



(21) 申请号 202210078264.3

(22) 申请日 2022.01.24

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114370487 A

(43) 申请公布日 2022.04.19

(73) 专利权人 王瑞松

地址 201315 上海市浦东新区康桥镇康弘
路580弄3号601

(72) 发明人 王瑞松

(74) 专利代理机构 上海知锦知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 31327

专利代理师 吴凡

(51) Int. Cl.

F16H 49/00 (2006.01)

F16H 57/023 (2012.01)

F16H 57/021 (2012.01)

F16H 57/02 (2012.01)

(56) 对比文件

CN 106352025 A, 2017.01.25

CN 109667909 A, 2019.04.23

CN 110566652 A, 2019.12.13

WO 9533144 A1, 1995.12.07

WO 2019065070 A1, 2019.04.04

CN 104864066 A, 2015.08.26

CN 207213107 U, 2018.04.10

CN 106015514 A, 2016.10.12

CN 103075471 A, 2013.05.01

CN 104832605 A, 2015.08.12

CN 108036034 A, 2018.05.15

CN 108061140 A, 2018.05.22

CN 110242710 A, 2019.09.17

CN 111005988 A, 2020.04.14

CN 210799953 U, 2020.06.19

SU 973972 A1, 1982.11.15

US 2017284527 A1, 2017.10.05 (续)

审查员 王涛

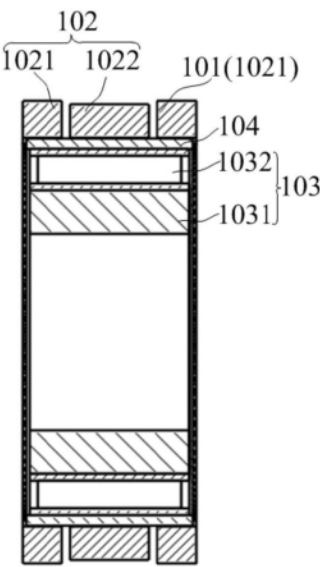
权利要求书1页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

谐波减速器及传动装置

(57) 摘要

一种谐波减速器及传动装置,谐波减速器包括:固定部;一个或多个刚轮组,与固定部间隔设置,刚轮组包括:间隔设置的第一刚轮和第二刚轮,第二刚轮位于固定部和第一刚轮之间,第一刚轮包括第一轴孔,第一轴孔具有第一内齿轮;第二刚轮包括第二轴孔,第二轴孔与第一轴孔同轴心设置,第二轴孔具有第二内齿轮;波发生器,贯穿第一轴孔和第二轴孔;柔轮,柔轮套设在波发生器上,柔轮的外侧壁具有与第一内齿轮和第二内齿轮啮合的外齿轮。本发明实施例的柔轮上分担应力的点较多,能够显著降低柔轮的应力峰值,提高谐波减速器的扭矩承载能力和扭转刚性;由于本发明提高了谐波减速器所能够承载的扭矩,在同等转矩要求下,具有尺寸更小,重量更轻的特点。



[接上页]

(56) 对比文件

SU 667732 A1, 1979.06.15

WO 2020119611 A1, 2020.06.18

宿鹏飞; 刘积昊; 管恩广; 赵言正. 谐波减速

器扭转刚度与疲劳失效. 机械与电子. 2020, (第 04期), 43-46+52.

李敏. 变位修正法获得无侧隙谐波齿轮传动设计. 林业机械与木工设备. 2008, (03), 41-43.

1. 一种谐波减速器,其特征在于,包括:

固定部;

一个或多个刚轮组,与所述固定部间隔设置,所述刚轮组包括:间隔设置的第一刚轮和第二刚轮,所述第二刚轮位于所述固定部和第一刚轮之间,所述第一刚轮包括第一轴孔,所述第一轴孔具有第一内齿轮;

所述第二刚轮包括第二轴孔,所述第二轴孔与所述第一轴孔同轴心设置,所述第二轴孔具有第二内齿轮;

波发生器,贯穿所述第一轴孔和第二轴孔;

柔轮,所述柔轮套设在所述波发生器上,所述柔轮的外侧壁具有与所述第一内齿轮和第二内齿轮啮合的外齿轮;

所述波发生器包括:凸轮;柔性轴承,所述柔性轴承的内圈套设在所述凸轮上;所述柔轮套设在所述柔性轴承外圈上;

所述柔性轴承包括内圈、外圈、位于所述内圈和外圈之间保持架和间隔设置在保持架中的滚动体;或者,所述柔性轴承包括滚动体;或者,所述柔性轴承包括滑动轴承;

所述滑动轴承包括:内圈、外圈以及位于内圈和外圈之间的支撑结构,所述支撑结构包括多个串联的支撑单元,所述支撑单元与内圈和外圈均接触,且所述支撑单元的数量为波发生器波数的倍数;所述支撑结构包括弹簧形式的结构。

2. 如权利要求1所述的谐波减速器,其特征在于,所述固定部为所述第一刚轮,所述第二刚轮位于所述第一刚轮和所述固定部之间;所述波发生器还贯穿所述固定部中的所述第一轴孔。

3. 如权利要求1所述的谐波减速器,其特征在于,所述固定部为第一柔轮法兰,所述第一柔轮法兰的外径小于所述第一轴孔或第二轴孔的尺寸;

所述谐波减速器还包括:碗型侧壁,将所述第一柔轮法兰的外侧壁与柔轮的端部连接。

4. 如权利要求1所述的谐波减速器,其特征在于,所述固定部为第二柔轮法兰,所述第二柔轮法兰的外径大于所述第一轴孔和第二轴孔的尺寸;

所述谐波减速器还包括:礼帽型侧壁,将所述第二柔轮法兰的外侧壁与柔轮的端部连接。

5. 如权利要求1所述的谐波减速器,其特征在于,所述滚动体包括滚子、滚珠或者滚针;所述滚动体的数量为波发生器波数的倍数。

6. 如权利要求1所述的谐波减速器,其特征在于,所述第一刚轮为固定状态,所述第二刚轮为输出刚轮;

所述柔轮的外齿轮的齿数与所述第一内齿轮的齿数相同,所述柔轮的外齿轮的齿数与第二内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍;

或者,所述柔轮的外齿轮的齿数与第一内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍,所述柔轮的外齿轮的齿数与所述第二内齿轮的齿数相同;

或者,所述柔轮的外齿轮的齿数与所述第一内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍,柔轮的外齿轮的齿数与所述第二内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍。

7. 一种传动装置,其特征在于,包括如权利要求1至6任一项所述的谐波减速器。

谐波减速器及传动装置

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及机器人传动领域,尤其涉及一种谐波减速器。

背景技术

[0002] 谐波减速器具有传动比大,承载能力高,重量轻,精度高的优点,广泛应用于机器人等领域。

[0003] 现有的谐波减速器一般是通过波发生器凸轮转动,使柔轮产生周期性的波动变形,从而与刚轮连续地啮合。由于刚轮齿数比柔轮齿数多出波发生器波数的整数倍,柔轮每啮合一周,刚轮与柔轮产生一定的转角,转角等于齿数差对应的角度。

[0004] 现有技术杯型或礼帽型谐波减速器存在的问题包括:柔轮圆筒结构刚性差,导致谐波减速器整体扭转刚度低。此外,由于柔轮变形沿轴向不均匀,导致刚柔轮齿为点接触,且柔性轴承主要使用球轴承,轴承内部也为点接触,接触点处径向刚度低,且存在应力集中,限制了谐波减速器的承载能力。此外,现有技术柔轮为薄壁复杂结构,需进行多轮高精度加工,加工成本高,限制了谐波减速器成本的降低及更广泛的应用。

[0005] 因此,现有谐波减速器的性能有待提升。

发明内容

[0006] 本发明实施例解决的问题是提供谐波减速器及传动装置,提高谐波减速器的刚性和承载的扭矩。

[0007] 为解决上述问题,本发明实施例提供一种谐波减速器,包括:固定部;一个或多个刚轮组,与所述固定部间隔设置,所述刚轮组包括:间隔设置的第一刚轮和第二刚轮,所述第二刚轮位于所述固定部和第一刚轮之间,所述第一刚轮包括第一轴孔,所述第一轴孔具有第一内齿轮;所述第二刚轮包括第二轴孔,所述第二轴孔与所述第一轴孔同轴心设置,所述第二轴孔具有第二内齿轮;波发生器,贯穿所述第一轴孔和第二轴孔;柔轮,所述柔轮套设在所述波发生器上,所述柔轮的外侧壁具有与所述第一内齿轮和第二内齿轮啮合的外齿轮。

[0008] 相应的,本发明实施例还提供一种传动装置,包括前述的谐波减速器。

[0009] 与现有技术相比,本发明实施例的技术方案具有以下优点:

[0010] 本发明实施例提供的谐波减速器工作时,当所述第一刚轮和固定部固定时,波发生器转动使柔轮发生波动变形,柔轮与第一刚轮啮合并受到第一刚轮反作用转矩,所述反作用转矩与柔轮转动方向相同,第二刚轮输入负载转矩,所述负载转矩方向与柔轮转动方向相反,与谐波减速器中仅包括一个输入刚轮和一个输出刚轮,应力集中在一个输入刚轮和输出刚轮之间的柔轮区域的情况相比,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮与第二刚轮之间的柔轮区域,以及固定部与第二刚轮之间的柔轮区域,柔轮上分担应力的点多于一个,能够显著降低柔轮的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力。

[0011] 或者,本发明实施例提供的谐波减速器工作时,当所述第二刚轮固定时,波发生器

转动使柔轮发生波动变形,柔轮与第二刚轮啮合并受到第二刚轮反作用转矩,所述反作用转矩与柔轮转动方向相同,第一刚轮输入负载转矩,所述负载转矩方向与柔轮转动方向相反,与谐波减速器中仅包括一个输入刚轮和一个输出刚轮,应力集中在一个输入刚轮和输出刚轮之间的柔轮区域的情况相比,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮与第二刚轮之间的柔轮区域,以及固定部与第二刚轮之间的柔轮区域,柔轮上分担应力的点多于一个,能够显著降低柔轮的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力;此外,由于本发明提高了谐波减速器所能够承载的转矩,使得在同等转矩要求下,本发明具有尺寸更小,重量更轻的特点。

[0012] 可选方案中,所述固定部为所述第一刚轮,所述第二刚轮位于所述第一刚轮和所述固定部之间;所述波发生器还贯穿所述固定部中的所述第一轴孔。所述谐波减速器为齿圈型谐波减速器,通过至少两个第一刚轮和一个第二刚轮使得柔轮上分担应力的点多于一个,能够显著降低柔轮的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力;此外,所述谐波减速器的轴向尺寸较小,具有结构紧凑的优点。

[0013] 可选方案中,所述固定部为第一柔轮法兰,所述第一柔轮法兰的外径小于所述第一轴孔或第二轴孔的尺寸;所述谐波减速器还包括:碗型侧壁,将所述第一柔轮法兰的外侧壁与柔轮的端部连接。相应的,所述谐波减速器为杯型谐波减速器,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮与第二刚轮之间的柔轮区域,以及第一柔轮法兰与第二刚轮之间的柔轮区域,柔轮上分担应力的点多于一个,能够显著提高柔轮的承载能力;此外杯型谐波减速器还具有传动扭矩大的特点。

[0014] 可选方案中,所述固定部为第二柔轮法兰,所述第二柔轮法兰的外径大于所述第一轴孔和第二轴孔的尺寸;所述谐波减速器还包括:礼帽型侧壁,将所述第二柔轮法兰的外侧壁与柔轮的端部连接。相应的,所述谐波减速器为礼帽型谐波减速器,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮与第二刚轮之间的柔轮区域,以及第二柔轮法兰与第二刚轮之间的柔轮区域,柔轮上分担应力的点多于一个,能够显著提高柔轮的承载能力;此外,礼帽型谐波减速器还具有传动扭矩大的特点。

附图说明

[0015] 图1是一种谐波减速器的结构示意图;

[0016] 图2是一种谐波减速器的柔轮的轮齿受力简图;

[0017] 图3是又一种谐波减速器的结构示意图;

[0018] 图4是本发明谐波减速器第一实施例结构示意图;

[0019] 图5是图4在AA处的剖面图;

[0020] 图6是本发明谐波减速器第一实施例的爆炸图;

[0021] 图7是图5中的第一刚轮为固定状态的结构示意图;

[0022] 图8是图5中的第二刚轮为固定状态的结构示意图;

[0023] 图9是本发明谐波减速器第一实施例柔轮上的轮齿受力简图;

[0024] 图10包括图10a和图10b,图10a是本发明谐波减速器中滚动体的数量为奇数时的示意图,图10b是本发明谐波减速器中滚动体的数量为偶数时的示意图;

[0025] 图11是本发明滑动轴承第一实施例的结构示意图;

- [0026] 图12是本发明滑动轴承第二实施例的结构示意图；
[0027] 图13是本发明谐波减速器第二实施例结构示意图；
[0028] 图14是本发明谐波减速器第三实施例结构示意图。

具体实施方式

[0029] 由背景技术可知,现有的谐波减速器的性能有待提升,现结合一种谐波减速器的结构示意图,分析谐波减速器性能不佳的原因。

[0030] 参考图1,示出了一种谐波减速器的结构示意图。

[0031] 谐波减速器为齿圈型谐波减速器,所述齿圈型谐波减速器包括:第一刚轮1,所述第一刚轮1具有第一轴孔(图中未标示),所述第一轴孔的内侧壁上具有内齿轮(图中未标示);第二刚轮2,沿所述第一轴孔的轴向设置,且与所述第一刚轮1相间隔,所述第二刚轮2具有第二轴孔(图中未标示),所述第二轴孔的内侧壁上具有内齿轮(图中未标示);柔轮3,为薄壁齿圈结构,所述柔轮3的侧壁上具有外齿轮,贯穿所述第一轴孔和第二轴孔,且与所述第一轴孔和第二轴孔上的内齿轮相啮合;波发生器4,轴向安装在所述柔轮3的内侧面上。

[0032] 在齿圈型谐波减速器工作时,第二刚轮2固定,波发生器4输入转动,第一刚轮1输出传动,在轴向方向上,可将柔轮齿沿轴向的方向简化为一个中间固定的梁,如附图2所示,两侧刚轮相对于柔轮齿提供相同方向的转矩,可理解为在梁两端分别施加负载,加载转矩需要柔轮通过变形应力来平衡,故柔轮扭转倾向严重,应力集中在第一刚轮1和第二刚轮2之间的柔轮3上,柔轮疲劳寿命下降,甚至造成柔轮早期破坏,限制谐波减速器扭矩承载能力。

[0033] 齿圈型谐波减速器的轴向尺寸小于同级别的杯型及礼帽型谐波减速器,柔轮3的轴向尺寸较小,且轴向全部为齿圈,因此,柔轮3的扭转刚性较强,但工作时柔轮存在应力集中问题。

[0034] 参考图3,示出了另一种谐波减速器的结构示意图,图3示出的谐波减速器与图1示出的谐波减速器的区别在于图1的波发生器中采用的是球轴承,图3的波发生器中采用的是滚子轴承。图1中齿圈型减速器的问题在图3的齿圈型减速器中仍然存在。

[0035] 为了解决所述技术问题,本发明实施例提供一种谐波减速器,包括:固定部;一个或多个刚轮组,与所述固定部间隔设置,所述刚轮组包括:间隔设置的第一刚轮和第二刚轮,所述第二刚轮位于所述固定部和第一刚轮之间,所述第一刚轮包括第一轴孔,所述第一轴孔具有第一内齿轮;所述第二刚轮包括第二轴孔,所述第二轴孔与所述第一轴孔同轴心设置,所述第二轴孔具有第二内齿轮;波发生器,贯穿所述第一轴孔和第二轴孔;柔轮,所述柔轮套设在所述波发生器上,所述柔轮的外侧壁具有与所述第一内齿轮和第二内齿轮啮合的外齿轮。

[0036] 本发明实施例提供的谐波减速器工作时,当所述第一刚轮和固定部固定时,波发生器转动使柔轮发生波动变形,柔轮与第一刚轮啮合并受到第一刚轮反作用转矩,所述反作用转矩与柔轮转动方向相同,第二刚轮输入负载转矩,所述负载转矩方向与柔轮转动方向相反,与谐波减速器中仅包括一个输入刚轮和一个输出刚轮,应力集中在一个输入刚轮和输出刚轮之间的柔轮区域的情况相比,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮与第二刚轮之间的柔轮区域,以及固定部与第二刚轮之间的柔轮区域,柔轮上分担应力的点多

于一个,能够显著降低柔轮的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力。或者,本发明实施例提供的谐波减速器工作时,当所述第二刚轮固定时,波发生器转动使柔轮发生波动变形,柔轮与第二刚轮啮合并受到第二刚轮反作用转矩,所述反作用转矩与柔轮转动方向相同,第一刚轮输入负载转矩,所述负载转矩方向与柔轮转动方向相反,与谐波减速器中仅包括一个输入刚轮和一个输出刚轮,应力集中在一个输入刚轮和输出刚轮之间的柔轮区域的情况相比,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮与第二刚轮之间的柔轮区域,以及固定部与第二刚轮之间的柔轮区域,柔轮上分担应力的点多于一个,能够显著降低柔轮的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力;此外,由于本发明提高了谐波减速器所能够承载的转矩,使得在同等转矩要求下,本发明具有尺寸更小,重量更轻的特点。

[0037] 为使本发明实施例的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。

[0038] 参考图4和图5,图4是本发明谐波减速器第一实施例结构示意图,图5是图4在AA处的剖面图,图6是本发明谐波减速器第一实施例的爆炸图。

[0039] 所述谐波减速器100,包括:固定部101;一个或多个刚轮组102,与所述固定部101间隔设置,所述刚轮组102包括:间隔设置的第一刚轮1021和第二刚轮1022,所述第二刚轮1022位于所述固定部101和第一刚轮1021之间,所述第一刚轮1021包括第一轴孔(图中未示出),所述第一轴孔具有第一内齿轮1023(如图6所示);所述第二刚轮1022包括第二轴孔(图中未示出),所述第二轴孔与所述第一轴孔同轴心设置,所述第二轴孔具有第二内齿轮1024(如图6所示);波发生器103,贯穿所述第一轴孔和第二轴孔;柔轮,所述柔轮套设在所述波发生器103上,所述柔轮的外侧壁具有与所述第一内齿轮1023和第二内齿轮1024啮合的外齿轮。

[0040] 图7示意出,第一刚轮为固定状态,第二刚轮为输出刚轮的示意图,图9是本发明谐波减速器第一实施例柔轮上的轮齿受力简图。本发明实施例提供的谐波减速器工作时,当所述第一刚轮1021和固定部101固定时,波发生器转动使柔轮104发生波动变形,柔轮104与第一刚轮1021啮合并受到第一刚轮1021反作用转矩,所述反作用转矩与柔轮104转动方向相同,第二刚轮1022输入负载转矩,所述负载转矩方向与柔轮104转动方向相反,与谐波减速器中仅包括一个输入刚轮和一个输出刚轮,应力集中在一个输入刚轮和输出刚轮之间的柔轮区域的相比,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮1021与第二刚轮1022之间的柔轮区域,以及固定部101与第二刚轮1022之间的柔轮区域,柔轮104上分担应力的点多于一个,能够显著降低柔轮104的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力。

[0041] 图8示意出第二刚轮为固定状态,第一刚轮为输出刚轮的示意图,当所述第二刚轮1022固定时,波发生器转动使柔轮104发生波动变形,柔轮104与第二刚轮1022啮合并受到第二刚轮1022反作用转矩,所述反作用转矩与柔轮104转动方向相同,第一刚轮1021输入负载转矩,所述负载转矩方向与柔轮104转动方向相反,与谐波减速器中仅包括一个输入刚轮和一个输出刚轮,应力集中在一个输入刚轮和输出刚轮之间的柔轮区域的情况相比,本发明实施例中,负载均匀分摊到第一刚轮1021与第二刚轮1022之间的柔轮区域,以及固定部101与第二刚轮1022之间的柔轮区域,柔轮104上分担应力的点多于一个,能够显著降低柔轮104的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力。

[0042] 此外,由于本发明提高了谐波减速器所能够承载的转矩,使得在同等转矩要求下,

本发明具有尺寸更小,重量更轻的特点。

[0043] 本实施例中,所述固定部101为所述第一刚轮1021,所述第二刚轮1022位于所述第一刚轮1021和所述固定部101之间;所述波发生器103还贯穿所述固定部101中的所述第一轴孔。因此,所述谐波减速器为齿圈型谐波减速器,所述第一刚轮1021和第二刚轮1022交替布置,使得柔轮104上分担应力的点多于一个,能够显著降低柔轮104的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力;此外,所述谐波减速器的轴向尺寸较小,具有结构紧凑的优点。

[0044] 作为一种示例,如图5所示,所述谐波减速器中的刚轮组102的数量为一个。在所述刚轮组102的数量为一个时,所述谐波减速器中第一刚轮1021的数量为两个,第二刚轮1022的数量为一个。在其他实施例中,谐波减速器的刚轮组的数量还可以多于一个,当所述刚轮组的数量多于一个时,所述各个刚轮组位于所述固定部的一侧,且各个刚轮组中的第一刚轮相比于第二刚轮更远离所述固定部。在另一些实施例中,刚轮组的数量为多个时,根据需要相邻刚轮组的第一刚轮相邻,且相邻刚轮组的第二刚轮相邻。

[0045] 需要说明的是,第一刚轮1021和第二刚轮1022之间的间隔不宜过小。第一刚轮1021和第二刚轮1022给予柔轮104的载荷方向相反,若所述第一刚轮1021和第二刚轮1022之间的间隔过小,在谐波减速器工作时,从而柔轮104上的剪切应力过于集中,导致第一刚轮1021与第二刚轮1022之间的柔轮104区域的应力过大,在柔轮104齿上,两刚轮之间的边缘附近产生严重应力集中,柔轮104疲劳寿命下降,甚至造成柔轮104早期破坏,限制谐波减速器扭矩承载能力。本实施例中,所述第一刚轮1021和第二刚轮1022之间的间隔大于柔轮104轴向尺寸的5%。

[0046] 本实施例中,所述第一轴孔具有第一内齿轮,第一内齿轮的齿数为第一数量,第二轴孔具有第二内齿轮,第二内齿轮的齿数为第二数量,且所述第二数量与所述第一数量不同。当两个所述第一刚轮为固定状态,第二刚轮为输出时,所述第二数量比第一数量多。其他实施例中,当两个第一刚轮为输出,第二刚轮为固定状态时,所述第二数量也可以比第一数量少。

[0047] 需要说明的是,第一刚轮的轴向尺寸可以为现有技术中第一刚轮的轴向尺寸一半,将原本一个第一刚轮承受的负载均匀分散到本发明实施例中两个第一刚轮和第二刚轮之间的柔轮104上,能够显著降低柔轮104应力峰值,但是谐波减速器的轴向尺寸并未增加,有利于提高谐波减速器的使用寿命。

[0048] 所述波发生器用于使谐波减速器的柔轮104按照一定的变形规律来产生周期性的弹性变形波的组件。

[0049] 本实施例中,所述波发生器为凸轮波发生器。波发生器与电机输入轴连接,电机的转动提供波发生器的工作的动力,带动柔轮104发生波动运动。其他实施例中波发生器还可以为滚轮式波发生器。

[0050] 具体的,所述波发生器包括:凸轮1031。凸轮1031提供柔性轴承1032回转的动力,在柔性轴承1032回转的过程中,使得柔性轴承1032推动柔轮104上的外齿轮与第一内齿轮和第二内齿轮啮合。本实施例中,所述凸轮的波数为2,也可以大于或等于3。

[0051] 本实施例中,凸轮1031的外轮廓优选采用 $\omega = \omega_0 \cos 2\varphi$ 规律的变形形状,其中 ω 为径向变形量, φ 为相位角。其他实施例中,凸轮也可选择其它形式的变形规律。

[0052] 需要说明的是,所述凸轮1031轴线处开有中心孔,便于电缆穿过。相比于礼帽型谐波减速器,本实施例没有礼帽型柔轮外沿部分,故在同样的中空孔径条件下,本发明可实现更小的谐波减速器径向尺寸。反过来说,在同样的谐波减速器径向尺寸条件下,可实现更大的中空孔径。

[0053] 所述波发生器还包括:柔性轴承1032,所述柔性轴承1032的内圈套设在所述凸轮上。

[0054] 本实施例中,所述柔性轴承1032包括内圈、外圈、位于所述内圈和外圈之间保持架和间隔设置在保持架中的滚动体。在谐波减速器工作时,内圈承受来自凸轮的回转力,内圈通过滚动体将回转力传递至外圈,外圈与所述柔轮104配合,推动柔轮104上的外齿轮与第一刚轮1021和第二刚轮1022上的内齿轮啮合。

[0055] 本实施例中,所述滚动体包括滚针,在柔性轴承1032回转过程中,滚针与内圈和外圈之间为线接触,与点接触相比,增加了接触面积,增加了轴承径向刚度,从而有效增加了谐波减速器的承载转矩及刚性。其他实施例中,滚动体还可以包括滚子或者滚珠。

[0056] 本实施例中,所述滚动体的数量为波发生器波数的倍数。例如,当波发生器的波数为2时,滚动体的数量为2的倍数,当波发生器的波数为3时,滚动体的数量为3的倍数。

[0057] 图10包括图10a和图10b,图10a是本发明谐波减速器中滚动体的数量为奇数时的示意图,图10b是本发明谐波减速器中滚动体的数量为偶数时的示意图。

[0058] 如图10a所示,柔性轴承1032滚动体个数为奇数,过柔性轴承1032中心线的两端,一端对应滚动体,另一端位于滚动体之间,柔性轴承1032两端的支撑状态不同,因此中心线两端的径向刚度不同,造成柔性轴承1032刚性较大一端柔轮104应力峰值远大于另一端柔轮104应力,应力较多的集中在具有滚动体的一端,具有滚动体的一端的柔轮104易于出现疲劳破坏。

[0059] 如图10b所示,对于本发明,由于柔性轴承1032滚子数为偶数,在柔性轴承1032的中心线一端对应滚动体时,柔性轴承1032中心线的另一端也对应滚动体,中心线的两端具有滚动体支撑,柔性轴承1032两端的支撑状态一致,从而柔轮104和柔性轴承1032的应力分摊到柔性轴承1032中心线的两端和柔轮104之间,使得柔轮104不易出现应力集中,谐波减速器的刚性和承受负载转矩能力提升。

[0060] 本实施例柔性轴承1032中的滚动体的总数为偶数,同样配置下,相比于奇数滚针数的柔性轴承1032,柔轮104应力最大值下降25%。

[0061] 其他实施例中,所述柔性轴承仅包括滚动体,有利于减小谐波减速器的零部件,简化谐波减速器的结构。

[0062] 另一些实施例中,所述柔性轴承包括第一实施例的滑动轴承(如图11所示),所述滑动轴承包括内圈1033和外圈1034,滑动轴承与柔轮为线接触,滑动轴承的内圈1033和外圈1034之间也为线接触,与点接触相比,能够提高柔性轴承径向刚度,进而提升谐波减速器扭转刚性。或者,所述柔性轴承包括第二实施例的滑动轴承(如图12所示)具体的,所述滑动轴承包括:内圈10、外圈20以及位于内圈10和外圈20之间的支撑结构30,所述支撑结构30包括多个串联的支撑单元,所述支撑单元与内圈和外圈均接触,且所述支撑单元的数量为波发生器波数的倍数,所述支撑结构30包括但不限于弹簧形式的结构。

[0063] 需要说明的是,本实施例中谐波减速器为齿圈型谐波减速器,采用第一实施例的

滑动轴承更能提高柔性轴承径向刚度,提升谐波减速器扭转刚性。

[0064] 柔轮104用于与第一内齿轮和第二内齿轮啮合,在第一刚轮1021为固定状态时,第二刚轮1022输出转矩时,柔轮104将波发生器提供的回转力传递到第二刚轮1022上;在第二刚轮1022为固定状态时,第一刚轮1021输出转矩时,柔轮104将波发生器提供的回转力传递到第一刚轮1021上。

[0065] 本实施例中,所述柔轮104套设在所述柔性轴承外圈上。波发生器转动时,波发生器的轮廓带动柔轮104发生挠曲变形,在波发生器长轴附近与刚轮啮合。

[0066] 本实施例中,柔轮104为挠性外齿圈,薄壁齿圈结构,同时与第一刚轮1021和第二刚轮1022啮合。

[0067] 本实施例中,柔轮104的外齿轮的齿形为双圆弧公切线齿形,相比于渐开线齿,齿顶及齿根的圆弧更利于实现刚轮和柔轮共轭传动。柔轮外齿轮的齿形也可以选择其它齿形。柔轮齿需满足啮合共轭条件。

[0068] 一般的,刚轮和柔轮共轭啮合条件为:

[0069]
$$\vec{v} \cdot \vec{n} = 0$$

[0070] 其中, $\vec{v}$ 为第一刚轮1021和柔轮104的外齿轮相对运动速度,或者第二刚轮1022和柔轮104的外齿轮相对运动速度, $\vec{n}$ 为啮合点的法向量,也就是说啮合点处轮齿的相对运动仅有相对滑动。按照设定的第一刚轮1021和柔轮104的外齿轮传动比或者第二刚轮1022和柔轮104的外齿轮传动比,波发生器变形形状、柔轮104齿形以及共轭啮合条件,可得出与柔轮104齿形共轭的刚轮齿形。共轭齿形的优点为可实现稳定的瞬时传动比,增加柔轮104和第一刚轮1021和第二刚轮1022同时啮合的齿数,增加谐波减速器扭矩承载能力。

[0071] 本实施例中,所述第一刚轮1021为固定状态时,所述第二刚轮1022为输出刚轮;所述柔轮104的外齿轮的齿数与所述第一内齿轮的齿数相同,所述柔轮104的外齿轮的齿数与第二内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍,如此设置使得第二刚轮1022与柔轮104配合更紧密,第二刚轮1022的齿槽与柔轮齿更贴合,可以达到更小的转动自由间隙,更高的传动精度。

[0072] 需要说明的是,柔轮104为简单薄壁齿圈,主体可采用线切割等方式一次加工成型,从根本上降低柔轮104加工成本,且可达到很高的毛坯利用率。

[0073] 其他实施例中,所述柔轮的外齿轮的齿数与第一内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍,所述柔轮的外齿轮的齿数与所述第二内齿轮的齿数相同。

[0074] 在另一些实施例中,所述柔轮的外齿轮的齿数与所述第一内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍,柔轮的外齿轮的齿数与所述第二内齿轮的齿数差为波发生器波数的整数倍。

[0075] 需要说明的是,柔轮的外齿轮沿轴向位于所述柔轮中的整个侧壁,所述柔轮的轴向尺寸较小,扭转刚性优于杯型柔轮以及礼帽型柔轮,且加工工艺简单,成本低于杯型柔轮和礼帽型柔轮。

[0076] 还需要说明的是,谐波减速器总的轴向长度相比现有技术齿圈型谐波减速器不增加时,柔轮104轴向长度相比现有技术齿圈型谐波减速器不增加。

[0077] 所述柔轮材料选用30CrMnSiA国标/T3077-2015,经过调质和氮化处理,疲劳强度 σ_{-1} 为650MPa,屈服强度 σ_t 为850MPa,抗拉强度 σ_b 为1100MPa。所述材料为示例,也可选取其它

材料。

[0078] 本实施例中,以下将本实施例与国标定义的CS-20-50型谐波减速器进行对比。国标CS-20-50额定负载为20Nm,实施例采用更高的转矩25Nm进行加载。50%加载,即12.5Nm负载加载时, K_1 刚度 $=3.94 \times 10^4 \text{Nm/rad}$,为国标定义CS-20-50标准 K_1 刚度($1.6 \times 10^4 \text{Nm/rad}$)的2.5倍;100%加载,即25Nm负载加载时, K_2 刚度 $=2.19 \times 10^5 \text{Nm/rad}$,为国标定义CS-20-50标准 K_2 刚度($2.5 \times 10^4 \text{Nm/rad}$)的8.8倍。负载端加载到25Nm时,柔轮最大应力为564MPa,小于柔轮材料疲劳强度。

[0079] 本实施例在按照50Nm负载转矩进行加载时(国标标准值的2.5倍),50%加载,即25Nm负载加载时, K_1 刚度 $=6.57 \times 10^4 \text{Nm/rad}$,为国标定义CS-20-50标准 K_1 刚度($1.6 \times 10^4 \text{Nm/rad}$)的4.1倍;100%加载,即50Nm负载加载时, K_2 刚度 $=2.92 \times 10^5 \text{Nm/rad}$,为国标定义CS-20-50标准 K_2 刚度($2.5 \times 10^4 \text{Nm/rad}$)的11.7倍。负载端加载到50Nm时,柔轮最大应力为605MPa,小于柔轮材料疲劳强度。故可将本实施例额定转矩定义为50Nm。

[0080] 由上所述,本实施例从根本上提高了谐波减速器的额定转矩及扭转刚性。

[0081] 参考图13,示意出本发明谐波减速器第二实施例结构示意图。

[0082] 本发明实施例与第一实施例的相同之处在此不再赘述,与第一实施例的不同之处在于:

[0083] 所述固定部为第一柔轮法兰201,所述第一柔轮法兰201的外径小于所述第一轴孔(图中未标示)和第二轴孔(图中未标示)的尺寸。因此,所述谐波减速器为杯型谐波减速器。

[0084] 本发明实施例提供的谐波减速器工作时,当所述第一刚轮2021和第一柔轮法兰201固定时,波发生器输入回转的扭矩,位于第一刚轮2021和第一柔轮法兰201之间的第二刚轮2022提供与波发生器相反的扭矩,与现有谐波减速器中仅包括一个刚轮和一个柔轮法兰,应力集中在刚轮和柔轮法兰之间的柔轮区域的情况相比,本发明实施例中,第二刚轮2022负载均匀分摊到第一刚轮2021与第二刚轮2022之间的柔轮区域,以及第一柔轮法兰201与第二刚轮2022之间的柔轮区域,柔轮204上分担应力的点多于一个,能够显著提高柔轮的承载能力。或者,当所述第二刚轮2022固定时,波发生器输入回转的扭矩,两侧的第一刚轮2021和第一柔轮法兰201提供与波发生器相反的扭矩,第二刚轮2022负载均匀分摊到第一刚轮2021与第二刚轮2022之间的柔轮区域,以及第一柔轮法兰201与第二刚轮2022之间的柔轮区域,柔轮204上分担应力的点多于一个,能够显著提高谐波减速器的扭矩承载能力,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力和扭转刚性。此外,杯型谐波减速器还具有传动扭矩大的特点。

[0085] 需要说明的是,本实施例中,谐波减速器为杯型谐波减速器,与现有杯型谐波减速器中仅包括一个刚轮和一个杯型柔轮的情况相比,本发明实施例中,柔轮的刚性较低,第二刚轮2022传递的负载通过柔轮204分摊到第一刚轮2021与第二刚轮2022之间的柔轮区域,以及第一柔轮法兰201与第二刚轮2022之间的柔轮区域,能够显著提高谐波减速器的刚性。

[0086] 本实施例中,所述谐波减速器还包括:碗型侧壁205,将所述第一柔轮法兰201的外侧壁与柔轮204的端部连接。

[0087] 碗型侧壁205将柔轮204与第一柔轮法兰201固定连接,在谐波减速器工作时,柔轮204和第一柔轮法兰204处于同步运动状态。

[0088] 本实施例中,所述柔性轴承包括内圈、外圈、位于所述内圈和外圈之间保持架和间

隔设置在保持架中的滚动体;或者,所述柔性轴承包括滚动体;或者,所述柔性轴承包括滑动轴承。

[0089] 需要说明的是,当所述柔性轴承为滑动轴承时,所述柔性轴承包括第一实施例的滑动轴承(如图11所示),所述滑动轴承包括内圈和外圈,滑动轴承与柔轮为线接触,滑动轴承的内圈1033和外圈1034之间也为线接触与点接触相比,能够提高柔性轴承径向刚度,进而提升谐波减速器扭转刚性。或者,所述柔性轴承包括第二实施例的滑动轴承(如图12所示)具体的,所述滑动轴承包括:内圈10、外圈20以及位于内圈10和外圈20之间的支撑结构30,所述支撑结构30包括多个串联的支撑单元,所述支撑单元与内圈和外圈均接触,且所述支撑单元的数量为波发生器波数的倍数,所述支撑结构30包括但不限于弹簧形式的结构。

[0090] 需要说明的是,本实施例中谐波减速器为杯型谐波减速器,采用第二实施例的滑动轴承,因为支承单元与内外圈在轴向横截面上类似球轴承,有利于沿轴向方向柔轮径向形变更容易变得均匀,柔轮和滑动轴承外圈之间为线接触,能够提高柔轮承载能力,改善疲劳寿命,且具备高速运转情况下摩擦阻力比滚动轴承更低的优点。

[0091] 参考图14,示意出本发明谐波减速器第三实施例结构示意图。

[0092] 本发明实施例与第一实施例的相同之处在此不再赘述,与第一实施例的不同之处在于:

[0093] 所述固定部为第二柔轮法兰301,所述第二柔轮法兰301的外径大于所述第一轴孔(图中未标示)和第二轴孔(图中未标示)的尺寸。

[0094] 本发明实施例提供的谐波减速器工作时,当所述第一刚轮3021和第二柔轮法兰301固定时,波发生器输入回转的扭矩,位于第一刚轮3021和第二柔轮法兰301之间的第二刚轮3022提供与波发生器相反的扭矩,与现有谐波减速器中仅包括一个刚轮和一个柔轮法兰,应力集中在刚轮和柔轮法兰之间的柔轮区域的情况相比,本发明实施例中,第二刚轮3022负载均匀分摊到第一刚轮3021与第二刚轮3022之间的柔轮区域,以及第二柔轮法兰301与第二刚轮3022之间的柔轮区域,柔轮304上分担应力的点多于一个,能够显著提高柔轮的承载能力。或者,当所述第二刚轮3022固定时,波发生器输入回转的扭矩,两侧的第一刚轮3021和第二柔轮法兰301提供与波发生器相反的扭矩,第二刚轮3022负载均匀分摊到第一刚轮3021与第二刚轮3022之间的柔轮区域,以及第二柔轮法兰301与第二刚轮3022之间的柔轮区域,柔轮304上分担应力的点多于一个,能够显著提高谐波减速器的扭矩承载能力,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力和扭转刚性。此外礼帽型谐波减速器还具有传动扭矩大的特点。

[0095] 所述谐波减速器还包括:礼帽型侧壁305,将所述第二柔轮法兰301的内侧壁与柔轮304的端部连接。

[0096] 礼帽型侧壁305将柔轮304与第二柔轮法兰301固定连接,在谐波减速器工作时,柔轮304和第二柔轮法兰304处于同步运动状态。

[0097] 本实施例中,所述柔性轴承包括内圈、外圈、位于所述内圈和外圈之间保持架和间隔设置在保持架中的滚动体;或者,所述柔性轴承包括滚动体;或者,所述柔性轴承包括滑动轴承。

[0098] 需要说明的是,当所述柔性轴承为滑动轴承时,所述柔性轴承包括第一实施例的滑动轴承(如图11所示),所述滑动轴承包括内圈和外圈,滑动轴承与柔轮为线接触,滑动轴

承的内圈1033和外圈1034之间也为线接触,与点接触相比,能够提高柔性轴承径向刚度,进而提升谐波减速器扭转刚性。或者,所述柔性轴承包括第二实施例的滑动轴承(如图12所示)具体的,所述滑动轴承包括:内圈10、外圈20以及位于内圈10和外圈20之间的支撑结构30,所述支撑结构30包括多个串联的支撑单元,所述支撑单元与内圈和外圈均接触,且所述支撑单元的数量为波发生器波数的倍数,所述支撑结构30包括但不限于弹簧形式的结构。

[0099] 需要说明的是,本实施例中谐波减速器为礼帽型谐波减速器,采用第二实施例的滑动轴承,因为支承单元与内外圈在轴向横截面上类似球轴承,有利于沿轴向方向柔轮径向形变更容易变得均匀,柔轮和滑动轴承外圈之间为线接触,能够提高柔轮承载能力,改善疲劳寿命,且具备高速运转情况下摩擦阻力比滚动轴承更低的优点。

[0100] 相应的,本发明实施例还提供了一种传动装置,所述传动装置包括前述谐波减速器。

[0101] 所述传动装置采用前述的谐波减速器,所述谐波减速器包括固定部以及第一或多个刚轮组,所述刚轮组包括相间隔的第一刚轮和第二刚轮,通过设置为固定部和第一刚轮固定,第二刚轮输出扭转,或者设置为固定部和第一刚轮输出扭转,第二刚轮固定,柔轮上分担应力的点较多,能够显著降低柔轮的应力峰值,从而提高谐波减速器的扭矩承载能力和扭转刚性,相应的,能够提升传动装置的负载能力和刚性,有利于实现传动装置绝对定位精度的提高。

[0102] 本实施例中,所述传动装置包括机器人关节。

[0103] 本实施例中,所述谐波减速器包括前述的齿圈型谐波减速器、杯型谐波减速器和礼帽型谐波减速器中的任一种。

[0104] 虽然本发明披露如上,但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

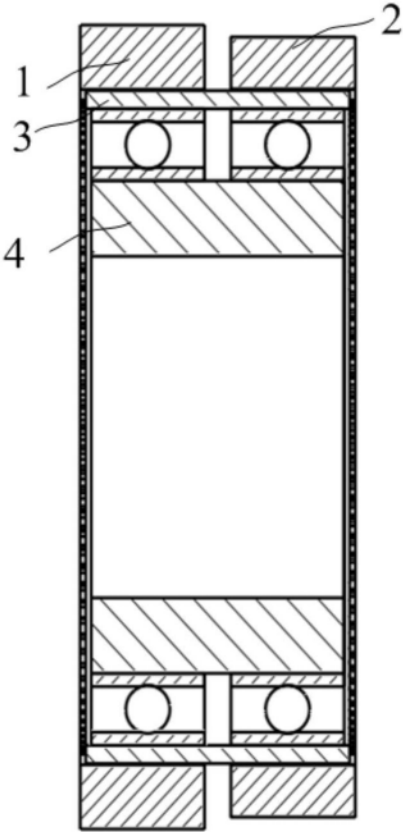


图1

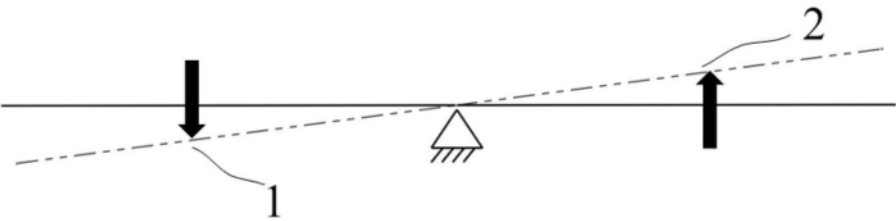


图2

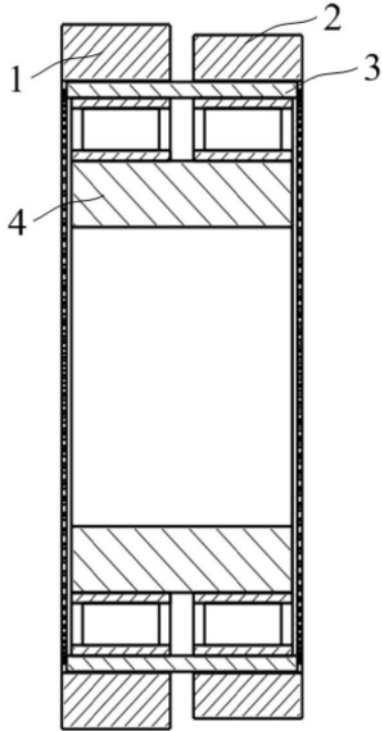


图3

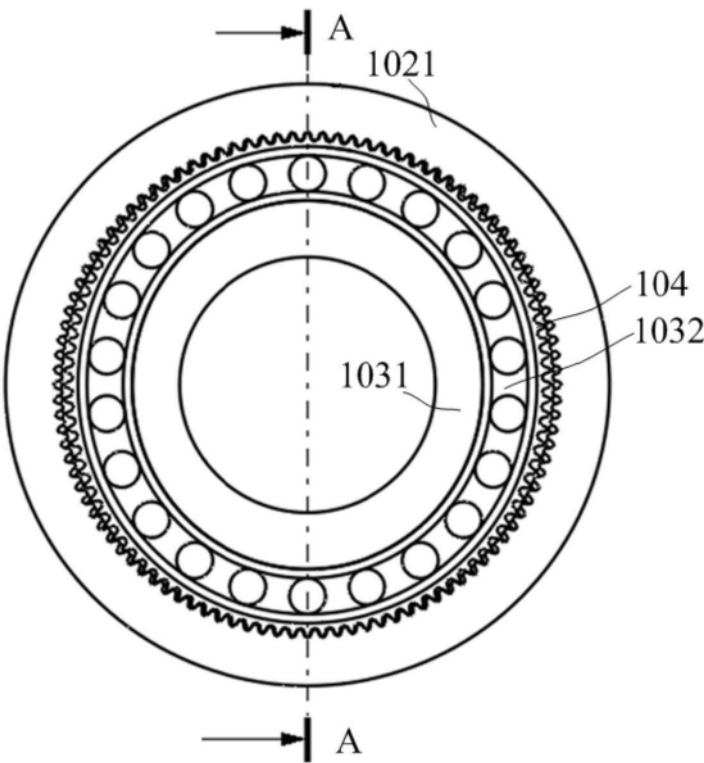


图4

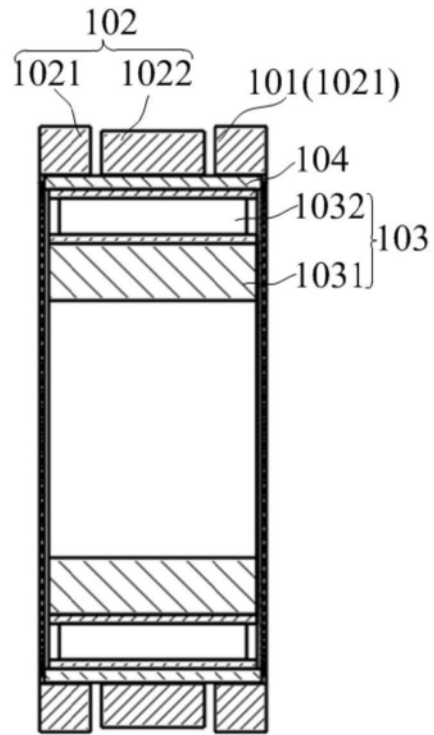


图5

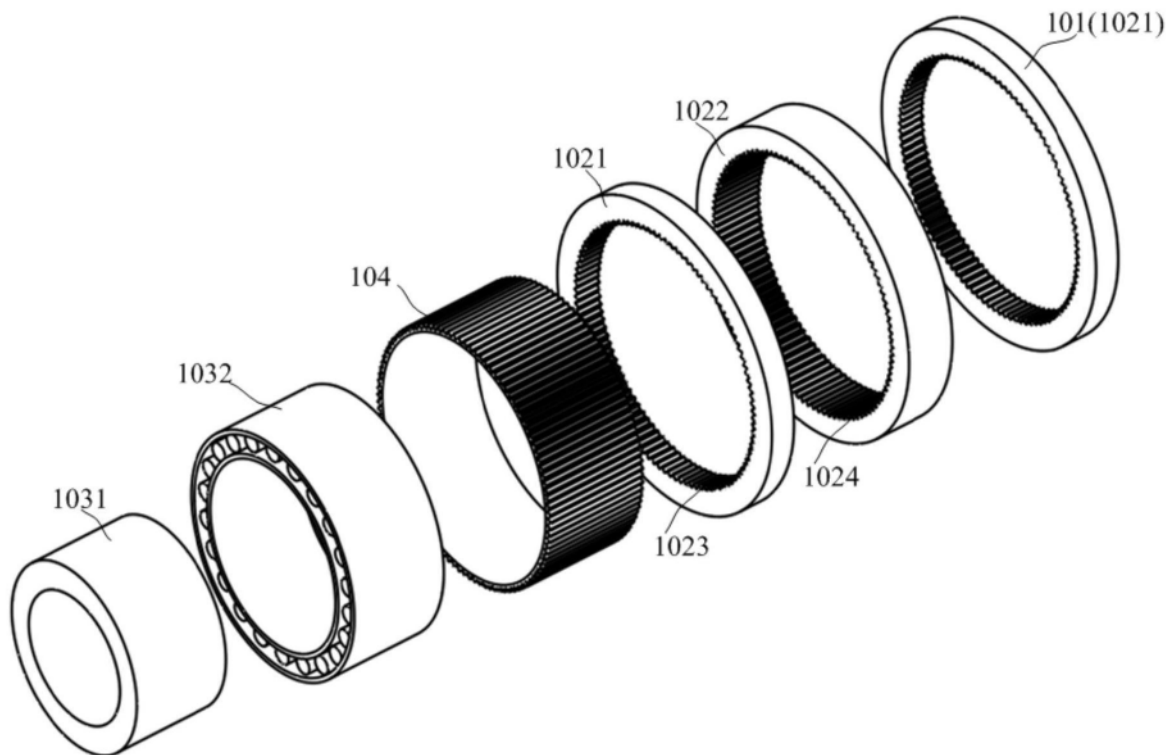


图6

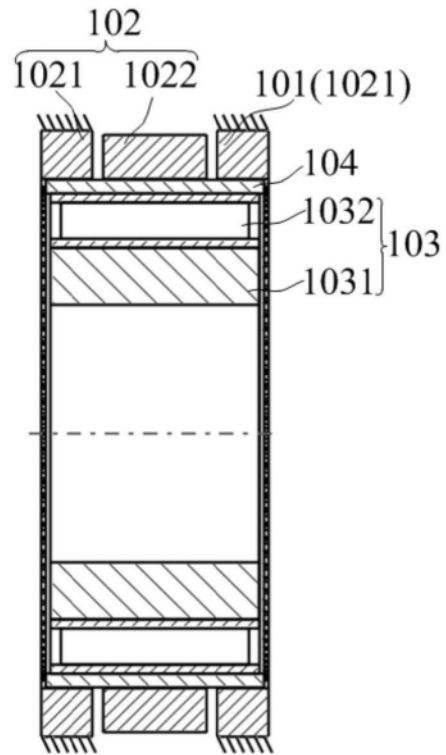


图7

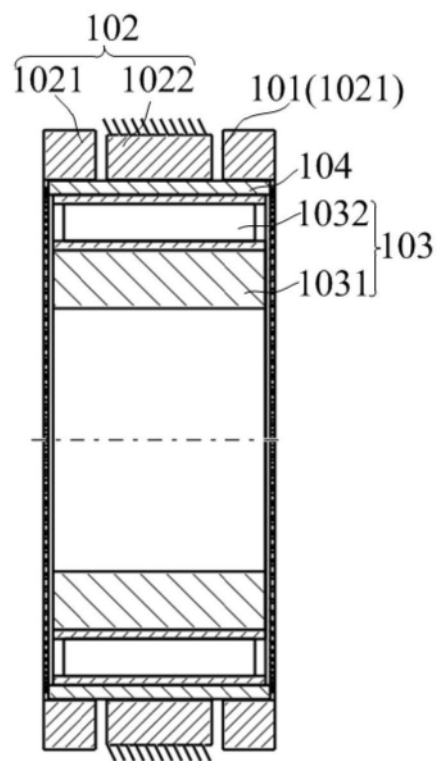


图8

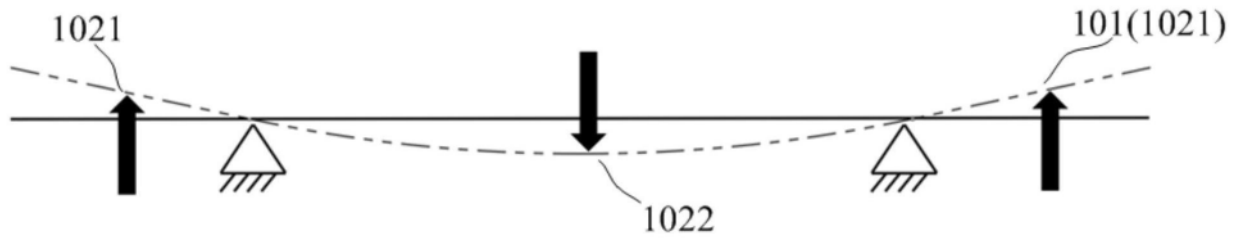


图9

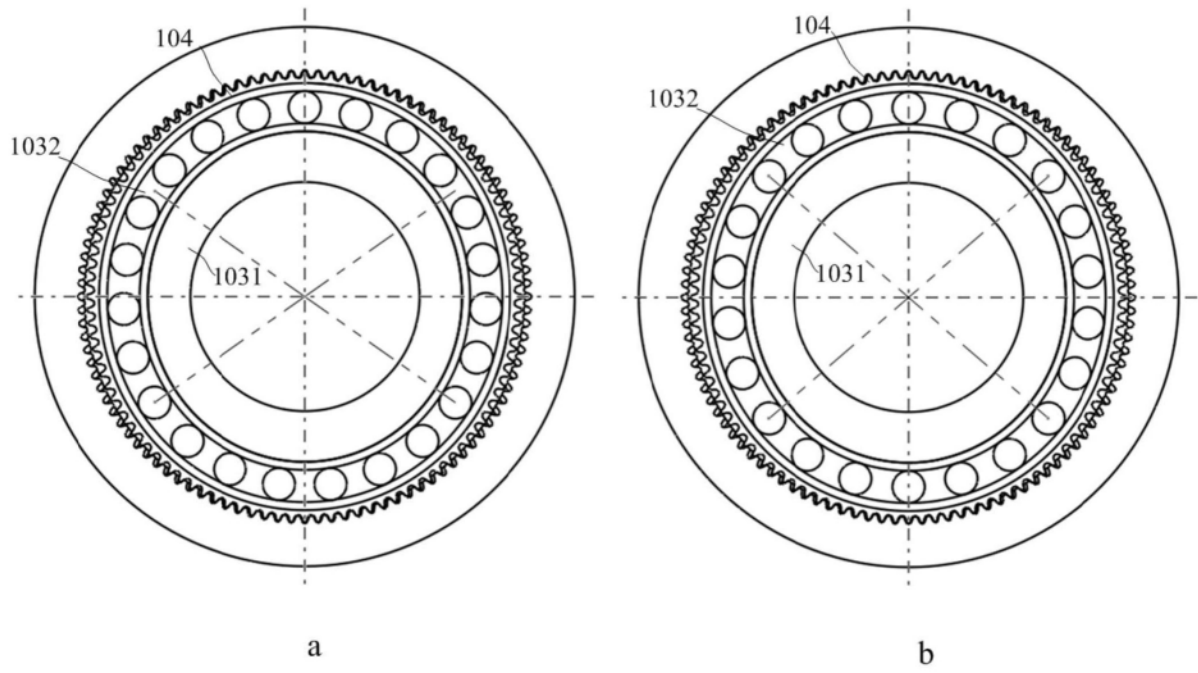


图10

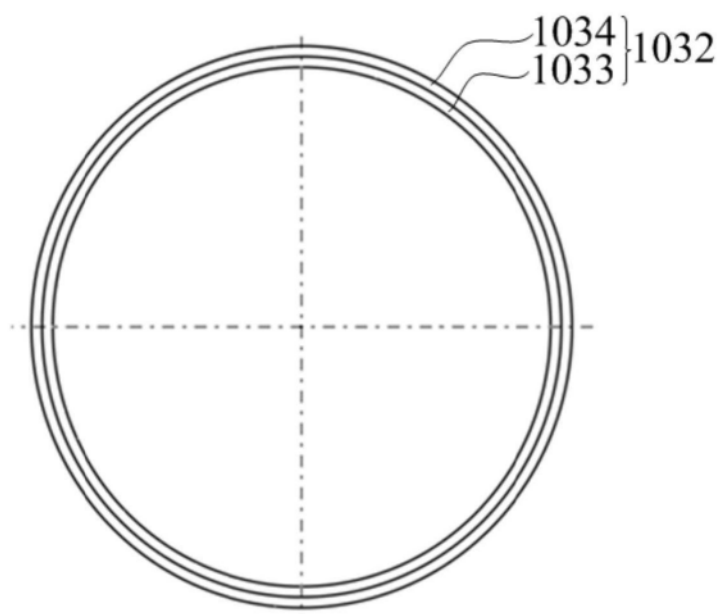


图11

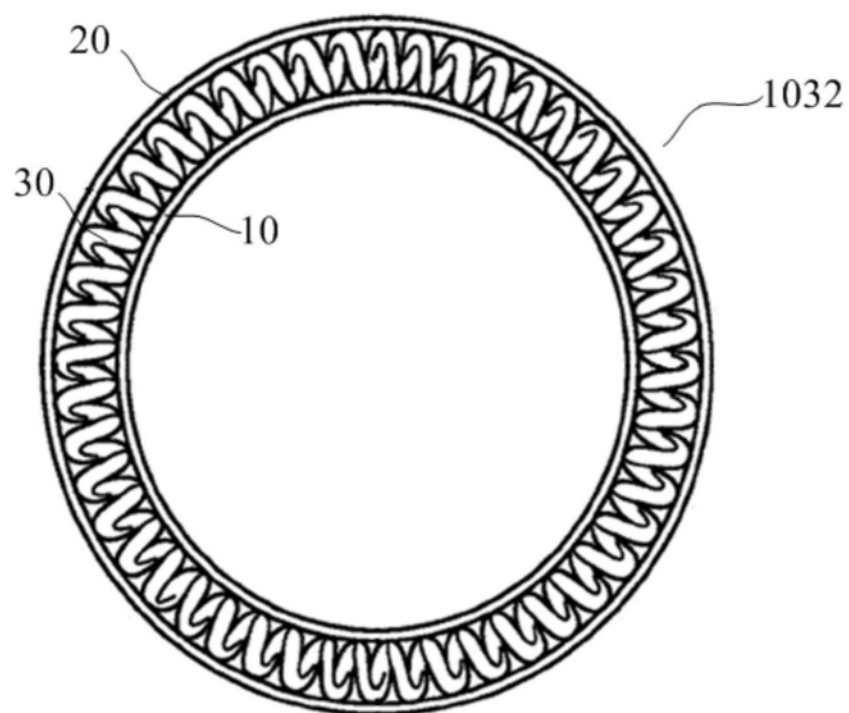


图12

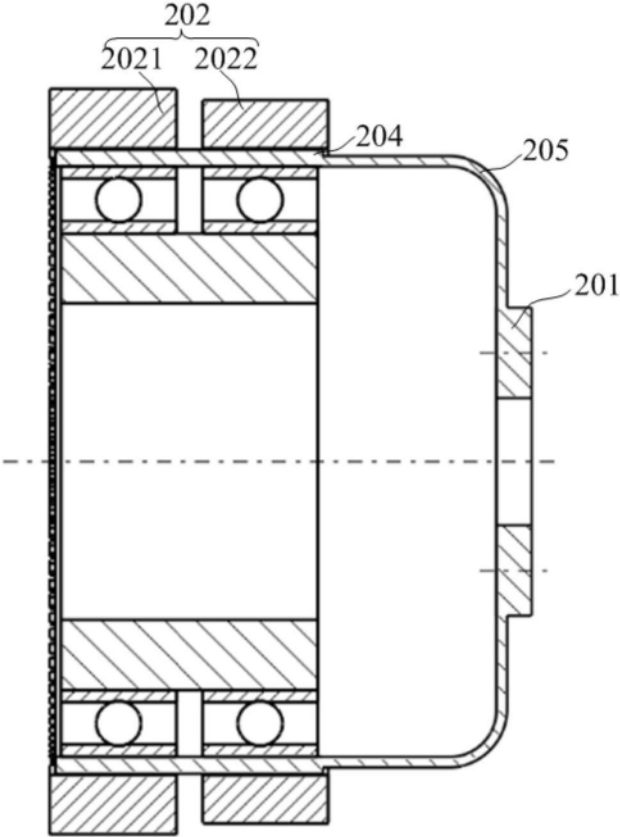


图13

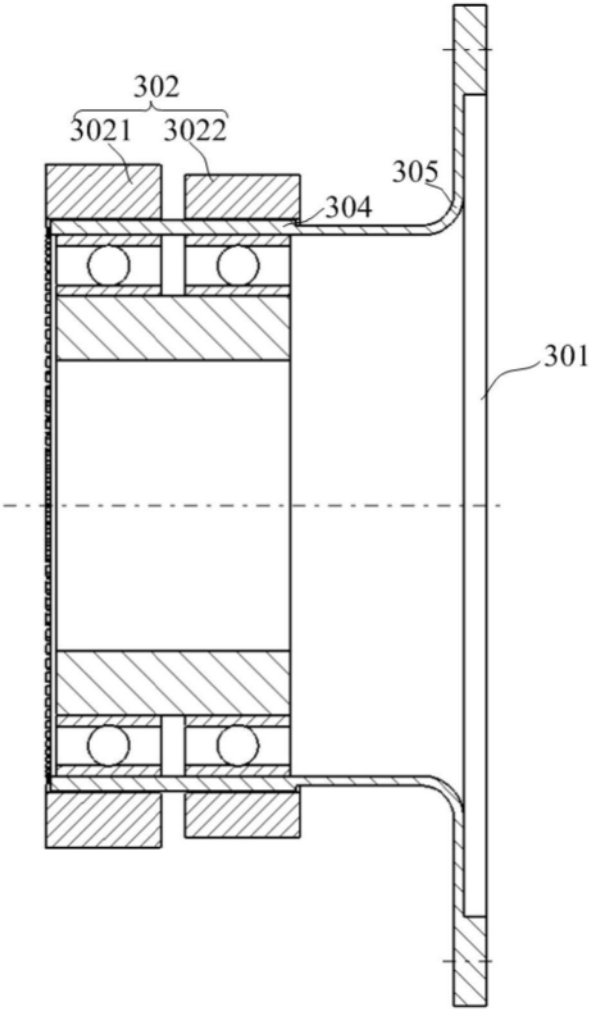


图14