



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116194685 B

(45) 授权公告日 2025. 03. 25

(21) 申请号 202080084966.1

(22) 申请日 2020.10.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116194685 A

(43) 申请公布日 2023.05.30

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.06.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/040965 2020.10.30

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/091384 JA 2022.05.05

(73) 专利权人 谐波传动系统有限公司
地址 日本国东京都

(72) 发明人 城越教夫

(74) 专利代理机构 北京旭知行专利代理事务所
(普通合伙) 11432

专利代理师 王轶 李伟

(51) Int.Cl.
F16H 1/32 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 105431654 A, 2016.03.23
CN 108779842 A, 2018.11.09

审查员 李珊珊

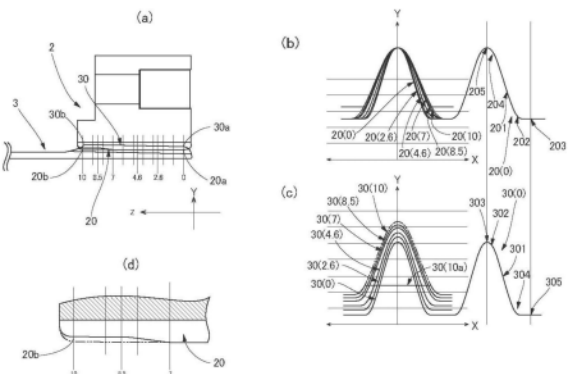
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

具有三维齿形的波动齿轮装置

(57) 摘要

关于波动齿轮装置(1)的内齿(20)的三维齿形,在内齿外端(20a)处为基本内齿齿形(20(0)),在齿线方向上的其他位置处为将基本内齿齿形(20(0))仅在横向上按比例缩小而得到的缩小齿形。关于外齿(3)的三维齿形,在外齿外端(30a)处为基本外齿齿形(30(0)),在齿线方向上的其他位置处为将基本外齿齿形(30(0))仅在横向上按比例扩大而得到的扩大齿形。使得内齿(20)的内齿内端(20b)侧的部分的齿顶圆大于其他部分的齿顶圆,从而不会与外齿(30)发生干涉。能够实现如下外齿(30)、内齿(20)的三维齿形:外齿(30)与内齿(20)进行三维啮合,在内齿内端(20b)侧不会使得两齿发生干涉,并且容易进行切齿加工。



1. 一种波动齿轮装置,其特征在于,

所述波动齿轮装置具有:刚性的内齿齿轮;挠性的外齿齿轮,其以同轴状配置于上述内齿齿轮的内侧;以及波动发生器,其嵌入于上述外齿齿轮的内侧,

所述外齿齿轮具备:挠性的圆筒状主体部;隔膜,其从上述圆筒状主体部的后端沿半径方向延伸;以及外齿,其形成于所述圆筒状主体部的前端即开口端侧的外周面部分,

所述外齿齿轮的所述圆筒状主体部因所述波动发生器而挠曲成椭圆形状,在所述椭圆形状的长轴方向的两端部,所述外齿与所述内齿齿轮的内齿啮合,

在以包含中心轴线以及所述椭圆形状的长轴在内的平面进行剖切的情况下,挠曲成所述椭圆形状的状态下的所述外齿齿轮的所述外齿的朝向所述半径方向的外侧的挠曲量从所述隔膜侧的外齿内端趋向所述开口端侧的外齿外端沿着齿线方向而与相对于所述隔膜的距离成正比地增大,

当将在所述外齿的齿线方向上的规定位置处与齿线方向正交的正交面进行剖切的情况下的截面作为基准截面、将所述内齿的齿线方向上的与所述外齿外端对应的那侧的端部作为内齿外端、且将另一端作为内齿内端时,

所述基准截面上的所述外齿的齿形轮廓形状为基本外齿齿形,

与所述基准截面对应的所述内齿的截面位置处的所述内齿的齿形轮廓形状为:能够与所述基本外齿齿形啮合的基本内齿齿形,

所述内齿的齿线方向上的各位置处的内齿齿形轮廓为:将所述基本内齿齿形以与所述各位置处的所述外齿的所述挠曲量相应地设定的倍率仅在齿厚方向上按比例缩小而得到的比例缩小齿形,

在沿着齿线方向观察时,所述外齿形成为:齿底圆从所述外齿外端趋向所述外齿内端而逐渐增大且齿高恒定的锥形齿形,

所述外齿的齿线方向上的各位置处的齿形轮廓为:将所述基本外齿齿形以与所述各位置处的所述挠曲量相应地设定的倍率仅在齿厚方向上按比例扩大而得到的比例扩大齿形,

所述内齿的在所述齿线方向上从所述内齿外端趋向所述内齿内端的过半部分为:具备与所述基本内齿齿形的齿顶圆相同的第1齿顶圆的第1内齿部分,

关于所述内齿的包括所述内齿内端在内的剩余部分,以大于所述基本内齿齿形的所述齿顶圆的方式对所述比例缩小齿形的齿顶部分实施了齿形修正。

2. 根据权利要求1所述的波动齿轮装置,其特征在于,

所述基本内齿齿形以及所述基本外齿齿形分别具备:

啮合齿面部分,其与匹配的齿轮的齿面啮合;

齿顶侧凸齿面部分,其从所述啮合齿面部分的齿尖侧的端部延伸至齿顶顶部;以及

齿底侧凹齿面部分,其从所述啮合齿面部分的齿根侧的端部延伸至齿底最深部,

对所述啮合齿面部分进行规定的齿形曲线为渐开线曲线或拟合曲线,该拟合曲线是通过所述外齿与所述内齿在所述基准截面的位置处的啮合拟合为齿条啮合的情况下获得的移动曲线的一部分进行拟合变换而获得的。

3. 根据权利要求1所述的波动齿轮装置,其特征在于,

所述内齿的包括所述内齿内端在内的部分为:具备大于所述第1齿顶圆的第2齿顶圆的第2内齿部分,

所述内齿的所述第1内齿部分至所述第2内齿部分之间的部分为：所述齿顶圆从所述第1齿顶圆逐渐增大至所述第2齿顶圆的锥状内齿部分。

4. 根据权利要求3所述的波动齿轮装置, 其特征在于,

所述内齿的第1内齿部分为：长度为所述内齿的有效齿宽的 $7/10$ 的部分,

所述第2内齿部分以及所述锥状内齿部分分别为：长度为所述有效齿宽的 $1.5/10$ 的部分。

具有三维齿形的波动齿轮装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种杯型或礼帽型的波动齿轮装置。进一步详细而言涉及如下波动齿轮装置：具有能够形成内齿齿轮与外齿齿轮在齿线方向的各位置处进行啮合的三维啮合状态的三维齿形。

背景技术

[0002] 杯型或礼帽型的波动齿轮装置具有：刚性的内齿齿轮；杯状或礼帽状的挠性的外齿齿轮，其以同轴状配置于上述内齿齿轮的内侧；以及波动发生器，其嵌入于上述外齿齿轮的内侧。外齿齿轮具备：挠性的圆筒状主体部；隔膜，其从上述圆筒状主体部的后端沿半径方向延伸；以及外齿，其形成于圆筒状主体部的开口端侧的外周面部分。外齿齿轮因波动发生器而挠曲成椭圆状，并在椭圆的长轴方向的两端部与内齿齿轮啮合。

[0003] 作为波动齿轮装置的基本齿形而广泛采用容易进行切齿加工的基准齿条齿形（渐开线曲线齿形）。在专利文献1（日本特公昭45—41171号公报）中提出了渐开线曲线齿形的应用。

[0004] 通常使用的波动齿轮装置具备：刚性的内齿齿轮；挠性的外齿齿轮；以及波动发生器，其使得外齿齿轮挠曲成椭圆形状并使之与内齿齿轮啮合。外齿齿轮的各齿因波动发生器而在半径方向上以恒定的振幅反复挠曲，从而反复出现相对于内齿齿轮的啮合状态、啮合脱离状态。外齿齿轮相对于内齿齿轮的啮合的运动轨迹可以通过齿条拟合来表示。例如，专利文献2（国际公开第2016/006102号）的图7中示出了：外齿齿轮相对于内齿齿轮从啮合脱离状态至最深啮合状态的移动状态（从最深啮合状态至啮合脱离状态的移动状态）。

[0005] 挠曲成椭圆状的外齿齿轮的外齿的挠曲状态在齿线方向的各位置处有所不同，因此，挠曲成椭圆状的外齿齿轮的外齿相对于内齿齿轮的内齿的啮合状态也在齿线方向的各位置处有所不同。即便在外齿的齿线方向的一处位置的与轴成直角的截面上设定能够成为与内齿连续啮合的状态的外齿齿形，在齿线方向的其他位置也无法形成为适当的啮合状态。

[0006] 在专利文献3（日本特开2017—44287号公报）中，内齿齿轮的齿形在齿线方向的各位置处形成为相同的齿形，外齿齿形形成为直线齿形，并且其两侧的齿面形成为：以齿厚沿着齿线方向从隔膜侧的端部趋向外齿齿轮的开口端侧的端部逐渐增大的方式而倾斜的倾斜面。由此，在外齿与内齿的啮合动作中，能够防止外齿的隔膜侧的齿顶与内齿的齿顶发生干涉。

[0007] 在专利文献4（国际公开第2013/046274号）中，关于杯型或礼帽型的波动齿轮装置，基于挠性的外齿齿轮的齿相对于刚性的内齿齿轮的齿的移动轨迹而设定内齿及外齿的基本齿形。内齿齿轮的齿形采用在齿线方向的各位置处相同的内齿基本齿形。另外，作为外齿的齿形而采用如下锥型齿形：通过对外齿基本齿形的齿线方向的两侧部分实施错位而使得齿顶圆直径在齿线方向上从开口端侧趋向隔膜侧逐渐减小。通过采用齿形沿着齿线而发生变化的三维齿形，不仅能实现在齿线方向上的一个与轴成直角的截面上形成啮合的二维

啮合状态,还能实现外齿与内齿在沿着齿线方向的较大范围内啮合的三维啮合状态。

[0008] 在专利文献5(国际公开第2019/077719号)中,关于杯型或礼帽型的波动齿轮装置,刚性的内齿齿轮的内齿的齿形在其齿线方向上的各位置处相同。另外,以如下方式设定挠性的外齿齿轮的外齿的齿形。外齿的齿顶齿厚沿着齿线方向从外齿齿轮的开口端侧的外齿外端趋向外齿齿轮的隔膜侧的外齿内端而逐渐减小。另外,外齿的节点处的压力角沿着齿线方向从外齿外端趋向外齿内端而逐渐增大。通过使外齿的齿形形成为沿着齿线方向而发生变化的三维齿形,不仅能形成为在齿线方向上的一个与轴成直角的截面上形成啮合的二维啮合状态,还能形成为外齿与内齿在沿着齿线方向的较大范围内啮合的三维啮合状态。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本特公昭45—41171号公报

[0012] 专利文献2:国际公开第2016/006102号

[0013] 专利文献3:日本特开2017—44287号公报

[0014] 专利文献4:国际公开第2013/046274号

[0015] 专利文献5:国际公开第2019/077719号

发明内容

[0016] 一般情况下,关于杯型或礼帽型的波动齿轮装置,为了形成为三维啮合状态,使内齿齿轮的齿形沿着其齿线而形成为相同的齿形,并使外齿齿轮的外齿形成为齿形形状沿着齿线而发生变化的三维齿形。

[0017] 在将外齿齿轮设计为三维啮合齿形的情况下存在如下课题。由于利用切齿机进行的切齿加工的制约而有时难以切削出齿厚、压力角、齿高等沿着齿线方向如设计那样发生变化的齿形。

[0018] 鉴于这一点,本发明的目的在于提供一种波动齿轮装置,能够容易地在整个齿线方向上实现三维啮合而不会引起干涉,并且采用容易进行切齿加工的三维齿形作为外齿及内齿的齿形形状。

[0019] 为了解决上述课题,本发明提供一种杯型或礼帽型的波动齿轮装置,其具备刚性的内齿齿轮、形成为杯状或礼帽状的挠性的外齿齿轮以及波动发生器,当将在外齿齿轮的外齿的齿线方向上的规定位置处与齿线方向正交的正交面进行剖切的情况下的截面作为基准截面、将内齿齿轮的内齿的齿线方向上的与外齿外端对应的那侧的端部作为内齿外端、且将另一端作为内齿内端时,外齿及内齿以如下方式设定为三维齿形。基准截面上的外齿的齿形轮廓形状形成为基本外齿齿形,与基准截面对应的内齿的截面位置处的内齿的齿形轮廓形状形成为设定为能够与基本外齿齿形啮合的基本内齿齿形。另外,内齿的齿线方向上的各位置处的内齿齿形轮廓为:将基本内齿齿形以与所述各位置处的所述外齿的所述挠曲量相应的倍率仅在齿厚方向上按比例缩小而得到的齿形形状。在沿着齿线方向观察时,外齿形成为:齿底圆从外齿外端趋向外齿内端而逐渐增大且齿高恒定的锥形齿形,外齿的齿线方向上的各位置处的齿形轮廓为:将基本外齿齿形以与所述各位置处的所述外齿的挠曲量相应的倍率仅在齿厚方向上按比例扩大而得到的比例扩大齿形。此外,在本发明的波动齿轮装置中,内齿的在齿线方向上从内齿外端趋向内齿内端的过半部分为:具备与基

本内齿齿形的齿顶圆相同的第1齿顶圆的第1内齿部分。与此相对,关于内齿的包括内齿内端在内的剩余部分,以大于基本内齿齿形的齿顶圆的方式对比例缩小齿形的齿顶部分实施了齿形修正。

[0020] 这样,关于本发明的波动齿轮装置的内齿的三维齿形,在内齿外端处为基本内齿齿形,在齿线方向上的其他位置处为将基本内齿齿形仅在横向上按比例缩小而得到的缩小齿形。关于外齿的三维齿形,在外齿外端为基本外齿齿形,在齿线方向上的其他位置处为将基本外齿齿形仅在横向上按比例扩大而得到的扩大齿形。内齿的内齿内端侧的部分的齿顶圆大于其他部分的齿顶圆,从而不会与外齿发生干涉。能够实现如下外齿、内齿的三维齿形:使得外齿与内齿进行三维啮合,在内齿内端侧不会使两齿发生干涉,并且容易进行切齿加工。

附图说明

[0021] 图1是杯型的波动齿轮装置的纵剖视图以及端面图。

[0022] 图2是表示杯状以及礼帽状的外齿齿轮的挠曲状态的说明图,其中,图2(a)表示变形前的状态,图2(b)表示包含变形为椭圆状的外齿齿轮的长轴在内的截面的状态,图2(c)表示包含变形为椭圆状的外齿齿轮的短轴在内的截面的状态。

[0023] 图3是表示齿形的齿线方向上的任意与轴成直角的截面中的外齿相对于内齿的移动轨迹的三个例子的说明图。

[0024] 图4(a)是表示内齿及外齿的齿线方向上的齿形形状的说明图,图4(b)是表示内齿的齿线方向上的各截面中的齿形形状的说明图,图4(c)是表示外齿的齿线方向上的各截面中的齿形形状的说明图。图4(d)是表示内齿的齿形修正部分的说明图。

[0025] 图5是表示对内齿的内齿内端侧的部分的齿顶侧齿面部分实施齿形修正以使得其不与外齿发生干涉的情况下的齿形形状的说明图。

[0026] 图6(a)是表示切齿加工前的内齿齿轮的坯料的说明图,图6(b)是表示切齿加工后的坯料的说明图。

[0027] 图7(a)~图7(f)是表示内齿与外齿在齿线方向上的各截面位置处的啮合状态的说明图。

具体实施方式

[0028] 以下,参照附图对应用了本发明的波动齿轮装置进行说明。图1(a)是表示应用了本发明的杯型的波动齿轮装置的一例的纵剖视图,图1(b)是其端面图。

[0029] 波动齿轮装置1具有:圆环状的刚性的内齿齿轮2;挠性的外齿齿轮3,其以同轴状配置于内齿齿轮2的内侧;以及椭圆状轮廓的波动发生器4,其嵌入于外齿齿轮3的内侧。内齿齿轮2和外齿齿轮3是模数(m)相同的正齿轮。另外,两齿轮的齿数差为 $2n$ (n 为正整数),内齿齿轮2的内齿20的齿数较多。外齿齿轮3的外齿30因椭圆状轮廓的波动发生器4而挠曲成椭圆状,并在椭圆状的长轴L1方向的两端部分与内齿齿轮2的内齿20啮合。若波动发生器4旋转,则两齿20、30的啮合位置在周向上移动,在两齿轮2、3之间产生与两齿20、30的齿数差相应的相对旋转。

[0030] 外齿齿轮3具备:挠性的圆筒状主体部31;隔膜32,其相对于圆筒状主体部31的一

端即后端31b连续并在半径方向上扩展;以及刚性的圆环状的凸台33,其相对于隔膜32连续。在圆筒状主体部31的另一端(前端)即开口端31a侧的外周面部分形成有外齿30。波动发生器4嵌入于外齿齿轮3的圆筒状主体部31的外齿形成部分的内周面部分。因椭圆状轮廓的波动发生器4而使得外齿齿轮3的圆筒状主体部31的朝向半径方向的外侧或内侧的挠曲量从其隔膜侧的后端31b趋向开口端31a而逐渐增大。

[0031] 图2表示使杯状的外齿齿轮3挠曲成椭圆状的状态,其中,图2(a)是表示变形前的状态的截面图,图2(b)是变形后的椭圆状曲线的长轴位置的截面图,图2(c)是变形后的椭圆状曲线的短轴位置的截面图。此外,图2(a)~图2(c)中的虚线示出了礼帽状的外齿齿轮3A。关于礼帽状的外齿齿轮3A,隔膜32A从圆筒状主体部31的后端31b朝半径方向的外侧延伸,在隔膜32A的外周端形成有圆环状的凸台33A。外齿齿轮3A的外齿形成部分的挠曲状态与杯状的外齿齿轮3相同。

[0032] 如图2(b)所示,在包含椭圆状曲线的长轴L1在内的截面中,朝向外侧的挠曲量与朝向开口端31a的相对于后端31b的距离成正比地逐渐增大,如图2(c)所示,在包含椭圆状曲线的短轴L2在内的截面中,朝向内侧的挠曲量与朝向开口端31a的相对于后端31b的距离成正比地逐渐增大。在开口端31a侧的外周面部分形成的外齿30的挠曲量在其齿线方向上的各与轴成直角的截面中发生变化。即,半径方向上的挠曲量从外齿30的齿线方向上的隔膜侧的外齿内端30b趋向开口端31a侧的外齿外端30a而与相对于后端31b的距离成正比地逐渐增大。

[0033] 图3是表示波动齿轮装置1的外齿齿轮3的外齿30相对于内齿齿轮2的内齿20的移动轨迹的三个例子的图。在外齿齿轮3的外齿30的齿线方向上的任意位置的与轴成直角的截面中,在外齿30的椭圆状轮缘中性线上的长轴L1的位置处,外齿30挠曲成椭圆状之前的相对于轮缘中性圆的挠曲量为 $2\kappa mn$,其中 κ 为挠曲系数。

[0034] 图3中的y轴的原点为移动轨迹的振幅的平均位置。移动轨迹中的无偏离移动轨迹 M_1 是在挠曲系数 $\kappa=1$ 即无偏离的标准挠曲状态的情况下获得的,正偏离移动轨迹 M_0 是在挠曲系数 $\kappa>1$ 即正偏离的挠曲状态的情况下获得的,负偏离移动轨迹 M_2 是在挠曲系数 $\kappa<1$ 即负偏离的挠曲状态的情况下获得的。齿线方向上的任意位置处的与轴成直角的截面、例如从波动轴承的滚珠4a的中心通过的直径线C的位置或开口端31a侧的外齿外端30a的位置(参照图2)处的与轴成直角的截面设定为基准截面。在基准截面中,以能够获得挠曲系数 $\kappa=1$ 的无偏离移动轨迹的方式设定挠曲量。

[0035] (三维齿形的例子)

[0036] 在本例中,基于外齿30的齿线方向上的各位置处的外齿30的半径方向上的挠曲量,使得外齿30的齿形以及内齿20的齿形的双方形成为齿形形状沿着它们的齿线方向逐渐变化的三维齿形。以下,对内齿20及外齿30的齿形形状的例子进行说明。

[0037] 图4(a)是表示内齿齿轮2的内齿20以及外齿齿轮3的外齿30的各自的齿线方向上的轮廓形状的说明图。图4(b)是表示内齿20的齿线方向上的各截面(以与齿线方向正交的正交截面进行剖切的情况下的截面)的位置处的齿形轮廓形状的说明图。图4(c)是表示外齿30的齿线方向上的各截面(以与齿线方向正交的正交截面进行剖切的情况下的截面)的位置处的齿形轮廓形状的说明图。图4(d)是放大示出内齿20的内齿内端侧的部分的说明图。在这些图中,齿厚方向设为X,齿高方向设为Y,齿线方向设为Z,内齿外端20a设为 $Z=0$ 的

截面位置,内齿内端20b设为 $Z=10$ 的截面位置。

[0038] 内齿20的齿形轮廓形状是齿形沿着齿线而逐渐变化的三维齿形。例如,在内齿20的齿线方向 Z 上的内齿外端20a的截面位置($Z=0$)处,内齿20的齿形轮廓形状设定为基本内齿齿形20(0)。内齿20的齿线方向上的其他截面位置处的齿形是:将基本内齿齿形20(0)与对应的外齿30的位置处的挠曲量相应地设定的缩小倍率仅在横向上按比例缩小而得到的比例缩小齿形。

[0039] 在图4(b)中,以在 $Z=0$ 的截面上重叠的状态示出了: Z 的值为“0”的截面位置(内齿外端20a)处的基本内齿齿形20(0), Z 的值为“2.6”、“4.6”、“7”、“8.5”以及“10”(内齿内端20b)的5个截面位置处的比例缩小齿形20(2.6)、20(4.6)、20(7)、20(8.5)、20(10)。例如,例如 $Z=0$ 的位置是挠曲系数 $\kappa=1$ 的位置。

[0040] 内齿20的齿线方向 Z 上的各截面位置处的比例缩小齿形的横向、即齿厚方向 X 上的缩小倍率、与内齿外端20a至各截面位置的齿线方向 Z 的距离大体成正比地减小。内齿20的齿线方向上的齿高恒定。另外,齿厚与相对于内齿外端20a的齿线方向上的距离相应地减小,节点处的压力角与相对于内齿外端20a的齿线方向上的距离相应地增大。例如,若内齿外端20a的截面位置处的基本内齿齿形20(0)的倍率设为“1”,则内齿内端20b的截面位置($Z=10$)处的比例缩小齿形20(10)为在横向上以1.3的倍率按比例缩小而得到的形状。

[0041] 外齿30的齿形也是齿形沿着齿线而逐渐变化的三维齿形。在本例中,在外齿30的齿线方向 Z 上的外齿外端30a的截面位置($Z=0$)处,外齿30的齿形轮廓形状设定为:能够与内齿20的内齿外端20a的基本内齿齿形20(0)啮合的基本外齿齿形30(0)。例如,外齿30为齿高恒定的锥形齿形,齿顶圆从外齿外端30a趋向外齿内端30b而逐渐增大。齿顶圆与齿线方向的各位置处的挠曲量相应地增大(与相对于外齿外端30a的距离相应地增大)。

[0042] 外齿外端30a为 $Z=0$ 的截面位置,外齿内端30b为比 $Z=10$ 略靠内侧的截面位置。外齿30的齿线方向 Z 上的其他截面位置的齿形为:将基本外齿齿形30(0)仅在横向上按比例扩大而得到的比例扩大齿形。图4(c)中示出了 Z 的值为“0”的截面位置(外齿外端30a)处的基本外齿齿形30(0)、以及 Z 的值为“2.6”、“4.6”、“7”、“8.5”以及“10”的5个截面位置处的比例扩大齿形30(2.6)、30(4.6)、30(7)、30(8.5)、30(10)。此外,外齿30的 $Z=10$ 的截面位置为偏离外齿内端30b的位置(偏离有效齿宽的位置),齿高降低。由假想线表示的比例扩大齿形30(10)变为由实线30(10a)表示的形状。

[0043] 外齿30的齿线方向 Z 上的各截面位置处的比例扩大齿形的横向、即齿厚方向 X 上的扩大倍率、与外齿外端30a至各截面位置的齿线方向 Z 上的距离大体成正比地增大。因此,齿厚与相对于外齿外端30a的齿线方向上的距离相应地增大,节点处的压力角与相对于外齿外端30a的齿线方向上的距离相应地增大。例如,外齿内端30b的截面位置处的比例扩大齿形30(10)为:将外齿外端30a的截面位置的基本外齿齿形30(0)在横向上以“1.3”的倍率按比例扩大而得到的形状。

[0044] 在此,内齿外端20a的截面位置(基准截面的位置)处的基本内齿齿形20(0)、以及外齿外端30a的截面位置(基准截面的位置)处的基本外齿齿形30(0)可以根据公知的齿形设定方法而设置。

[0045] 内齿20的基本内齿齿形20(0)的齿形轮廓(齿面形状)具备与匹配的外齿齿轮3的外齿30啮合的啮合齿面部分201。由凸曲线及直线规定的齿顶侧齿面部分202的一端与啮合

部分201的齿尖侧的端部平滑地连结。齿顶侧齿面部分202从啮合齿面部分201的齿顶侧的端部延伸至内齿20的齿顶顶部203。另一方面,由凹曲线规定的齿底侧齿面部分204的一端与啮合齿面部分201的齿根侧的端部平滑地连结。齿底侧齿面部分204从啮合齿面部分201的齿根侧的端部延伸至内齿20的齿底最深部205(齿槽中心位置)。

[0046] 同样地,外齿30的基本外齿齿形30(0)具备与匹配的内齿20啮合的啮合齿面部分301。由凸曲线规定的齿顶侧齿面部分302的一端与啮合齿面部分301的齿尖侧的端部平滑地连结。齿顶侧齿面部分302从齿顶侧的端部延伸至外齿30的齿顶顶部303。另一方面,由凹曲线及直线规定的齿底侧齿面部分304的一端与啮合齿面部分301的齿根侧的端部平滑地连结。齿底侧齿面部分304从啮合齿面部分301的齿根侧的端部延伸至外齿30的齿底最深部305(齿槽中心位置)。

[0047] 对内齿20、外齿30的啮合齿面部分201、301进行规定的齿形形状由以往采用的渐开线曲线齿形等齿形曲线规定。另外,可以求出外齿30相对于内齿20的移动轨迹,并利用表示该移动轨迹的曲线的一部分而设定内齿及外齿的啮合齿面部分的齿形。例如,可以如日本特开昭63—115943号公报、日本特开昭64—79448号公报记载的那样规定齿形曲线。在这些公报中,从在外齿30相对于内齿20的啮合拟合为齿条啮合的情况下获得的外齿30的移动轨迹上的啮合边界点选取规定范围的曲线部分,并基于该曲线部分的拟合曲线而设定内齿及外齿的啮合齿面部分的齿形曲线。

[0048] 另一方面,基本内齿齿形20(0)、基本外齿齿形30(0)的齿顶侧齿面部分202、302以及齿底侧齿面部分204、304是不参与啮合的部分。基本上,可以由不与匹配的齿发生干涉的任意凸曲线、凹曲线、直线而规定。

[0049] (内齿内端侧的部分的齿形修正)

[0050] 在此,图5(a)是表示如上所述那样设定齿线方向的各位置处的齿形形状的内齿20与外齿30的内齿内端20b侧的部分的啮合状态的说明图。该图示出了 $Z=8.5$ 的截面位置处的啮合状态。根据该图可知,在内齿20的移动轨迹($\kappa < 1$)中相对于外齿30的进入角度较浅。因此,在内齿内端20b侧的啮合中,外齿30的齿顶侧齿面部分302有可能与内齿20的齿顶侧齿面部分202发生干涉。

[0051] 需要以使外齿30的外齿内端30b侧的齿线方向各截面位置处的移动曲线不与内齿20发生干涉的方式规定外齿30的外齿内端30b侧的齿顶侧齿面部分的形状。图5(b)是表示以在齿线方向各截面位置处使得外齿30不与内齿20发生干涉的方式设定的外齿30的各截面位置处的齿形形状的说明图。根据该图可知,在外齿内端30b侧的截面位置($Z=8.5$, $Z=10$)处,规定齿顶侧齿面部分的曲线是两段弯折曲线那样的复杂曲线,不容易进行加工。

[0052] 因此,关于本例的波动齿轮装置1,为了避免外齿30的齿顶部分的干涉,使得如上所述那样设定为比例缩小齿形的内齿20的齿形的齿顶侧齿面部分202从外齿30脱离(离开)。即,参照图4(d)进行说明,使得内齿20的齿线方向上的 $Z=0$ 至 $Z=7$ 的各截面位置处的齿顶圆形成成为与基本内齿齿形20(0)相同的第1齿顶圆。与此相对,在内齿内端20b即 $Z=10$ 至 $Z=8.5$ 的截面位置处,对内齿20的齿形的齿顶侧齿面部分进行修正而使其形成成为大一圈的齿顶圆(第2齿顶圆)。另外,在齿线方向上,在 $Z=7$ 至 $Z=8.5$ 之间的截面位置处,齿顶圆逐渐增大至第1齿顶圆或第2齿顶圆。

[0053] 关于齿顶圆如此变化的内齿齿轮2的切齿加工,可以使用例如图6所示的形狀的内

齿齿轮的坯料而进行。如图6(a)所示,坯料100是整体呈圆筒状的部件,并且沿着其轴线方向(内齿的齿线方向)从一端朝向另一端而具备:内径尺寸与第1齿顶圆的内径对应的第1圆筒部分101;具有内径尺寸从第1齿顶圆的内径逐渐增大至第2齿顶圆的内径的锥形内周面的第2圆筒部分102;以及内径尺寸与第2齿顶圆的内径对应的第3圆筒部分103。通过对该坯料的圆形内周面实施切齿加工,如图6(b)所示,能够在内齿内端20b侧的部分简单地制作实施了用于避免与外齿30的齿顶发生干涉的齿形修正的内齿齿形。

[0054] 图7(a)~图7(f)是表示外齿30与内齿20在外齿30的齿线方向上的各截面位置处啮合的状态的说明图。在这些图中,为了容易获知并显示外齿30相对于内齿20的啮合状态,示出了表示与外齿30之间的啮合齿隙为零的内齿20的齿形的曲线、以及使得该齿形在半径方向上略微朝离开外齿的方向偏移而得到的曲线这2条曲线,并将它们作为表示内齿20的齿形的曲线。

[0055] 如上述附图所示,可知:在齿线方向上的各截面位置处形成为外齿30与内齿20啮合的三维啮合状态。另外,可知:以使齿顶圆在齿线方向上的内齿内端20b侧的部分($Z=8.5\sim 10$)处增大的方式对内齿20实施齿形修正,由此能够避免与外齿30发生干涉。此外,如前面叙述的那样,内齿内端20b的位置($Z=10$)是偏离外齿30的有效齿宽的位置(比外齿内端30b更靠隔膜侧的位置),且是外齿3的齿顶降低的部位,如图7(f)所示,并未形成为齿,因此不会在其与外齿30之间引起干涉。

[0056] 如以上说明的那样,关于波动齿轮装置1,采用齿形(齿厚、压力角)沿着齿线而逐渐变化的三维齿形而作为内齿20及外齿30的齿形。为了实现两齿轮之间的三维啮合,与仅使外齿的齿形形成为三维齿形的情况相比,通过使双方的齿形形成为三维齿形,使得各三维齿形的齿线方向上的变化量(齿厚、压力角、齿高、齿顶圆直径等变化量)减小即可。因而,与仅使外齿形成为三维齿形的情况相比,切齿加工的制约得以缓和,由此容易进行能实现三维啮合的外齿及内齿的切齿加工。

[0057] 另外,内齿及外齿采用如下齿形:在设定于齿线方向上的规定位置处的基准截面中设定能够相互啮合的基本内齿齿形以及基本外齿齿形,在齿线方向上的其他位置处,使得上述齿形以与齿线方向上的各位置处的外齿的挠曲量相应的倍率仅在横向(齿厚方向)上按比例缩小、按比例扩大。

[0058] 例如,能够通过车削加工进行内齿的切齿加工。在该情况下,只要使具有基本齿形的工具齿形相对于工件的交叉角随着齿线方向的移动而逐渐变化即可。另外,能够通过滚刀加工进行外齿的切齿加工。在该情况下,制作厚度在齿线方向上连续地变化的工具齿形,在切齿加工时,使滚刀与齿线方向上的移动相配合地移位。同时,随着齿线方向上的移动而逐渐改变工件与滚刀之间的距离,由此能够实现齿顶圆沿着齿线方向逐渐增大的锥形齿形。因而,与以往外齿采用的三维齿形相比,容易进行外齿及内齿的三维齿形的加工。

[0059] 另外,内齿的在齿线方向上从内齿外端趋向内齿内端的过半部分是:具备与基本内齿齿形的齿顶圆相同的第1齿顶圆的第1内齿部分。关于内齿的包括内齿内端在内的剩余部分,以大于基本内齿齿形的齿顶圆的方式对比例缩小齿形的齿顶部分实施齿形修正。在杯状或礼帽状的外齿齿轮的外齿与圆筒状的内齿齿轮的内齿的啮合中,在外齿内端侧的外齿的部分(靠近隔膜那侧的外齿的部分)的移动轨迹中,相对于内齿的进入角度较浅,从而导致外齿的齿顶部分与内齿的齿顶部分发生干涉。在本发明中,内齿内端侧的内齿的齿顶

圆大于齿线方向上的其他部分,所以,内齿的齿顶与外齿的齿顶能够分离而不会发生干涉。由此,能够可靠地避免两齿的干涉。

[0060] 另外,由于可以仅使内齿内端的部分的齿顶圆增大,所以,与对规定内齿齿顶部分的曲线实施修正的情况相比,能够简单地实施用于避免干涉的齿形修正。例如,准备内径沿着内齿的齿线方向而发生变化的圆筒体作为内齿齿轮用的圆筒状的坯料,并对该坯料的内周面实施切齿加工,由此能够简单地加工具备齿顶圆沿着齿线方向发生变化的三维齿形的内齿的内齿齿轮。

[0061] (其他实施方式)

[0062] 此外,以上说明是将本发明应用于杯型的波动齿轮装置的情况下的例子。本发明还可以同样应用于礼帽型的波动齿轮装置。

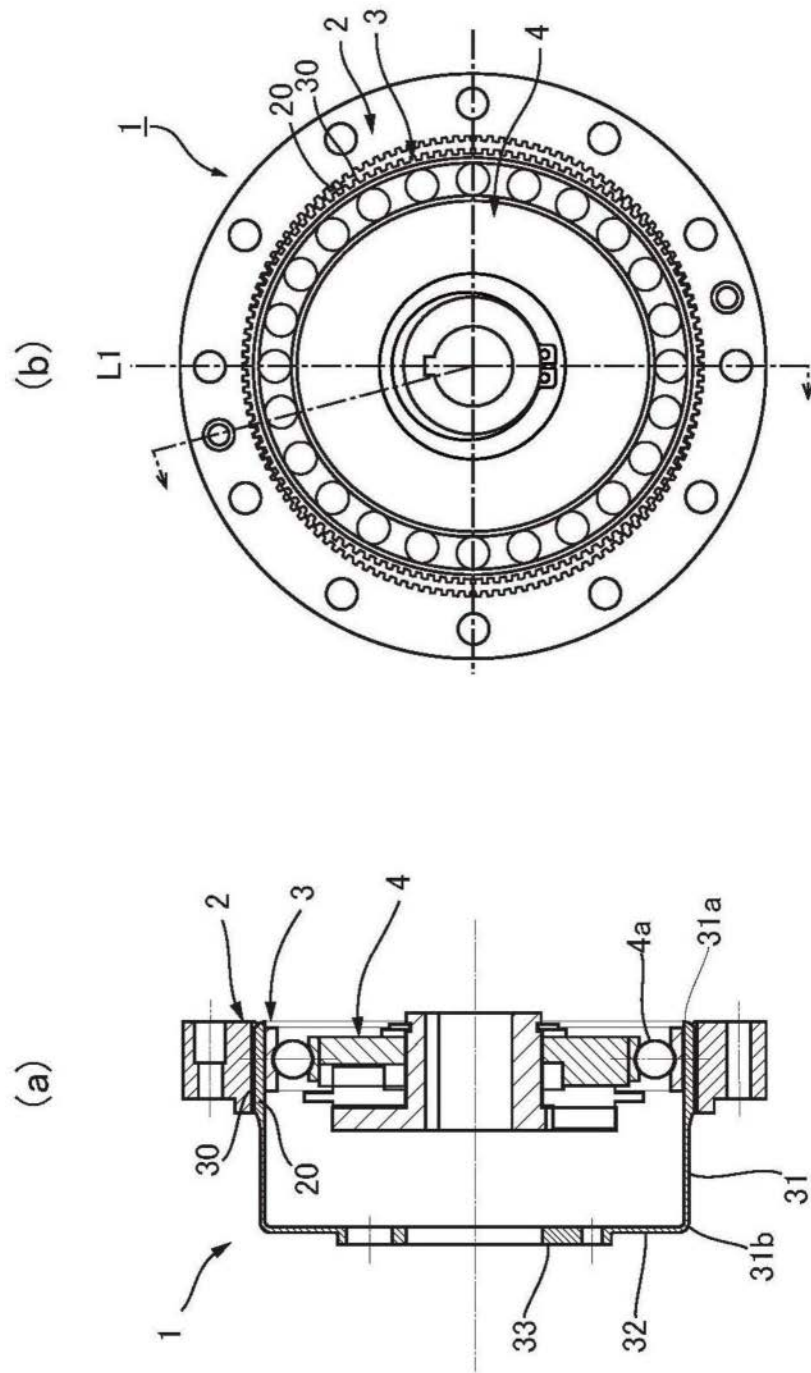


图1

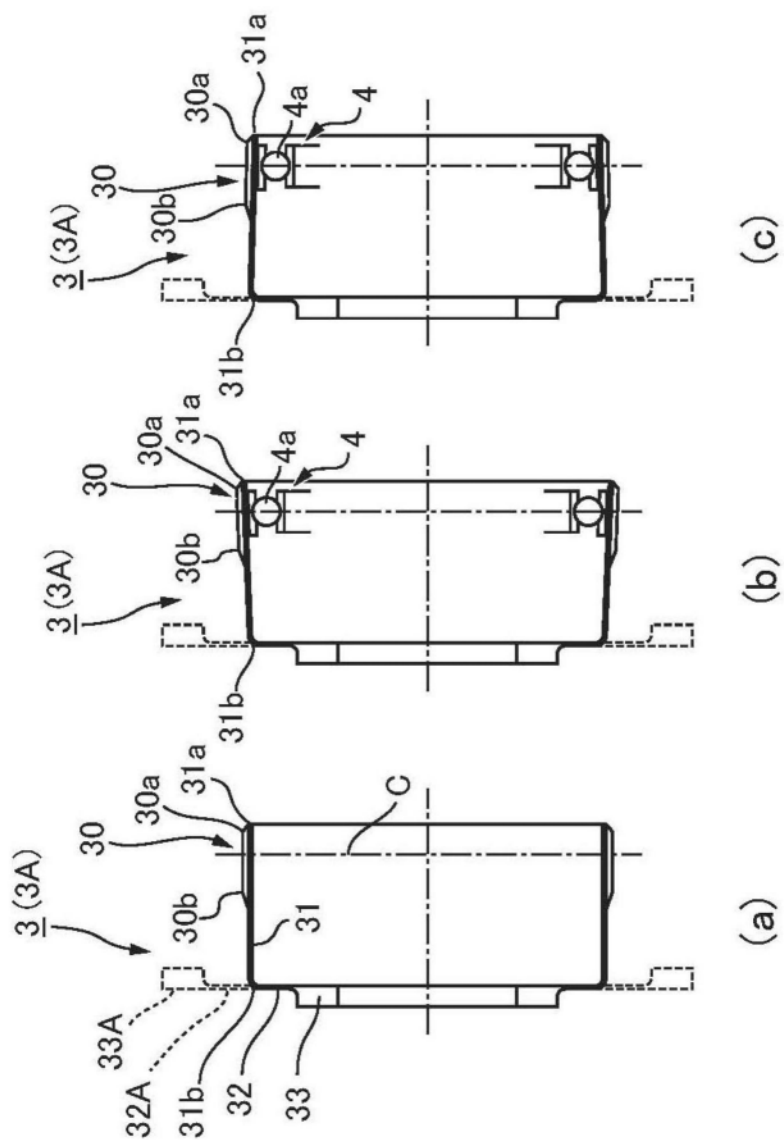


图2

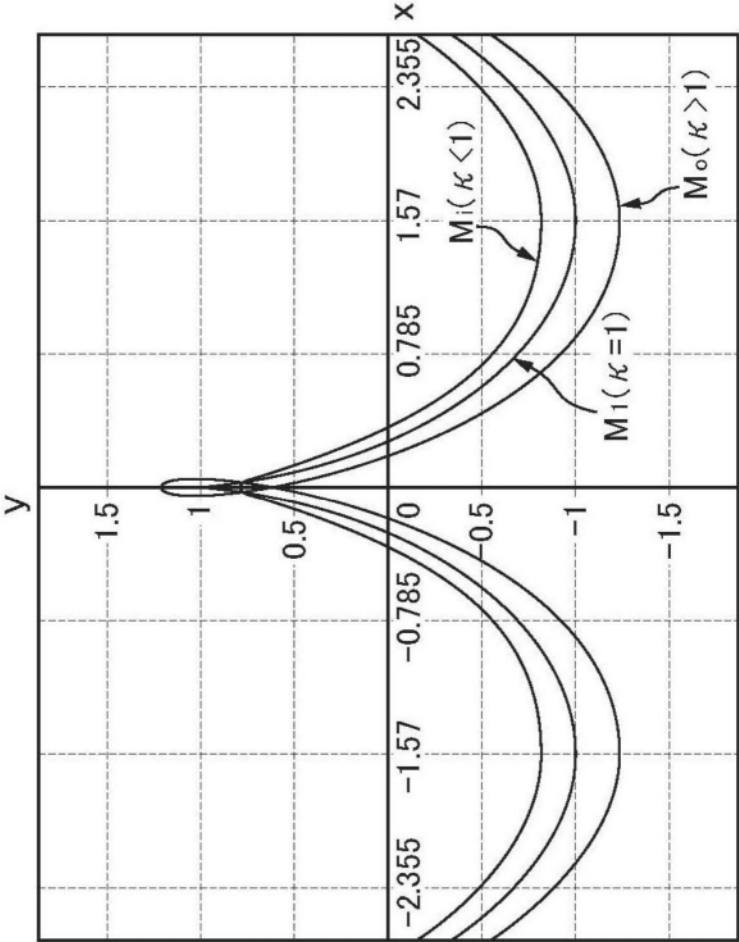


图3

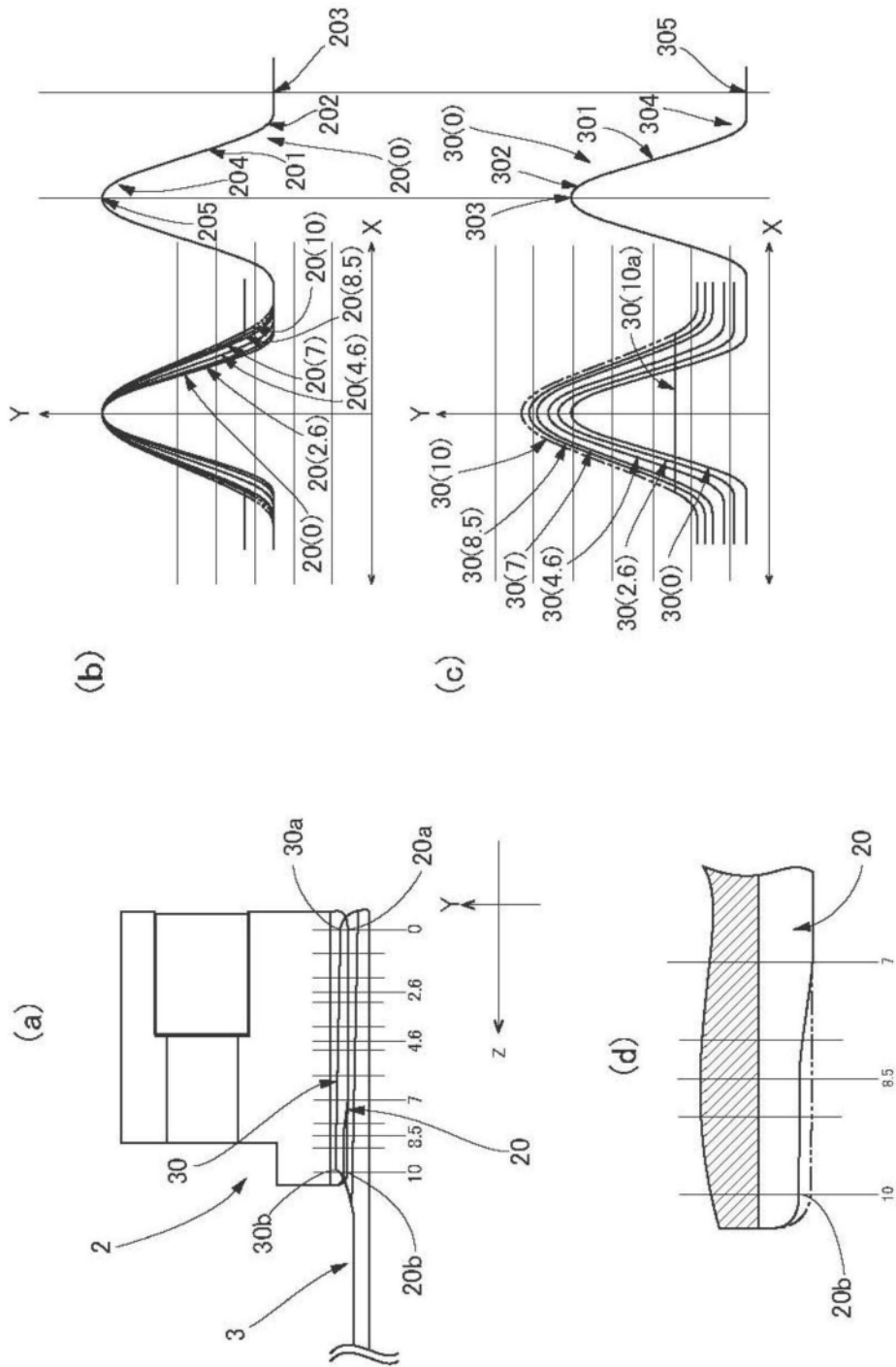


图4

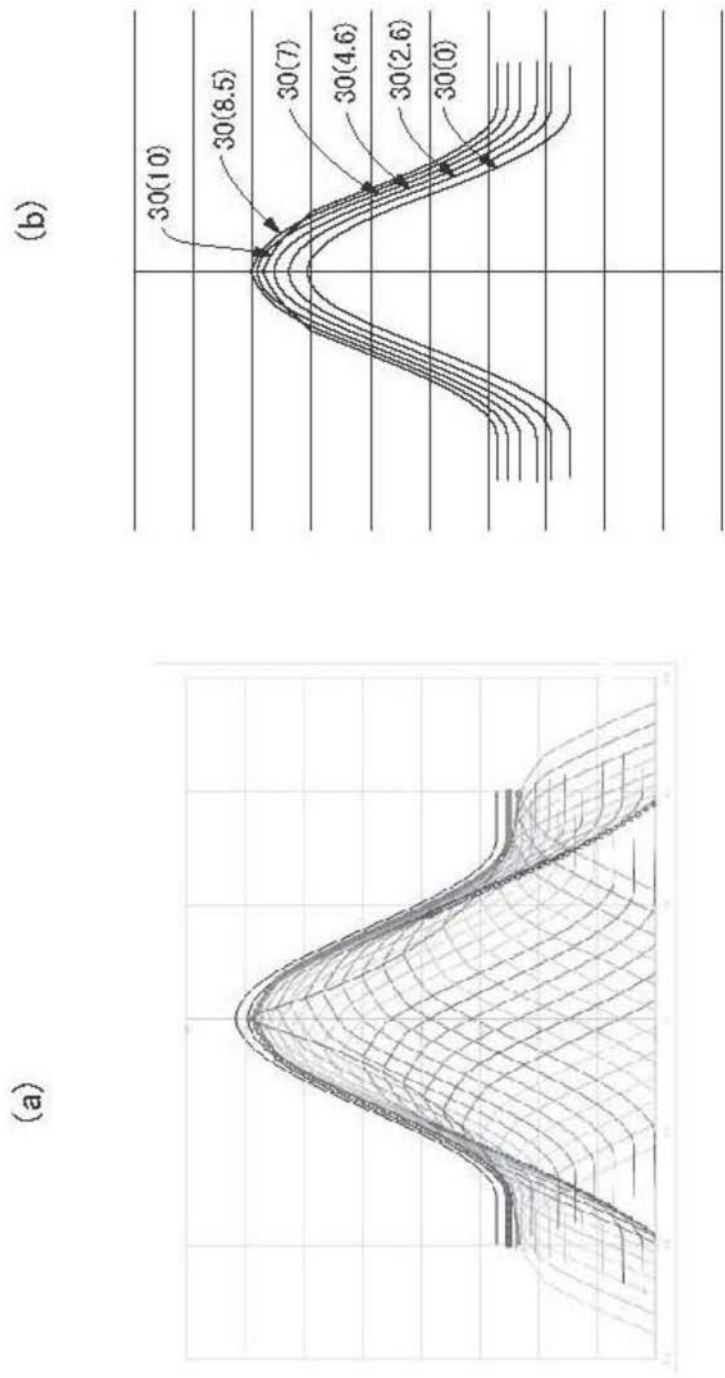


图5

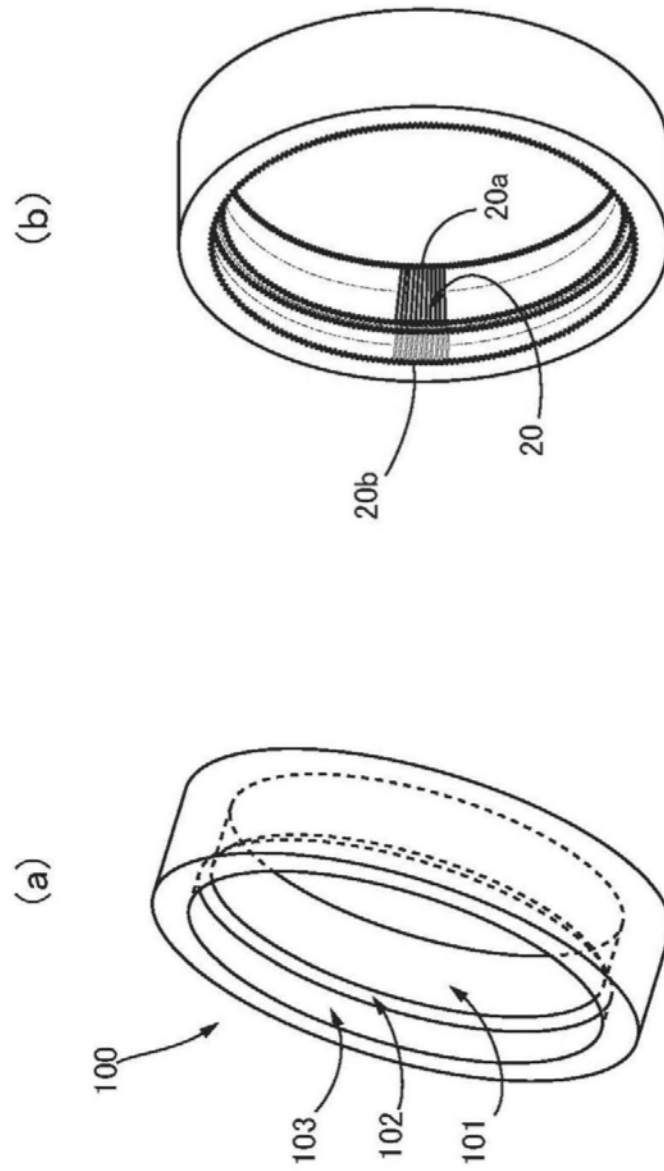


图6

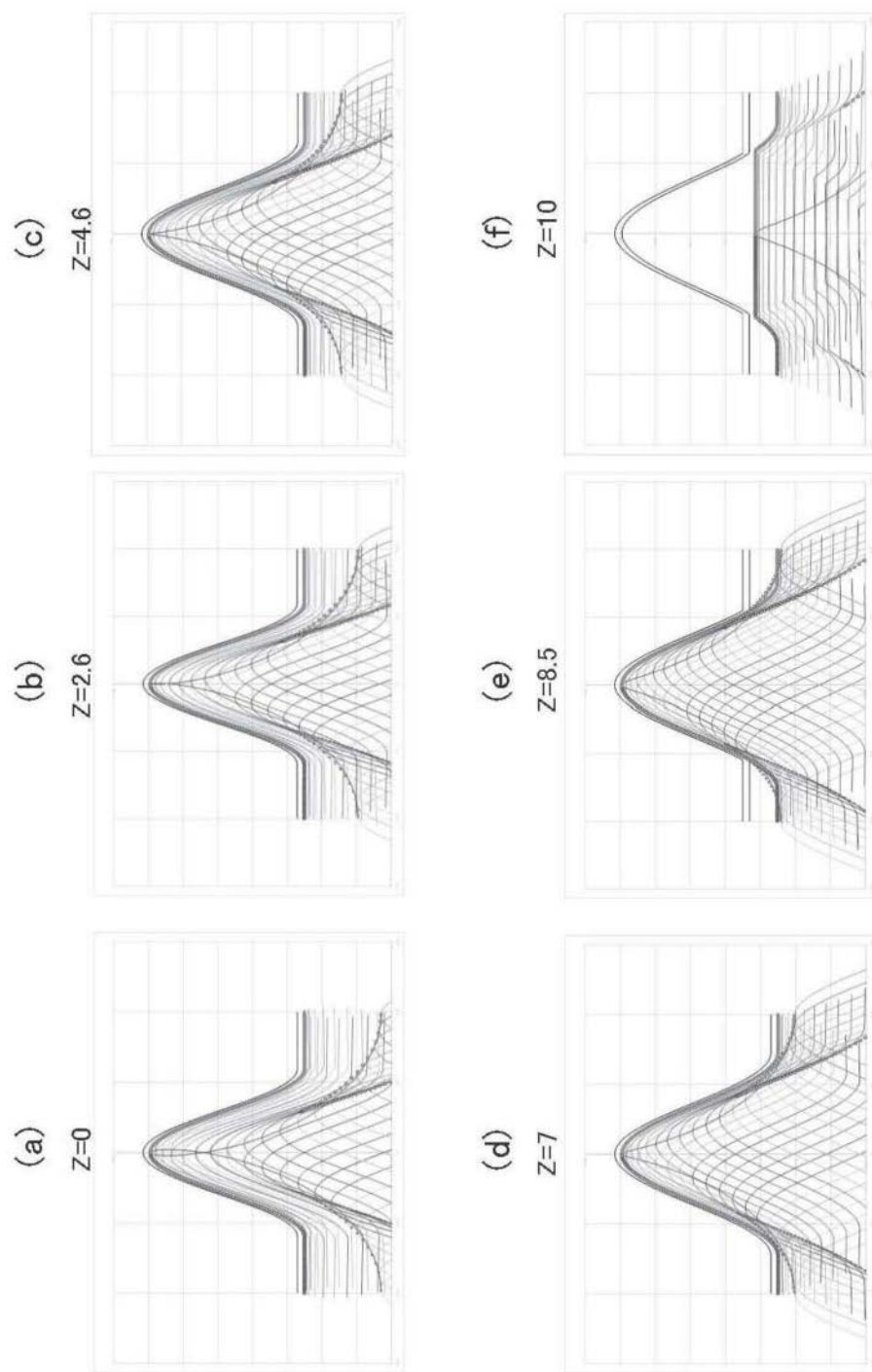


图7