构的永磁体组件的剖视图;

[0029] 图 11 是根据本发明的永磁体组件的剖视图, 所述组件具有简单的阵列结构, 该结构带有简单的外部鞘;

[0030] 图 12 是根据本发明的永磁体组件的剖视图, 所述组件具有简单的阵列结构, 该结构带有复杂的外部鞘;

[0031] 图 13 是根据本发明的永磁体组件的剖视图, 所述组件具有简单的阵列结构, 该结构带有锥形的极靴;

[0032] 图 14 是根据本发明的永磁体组件的剖视图, 所述组件具有简单的阵列结构, 该结构带有阻断磁极;

[0033] 图 15 是根据本发明的另外一种永磁体组件的俯视透视图, 该组件具有轴向间隙磁通、内部磁通返回路线、以及在组件的每一端的 V 形的间隙区域; 以及

[0034] 图 16 是沿着图 15 的 16-16 线截取的图 15 所示的永磁体组件的剖视图。

具体实施方式

[0035] 参照图 1、2、4、6 和 8, 提供包括永磁体部分的三维永磁体组件的透视图。为了便于制造, 每一个永磁体部分形成具有多个表面的多面体、具有矩形或正方形截面的弧形体、或者用最少数目的直线切割而形成的上述这些形状的稍稍变形的形状。将每一个永磁体部分磁化, 其磁化方向 (磁化矢量) 通常基本上平行于或者基本上垂直 (正交) 于该永磁体部分的一个特定的面。举例来说, 具有磁北极端和磁南极端的典型的条形磁体具有基本上平

行于沿着条形磁体长度的四个面的磁化矢量和基本上正交于端部处的两个相对面的磁化矢量。

[0036] 为了充分地描述这里所揭示的永磁体组件的各种实施例,附图将会表示出永磁体部分的磁化矢量的方向。从而,这里,在附图,只要是可能的话,永磁体部分的每一个暴露面都包括有标记,所述标记指示出该永磁体部分相对于该表面的磁化矢量的大致方向。

[0037] 例如,这里,将永磁体部分的基本上平行于永磁体部分中的磁化矢量的面称为“与磁通平行”的面。在永磁体部分的面上的箭头表示该面是与磁通平行的表面,在该永磁体部分中的磁化矢量指向箭头的方向。在这种与磁通平行的面上,按照惯例但并不作为一种限制,可以将箭头的尖端看作是磁化矢量的北极端,将箭头的尾部看作是磁化矢量的南极端。

[0038] 类似地,永磁体部分的面上的 X 表示在该永磁体部分中的磁化矢量指向该永磁体部分内。记住这一点的一个方便的方法是,将 X 看成是进入该表面内的箭头的尾部上的翎毛。按照惯例而不是作为一种限制,可以将带有 X 的永磁体部分的面看作是该永磁体部分的南极端。如果磁化矢量大致垂直于该面,这里,将该面称为“磁通进入”的面。如果磁化矢量相对于该面成锐角(小于 90 度),这里将该面称为“磁通部分进入”的面。这里,术语“磁通至少部分进入的面”包括磁通进入的面和磁通部分进入的面。

[0039] 进而,永磁体部分的面上的中心带点的○表示指向该永磁体部分的外部的磁化矢量。可以通过将中心带点的○想象成代表箭头的尖端从该面上射出来记住。按照惯例但并不是作为限制,可以把具有中心带点的○的永磁体部分的面看作是该永磁体部分的北极端。这里,如果磁化矢量大致垂直于该面,将该面称为“磁通离开”的表面。这里,如果磁化矢量与 2 该面成锐角(小于 90 度),将该面称为“磁通部分离开”的表面。术语“磁通至少部分离开的面”在这里包括磁通离开的面和磁通部分离开的面。

[0040] 进而,应当理解,任何特定永磁体部分的磁化矢量的所述方向是该永磁体部分在隔绝的情况下的磁化矢量。当该永磁体部分与具有不同磁化矢量的其它永磁体部分结合以形成复合的永磁体组件时,当然磁通的方向将会移动。

[0041] 最后,图 3、5、7、9 和 10-14 的剖视图包括永磁体部分的横截面。在这些图中所示的永磁体部分中,磁化矢量近似地平行于横截面的平面,永磁体部分的每一个的横截面都带有指示在该部分中的磁化矢量的箭头。按照惯例而不作为限制,可以将箭头的尖端看作是磁化矢量的北极端,把箭头的尾部看作是磁化矢量的南极端。

[0042] 举例来说,将上面描述的惯例应用于典型的形成具有北极端和南极端的细长矩形的条形磁体,沿着该条形磁体的长度的四个面都是与磁通平行的面,其上带有从南极端指向北极端的箭头,位于北极端的端面是带有中心带点的○的磁通离开的表面,在南极端的端面是带有 X 的磁通进入的表面。

[0043] 当然,只要以相同的方式看待附图中的所有箭头,也可以将上述惯例颠倒过来,从而箭头的尖端将表示南极端,箭头的尾部将表示北极端, X 将表示指向面外的磁化矢量,带点的○表示指向面内的磁化矢量。

[0044] 这里所揭示的根据本发明的永磁体组件的各种实施例的包括阻断磁体的永磁体部分,可以由任何适合的永磁体材料形成,例如,由商标为 Neomax50 的日本 Sumitomo Special Metals 出售的类型的材料形成,或者由合适的材料的组合形成。

[0045] 导磁部分,例如极靴、磁通屏蔽套或者磁通屏蔽鞘可以由任何适合的导磁材料形

成,例如,由诸如具有传输磁通的能力的低碳钢等结构合金形成,或者由商标为 Permendur 2V 的美国公司 High TempMetals of Califoenia, USA 出售的材料等供磁体中使用的专门的导磁性材料形成,或者由适合的材料组合形成。

[0046] 现转到附图,图 1 是根据本发明的永磁体组件的优选实施例的俯视透视图,该永磁体组件总体由 20 表示。永磁体组件 20 包围处于高磁场下的具有矩形横截面 22 的空气间隙 21。永磁体组件 20 适合于围绕旋转轴线 23 旋转,从而,空气间隙 21 扫过具有矩形横截面 22 的环形区域 24。环形区域 24 的一部分在图 1 中用虚线表示。

[0047] 永磁体组件 20 的空气间隙 21 对应于环形区域 24 的一部分的直线段的近似,覆盖约 120 度的弧长。尽管空气间隙 21 的截面优选是矩形的,但这并不是必须的,也可以采用其它形状。类似地,弧的长度可以大于或小于 120 度。

[0048] 该永磁体组件 20 被说成是具有轴向间隙磁通,这是因为通过该空气间隙 21 的磁通的方向平行于旋转轴线 23。该永磁体组件 20 还被说成是具有外部磁通返回路线,这是因为在穿过该空气间隙 21 之后,磁通通过空气间隙 21 的半径外侧的路线(从旋转轴线 23)返回。也可以说永磁体组件 20 具有直线段的结构特征,这是因为它由只具有直边而不带有弯曲表面的块形成。

[0049] 永磁体组件 20 优选完全由烧结材料的矩形块形成,该矩形块带有不超过一个的对角接缝。利用这种结构,任何预装配研磨操作都在平坦的表面上进行,从而简化制造过程。

[0050] 永磁体组件 20 包括第一上部径向磁体部分 30,该磁体部分 30 形成六面的多面体并具有基本上沿着径向方向(垂直于旋转轴线 23)延伸的磁化矢量。上部径向磁体部分的上部暴露面 31 优选呈梯形的形状。上部暴露面 31 由较大的平行边缘 32、较小的平行边缘 33、外侧边缘 34 和内侧边缘 35 限定。上部径向磁体部分 30 具有第二梯形面(在图 1 是隐藏的),该第二梯形面在上部暴露面 31 的正下方,与上部暴露面 31 相对并平行,具有与上部暴露的表面 31 近似相同的梯形形状。上部暴露的表面 31 和平行的第二梯形表面都是与磁通平行的表面。

[0051] 上部径向磁体部分 30 具有内侧的横向表面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从上部暴露面 31 的内侧边缘 35 向下延伸到平行的第二梯形面的对应的边缘。上部径向磁体部分 30 具有与内侧横向面相对的外侧横向表面(在图中是隐藏的),其形状接近矩形,并从其上部暴露面 31 的外侧边缘 34 向下延伸到平行的第二梯形面的对应的边缘。

[0052] 上部径向磁体部分具有内侧径向面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,从上部暴露面 31 的较小的平行边缘 33 向下延伸到平行第二梯形面的对应的边缘。上部径向磁体部分 30 具有与内侧径向面相对的外侧径向面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从其上部暴露面 31 的较大的边缘 32 向下延伸到平行的第二梯形面的对应的边缘。如图 3 最清楚地表示的那样,外侧径向面是磁通进入的面,内侧径向面是磁通离开的面。

[0053] 永磁体组件 20 包括具有内侧边缘 37 的第二上部径向磁体部分 36。第二上部径向磁体部分 36 的上部暴露面是梯形的,且形成第一上部径向磁体部分 30 的上部暴露面 31 的镜像(沿着其内侧边缘 37)的形状。和第一上部径向磁体部分类似,第二上部径向磁体部分 36 具有第二梯形面(在图 1 中是隐藏的),该第二梯形面与上部暴露面平行、相对、并且位于其正下方。

[0054] 和第一上部径向磁体部分 30 类似,第二上部径向磁体部分 36 具有内侧横向面、外侧横向面、内侧径向面、外侧径向面,所有这些面在图 1 均是隐藏的,它们的形状通常与上部径向磁体部分 30 的对应的面的形状相似。和上部径向磁体部分 30 的对应的面类似,第二上部径向磁体部分的外侧径向面是磁通进入的面,其内侧径向表面是磁通离开的面。

[0055] 第一上部径向磁体部分 30,优选但并非必须地通过沿着将会成为第一上部径向磁体部分 30 的内侧边缘 35 的线、采用单一的切口切掉矩形块状的永磁体的拐角而形成。类似地,第二上部径向磁体部分 36,优选但并非必须地通过沿着将会成为第二上部径向磁体部分 36 的内侧边缘 37 的线、采用单一的切口切掉矩形块状的永磁体的拐角而形成。

[0056] 永磁体组件 20 还包括第一上部轴向磁体部分 40 和第二上部轴向磁体部分 41,它们每一个都形成六面体并具有基本上平行于旋转轴线 23 延伸的磁化矢量。第二上部轴向磁体部分 41 的上部暴露面 42 优选呈梯形形状。上部暴露面 42 由较大的平行边缘 43、较小的平行边缘 44、外侧边缘 45、内侧边缘 46 限定。上部轴向磁体部分 41 具有第二梯形面(在图 1 中是隐藏的),该第二梯形面与上部暴露面 42 相对、平行并且位于其正下方,具有和上部暴露面 42 大致相同的梯形形状。上部暴露面 42 是磁通进入的面,平行的第二梯形面是磁通离开的面。

[0057] 上部轴向磁体部分 41 具有内侧横向面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并且从上部暴露的面 42 的内侧边缘 46 向下延伸到平行的第二梯形面的对应的边缘。上部轴向磁体部分 41 具有与内侧横向面相对的外侧横向面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从上部暴露面 42 的外侧边缘 45 向下延伸到平行的第二梯形面的对应的边缘。

[0058] 上部轴向磁体部分 41 具有内侧径向面(在图 1 中是隐藏的),具有大致为矩形的形状,并且从上部暴露面 42 的较小的平行边缘 44 向下延伸到平行的第二梯形面的对应的边缘。上部轴向磁体部分 41 具有与内侧径向面相对的外侧径向面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从其上部暴露面 42 的较大的平行边缘 43 向下延伸到平行的第二梯形面的对应的边缘。

[0059] 第一上部轴向磁体部分 40 具有形成第二上部轴向磁体部分 41 的上部暴露面 42 的镜像(沿着其内侧边缘 46)形状的梯形的上部暴露面。类似于第二上部轴向磁体部分,第一上部轴向磁体部分 40 具有第二梯形面(在图 1 中是隐藏的),该第二梯形面与其上部暴露面平行、相对,位于其正下方。

[0060] 类似于第二上部轴向磁体部分 41,第一上部径向磁体部分 40 具有内侧横向面、外侧横向面、内侧径向面、外侧径向面,所有这些面在图 1 中都是隐藏的,其形成基本上和第二上部轴向磁体部分 41 的对应的面相似。与第二上部轴向磁体部分 41 的对应的面类似,第一上部轴向磁体部分 40 的梯形的上部暴露面是磁通进入的面,其平行的第二梯形面是磁通离开的面。

[0061] 第二上部轴向磁体部分 41 优选但并非必须地通过沿着将会成为第二上部轴向磁体部分 41 的内侧边缘 46 的线、采用单一的切口切掉矩形块状的永磁体的拐角而形成。类似地,第一上部轴向磁体部分 40 优选但并非必须地通过沿着将会成为第一上部轴向磁体部分 40 的内侧横向面的线、采用单一的切口切掉矩形块状的永磁体的拐角而形成。

[0062] 永磁体组件 20 优选包括第一上部周向阻断磁体部分 50 和第二上部周向阻断磁体部分 51,它们每一个都形成六面的矩形块并具有基本上沿着周向(正交于从旋转轴线 23 延

伸的半径)延伸的磁化矢量。第一上部周向阻断磁体部分 50 和第二上部周向阻断磁体部分 51 的暴露的外侧横向面是磁通进入的面。

[0063] 第一上部周向阻断磁体部分 50 和第二上部周向阻断磁体部分 51 每一个都具有内侧横向面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从这些周向阻断磁体部分的内侧边缘 52 向下延伸。第一上部周向阻断磁体部分 50 和第二上部周向阻断磁体部分 51 的被隐藏起来的内侧横向面是磁通离开的面。

[0064] 第一上部周向阻断磁体部分 50 和第二上部周向阻断磁体部分 51 优选但是并非必须地由矩形块形状的永磁体形成。

[0065] 永磁体组件 20 优选包括第一上部径向阻断磁体部分 54 和第二上部径向阻断磁体部分 55,它们的每一个均形成六面的矩形块,并具有基本上沿着径向(垂直于旋转轴线 23)延伸的磁化矢量。第一上部径向阻断磁体部分 54 和第二上部径向阻断磁体部分 55 的暴露的外部径向面是磁通进入的面。

[0066] 第一上部径向阻断磁体部分 54 和第二上部径向阻断磁体部分 55 每一个都具有内侧径向面(在图 1 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从这些上部径向阻断磁体部分的内侧边缘 56 向下延伸。第一上部径向阻断磁体部分 54 和第二上部径向阻断磁体部分 55 的被隐藏起来的内侧径向面是磁通离开的面。

[0067] 第一上部径向阻断磁体部分 54 和第二上部径向阻断磁体部分 55 优选但并非必须地通过下述方式形成:利用单一的直切口切除矩形块形状的永磁体的拐角,以形成位于第一上部径向阻断磁体部分 54 和第二上部径向阻断磁体部分 55 相遇的部位处的面。

[0068] 永磁体组件 20 包括第一中心轴向磁体部分 58 和第二中心轴向磁体部分 59,它们的每一个形成六面的多面体,具有基本上沿着轴向方向(平行与旋转轴线 23)延伸的磁化矢量。中心轴向磁体部分的上部和下部面(在图 1 中是隐藏的)其形状优选为梯形。上部梯形面是磁通离开的面,下部梯形面是磁通进入的面。

[0069] 第一中心轴向磁体部分 58 具有内侧横向面,该面与第二中心轴向磁体部分 59 的内侧横向面相遇,两个内侧横向面的形状均大致为矩形。与该内侧横向表面的相对,中心轴向磁体部分每一个都具有暴露的外侧横向面,其形状也大致为矩形。中心轴向磁体部分的每一个均具有内侧径向面(在图 1 可以部分地看到),其形状大致为矩形。与内侧径向面相对,每一个中心轴向磁体部分都具有外侧径向面(在图 1 中是隐藏的),其形状也大致为矩形。

[0070] 第一中心轴向磁体部分 58 和第二轴向中心磁体部分 59,每一个都优选但并非必须地通过下述方式形成:利用沿着将会成为每一个中心轴向磁体部分的内侧横向面的线的单一的切口,将矩形块形状的永磁体的拐角切去。

[0071] 第一中心轴向磁体部分 58 和第二轴向中心磁体部分 59 为通过空气间隙 21 的磁通提供返回路线。优选地,第一中心轴向磁体部分 58 和第二中心轴向磁体部分 59 具有和空气间隙 21 相同的竖直尺寸,以便于制造和组装,并且优选将其离开空气间隙 21 足够的距离地形成及配置在外部,以便防止间隙的磁通分流到磁通返回路线内。

[0072] 图 2 是图 1 所示的永磁体组件的仰视透视图。如图 2 清楚地表示的那样,永磁体组件 20 包括第一下部径向磁体部分 60 和第二下部径向磁体部分 61。这些下部径向磁体部分通常成形为和上部径向磁体部分 30 和 36 类似的形状,同样也优选通过利用单一的切口

将矩形块状的永磁体的拐角切掉来形成。如图 3 最清楚地表示的那样,下部径向磁体部分的磁化矢量指向与对应的上部径向磁体部分中的磁化矢量相反的方向。

[0073] 类似地,如图 2 最清楚地表示的那样,永磁体组件 20 包括第一下部轴向磁体部分 63 和第二下部轴向磁体部分 64。这些下部轴向磁体部分通常形成类似于上部轴向磁体部分 40 和 41 的形状,并且也优选通过利用单一的切口将矩形块状的永磁体的拐角切掉来形成。如图 3 最清楚地表示的那样,下部轴向磁体部分的磁化矢量与对应的上部轴向磁体部分中的磁化矢量指向相同的方向。

[0074] 如图 2 最清楚地表示的那样,永磁体组件 20 还优选包括第一下部周向阻断磁体部分 66 和第二下部周向阻断磁体部分 67。这些下部周向阻断磁体部分通常形成类似于上部周向阻断磁体部分 50 和 51 的形状,并且优选由单一的矩形块状永磁体形成。如图 2 所示,在下部周向阻断磁体部分中的磁化矢量指向与对应的上部周向阻断磁体部分中的磁化矢量相反的方向。

[0075] 如从图 2 中最清楚地看到的那样,永磁体组件 20 还优选包括第一下部径向阻断磁体部分 68 和第二下部径向阻断磁体部分 69。这些下部径向阻断磁体部分通常形成与上部径向阻断磁体部分 54 和 55 类似的形状,并优选地由单一的矩形块状的永磁体形成。如大概从图 3 中最清楚地看出的那样,下部周向阻断磁体部分中的磁化矢量指向与对应的上部周向阻断磁体部分中的磁化矢量相反的方向。

[0076] 图 3 是沿着图 1 的 3-3 线截取的图 1 所示的永磁体组件 20 的剖视图。图 3 的剖视图表示如何由以下部分形成磁通回路,所述部分为:下部轴向磁体部分 63、下部径向磁体部分 60、中心轴向磁体部分 58、上部径向磁体部分 30、上部轴向磁体部分 40 和处于高磁场下的空气间隙 21。

[0077] 尽管并不要求这样,但是,永磁体组件 20 优选包括周向阻断磁体部分 50、51、66 和 67 以及径向阻断磁体部分 54、55、68 和 69,以便控制处于高磁场下的空气间隙 21 外部的磁场衰减率。例如,通过增加阻断磁体部分的厚度或者通过利用更强的永磁体材料形成阻断磁体部分,增大来自于这些阻断磁体部分的磁通量,这可以提供从处于高磁场下的空气间隙 21 中的高磁场强度向永磁体组件 20 的外部的低磁场区域的更急剧的过渡。

[0078] 图 4 是根据本发明的永磁体组件 70 的另外一个实施例的透视图。永磁体组件 70 围绕处于高磁场下的具有矩形截面的空气间隙 21。尽管空气间隙 21 的截面优选是矩形的,但是这并不是必须的,也可以采用其它的形状。

[0079] 和图 1-3 的永磁体组件 20 类似,图 4 的永磁体组件 70 适合于围绕旋转轴线 23 旋转,藉此,空气间隙 21 扫过具有矩形截面的环形区域(图 4 中未示出)。永磁体组件 70 的空气间隙 21 覆盖大约 120 度的弧长,尽管这并不是必须的,弧的长度可以大于或小于 120 度。

[0080] 如大概可以从图 5 中最清楚地看出的那样,永磁体组件 70 可以被说成是具有轴向间隙磁通,这是因为通过空气间隙 21 的磁通的方向基本上平行于旋转轴线 23。永磁体组件 70 也可以被说成是具有外部磁通返回路线,因为,磁通在穿过空气间隙 21 之后,通过空气间隙 21 的半径的外侧的路线(从旋转轴线 23)返回。永磁体组件 20 可以被说成是具有弯曲的结构特征,这是因为它是由具有弯曲表面的块形成的。

[0081] 永磁体组件 70 包括上部轴向磁体部分 71,该上部轴向磁体部分 70 形成具有 6 个

面的弧形体,具有矩形或者方形的截面,以及基本上平行于旋转轴线 23 延伸的磁化矢量。如图 4 所示,上部轴向磁体部分 71 可以由两个部件形成,或者可以由单一部件或者更多数目的部件形成。上部轴向磁体部分 71 的弧形上部面是磁通进入的面,上部轴向磁体部分 71 的对应的弧形下部面是磁通离开的面。

[0082] 上部轴向磁体部分 71 的内侧径向面是最靠近旋转轴线的面,并且正交于从旋转轴线上延伸的半径。上部轴向磁体部分 71 的外侧径向面是最远离旋转轴线的面,并且正交于从旋转轴线延伸的半径。内侧和外侧径向面都是与磁通平行的面。

[0083] 上部轴向磁体部分 71 的第一和第二圆周面是形成上部轴向磁体部分 71 的端部的面。上部轴向磁体部分 71 的第一和第二圆周面都是与磁通平行的面。

[0084] 永磁体组件 70 包括上部径向磁体部分 72,其形成具有 6 个面、矩形或方形的截面、且基本上沿着径向方向(正交于旋转轴线 23)延伸的磁化矢量的弧形体。上部径向磁体部分 72 如图 4 所示可以由两个部件形成,或者也可以由单一部件或者更多数目的部件构成。上部径向磁体部分 72 的弧形上部和下部面都是与磁通平行的表面。

[0085] 上部径向磁体部分 72 的内侧径向面是最靠近旋转轴线且垂直于从旋转轴线延伸的半径的面。上部轴向磁体部分 72 的外侧径向面是最远离旋转轴线且垂直于从旋转轴线延伸的半径的面。内侧径向面是磁通离开的面,外侧径向面是磁通进入的面。

[0086] 上部径向磁体部分 72 的第一和第二圆周面是形成上部径向磁体部分 72 的端部的面。上部径向磁体部分 72 的第一和第二圆周面都是与磁通平行的面。

[0087] 永磁体组件 70 包括中心轴向磁体部分 73,该部分形成具有 6 个面、矩形或者方形截面以及基本上沿着轴向方向(平行于旋转轴线 23)延伸的磁化矢量的弧形体。中心轴向磁体部分 73 可以由多个部件形成,或者可以由单一部件形成。中心轴向磁体部分 73 的弧形上部面是磁通离开的面,中心轴向磁体部分 73 的弧形下部面是磁通进入的面。

[0088] 中心轴向磁体部分 73 的内侧径向面是最靠近旋转轴线并且垂直于从旋转轴线延伸的半径的面。尽管并不要求这样,但是,如图 5 所示,中心轴向磁体部分 73 的内侧径向面的上部 and 下部拐角优选包括上部倒角 74 和下部倒角 75。中心轴向磁体部分 73 的外侧径向面是最远离旋转轴线并且垂直于从旋转轴线延伸的半径的面。中心轴向磁体部分 73 的内侧径向面和外侧径向面都是与磁通平行的面。

[0089] 中心轴向磁体部分 73 的第一和第二圆周面是形成中心轴向磁体部分 73 的端部的面。如图 4 所示,中心轴向磁体部分 73 的第一和第二圆周面都是与磁通平行的面。

[0090] 中心轴向磁体部分 73 为通过空气间隙 21 的磁通线提供返回路线。优选地,将中心轴向磁体部分 73 离开空气间隙 21 足够的距离地形成和配置在外部,以便防止间隙磁通分流到磁通返回路线内。

[0091] 永磁体组件 70 包括下部径向磁体部分 76,其形状与上部径向磁体部分 72 相似,其磁化矢量也基本上沿着径向方向(垂直于旋转轴线 23)延伸。在下部径向磁体部分 76 中的磁化矢量指向与对应的上部径向磁体部分 72 的磁化矢量相反的方向。

[0092] 永磁体组件 70 包括下部轴向磁体部分 77,其形状与上部轴向磁体部分 71 相似,其磁化矢量也基本上沿着轴向方向(平行于旋转轴线 23)延伸。下部轴向磁体部分 77 中的磁化矢量指向与对应的上部轴向磁体部分 71 的磁化矢量相同的方向。

[0093] 优选地,永磁体组件 70 包括由导磁性材料形成的上部鞘 78。上部鞘 78 优选具有梯

形截面,带有内部倒角 79 和外部倒角 80,且具有上部和下部面,尽管并不要求这样,但是,也可以采用其它的形状。优选地,上部靴 78 的下部面 78 覆盖上部轴向磁体部分 71 和上部径向磁体部分 72 之间的结合处,以及上部轴向磁体部分 71 和上部径向磁体部分 72 的上部面的至少一部分。

[0094] 优选地,永磁体组件 70 包括由导磁性材料形成的外部靴 81。优选地,外部靴 81 具有梯形截面,带有上部倒角 82 和下部倒角 83,且具有内、外面,然而这并不是必须的,也可以采用其它形状。优选地,外部靴 81 的内面覆盖上部径向磁体部分 72、中心轴向磁体部分 73、以及下部径向磁体部分 76 的每一个的外侧径向面至少一部分,以及它们之间的结合部。

[0095] 优选地,永磁体组件 70 包括由导磁性材料形成的下部靴 84。优选地,下部靴 84 具有梯形截面,带有内部倒角 85 和外部倒角 86,且具有上部及下部表面,然而这并非是必须的,也可以采用其它的形状。优选地,下部靴 84 的上部面覆盖下部轴向磁体部分 77 和下部径向磁体部分 76 之间的结合部、下部轴向磁体部分 77 和下部径向磁体部分 76 的下部面的至少一部分。

[0096] 优选地,永磁体组件 70 包括围绕着处于高磁场下的空气间隙 21 的上部极靴 87 和下部极靴 88。上部极靴 87 和下部极靴 88 的每一个形成弧形体,且优选包括至少一个倒角 89。上部极靴 87 的上部面优选结合到上部轴向磁体部分 71 的下部面上,上部极靴 87 的倒角 89 优选结合到中心轴向磁体部分 73 的上部倒角 74 上。类似地,下部极靴 88 的下部面优选结合到下部轴向磁体部分 77 的上部面上,下部极靴 88 的倒角 89 优选结合到中心轴向磁体部分 73 的下部倒角 75 上。

[0097] 图 5 是沿着图 4 的 5-5 线截取的图 4 所示的永磁体组件 70 的剖视图。图 5 的剖视图表示如何由以下部分形成磁通回路,所述部分为:下部轴向磁体部分 77、下部径向磁体部分 76、中心轴向磁体部分 73、上部径向磁体部分 72、上部轴向磁体部分 71、以及处于高磁场下的空气间隙 21。

[0098] 尽管并不要求这样,但是,优选地,永磁体组件 70 包括围绕着处于高磁场下的空气间隙 21 的上部极靴 87 和下部极靴 88,用于引导和集中通过处于高磁场下的空气间隙 21 的磁通。

[0099] 图 6 是根据本发明的永磁体组件 90 的另外一个实施例的透视图。永磁体组件 90 具有两个端部,每个端部包围着一个处于高磁场下的具有矩形截面的空气间隙 21,其中,两个空气间隙经受着相同方向的磁通。尽管空气间隙 21 的截面优选为矩形,但是这并非是必须的,也可以利用其它的形状。在这种永磁体组件 90 中的部件的几何形状允许在制造阶段所需的任何研磨操作的大部分都可以在平坦的表面上进行。

[0100] 和图 1-5 的永磁体组件 20 和 70 类似,图 6 所示的永磁体组件 90 适合于围绕旋转轴线 23 旋转,藉此,空气间隙 21 扫过具有矩形截面的环形区域(图 6 中未示出)。对于 120 度的总的弧形覆盖范围,永磁体组件 70 的空气间隙 21 的每一个覆盖约 60 度的弧长,尽管这并非必须的,总的弧长可以大于或者小于 120 度。永磁体组件 90 在旋转磁体的应用中特别有用,这得益于转动惯量的最小化。

[0101] 如从图 7 中大概可以最清楚地看到的那样,永磁体组件 90 可以说是具有轴向间隙磁通,这是因为通过空气间隙 21 的磁通的方向基本上平行于旋转轴线 23。永磁体组件 90

还可以说是具有内部磁通返回线路,这是因为,穿过空气间隙 21 之后,磁通通过围绕着旋转轴线 23 的中心路线返回。永磁体组件 20 可以说是具有直的结构特征,这是因为除了为中心带有两个扁平的边缘的盘状磁体(中心轴向磁体部分 91)之外,它全部由矩形块构成。

[0102] 永磁体组件 90 包括由具有平坦的上部面和下部面的盘状磁体形成的中心轴向磁体部分 91,其磁化矢量平行于旋转轴 23。中心轴向磁体部分优选但并非必须地在每一侧包括平坦的横向边缘。如大概从图 7 最清楚地看出来的那样,中心轴向磁体的上部面是磁通离开的面,中心轴向磁体的下部面是磁通进入的面。

[0103] 中心轴向磁体部分 91 为通过空气间隙 21 的磁通提供返回路线。优选地,中心轴向磁体部分 91 离开空气间隙 21 足够距离地形成且配置在内部,以便防止间隙磁通分流到磁通返回路线。

[0104] 尽管并不要求这样,但是永磁体组件 90 的上部优选包括围绕着旋转轴线 23 的中心导磁性板 92,例如低碳钢块。中心导磁性板 92 用于抵消由相邻的永磁体部分引起的位于组件中心的中和磁排斥力。

[0105] 永磁体组件 90 的上部包括邻接中心导磁性板 92 的第一上部径向磁体部分 93 和第二上部径向磁体部分 98,每一个上部径向磁体部分优选由具有径向磁化矢量(垂直于旋转轴线 23)的矩形块永磁体构成。

[0106] 上部径向磁体部分 93 和 98 的每一个都具有暴露的上部面,优选地,所述上部面的形状为矩形或者方形的,并具有内侧径向边缘 94、外侧径向边缘 95、第一横向边缘 96 和第二横向边缘 97。每一个上部径向磁体部分具有隐藏起来的下部面(在图 6 中是隐藏的),该下部面与暴露的上部面平行并且相对,位于其正下方,具有和所述暴露的上部面大致相同的方形或矩形形状。上部磁体部分的上部暴露面和平行的隐藏起来的下部面是与磁通平行的表面。

[0107] 每一个上部径向磁体部分 93 和 98 都具有内侧径向面(在图 6 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从上部暴露面的内侧径向边缘 94 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应的边缘处。每一个上部径向磁体部分 93 和 98 都具有与内侧径向面相对的外侧径向面(在图 6 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并从上部暴露面的外侧径向边缘 95 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应的边缘处。如大概在图 7 中最清楚地表示的那样,上部径向磁体部分 93 和 98 的内侧径向面是磁通进入面,上部径向磁体部分 93 和 98 的外侧径向面是磁通离开的面。

[0108] 每一个上部径向磁体部分 93 和 98 都具有第一横向面(在图 6 中是隐藏的),其形状接近于矩形,并从上部暴露面的第一横向边缘 96 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应边缘处。每一个上部径向磁体部分还具有第二横向面(在图 6 中是隐藏的),其具有大致为矩形的形状,并从上部暴露面的第二横向边缘 97 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应的边缘处,上部径向磁体部分 93 和 98 的第一和第二横向面全部都是与磁通平行的面。

[0109] 永磁体组件 90 的上部部分包括邻接第一上部径向磁体部分 93 的第一上部轴向磁体部分 99 和邻接第二上部径向磁体部分 98 的第二上部轴向磁体部分 100,每个上部轴向磁体部分优选由具有平行于旋转轴线 23 的磁化矢量的矩形块永磁体形成。

[0110] 上部轴向磁体部分 99 和 100 的每一个都具有优选为矩形或方形形状的暴露的上

部面。每一个上部轴向磁体部分具有隐藏起来的下部面（在图 6 中是隐藏的），其位于暴露的上部面的正下方，与暴露的上部面平行并相对，具有和暴露的上部面大致相同的方形或者矩形的形状。上部轴向磁体部分 99 和 100 的上部暴露面是磁通进入的面，上部轴向磁体部分 99 和 100 的隐藏起来的下部面是磁通离开的面。

[0111] 优选地，永磁体组件 90 的上部部分包括邻接第一上部轴向磁体部分 99 的第一上部径向阻断磁体部分 101，以及邻接第二上部轴向磁体部分 100 的第二上部径向阻断磁体部分 102，优选地，每一个上部径向阻断磁体部分由具有径向磁化矢量（垂直于旋转轴线 23）的矩形块永磁体形成。

[0112] 上部径向阻断磁体部分 101 和 102 的每一个具有内侧径向面（在图 6 中是隐藏的），优选具有矩形或方形形状，并且结合到邻接的上部轴向磁体部分上。每一个上部径向阻断磁体部分具有暴露的外侧径向面，所述外侧径向面与隐藏起来的内侧径向面相对并且平行，并具有和隐藏起来的内侧面大致相同的方形或矩形形状。上部径向阻断磁体部分 101 和 102 的隐藏起来的内侧径向面是磁通离开的面，上部径向阻断磁体部分 101 和 102 的暴露的外侧径向面是磁通进入的面。

[0113] 永磁体组件 90 的下部部分与永磁体组件 90 的上部部分相似，在磁体部分中的磁化矢量适当的反转。和上部部分类似，永磁体组件 90 的下部部分包括围绕着旋转轴线 23 的中心导磁性板 92。和上部部分类似，永磁体组件 90 的下部部分包括位于中心导磁性板 92 的侧面上的第一下部径向磁体部分 103 和第二下部径向磁体部分 104。下部径向磁体部分 103 和 104 位于对应的第一上部径向磁体部分 93 和第二上部径向磁体部分 98 的正下方。

[0114] 如大概在图 7 中最清楚地表示的那样，下部径向磁体部分 103 和 104 中的磁化矢量指向与对应的上部径向磁体部分 93 和 98 中的磁化矢量相对的方向。从而，下部径向磁体部分 103 和 104 的内侧径向面是磁通离开的面，而外侧径向面是磁通进入的面。

[0115] 永磁体组件 90 的下部部分包括邻近第一下部径向磁体部分 103 的第一下部轴向磁体部分 105 和邻近第二下部径向磁体部分 104 的第二下部轴向磁体部分 106。下部轴向磁体部分 105 和 106 位于永磁体组件 90 的上部部分的对应的上部轴向磁体部分的正下方，具有大致相同的方形或矩形的形状，优选由矩形块状永磁体形成。

[0116] 下部轴向磁体部分 105 和 106 每一个均具有平行于旋转轴线 23 的磁化矢量，并指向与对应的上部轴向磁体部分 99 和 100 中的磁化矢量相同的方向。因此，下部轴向磁体部分 105 和 106 的每一个的上部面是磁通进入的面，下部轴向磁体部分 105 和 106 的每一个的下部面是磁通离开的面。

[0117] 与第一上部径向阻断磁体部分 101 相对应，永磁体组件 90 的下部部分优选包括邻近第一下部轴向磁体部分 105 的第一下部径向阻断磁体部分 107。与第二上部径向阻断磁体部分 102 相对应，永磁体组件 90 的下部部分优选包括邻近第二下部轴向磁体部分 106 的第二下部径向阻断磁体部分 108。

[0118] 如大概在图 7 中最清楚地表示的那样，每一个径向阻断磁体部分优选由具有径向磁化矢量（垂直于旋转轴线 23）的矩形块状永磁体形成。下部径向阻断磁体部分 107 和 108 的内侧径向面是磁通进入的面，下部径向阻断磁体部分 107 和 108 的外侧径向面是磁通离开的面。

[0119] 优选地，永磁体组件 90 包括一个或多个横向阻断磁体部分 109，它们的每一个都

由矩形块状的永磁体形成。如图 6 最清楚地表示的那样,横向阻断磁体部分 109 优选覆盖上部和下部径向磁体部分和中心导磁性板的横向面以及它们之间的结合部。

[0120] 横向阻断磁体部分 109 的磁化矢量在横向阻断磁体部分 109 的中心处是径向(垂直于旋转轴线 23)的。上部阻断磁体部分的隐藏起来的内侧面是磁通离开的面,上部阻断磁体部分的暴露的外侧面是磁通进入的面。相反地,下部阻断磁体部分的隐藏起来的内面是磁通进入的面,上部阻断磁体部分的暴露的外侧面是磁通离开的面。

[0121] 图 7 是沿着图 6 的 7-7 线截取的图 6 所示的永磁体组件的剖视图。图 7 的剖视图表示如何由以下部分构成第一磁通回路,所述部分为:下部轴向磁体部分 105、下部径向磁体部分 103、中心轴向磁体部分 91、上部径向磁体部分 93、上部轴向磁体部分 99、处于高磁场下的第一空气间隙 21。第二磁通回路由以下部分构成:下部轴向磁体部分 106、下部径向磁体部分 104、中心轴向磁体部分 91、上部径向磁体部分 98、上部轴向磁体部分 100、以及处于高磁场下的第二空气间隙 21。

[0122] 尽管并不要求这样,但是,横向阻断磁体部分 109 防止杂散磁场泄漏到位于永磁体组件 90 的每一侧上的邻近的下部磁场区域(从处于高磁场下的空气间隙 21 偏移 90 度)中。通过迫使任何杂散磁通处于通过永磁体组件 90 的旋转而扫过的环形区域的直径之外,这还有助于确保离开处于高磁场下的空气间隙 21 的急剧的磁场衰减。

[0123] 图 8 是根据本发明的永磁体组件 110 的另外一个实施例的透视图。永磁体组件 110 围绕处于高磁场下的具有矩形截面的空气间隙 21。尽管空气间隙 21 的截面优选地是矩形的,但这并不是必须的,也可以利用其它形状。

[0124] 和图 1-7 的永磁体组件 20、70、90 相似,图 8 的永磁体组件 110 适合于围绕旋转轴线 23 旋转,从而,空气间隙 21 扫过具有矩形横截面的环形区域(在图 8 中未示出)。尽管并不要求这样,永磁体组件 110 的空气间隙 21 覆盖大约 120 度的弧长,该弧长可以大于或者小于 120 度。

[0125] 如大概在图 9 中最清楚地看出的那样,永磁体组件 110 可以说是具有径向间隙磁通,这是因为通过空气间隙 21 的磁通的方向基本上正交于(垂直于)旋转轴线 23。永磁体组件 110 也可以说是具有下部磁通返回路线,这是因为在穿过空气间隙 21 之后,磁通通过在空气间隙 21 下方的路线返回。永磁体组件 110 可以说是具有弯曲的结构特征,这是因为它由具有弯曲表面的块形成。

[0126] 通过模拟观察到,诸如永磁体组件 110 这样的带有径向间隙磁通的永磁体组件,与具有轴向间隙磁通的永磁体组件相比,可能会在单位质量的磁通密度方面受到损害。这被认为是由于以下原因造成的,即将磁通线聚焦到空气间隙中,以便尽可能靠近在一起并因此而平行,而同时还要求磁通线在任何穿入空气间隙的地方与弯曲的磁体表面相切。这种利害冲突导致磁通线的畸变,引起磁通泄漏、磁场抵消和磁场不均匀。这些负面效果可以通过将空气间隙的径向宽度与空气间隙距环形区域的中心轴线的距离之比最小化来应对。

[0127] 永磁体组件 110 包括外部径向磁体部分 111,该外部径向磁体部分 111 形成具有 6 个表面、具有矩形或方形截面、以及基本上正交于旋转轴线 23 延伸的径向磁化矢量的弧形体。外部径向磁体部分 111 可以由单一部件或者多个部件形成。

[0128] 外部径向磁体部分 111 的内侧径向面(在图 8 中是隐藏的)是最接近旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。外部径向磁体部分 111 的外侧径向面(在图 8 中也是

隐藏的)是最远离旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。外部径向磁体部分 111 的内侧径向面是磁通离开的面,外部径向磁体部分 111 的外侧径向面是磁通进入的面。

[0129] 外部径向磁体部分 111 的上部面(在图 8 中是暴露的)和外部径向磁体部分 111 的下部面(在图 8 中是隐藏的)都是与磁通平行的面。

[0130] 外部径向磁体部分 111 的第一和第二圆周面是形成外部径向磁体部分 111 的端部的面。外部径向磁体部分 111 的第一和第二圆周面两者都是与磁通平行的面。

[0131] 永磁体组件 110 包括外部轴向磁体部分 112,该外部轴向磁体部分 112 形成弧形体,该弧形体具有 6 个表面,具有矩形或方形截面,以及具有基本上与旋转轴线 23 平行地延伸的轴向磁化矢量。外部轴向磁体部分 112 可以由单一部件或者多个部件形成。

[0132] 外部轴向磁体部分 112 的内侧径向面(在图 8 中是隐藏的)是最接近旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。外部轴向磁体部分 112 的外侧径向面(在图 8 中是部分暴露的)是最远离旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。外部轴向磁体部分 112 的内侧径向面和外侧径向面都是与磁通平行的面。

[0133] 外部轴向磁体部分 112 的上部面(在图 8 中是隐藏的)是磁通离开的面,外部轴向磁体部分 112 的下部面(在图 8 中是隐藏的)是磁通进入的面。

[0134] 外部轴向磁体部分 112 的第一和第二圆周面是形成外部轴向磁体部分 112 的端部的面。外部轴向磁体部分 112 的第一和第二圆周面都是与磁通平行的面。

[0135] 永磁体组件 110 包括中心径向磁体部分 113,该部分 113 形成弧形体,该弧形体具有 6 个面,具有矩形或者方形的截面,以及具有基本上沿着径向方向(正交于旋转轴线 23)延伸的磁化矢量。中心径向磁体部分 113 可以由多个部件形成,或者也可以由单一部件形成。

[0136] 中心径向磁体部分 113 的内侧径向面是最靠近旋转轴线并且正交于从旋转轴线延伸的半径的面。中心径向磁体部分 113 的外侧径向面是最远离旋转轴线并且正交于从旋转轴线延伸的半径的面。中心径向磁体部分 113 的内侧径向面是磁通进入的面,中心径向磁体部分 113 的外侧径向面是磁通离开的面。

[0137] 中心径向磁体部分 113 的上部面和下部面都是与磁通平行的面。尽管并不要求这样,但是,中心径向磁体部分 113 的上部面的外侧拐角优选包括外部倒角 114,并且,内侧拐角优选包括内部倒角 115。

[0138] 中心径向磁体部分 113 的第一和第二圆周面是形成中心径向磁体部分 113 的端部的面。如图 8 所示,中心径向磁体部分 113 的第一和第二圆周面都是与磁通平行的面。

[0139] 中心径向磁体部分 113 为通过空气间隙 21 的磁通线提供返回路线。优选地,将中心径向磁体部分 113 成形并配置在离开空气间隙 21 的足够的距离处,以防止间隙磁通分流到磁通返回路线内。

[0140] 永磁体组件 110 包括内部轴向磁体部分 116,该内部轴向磁体部分 116 形成弧形体,该弧形体具有 6 个表面,具有矩形或方形的截面,以及具有基本上平行于旋转轴线 23 延伸的轴向磁化矢量。内部轴向磁体部分 116 可以由单一部件或者多个部件形成。

[0141] 内部轴向磁体部分 116 的内侧径向面(在图 8 中是部分暴露的)是最接近旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。内部轴向磁体部分 116 的外侧径向面(在图 8 中是隐藏的)是最远离旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。内部轴向磁体部分

116 的内侧径向面和外侧径向面都是与磁通平行的面。

[0142] 内部轴向磁体部分 116 的上部面（在图 8 中是隐藏的）是磁通进入的面，内部轴向磁体部分 116 的下部面（在图 8 中是隐藏的）是磁通离开的面。

[0143] 内部轴向磁体部分 116 的第一和第二圆周面是形成内部轴向磁体部分 116 的端部的面。内部轴向磁体部分 116 的第一和第二圆周面都是与磁通平行的面。

[0144] 永磁体组件 110 包括内部径向磁体部分 117，该部分 117 形成弧形体，该弧形体具有 6 个面，具有矩形或方形的截面，以及具有基本上正交于旋转轴线 23 延伸的径向磁化矢量。内部径向磁体部分 117 可以由单一部件形成，或者由多个部件形成。

[0145] 内部径向磁体部分 117 的内侧径向面（在图 8 中是隐藏的）是最接近旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。内部径向磁体部分 117 的外侧径向面（在图 8 中也是隐藏的）是最远离旋转轴线并正交于从旋转轴线延伸的半径的面。内部径向磁体部分 117 的内侧径向面是磁通离开的面，内部径向磁体部分 117 的外侧径向面是磁通进入的面。

[0146] 内部径向磁体部分 117 的第一和第二圆周面是形成内部径向磁体部分 117 的端部的面。内部径向磁体部分 117 的第一和第二圆周面都是与磁通平行的面。

[0147] 永磁体组件 110 优选包括围绕着处于高磁场下的空气间隙 21 的外部极靴 118 和内部极靴 119。外部极靴 118 和内部极靴 119 每一个都形成弧形体，尽管并不要求这样，但是优选地包括至少一个倒角 120。

[0148] 外部极靴 118 的外部径向面优选结合到外部径向磁体部分 111 的内部径向面上。外部极靴 118 的内部径向面优选面对处于高磁场下的空气间隙 21。外部极靴 118 的倒角 120 优选结合到中心径向磁体部分 113 的外部倒角 114 上。

[0149] 内部极靴 119 的内部径向面优选结合到内部径向磁体部分 117 的外部径向面上。内部极靴 119 的外部径向面优选面对处于高磁场下的空气间隙 21。内部极靴 119 的倒角 120 优选结合到中心径向磁体部分 113 的内部倒角 115 上。

[0150] 永磁体组件 110 优选包括由导磁性材料形成的外部鞘 121。外部鞘 121 优选具有梯形截面，带有上部和下部倒角 124，但这并非必须是，也可以采用其它形状。外部鞘 121 优选覆盖外部径向磁体部分 111 与外部轴向磁体部分 112 之间的结合部、以及外部径向磁体部分 111 以及外部轴向磁体部分 112 的暴露面的至少一部分。

[0151] 永磁体组件 110 还优选包括由导磁性材料形成的内部鞘 122。优选地，内部鞘 122 具有梯形截面，带有上部和下部倒角 124，但是这并非必须是，也可以采用其它的形状。内部鞘 122 优选覆盖内部轴向磁体部分 116 和内部径向磁体部分 117 之间的结合部、以及内部轴向磁体部分 116 和内部径向磁体部分 117 的暴露面的至少一部分。

[0152] 永磁体组件 70 优选包括由导磁性材料形成的下部鞘 123。下部鞘 123 优选具有梯形截面，带有内部和外部倒角 124，但是这并非必须是，也可以采用其它形状。下部鞘 123 优选覆盖每一个外部轴向磁体部分 112 的暴露面的至少一部分、中心径向磁体部分 113、内部轴向磁体部分 116 以及它们之间的结合部。

[0153] 图 9 是沿着图 8 的 9-9 线截取的图 8 所示的永磁体组件 110 的剖视图。图 9 的剖视图表示如何由以下部分形成磁通回路，所述部分为：内部径向磁体部分 117、内部轴向磁体部分 116、中心径向磁体部分 113、外部轴向磁体部分 112、外部径向磁体部分 111 以及处于高磁场下的空气间隙 21。

[0154] 尽管并不要求这样,但是优选地,永磁体组件 110 包括围绕着处于高磁场下的空气间隙 21 的外部极靴 118 和内部极靴 119,以便引导并集中通过处于高磁场下的空气间隙 21 的磁通。

[0155] 尽管并不要求这样,但是优选地,永磁体组件 110 包括外部鞘 121、内部鞘 122 和下部鞘 123,以便减少磁通从组件中的磁通。

[0156] 如大概在图 9 中最清楚地表示的那样,在空气间隙 21 相对于旋转轴线 23 的近侧的内部轴向磁体 116 和内部径向磁体 117,具有比位于空气间隙 21 的远侧的外部轴向磁体 112 和外部径向磁体 111 更大的横截面面积,以便有助于平衡它们的相对体积和磁通容量,从而,防止在内径侧的过饱和及磁通泄漏。类似地,内部极靴 119 优选具有比位于空气间隙 21 的远侧的外部极靴 118 大的横截面面积,以便有助于平衡它们的相对于体积和磁通容量。

[0157] 图 10 是根据本发明的具有简单的阵列结构的永磁体组件 130 的剖视图。图 10 的剖视图表示如何以下述部分形成磁通回路,所述部分为:下部的与间隙磁场平行的磁体 135、下部的与间隙磁场垂直的磁体 134、中心的与间隙磁场平行的磁体 133、上部的与间隙磁场垂直的磁体 132、上部的与间隙磁场平行的磁体 131、以及处于高磁场下的空气间隙 21。

[0158] 图 11 是根据本发明的具有简单阵列结构的永磁体组件 140 的剖视图,所述阵列结构带有简单的磁通屏蔽套。图 11 的剖视图表示如何由下述部分形成磁通回路,所述部分为:下部的与间隙磁场平行的磁体 135、下部的与间隙磁场垂直的磁体 134、中心的与间隙磁场平行的磁体 133、上部的与间隙磁场垂直的磁体 132、上部的与间隙磁场平行的磁体 131、以及处于高磁场下的空气间隙 21。

[0159] 永磁体组件 140 包括简单的磁通屏蔽套 141,用于将杂散磁通最小化。简单的磁通屏蔽套 141 是导磁性的杂散磁通屏蔽套,由诸如低碳钢、钕钴铁合金、或者某些其它高导磁率的合金等导磁性材料制成。

[0160] 图 12 是根据本发明的永磁体组件 145 的剖视图,该永磁体组件 145 具有带有多个磁通屏蔽鞘的简单的阵列结构。图 12 的剖视图表示如何由以下部分形成磁通回路,所述部分为:下部的与间隙磁场平行的磁体 135、下部的与间隙磁场垂直的磁体 134、中心的与间隙磁场平行的磁体 133、上部的与间隙磁场垂直的磁体 132、上部的与间隙磁场平行的磁体 131、以及处于高磁场下的空气间隙 21。

[0161] 永磁体组件 145 包括用于将杂散磁通最小化的多个磁通屏蔽鞘,所述磁通屏蔽鞘包括:上部屏蔽鞘 146、中心屏蔽鞘 147、下部屏蔽鞘 148。每一个磁通屏蔽鞘可以包括一个或多个倒角 149。与图 11 所示的简单的磁通屏蔽套 141 相比,图 12 所示的多个磁通屏蔽鞘的采用更好地适合于将杂散磁通的方向改变到磁路内;但是,它也会增加制造和组装的困难性。

[0162] 图 13 是根据本发明的永磁体组件 150 的剖视图,该永磁体组件 150 具有带有锥形极靴的简单的阵列结构。图 13 的剖视图表示如何由以下部分形成磁通回路,所述部分为:下部的与间隙磁场平行的磁体 135、下部的与间隙磁场垂直的磁体 134、中心的与间隙磁场平行的磁体 133、上部的与间隙磁场垂直的磁体 132、上部的与间隙磁场平行的磁体 131、以及处于高磁场下的空气间隙 21。

[0163] 永磁体组件 150 包括围绕着处于高磁场下的空气间隙 21 的极靴,所述极靴包括上部间隙极靴 151 和下部间隙极靴 152。每一个极靴可以包括一个或多个倒角或锥形 153。与图 10 的简单的阵列结构相比,使用围绕着空气间隙 21 的锥形导磁性极靴,可以允许磁路中的磁通密度掩蔽 (eclipsing) 所使用的烧结磁体混合物的饱和磁通密度,从而,对于组件的给定的质量在空气间隙内达到更高的磁场。然而,由于在磁路中引入非直线的磁体块,会增加组件的成本和废弃的材料。

[0164] 图 14 是根据本发明的具有简单的阵列结构的永磁体组件的剖视图,所述结构带有阻断磁极。图 14 的剖视图表示如何由以下部分形成磁通回路,所述部分为:下部的与间隙磁场平行的磁体 135、下部的与间隙磁场垂直的磁体 134、中心的与间隙磁场平行的磁体 133、上部的与间隙磁场垂直的磁体 132、上部的与间隙磁场平行的磁体 131、以及处于高磁场下的空气间隙 21。

[0165] 永磁体组件 155 包括阻断磁体,所述阻断磁体包括上部的与间隙磁场垂直的阻断磁体 156 和下部的与间隙磁场垂直的阻断磁体 157。与图 10 的简单的阵列结构相比,采用阻断磁体可以在空气间隙内提供更高的磁场,但是,由于需要附加的磁体和组件,所以会增加成本。

[0166] 图 15 是根据本发明的另外一个实施例的永磁体组件 160 的透视图。永磁体组件 160 具有内部磁通返回路线,并提供通过处于高磁场下并具有矩形截面的两个 V 形空气间隙 184 和 185 的轴向间隙磁通,其中,两个空气间隙 184 和 185 都经受相同方向的磁通。尽管空气间隙 184 和 185 的截面优选是矩形的,但这并不是必须的,也可以采用其它形状。

[0167] 图 15 的永磁体组件 160 适合于围绕旋转轴线 23 旋转,从而,空气间隙 184 和 185 扫过具有矩形截面的环形区域(在图 15 中未示出)。永磁体组件 160 的空气间隙 184 和 185 中的每一个覆盖约 60 度的弧长,总共覆盖 120 度的弧,但这并非是必须的,总的弧长也可以大于或小于 120 度。永磁体组件 160 在旋转磁体应用中特别有用,这得益于其转动惯量的最小化。

[0168] 如大概可以从图 16 中最清楚地看出来的那样,永磁体组件 160 可以说具有轴向间隙磁通,这是因为通过空气间隙 184 和 185 的磁通的方向基本上平行于旋转轴线 23。永磁体组件 160 也可以说具有内部磁通返回路线,这是因为,在穿过空气间隙 184 和 185 之后,磁通通过围绕旋转轴线 23 的中心路线返回。永磁体组件 160 除了一些例外之外主要包括矩形块。较大的径向磁体 163、186、177 和 178 形成具有五边形截面的立体,并且,例如可以由带有两个直切口的矩形块形成。轴向间隙磁体 188、176、180 和 183 由具有 V 形截面的立体形成,并且可以由带有四个直切口的矩形块形成。轴向间隙磁体 188、176、180 和 183 也可以形成具有矩形截面以代替 V 形截面的弧形体。中心轴向磁体 161 优选地形成带有两个扁平的侧边的盘状磁体,但是也可以采用其它形状,例如矩形或六边形块。

[0169] 永磁体组件 160 包括中心轴向磁体部分 161,该中心轴向磁体部分 161 由具有平坦的上部面和下部面的盘状磁体形成,带有平行于旋转轴线 23 的磁化矢量。尽管并不需要这样,不过,优选地,中心轴向磁体部分 161 在每一侧包括平坦的横向边缘。如大概在图 16 中最清楚地表示的那样,中心轴向磁体 161 的上部面是磁通离开的面,中心轴向磁体 161 的下部面是磁通进入的面。

[0170] 中心轴向磁体部分 161 为通过空气间隙 184 和 185 的磁通线提供返回路线。优选

地,中心轴向磁体部分 161 离开空气间隙 184 和 185 足够的距离地形成并配置在内部,以防止间隙磁体分流到磁通返回路线内。

[0171] 尽管并不要求这样,永磁体组件 160 的上部部分优选包括围绕着旋转轴线 23 的中心导磁性板 162,例如低碳钢块。中心导磁性板 162 起着抵消在组件中心由相邻的永磁体部分引起的排斥磁力的作用。

[0172] 永磁体组件 160 的上部包括靠近中心导磁性板 162 的第一上部较大径向永磁体部分 163 和第二上部较大径向永磁体部分 186,每一个上部较大径向磁体部分优选形成具有五边形截面和径向磁化矢量(正交于旋转轴线 23)的多面体。永磁体组件 160 包括类似的下部较大径向永磁体部分 177 和 178。

[0173] 上部较大径向磁体部分 163 和 186 的每一个具有暴露的上部面,其形状优选为五边形,并具有内侧径向边缘 164、第一横向边缘 165、第二横向边缘 166、第一外侧径向边缘 167 以及第二外侧径向边缘 168。第一外侧径向边缘 167 和第二外侧径向边缘 168 在点 169 处相遇。每一个上部较大径向磁体部分具有隐藏起来的下表面(在图 15 中是隐藏的),其位于暴露的上部面的正下方,与之相对并平行,具有与暴露的上部面基本上相同的五边形形状。上部较大径向磁体部分的上部暴露面和平行的隐藏起来的下部面都是与磁通平行的面。

[0174] 每一个上部较大径向磁体部分 163 和 186 具有内侧径向面(在图 15 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并且从上部暴露面的内侧径向边缘 164 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对于的边缘。

[0175] 每一个上部较大径向磁体部分 163 和 186 具有与内侧径向面相对的第一和第二外侧径向面(在图 15 中是隐藏的),其形状大致为矩形,并且分别从上部暴露面的第一和第二外侧径向边缘 167 和 168 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应的边缘。

[0176] 每一个较大径向永磁体部分优选例如通过在矩形块状永磁体上形成两个直切口而形成。如大概在图 16 中最清楚地表示的那样,当以这种方式形成时,上部较大径向磁体部分 163 和 186 的内侧径向面是磁通进入的面。当以这种方式形成时,磁通线以一个角度离开上部较大径向磁体部分 163 和 186 的每一个的第一和第二外侧径向面,从而,这些面是磁通至少部分离开的表面。

[0177] 或者,例如,每一个较大径向永磁体部分可以例如通过将两个部件沿着从较大径向磁体的点 169 到较大径向磁体内侧径向边缘的中点 164 的线结合起来而形成,在两个部件之间的结合部处可以包括导磁性板。当以这种方式形成时,可以使两个部件的每一个中的磁化矢量对齐,从而,磁通线垂直地从上部较大径向磁体部分 163 和 186 的第一和第二外侧径向面离开,因此,这些面是磁通离开的面。当以这种方式形成、使两个部件中的磁化矢量对齐时,上部较大径向磁体部分的内侧径向面至少部分地是磁通进入的面,这是因为磁通线与内侧径向面成角度。

[0178] 尽管并不要求这样,但是,永磁体组件 160 优选包括四个上部较小径向永磁体部分 187,将一个上部较小径向永磁体部分 187 与上部径向磁体部分 163 和 186 的每一个的第一和第二外侧径向面的每一个邻近地配置。每一个较小径向永磁体部分 187 可以形成为例如矩形块状永磁体。

[0179] 通常,每一个上部较小径向永磁体部分 187 包括内侧径向面(图 15 中未示出),

该内侧径向面磁结合到相邻的上部较大径向磁体部分的外侧径向面上。每一个上部较小径向永磁体部分 187 还包括外侧径向面（图 15 中未示出），该外侧径向面与其内侧径向面相对并基本上平行。如大概在图 16 中最清楚地表示的那样，上部较小径向磁体部分 187 的内侧径向面是磁通进入的面，每一个上部较小径向磁体部分 187 的外侧径向面是磁通离开的面。

[0180] 永磁体组件 160 的上部部分包括：第一上部轴向永磁体部分 188，该部分磁结合到其相邻的上部较小径向永磁体部分 187 上；以及第二上部轴向永磁体部分 176，该部分磁结合到其相邻的上部较小径向永磁体部分 187 上。每一个上部轴向永磁体部分优选形成 V 形的多面体以及轴向磁化矢量（平行于旋转轴线 23）。永磁体组件 160 包括类似的下部轴向永磁体部分 180 和 183。

[0181] 每一个上部轴向磁体部分 176 和 188 具有暴露的上部面，所述暴露的上部面优选为 V 形，具有位于每一侧的两个横向边缘 170、在内侧的点 191 处相遇的第一内侧径向边缘 189 和第二内侧径向边缘 190、以及在外侧的点 173 处相遇的第一外侧径向边缘 171 和第二外侧边缘 172。每一个上部轴向永磁体部分可以例如由两个部件形成，其中，每一个部件由带有单一直切口的矩形块状永磁体形成，然后将两个部件沿着它们的切面（沿着内侧点 191 和外侧点 173 之间的线）结合起来，形成 V 形。

[0182] 每一个上部轴向磁体部分 176 和 188 具有隐藏起来的下部面（在图 16 中是隐藏的），所述下部面位于暴露的上部面的正下方，与之相对并平行，所述下部面具有和暴露的上部面大致相同的 V 形。上部轴向磁体部分 176 和 188 的上部暴露面是磁通进入的面，上部轴向磁体部分的下部面是磁通离开的面。

[0183] 每一个上部轴向磁体部分 176 和 188 具有第一内侧径向面和第二内侧径向面（在图 15 中是隐藏的），其形状大致为矩形，并且分别从上部暴露面的第一内侧径向边缘 189 和第二内侧径向边缘 190 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应的边缘。

[0184] 每一个上部轴向磁体部分 176 和 188 都具有与第一和第二内侧径向面相对的第一和第二外侧径向面（在图 15 中是隐藏的），其形状大致为矩形，并且分别从上部暴露面的第一外侧径向边缘 171 和第二外侧径向边缘 172 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应的边缘。

[0185] 每一个上部轴向磁体部分 176 和 188 还具有第一和第二横向面（在图 15 中是隐藏的），其形状大致为矩形，并从上部暴露面的横向边缘 170 向下延伸到平行的隐藏起来的下部面的对应的边缘。上部轴向磁体部分 176 和 188 的内侧径向面、外侧径向面、横向面全都是与磁通平行的面。

[0186] 每一个上部轴向磁体部分 176 和 188 优选至少部分地被一个或多个上部横向阻断磁体 174 和 / 或上部径向阻断磁体 175 包围。通常，上部横向阻断磁体 174 和 / 或上部径向阻断磁体 175 优选每一个都由矩形块状磁体形成。

[0187] 通常，每一个上部横向阻断磁体 174 优选具有内侧横向面（在图 15 中未示出），该内侧横向面磁性结合到其相邻的上部轴向磁体的横向面上。尽管并不要求这样，每一个上部横向阻断磁体 174 的内侧横向面的部分可以也磁性结合到相邻的上部较小径向磁体的横向面的部分上。每一个上部横向阻断磁体 174 的内侧横向面与暴露的外侧横向面相对且基本上平行。每一个上部横向阻断磁体 174 的外侧横向面是磁通进入的面，每一个上部

横向阻断磁体的内侧横向面是磁通离开的表面。

[0188] 通常,每一个上部径向阻断磁体 175 优选具有内侧径向面(在图 15 中未示出),该内侧径向面磁性地结合到其相邻的上部轴向磁体的外侧径向面上。尽管并不要求这样,每个上部径向阻断磁体 175 的内侧径向面的部分可以也磁性地结合到相邻的上部横向阻断磁体的部分上。每个上部径向阻断磁体 175 的内侧径向面与暴露的外侧径向面相对并基本上平行。每个上部径向阻断磁体 175 的外侧径向面是磁通进入的面,每个上部径向阻断磁体的内侧径向面是磁通离开的面。

[0189] 永磁体组件 160 的下部部分与永磁体组件 160 的上部部分类似,而在磁体部分中的磁化矢量适当地反转。与上部部分类似,永磁体组件 160 的下部部分包括围绕着旋转轴线 23 的中心导磁板 162。和上部部分类似,永磁体组件 160 的下部部分包括位于中心导磁板 162 的侧面上的第一下部较大径向磁体部分 177 和第二下部较大径向磁体部分 178。下部较大径向磁体部分 177 和 178 分别位于对应的上部较大径向磁体部分 163 和 186 的正下方。

[0190] 如大概在图 16 最清楚地表示的那样,下部较大径向磁体部分 177 和 178 的磁化矢量指向与对应的上部较大磁体部分 163 和 186 中的磁化矢量相反的方向。因此,下部较大径向磁体部分 177 和 178 的内侧径向面是磁通离开的面,外侧径向面是磁通进入的面。在图 16 的剖面中,径向磁体部分 163、186。177 和 178 中的磁化矢量不与纸面严格地平行,因为截面是以图 15 中的 16-16 的角度截取的,但是,图 16 中的箭头表示磁化矢量的大体方向。

[0191] 永磁体组件 160 的下部部分优选包括靠近第一较大下部径向磁体部分 177 和 178 的下部较小径向磁体部分 179。通常,下部较小径向磁体部分 179 位于永磁体组件 160 的上部部分的对应的上部较小径向磁体部分 187 的正下方,具有大致相同的方形或矩形形状,并且优选地由矩形块状永磁体形成,但带有相反的磁矢量。

[0192] 永磁体组件 160 的下部部分包括第一下部轴向永磁体部分 180 和第二下部轴向永磁体部分 183,每一个都磁性地结合到其相邻的下部较小径向永磁体部分 187 上。第一和第二下部轴向磁体部分 180 和 183 分别位于永磁体组件 160 的上部部分的对应的第一和第二上部轴向磁体部分 188 和 176 的正下方,具有大致相同的 V 形,并且优选以相同的形式形成。如大概在图 16 中最清楚地表示的那样,下部轴向磁体部分 180 和 183 以及上部轴向磁体部分 188 和 176 的磁化矢量,都是轴向的(平行于旋转轴线 23),并且全部都在相同的方向上。

[0193] 每个下部轴向磁体部分 180 和 183 优选至少部分地被一个或多个下部横向阻断磁体 181 和 / 或下部径向阻断磁体 182 围绕。通常,下部横向阻断磁体 181 位于永磁体组件 160 的上部部分的对应的上部横向阻断磁体 174 的正下方,具有大致相同的方形或矩形形状,优选由矩形块状永磁体形成,但是具有相反的磁矢量。通常,下部径向阻断磁体 182 位于永磁体组件 160 的上部部分的对应的上部径向阻断磁体 175 的正下方,具有大致相同的方形或矩形形状,优选由矩形块状永磁体形成,但是具有相反的磁矢量。

[0194] 图 16 是沿着图 15 的 16-16 线截取的图 15 所示的永磁体组件的剖视图。图 16 的剖视图表示如何由以下部分形成第一磁通回路,所述部分为:第一下部轴向磁体部分 180、下部较小径向磁体部分 179、第一下部较大径向磁体部分 177、中心轴向磁体 161、第一上部较大径向磁体部分 163、上部较小径向磁体部分 187、第一上部轴向磁体部分 188、以及处于高

磁场下的第一空气间隙 184。第二磁通回路由以下部分构成：第二下部轴向磁体部分 183、下部较小径向磁体部分 179、第二下部较小径向磁体部分 178、中心轴向磁体 161、第二上部较大径向磁体部分 186、上部较小径向磁体部分 187，第二上部轴向磁体部分 176、以及处于高磁场下的第二空气间隙 185。

[0195] 尽管并不要求这样，但是，横向阻断磁体部分 174 和 181、径向阻断磁体部分 175 和 182 将通过间隙 184 和 185 的磁通集中，并有助于降低杂散磁场向位于永磁体组件 160 每一侧上的邻近的下部磁场区域中的泄漏（从处于高磁场下的空气间隙 184 和 185 偏移 90 度）。通过迫使任何杂散磁通处于由于永磁体组件 109 的旋转而被扫过的环形区域的直径之外，这还将有助于确保背离处于高磁场下的空气间隙 184 和 185 的急剧磁场衰减。

[0196] 对于根据本发明的永磁体组件的可选实施例和应用，存在着各种可能性。尽管本发明的典型的实施例牵涉到特定的材料，但是，对于熟悉本领域的人员而言，可以利用具有恰当的性质其它材料适当的代替。

[0197] 在根据本发明的永磁体组件中可以采用多种结构。例如，在这里的说明性的实施例中所述的永磁体，可以每一个均包括单一永磁体，或者一个或多个这种永磁体部分可以由一个或多个永磁体和一个或多个导磁性材料的部分构成的复合结构。

[0198] 例如，可以将一个或多个矩形永磁体部分有效地结合到弧形的极靴上，以便获得与弧形永磁体部分等效的结构。在说明性的实施例中所示的永磁体也可以包括一个或多个非导磁性材料的部分，例如用于提供结构支承、屏蔽或保护。

[0199] 如熟悉本领域的人员所公知的那样，可以用多种方式引导通过根据本发明的永磁体组件的磁通流。尽管这里在说明性的实施例中的永磁体部分可以通过直接接触进行磁性结合，但是，也可以利用导磁性材料的部分将两个永磁体结合起来，以实现两个永磁体的磁性结合。类似地，永磁体部分和诸如极靴或鞘等用导磁性材料形成的部分的磁性结合可以通过直接接触或者利用磁性材料间接地实现。在本公开和权利要求书中所使用的短语“磁性结合”指的是直接或者经由导磁性材料间接地连接，从而，磁通的至少一部分流过两点之间。

[0200] 尽管说明性的实施例可能将极靴、阻断磁体、磁通屏蔽套或者磁通屏蔽鞘形成为整体结构，但是，这些结构也可以是由可操作地结合到一起的独立的部分组成的。例如，可以将独立的部分以直接接触的方式配置，或者可以将它们用导磁性材料结合起来。

[0201] 类似地，对于特定的用途，可以将永磁体部分、极靴、阻断磁体、磁通屏蔽套或者磁通屏蔽鞘的相对尺寸，形状和位置最优化。例如，这些结构可以包括一个或多个倒角或者被填充的拐角，以便将磁通的返回最佳化，同时将杂散磁通、组件的重量和转动惯量最小化。

[0202] 尽管在这里，本发明的典型的实施例可以表示永磁体部分或者邻近空气间隙的部分没有任何中间部件，但是并不要求必须这样。例如，可以将由导磁性材料形成的一个或多个极面配置在永磁体部分与空气间隙之间，以便引导或集中通过空气间隙的磁通。由导磁性材料形成的极面对于提供具有精确尺寸的空气间隙特别有用，因为导磁性材料的精确加工总体上优于永磁体材料的精确加工。

[0203] 尽管在这里所表示的围绕处于高磁场下的空气间隙的面的表面、例如极面基本上是平面，但这不要求这样，也可以采用其它形状。例如，根据发明的永磁体组件的某些应用可以包括具有凹形或者凸形的极面。因此，处于高磁场下的空气间隙的截面可以包括、但并

不局限于矩形（包括但不限于方形），平行四边形，梯形，圆形，椭圆形，或者几乎任何其它形状或者各种形状的组合。

[0204] 尽管在这里将所描述的实施例的特定的结构和部分利用术语“上部”、“下部”、“竖直”和“水平”等表示，但是，应当理解，这里，这些术语用于图中所示的典型的取向。应当理解，根据本发明的永磁体组件可以用于任何取向，特定的术语“竖直”或“水平”用于描述这里所描述的实施例的特定的结构和部分之间的关系，并非将实施例的这些结构或部分限制在特定的取向或者参考坐标系内。

[0205] 这里所描述的典型的实施例适合于围绕轴旋转，藉此永磁体组件提供一个处于高磁场下的间隙，该间隙扫过环形区域，以便将随着时间变化的磁场施加的该环形区域上。通过旋转永磁体组件，可以将随着时间变化的磁场施加到位于该环形区域内的结构上，例如，包含磁热材料的台架的环。以这种方式，可以根据本发明的旋转的永磁体组件与固定的磁热材料相结合，用于旋转的磁致冷机。

[0206] 但是，应当理解，根据本发明的永磁体也可以用于固定的结构中，其中，诸如包含磁热材料的台架的环等环形结构适合于相对于永磁体组件旋转。按照这种方式，根据本发明的固定的永磁体组件可以和旋转的磁热材料结合，用于旋转台架磁致冷机。

[0207] 当然，根据本发明的永磁体组件，也可以被用于永磁体组件和磁热材料两者都旋转的结构中，两者以相反的方向旋转，或者沿着相同的方向以不同的角速度旋转。类似地，根据本发明的永磁体组件，可以用于这样结构，在该结构中，永磁体组件或磁热材料其中之一或者它们两者，往复振动或者彼此相对运动。

[0208] 应当理解，本发明并不局限于这里所描述的特定实施例，而是包括所有的在下面所述的权利要求的范围的所有改型。

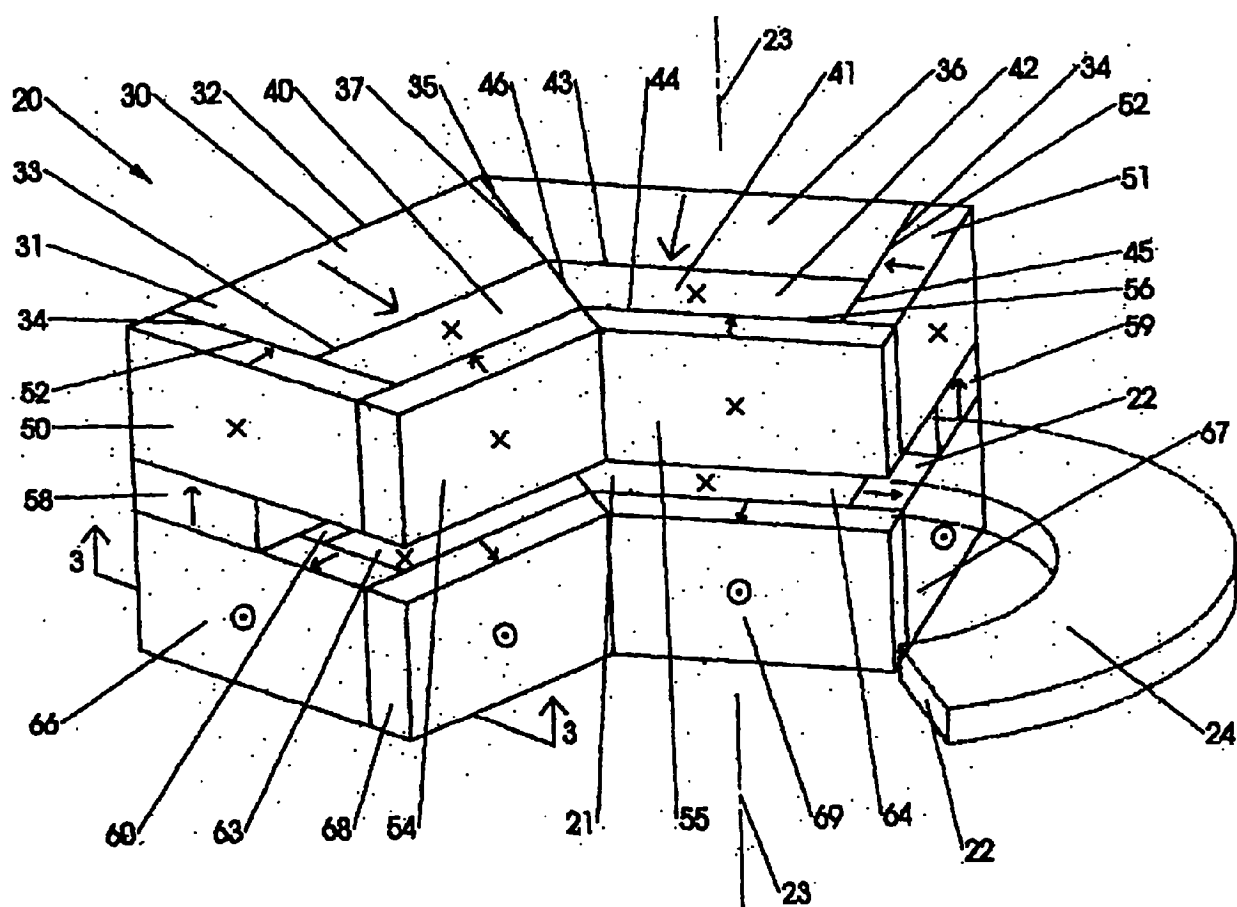


图1

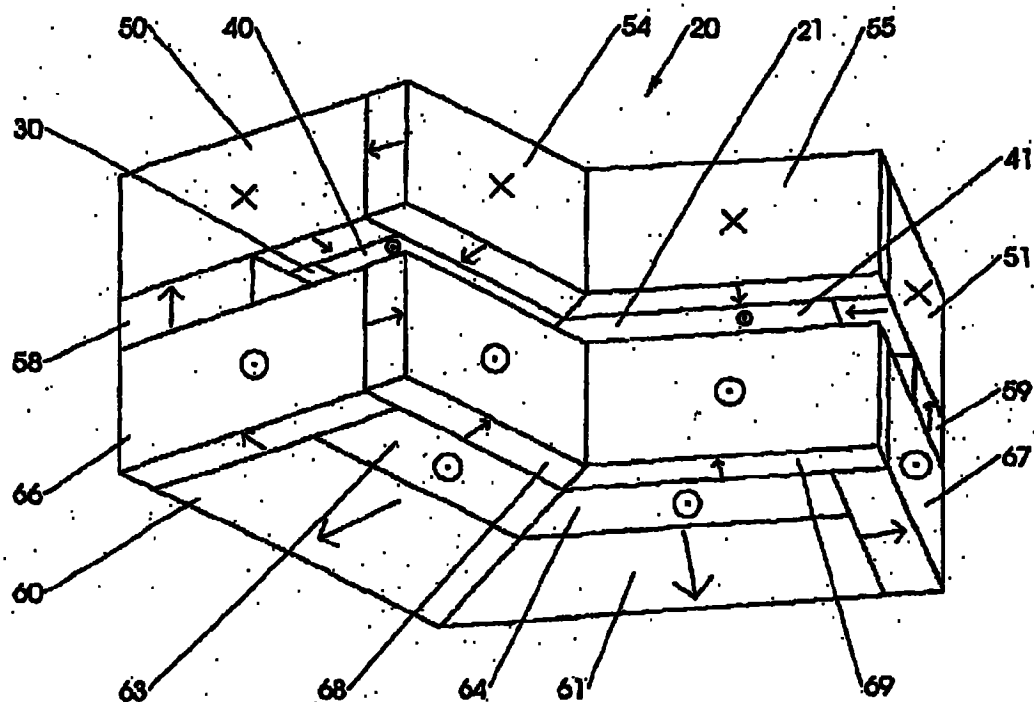


图 2

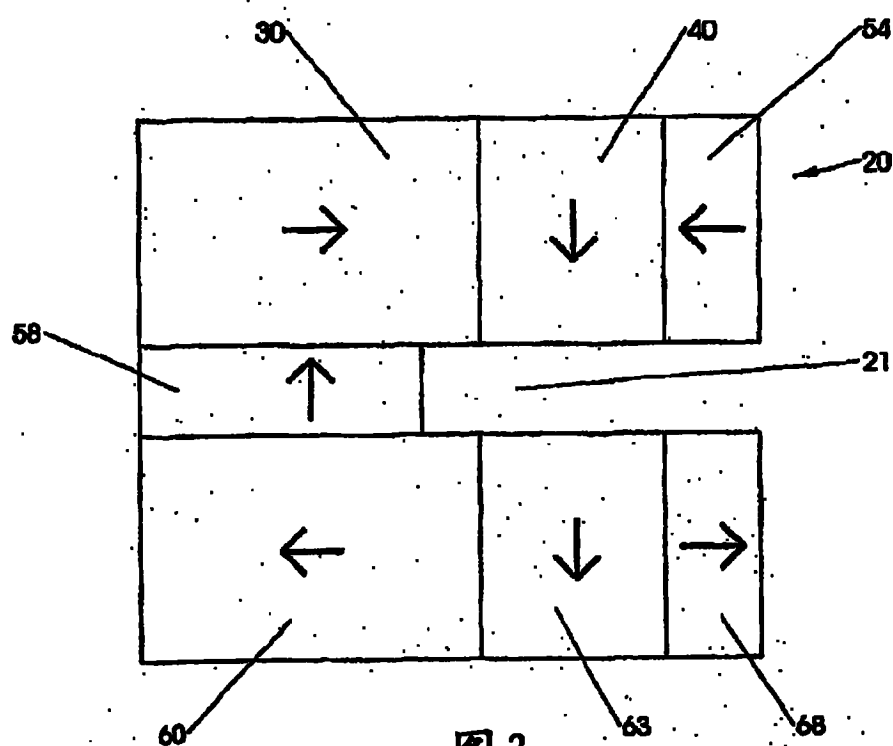


图 3

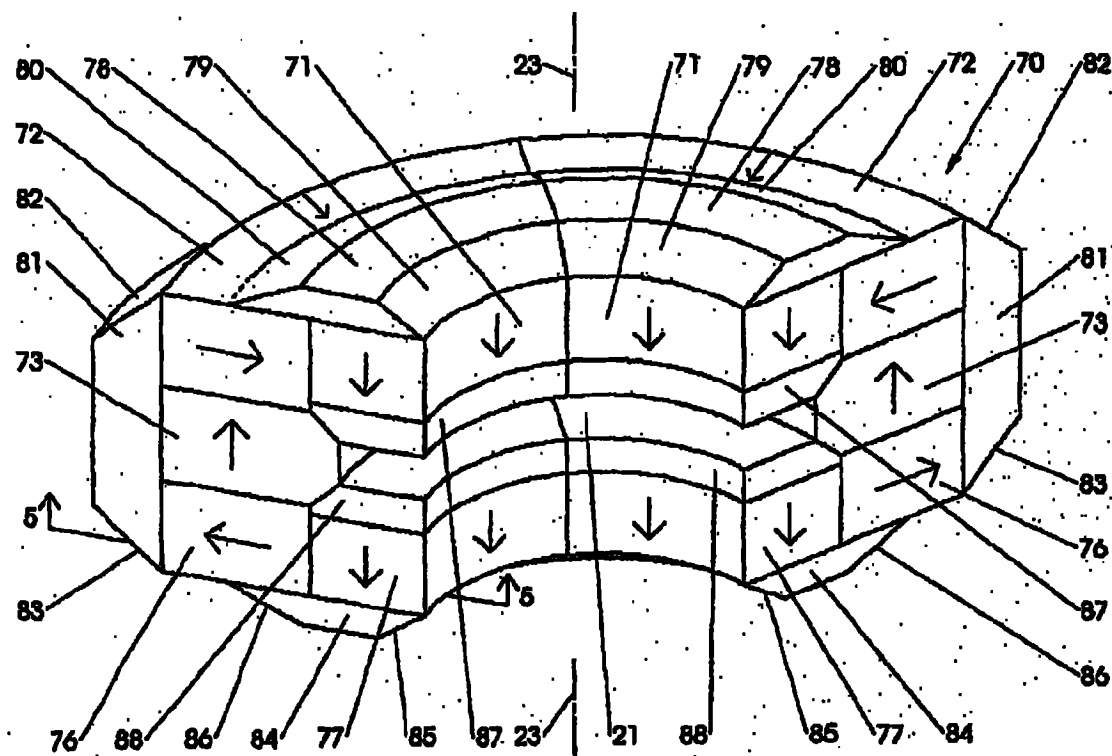


图 4

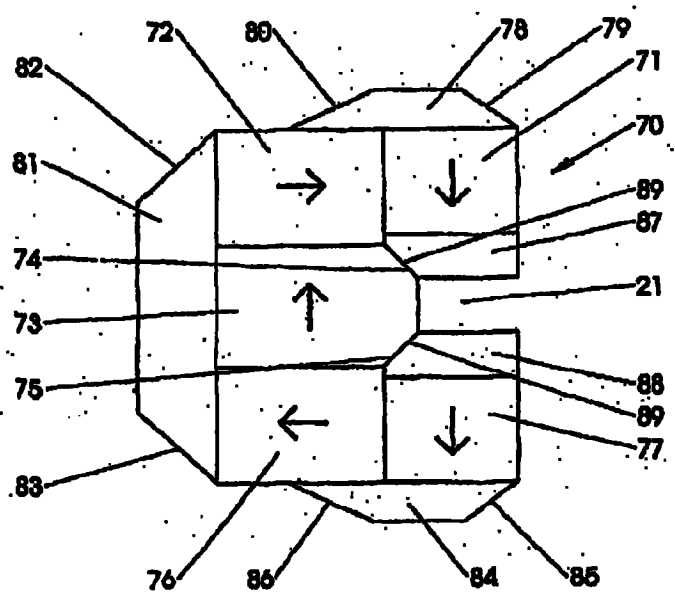


图 5

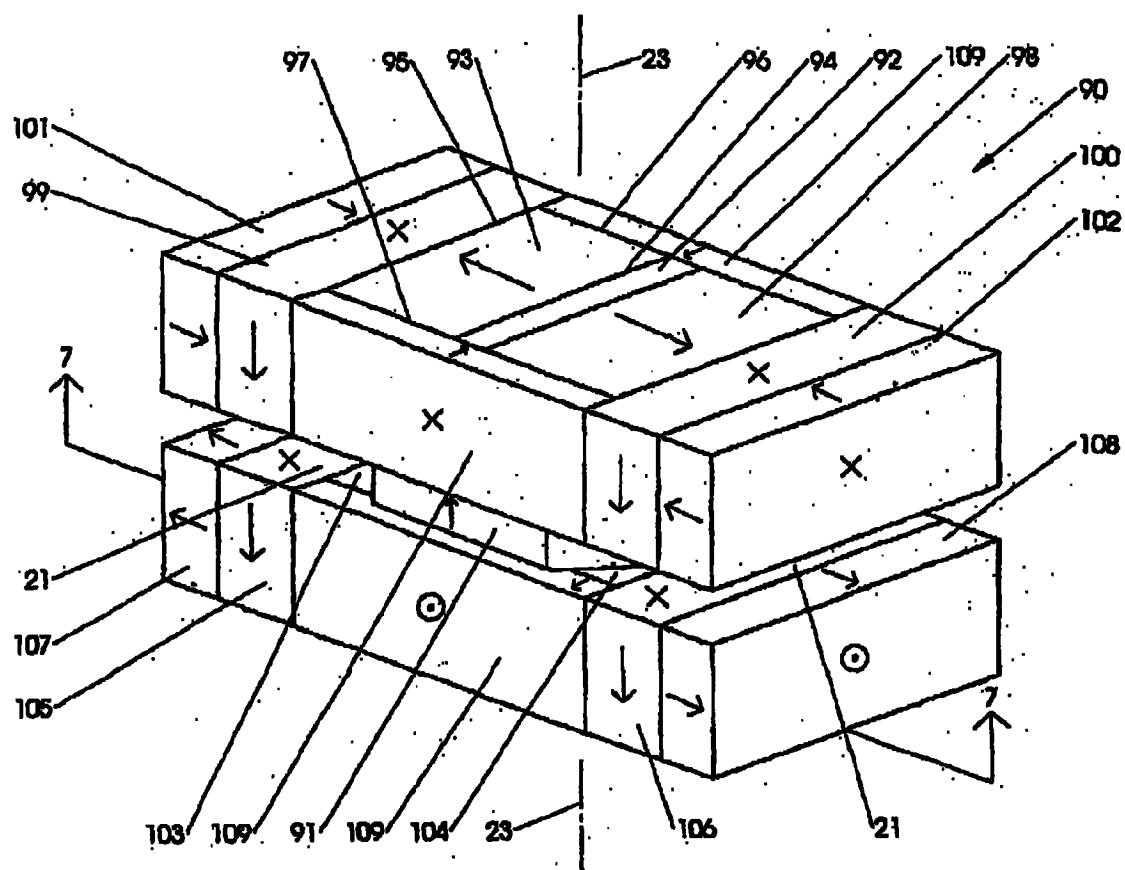


图6

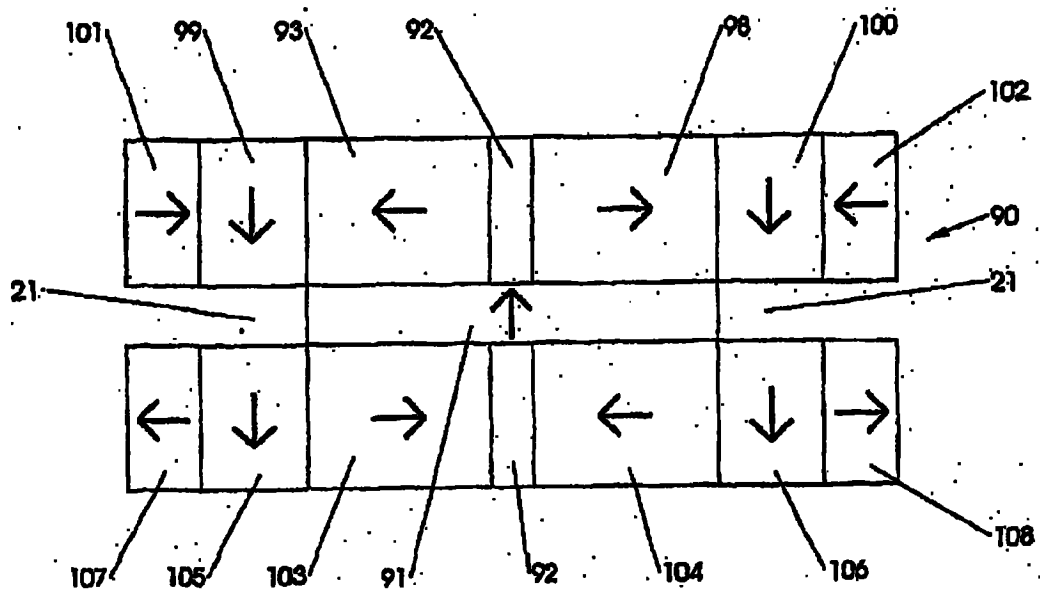


图7

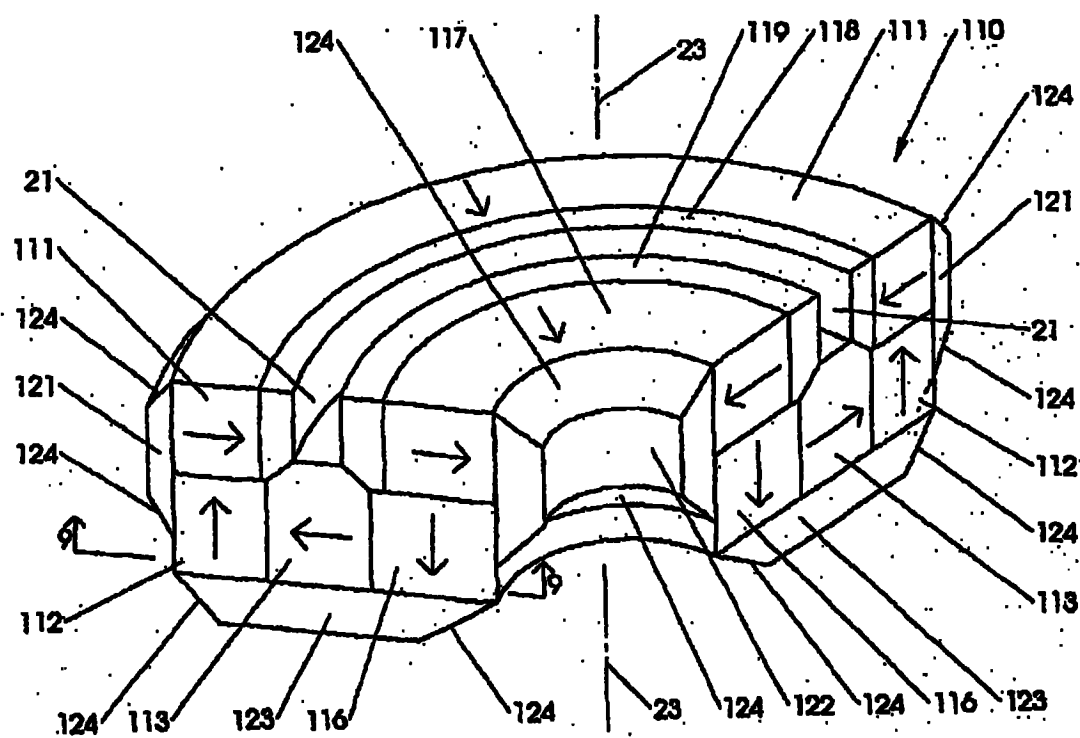


图 8

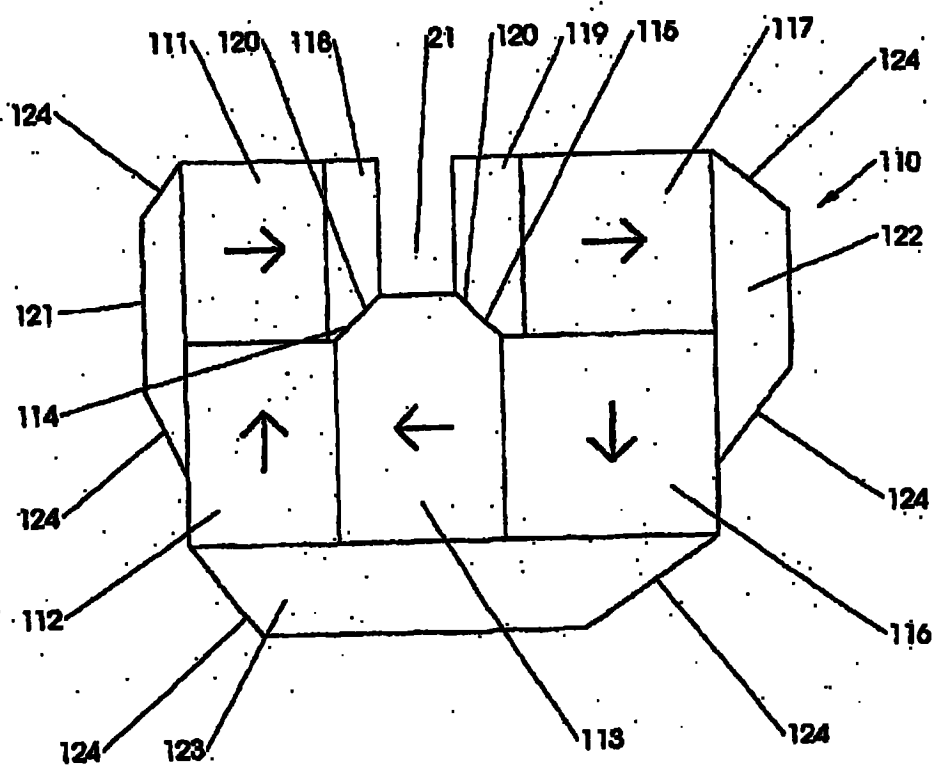


图 9

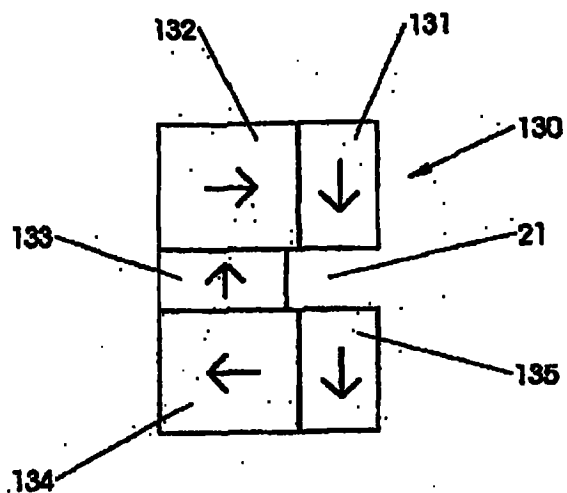


图10

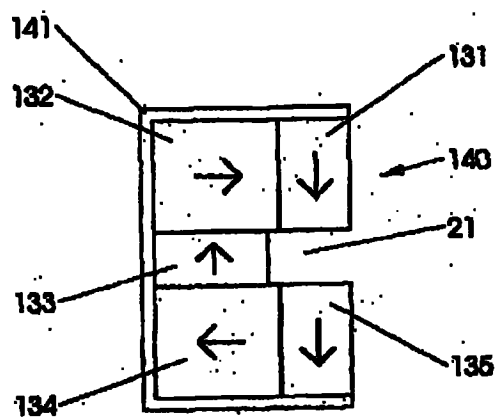


图11

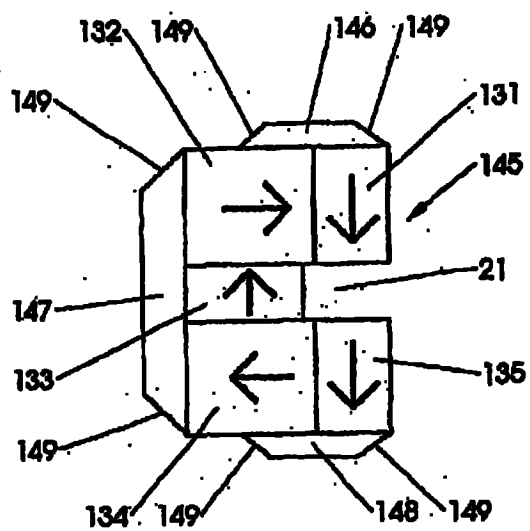


图12

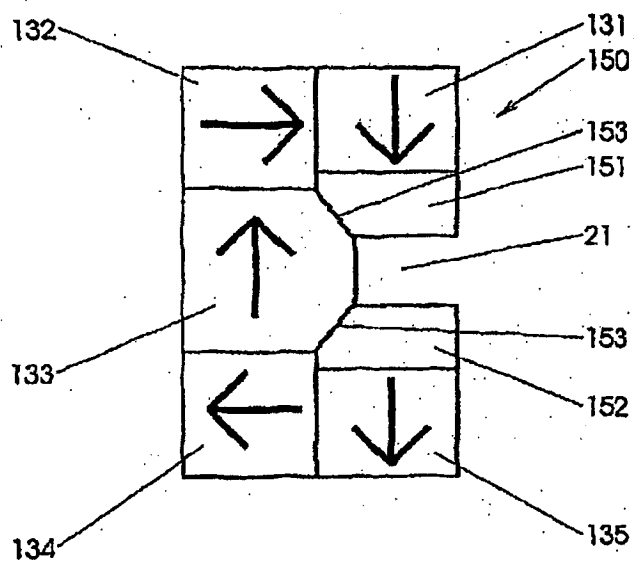


图 13

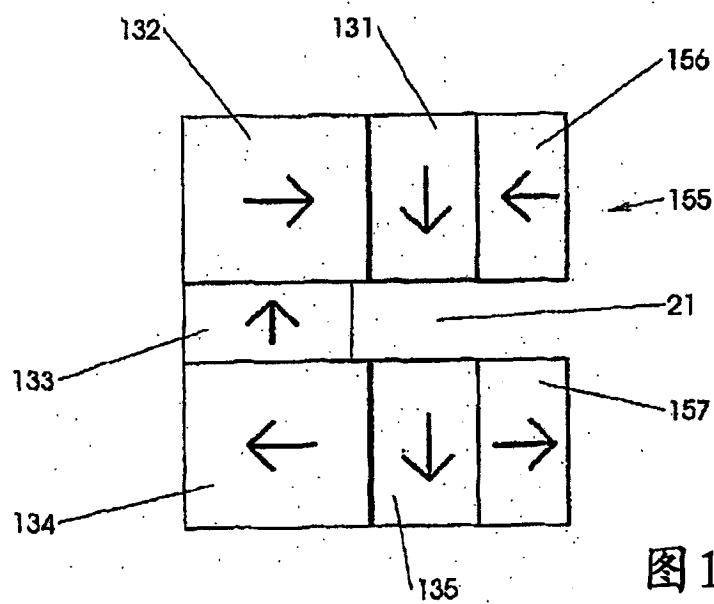


图 14

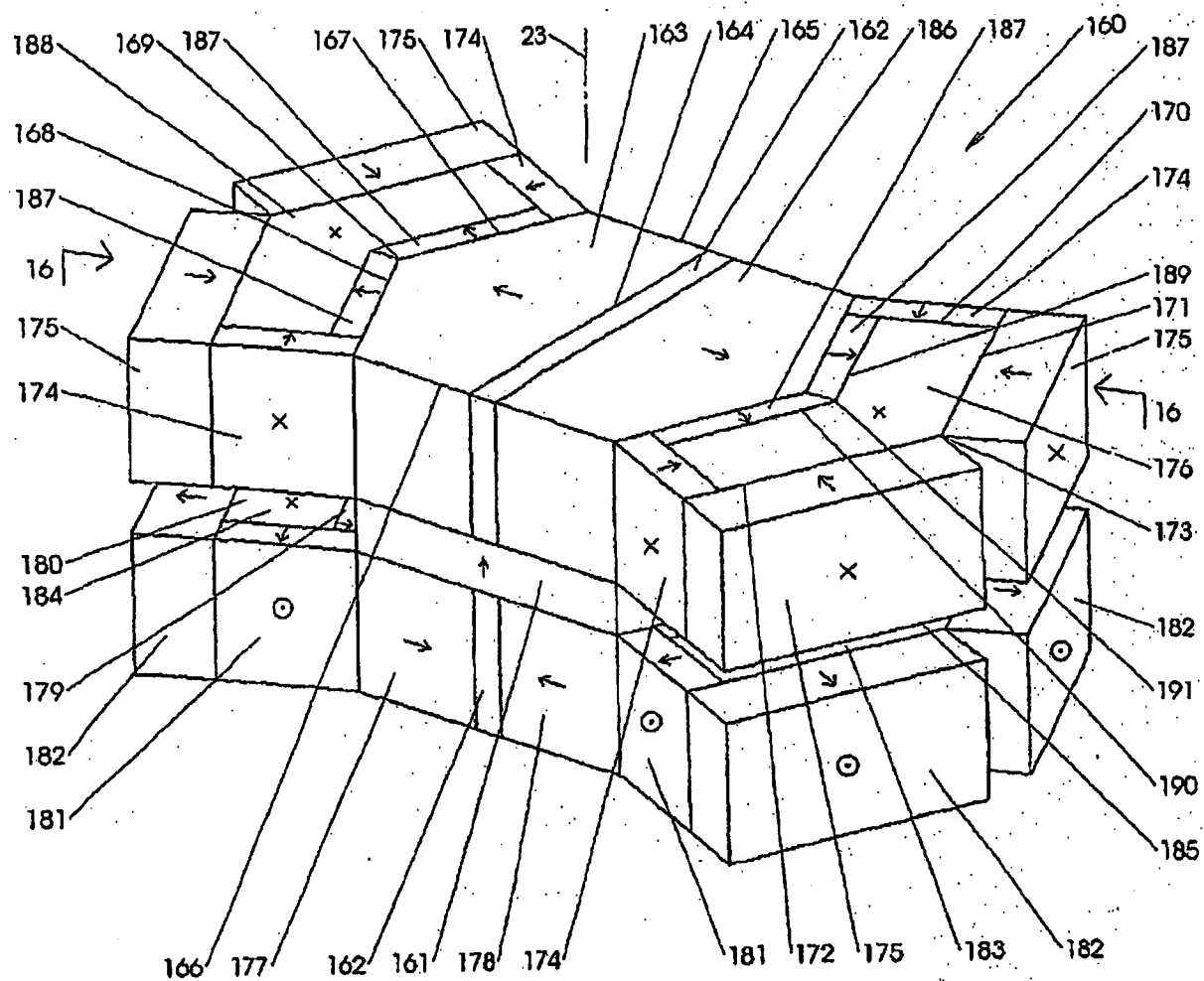


图15

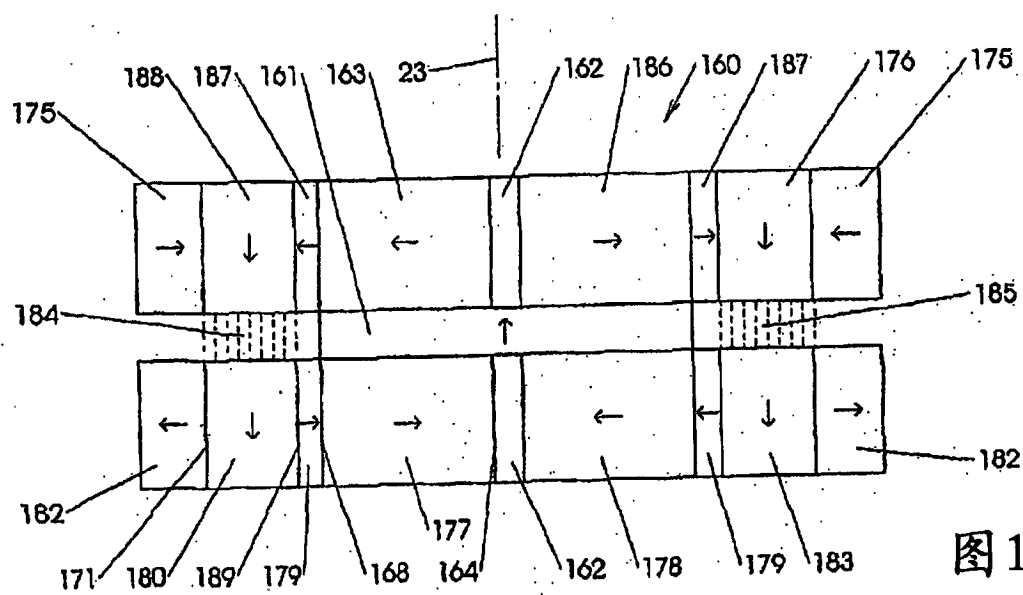


图16