



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103748771 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201280039784. 8

(22) 申请日 2012. 08. 08

(30) 优先权数据

2011-187098 2011. 08. 30 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 02. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/070245 2012. 08. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/031506 JA 2013. 03. 07

(73) 专利权人 日立汽车系统株式会社

地址 日本茨城县

(72) 发明人 押田学 清水幸昭 滨野宏

小田圭二

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 龙淳

(51) Int. Cl.

H02K 17/16(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1347560 A1, 2003. 09. 24, 说明书第 13-23 段、第 68-72 段以及附图 1-6.

JP 特开 2008-161024 A, 2008. 07. 10, 说明书第 15-23 段以及附图 1-4.

CN 101626179 A, 2010. 01. 13, 说明书第 23 段.

US 2005040726 A1, 2005. 02. 24, 全文.

CN 102474163 A, 2012. 05. 23, 全文.

CN 102136783 A, 2011. 07. 27, 全文.

审查员 黄蕾

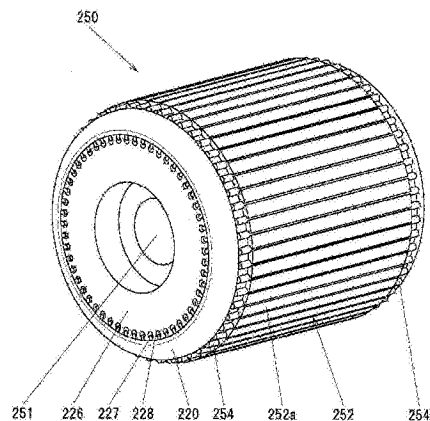
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

笼型转子和旋转电机

(57) 摘要

笼型转子包括:转子铁芯,其在周方向上形成有多个沿轴方向延伸的槽;多个导体条,其被收纳在转子铁芯的各槽内,两端部从转子铁芯的轴方向端面突出;和一对端环,其配置在转子铁芯的两端,各自包括与从转子铁芯的轴方向端面突出的各导体条的两端部嵌合的多个嵌合部。导体条的材质为铝成分比在 99. 00% 以上的铝合金,端环的材质为屈服强度高于导体条的材质的铝合金。



1. 一种笼型转子,其特征在于,包括:

转子铁芯,其在周方向上形成有多个沿轴方向延伸的槽;

多个导体条,其被收纳在所述转子铁芯的各槽内,两端部从所述转子铁芯的轴方向端面突出;和

一对端环,其配置在所述转子铁芯的两端,各自包括与从所述转子铁芯的轴方向端面突出的各导体条的两端部嵌合的多个嵌合部,

所述导体条的材质为铝成分比在99.00%以上的铝合金,

所述端环的材质为屈服强度高于所述导体条的材质的铝合金,

所述导体条的、在与所述轴方向正交的面内的剖面形状中的转子中心轴一侧的形状形成圆弧,

在与所述轴方向正交的面内,在嵌合有所述导体条的所述嵌合部的转子中心轴一侧设有空隙,该空隙的所述转子中心轴一侧形成有曲线部,

所述空隙的曲线部包含具有比所述导体条的所述转子中心轴一侧的圆弧半径大的半径的圆弧。

2. 如权利要求1所述的笼型转子,其特征在于:

所述端环的材质为导电率高于硬铝的导电率且低于铝成分比在99.00%以上的铝合金的导电率的铝合金。

3. 如权利要求1或2所述的笼型转子,其特征在于:

所述端环的材质为Al-Mg-Si系合金。

4. 如权利要求1或2所述的笼型转子,其特征在于:

所述端环的材质为JIS A6063-T5、A6063-T6、A6101-T6和A6151-T6的任意种。

5. 一种旋转电机,其特征在于,包括:

权利要求1或2所述的笼型转子;和

在所述笼型转子的外周侧隔着间隙设置的定子。

笼型转子和旋转电机

技术领域

[0001] 本发明涉及笼型转子和使用该笼型转子的旋转电机。

背景技术

[0002] 现已知有使用在转子铁芯上安装多个导体条和端环并通过焊接或钎焊等进行接合的组装式笼型转子的旋转电机(参考专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本国特开2008-161024号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 在上述专利文献1中记载的旋转电机中所使用的笼型转子中,从轻量化和提高电机效率(输出的机械能相对于输入的电能的比例)的角度,存在导体条和端环各自的材质都采用纯铝的情况。纯铝是指铝成分比在99.00%以上的铝合金。

[0008] 若使笼型转子高速旋转(例如周速度250m/s,周速度为由(外径/2)×角速度所定义的量),则端环被施加较大的旋转离心力。在导体条和端环各自的材质都采用纯铝的情况下,为了抑制因离心力导致的端环变形,需要缩小端环内径等来提高刚性,因此存在旋转电机变重的问题。

[0009] 用于解决课题的方案

[0010] 根据本发明的第一方式,笼型转子包括:转子铁芯,其在周方向上形成有多个沿轴方向延伸的槽;多个导体条,其被收纳在转子铁芯的各槽内,两端部从转子铁芯的轴方向端面突出;和一对端环,其配置在转子铁芯的两端,各自包括与从转子铁芯的轴方向端面突出的各导体条的两端部嵌合的多个嵌合部,导体条的材质为铝成分比在99.00%以上的铝合金,端环的材质为屈服强度高于导体条的材质的铝合金。

[0011] 根据本发明的第二方式,优选在第一方式的笼型转子中,端环的材质为导电率高于硬铝的导电率且低于铝成分比在99.00%以上的铝合金的导电率的铝合金。

[0012] 根据本发明的第三实施方式,优选在第一或第二方式的笼型转子中,端环的材质为Al-Mg-Si系合金。

[0013] 根据本发明的第四实施方式,优选在第一或第二方式的笼型转子中,端环的材质为JIS A6063-T5、A6063-T6、A6101-T6和A6151-T6的任意种。

[0014] 根据本发明的第五实施方式,优选在第一或第二方式的笼型转子中,导体条的、在与轴方向正交的面内的剖面形状中的转子中心轴一侧的形状形成为圆弧,在与轴方向正交的面内,在嵌合有导体条的嵌合部的转子中心轴一侧设有空隙,该空隙的转子中心轴一侧形成有曲线部,空隙的曲线部包含具有比导体条的转子中心轴一侧的圆弧半径大的半径的圆弧。

[0015] 根据本发明的第六实施方式,旋转电机包括:第一或第二方式的笼型转子;和在笼型转子的外周侧隔着间隙设置的定子。

[0016] 发明效果

[0017] 根据本发明,通过采用屈服强度比纯铝(即铝成分比在99.00%以上的铝合金)高的铝合金作为端环的材质,能够抑制笼型转子在高速旋转时的端环的变形量,因此能够提供可轻量化和高转速化的笼型转子和使用该笼型转子的旋转电机。

附图说明

[0018] 图1是表示搭载有具有本发明的实施方式的笼型转子的旋转电机的混合动力型电动车的概要结构的图。

[0019] 图2是表示图1的电力转换装置的电路图。

[0020] 图3是表示本发明的实施方式的旋转电机的局部剖面示意图。

[0021] 图4是本发明的实施方式的笼型转子的外观立体图。

[0022] 图5是本发明的实施方式的笼型转子的分解立体图。

[0023] 图6是表示本发明的实施方式的笼型转子的端环的局部放大俯视示意图。

[0024] 图7是表示导体条和端环所用的各材质的物理特性的表。

具体实施方式

[0025] 以下参照附图说明用于实施本发明的方式。

[0026] [旋转电机整体]

[0027] 本发明的旋转电机能够适用于仅依靠旋转电机行驶的纯电动车和由发动机和旋转电机两者驱动的混合动力型电动车。以下以混合动力车为例进行说明。

[0028] 如图1所示,混合动力型电动车(以下称为车辆)100上安装有发动机120、第一旋转电机200、第二旋转电机202和高电压的蓄电池180。

[0029] 蓄电池180由锂离子电池或镍氢电池等二次电池构成,输出从250伏特到600伏特甚至更高电压的直流电力。蓄电池180在通常行驶时向旋转电机200、202供给直流电力,在再生行驶时从旋转电机200、202向蓄电池180供给直流电力。蓄电池180与旋转电机200、202之间的直流电力传输通过电力转换装置600进行。

[0030] 车辆100中安装了供给低电压的电力(例如14伏特电力)的蓄电池(未图示),向下述控制电路供给直流电力。

[0031] 发动机120和旋转电机200、202产生的转矩通过变速器130和差速齿轮160传递到前轮110。变速器130由变速器控制装置134控制,发动机120由发动机控制装置124控制,蓄电池180的充放电由蓄电池控制装置184进行控制。

[0032] 变速器控制装置134、发动机控制装置124、蓄电池控制装置184和电力转换装置600经由通信线路174与综合控制装置170连接。

[0033] 综合控制装置170进行发动机120和旋转电机200、202的输出转矩的管理、发动机120的输出转矩与旋转电机200、202的输出转矩的总转矩和转矩分配比的运算处理、基于该运算处理结果的对变速器控制装置134、发动机控制装置124和电力转换装置600的控制指令的发送。

[0034] 因此,从变速器控制装置134、发动机控制装置124、电力转换装置600和蓄电池控制装置184经由通信线路174向综合控制装置170输入表示各自状态的信息。这些控制装置是处于综合控制装置170下级的控制装置。综合控制装置170基于这些信息计算各控制装置的控制指令。计算出的控制指令经由通信线路174发送到各控制装置。

[0035] 蓄电池控制装置184将蓄电池180的充放电状况和构成蓄电池180的各电池单元的状态经由通信线路174输出到综合控制装置170。综合控制装置170基于来自蓄电池控制装置184的信息来控制电力转换装置600,在判断为蓄电池180需要充电时,向电力转换装置600发送发电运转的指令。

[0036] 电力转换装置600基于来自综合控制装置170的转矩指令来控制旋转电机200、202,使其产生与指令相符的转矩输出或发电电力。为此在电力转换装置600中设置有构成逆变器的功率半导体。电力转换装置600基于来自综合控制装置170的指令来控制功率半导体的开关动作。通过功率半导体的这种开关动作,旋转电机200、202作为电动机或发电机运转。

[0037] 旋转电机200、202作为电动机运转的情况下,来自高电压的蓄电池180的直流电力被供给到电力转换装置600的逆变器的直流端子。电力转换装置600通过控制功率半导体的开关动作将供给来的直流电力转换成三相交流电力并供给到旋转电机200、202。

[0038] 另一方面,旋转电机200、202作为发电机运转的情况下,转子被从外部施加的转矩旋转驱动,定子绕组中产生三相交流电力。所产生的三相交流电力由电力转换装置600转换成直流电力,通过将该直流电力供给给高电压的蓄电池180来进行充电。

[0039] [电力转换装置]

[0040] 如图2所示,电力转换装置600中设有配合第一旋转电机200的第一逆变装置和配合第二旋转电机202的第二逆变装置。第一逆变装置配备功率组件610、控制功率组件610的各功率半导体元件21的开关动作的第一驱动电路652、检测旋转电机200的电流的电流传感器660。驱动电路652设于驱动电路基板650。

[0041] 第二逆变装置配备功率组件620、控制功率组件620的各功率半导体元件21的开关动作的第二驱动电路656、检测旋转电机202的电流的电流传感器662。驱动电路656设于驱动电路基板654。

[0042] 电流传感器660、662、驱动电路652、656连接到设于控制电路基板646的控制电路648,进一步地,控制电路648连接有经由收发电路644的通信线路174。收发电路644设于收发电路基板642,被第一、第二逆变装置共用。收发电路644用于在电力转换装置600与外部控制装置之间电连接,经由图1的通信线路174与其它装置进行信息的收发。

[0043] 控制电路648由各逆变装置的控制部构成,由计算控制信号(控制值)的微机所构成,其中该控制信号用于使功率半导体元件21动作(导通/关断)。来自综合控制装置170的转矩指令信号(转矩指令值)、电流传感器660、662的传感器输出、安装在旋转电机200、202上的旋转传感器即旋转变压器(Resolver)224(参考图3)的传感器输出被输入到控制电路648。控制电路648基于这些输入信号计算控制值,向驱动电路652、656输出用于控制开关时刻的控制信号。

[0044] 驱动电路652、656中分别设有6个产生向各相的各上下臂的栅极供给的驱动信号的集成电路,6个集成电路构成一个块。驱动电路652、656中产生的驱动信号分别输出到对

应的功率组件610、620的各功率半导体元件21的栅极。

[0045] 功率组件610、620的直流侧端子上电并联有电容模块630,电容模块630构成用于抑制因功率半导体元件21的开关动作而产生的直流电压的变动的平滑电路。电容模块630被第一、第二逆变装置共用。

[0046] 功率组件610、620分别将从蓄电池180供给的直流电力转换成三相交流电力,并将该电力供给到对应的作为旋转电机200、202的电枢绕组的定子绕组。功率组件610、620将旋转电机200、202的定子绕组感应的交流电力转换成直流,供给到高电压的蓄电池180。

[0047] 如图2所示,功率组件610、620具备三相桥式电路,对应三相的串联电路分别电并联在蓄电池180的正极侧与负极侧之间。各串联电路配备构成上臂的功率半导体元件21和构成下臂的功率半导体元件21,这些功率半导体元件21串联连接。

[0048] 功率组件610与功率组件620大致相同地构成,在此以功率组件610为代表进行说明。

[0049] 功率组件610使用IGBT(绝缘栅双极晶体管)作为开关用功率半导体元件。IGBT具有集电极、发射极和栅极三个电极。IGBT的集电极与发射极之间电连接有二极管38。二极管38具有阳极和阴极两个电极,分别地阳极连接到IGBT的集电极并且阴极连接到IGBT的发射极,使得从IGBT的发射极到集电极为正向。

[0050] 各相的臂电串联IGBT的发射极和IGBT的集电极而构成。

[0051] 此外,图2中仅展示了各相的各上下臂仅一个的IGBT,而由于控制的电流容量大,实际上由多个IGBT电并联构成。

[0052] 分别地,各相的各上臂的IGBT的集电极电连接到蓄电池180的正极侧,各相的各下臂的IGBT的发射极电连接到蓄电池180的负极侧。各相的各臂的中点(上臂侧IGBT的发射极与下臂侧IGBT的集电极的连接部分)电连接到对应的旋转电机200、202的对应相的电枢绕组(定子绕组)上。

[0053] 由于旋转电机200、202大致相同地构成,以下以旋转电机200为代表进行说明。

[0054] [旋转电机的结构]

[0055] 如图3所示,旋转电机200具有壳体212、保持在壳体212内部的定子230,定子230具备定子铁芯232和定子绕组238。转子250隔着间隙222以能够旋转的方式被保持在定子铁芯232的内侧。换言之,转子250的外周侧隔着间隙222配置有定子铁芯232。转子250具备转子铁芯252、导体条254和端环226,转子铁芯252被固定在圆柱状的轴(旋转轴体)218上。

[0056] 壳体212具有设有轴承216的一对端架214。轴218由轴承216以能够旋转的方式保持。轴218上设有检测转子250的旋转位置和转速的旋转变压器224。旋转变压器224的输出被输入到图2所示的控制电路648中。

[0057] 参考图2进行说明,控制电路648基于旋转变压器224的输出来控制驱动电路652。驱动电路652使功率组件610进行开关动作,将从蓄电池180供给的直流电力转换成三相交流电力。驱动电路648同样地通过驱动电路656使功率组件620进行开关动作,将从蓄电池180供给的直流电力转换成三相交流电力。该三相交流电力被供给到定子绕组238,定子230产生旋转磁场。三相交流电流的频率基于旋转变压器224的检测值进行控制,三相交流电流相对于转子250的相位也同样地基于旋转变压器224的检测值进行控制,向定子绕组238供给三相交流电力。

[0058] [定子]

[0059] 如图3所示,定子230具有圆筒状的定子铁芯232和插入在定子铁芯232中的定子绕组238。定子铁芯232层叠多片圆环状的电磁钢板而形成。构成定子铁芯232的电磁钢板厚度为0.05~1.0mm左右,通过冲孔加工或蚀刻加工而形成。

[0060] 定子铁芯232以沿定子铁芯232的轴方向延伸的多个槽(未图示)在周方向上等间隔的方式层叠电磁钢板而形成。槽中设有对应槽形状的绝缘纸(未图示),并收纳有构成定子绕组238的U、V、W相的相绕组。槽间形成的齿将由定子绕组238产生的旋转磁场导向转子250,使转子250产生转矩。

[0061] 本实施方式中,采用分布绕组作为定子绕组238的卷绕方式。分布绕组是以各相的相绕组被收纳在横跨多个槽分离的两个槽中的方式在定子铁芯232上卷绕相绕组的卷绕方式。

[0062] [转子]

[0063] 图4和图5是本实施方式的转子250的外观立体图和分解立体图。图6是表示本实施方式的转子250的端环226的局部放大俯视示意图。此外省略轴218的图示。如图4和图5所示,本实施方式的转子250为转子铁芯252上安装多个导体条254和一对端环226、在转子250的轴方向两端部上通过焊接来接合端环226和导体条254的组装式笼型转子。

[0064] 如图6所示,本实施方式中通过在端环226的嵌合部227上预先形成比导体条254的前端部(中心侧端部254a)大一圈的圆弧状空隙部228,来缓和转子250高速旋转(例如周速度250m/s。周速度为由(外径/2)×角速度所定义的量)时产生的旋转离心力导致的施加到端环226上的应力集中。以下对转子250的结构以及导体条254和端环226的结构详细地进行说明。

[0065] 如图4和图5所示,转子250为具有被轴218(参考图3)插通的贯通孔251的圆筒状。转子250具备圆筒状的转子铁芯252、插入在转子铁芯252的槽252b中的多个导体条254和配置在转子铁芯252两端并通过焊接与导体条254电连接的一对端环226。

[0066] [转子铁芯]

[0067] 转子铁芯252层叠多片圆环状的电磁钢板而形成。构成转子铁芯252的电磁钢板厚度为0.05~1.0mm左右,通过冲压加工或者蚀刻加工而形成。转子铁芯252上,在周方向上等间隔地分别形成有与轴方向平行的多个齿252a和槽252b。

[0068] 转子铁芯252的齿252a的宽度(圆周方向长度)从旋转中心侧(根部)到径向外侧大致保持一定的宽度。被邻接的齿252a所分隔的槽252b的宽度在外周侧(开口侧)最大,宽度随着从外周侧向径向内侧逐渐变窄,在旋转中心侧为最小。

[0069] 沿旋转中心的轴方向延伸的各槽252b内收纳有长条平板状的导体条254,导体条254的长边方向的两端部嵌合到配置于转子铁芯252的两端的一对端环226中。

[0070] [导体条和端环]

[0071] 导体条254为沿转子250的轴方向延伸的长条平板状部件。导体条254具有与转子铁芯252的槽252b的形状大致相同的外形形状,被收纳在槽252b内。导体条254在与转子250的旋转中心轴方向正交的面内的剖面形状成厚度从转子250的外周侧向中心侧逐渐变薄的锥形,转子中心轴侧的形状成圆弧形。

[0072] 如图6所示,导体条254以厚度从转子250的外周侧向中心侧逐渐变薄的方式形成

平坦的侧面,圆弧状的中心侧端部254a以从两侧面向转子250的中心轴侧延伸的方式形成,圆弧状的外侧端部以从两侧面向转子250的径向外侧延伸的方式形成。

[0073] 如图4所示,导体条254形成得比转子铁芯252的轴方向长度长,导体条254的两端部从转子铁芯252的轴方向端面向外侧突出。

[0074] 一对端环226配置在转子铁芯252的两端。各端环226具有多个与从转子铁芯252的轴方向端面突出的导体条254的端部嵌合的嵌合部227。嵌合部227对应转子铁芯252的槽252b在周方向上等间隔地形成有多个。各嵌合部227为与轴方向平行的贯通孔,形成为外周侧开放的槽状。

[0075] 各端环226的各嵌合部227上嵌合了导体条254的长边方向端部,导体条254通过焊接接合到端环226上,形成了圆环状的接合部220。

[0076] [嵌合部]

[0077] 对端环226的嵌合部227的形状参照图6详细地进行说明。嵌合部227成与导体条254大致相同的剖面形状,具有保持导体条254的保持部229、从保持部229向转子250的中心轴侧延伸设置的空隙部228。

[0078] 空隙部228形成为具有比导体条254的中心侧端部254a的圆弧半径更大的半径的圆弧状部228a。如图6所示,嵌合部227的转子250中心轴侧端部上设置的空隙部228(圆弧状部228a)的半径 R_{21} 与导体条254的中心轴侧端部254a的半径 R_{11} 的关系为 $R_{21} > R_{11}$,在本实施方式中为 $R_{21} \cong 1.8 \times R_{11}$ 。

[0079] 如图6所示,导体条254以使空隙部228(圆弧状部228a)与导体条254的中心侧端部254a正对的方式嵌合到端环226的嵌合部227中。在与转子250的中心轴方向正交的面内,导体条254的中心侧端部254a与空隙部228(圆弧状部228a)之间形成有间隙。

[0080] [导体条和端环的材质]

[0081] 图7是表示导体条254和端环226所用的各材质的物理特性的表。本实施方式中,导体条254的材质采用纯铝,端环226的材质采用Al-Mg-Si系合金。纯铝是指铝的成分比在99.00%以上的铝合金。

[0082] 如图7所示,作为纯铝的JIS A1050、A1060、A1070导电率比图7所示的其它材质高。因此,导体条254的材质通过采用作为纯铝的JIS A1050、A1060、A1070的任意种,能够提高旋转电机200的电机效率(输出的机械能相对于输入的电能的比)。

[0083] 如图7所示,作为Al-Cu系合金的JIS A2017(硬铝)-T4、A2024(超硬铝)-T4以及作为Al-Zn-Mg-Cu系合金的JIS A7075(特超硬铝)-T6抗拉强度均比图7所示的其它材质高,屈服强度比除JISA6151-T6之外的其它材质更高。

[0084] 但JIS A2017-T4、A2024-T4、A7075-T6导电率比图7所示的其它材质低,例如相对于作为纯铝的JIS A1070的导电率为48%~55%。因此,在采用JIS A2017-T4、A2024-T4、JIS A7075-T6作为导体条254或端环226的材质的情况下,有导电率降低的担心。

[0085] 如图7所示,作为Al-Mg-Si系合金的JIS A6101-T6、A6151-T6、A6063-T5、A6063-T6虽然导电率仅比作为纯铝的JIS A1050、A1060、A1070稍小,但与作为纯铝的JIS A1050、A1060、A1070相比具有高的屈服强度。

[0086] 例如,比较图7所示的纯铝中导电率最高的JIS A1070与图7所示的Al-Mg-Si系合金中导电率最高的JIS A6101-T6。与JIS A1070的导电率相比,JIS A6101-T6的导电率为

92%，其差距非常小。另一方面，与JIS A1070的屈服强度相比，JIS A6101-T6的屈服强度为6.5倍，其差距非常大。

[0087] 比较图7所示的纯铝中导电率最高的JIS A1070与图7所示的JISA6063-T6。与JIS A1070的导电率相比，JIS A6063-T6的导电率为85%，其差距较小。另一方面，与JIS A1070的屈服强度相比，JIS A6063-T6的屈服强度为7.2倍，其差距非常大。

[0088] 比较图7所示的纯铝中导电率最高的JIS A1070与图7所示的Al-Mg-Si系合金中导电率最低的JIS A6151-T6。与JIS A1070的导电率相比，JIS A6151-T6的导电率为73%，其差距为27%。另一方面，与JIS A1070的屈服强度相比，JIS A6151-T6的屈服强度为10.0倍，其差距非常大。

[0089] 因此，通过采用JIS A6101-T6、A6151-T6、A6063-T5、A6063-T6的任意种作为端环226的材质，能够抑制电机效率的降低并且抑制因转子250高速旋转时的离心力导致的端环226的变形量。

[0090] 通过上述的本实施方式，能够达到以下的作用效果。

[0091] (1)采用纯铝的JIS A1050、A1060和A1070的任意种作为导体条254的材质，并采用作为Al-Mg-Si系合金的JIS A6101-T6、A6151-T6、A6063-T5和A6063-T6的任意种作为端环226的材质。与纯铝相比，由于Al-Mg-Si系合金屈服强度高，能够抑制因转子250高速旋转时的离心力导致的端环226的变形量。

[0092] 现有技术中在使用纯铝形成端环226的情况下，为了抑制高速旋转时的变形量而减小端环226的内径等来确保刚性，因此存在旋转电机变重的问题。对此，由于通过本实施方式能够不减小端环226的内径而抑制高速旋转时的变形量，因此能够实现转子250和旋转电机200的轻量化。

[0093] 此外，在混合动力型电动车等发动机室内安装旋转电机200的情况下，由于节约空间的要求，安装空间不足并且转子250与其周围部件的间隙狭窄。通过本实施方式，由于即使在这种环境中使转子250高速旋转的情况下也能够抑制端环226的变形量，因此端环226不与周围部件接触。

[0094] (2)图7所示的Al-Mg-Si系合金的导电率与纯铝(例如A1070)的导电率相比，其差距小至8~27%左右，因此能够很大程度抑制电机效率的降低。

[0095] (3)通过本实施方式，根据(1)和(2)，能够提供抑制了电机效率的降低并且可轻量化和高转速化的笼型转子250以及使用该笼型转子250的旋转电机200。

[0096] (4)端环226的嵌合部227上设有具有比导体条254的中心侧端部254a的半径更大的半径的空隙部228(圆弧状部228a)。由于转子250高速旋转，端环226上除了离心力，还在周方向上产生张应力。通过将空隙部228形成为比导体条254的中心侧端部254a半径更大的圆弧状，施加到端环226的空隙部228(圆弧状部228a)的应力集中得到缓和。因此，能够防止因转子250高速旋转而产生的旋转离心力导致的端环226的损伤。

[0097] 以下变形例也在本发明的范围内，可将变形例的一个或多个与上述实施方式组合。

[0098] (1)上述实施方式中，对导体条254的材质采用JIS A1050、A1060、A1070的任意种的情况进行说明，但本发明并不限于此。导体条254的材质可为不同于JIS A1050、A1060、A1070的纯铝，例如可为JISA1100。

[0099] (2)上述实施方式中,对端环226的材质采用JIS A6063-T5、A6063-T6、A6101-T6和A6151-T6的任意种的情况进行说明,但本发明并不限于此。端环226的材质可为不同于JIS A6063-T5、A6063-T6、A6101-T6、A6151-T6的Al-Mg-Si系合金,例如可为JIS A6061-T6。

[0100] (3)导体条254与端环226的接合方法并不限于焊接,可通过摩擦搅拌焊接(FSW)、钎焊、超声波焊接等接合方法接合导体条254与端环226。

[0101] (4)作为开关用功率半导体元件,可使用MOSFET(金属氧化物半导体场效应晶体管)替代IGBT。MOSFET具有漏极、源极和栅极三个电极。在MOSFET的情况下,由于在源极与漏极之间具备以从漏极到源极的方向为正向的寄生二极管,不必设置图2的二极管38。

[0102] (5)在上述实施方式中,层叠多片电磁钢板以形成转子铁芯252和定子铁芯232,但本发明并不限于此。

[0103] (6)旋转电机200、202可用于其它电动车辆,例如混合动力电力机车等铁道车辆、公共汽车等客运汽车、卡车等货运汽车、蓄电池供电式叉车等工业用车等。

[0104] (7)上述实施方式中,将空隙部228整体形成为圆弧状部228a,但本发明并不限于此。可仅使空隙部228的转子中心轴侧端部形成为具有比导体条254的中心侧端部254a的半径R11更大的半径的圆弧状部。即,空隙部228的转子中心轴侧端部形成为包括具有比导体条254的中心侧端部254a的半径R11更大的半径的圆弧状部的曲线部,该曲线部与保持部229可通过直线部或弯曲部连续地连接。

[0105] 以上说明了各种实施方式和变形例,但本发明并不限于这些内容。可认为在本发明的技术思想范围内的其它方式包含于本发明的范围内。

[0106] 以下优先权基础申请的公开内容作为引文包含于此。

[0107] 日本国专利申请2011年第187098号(2011年8月30日申请)。

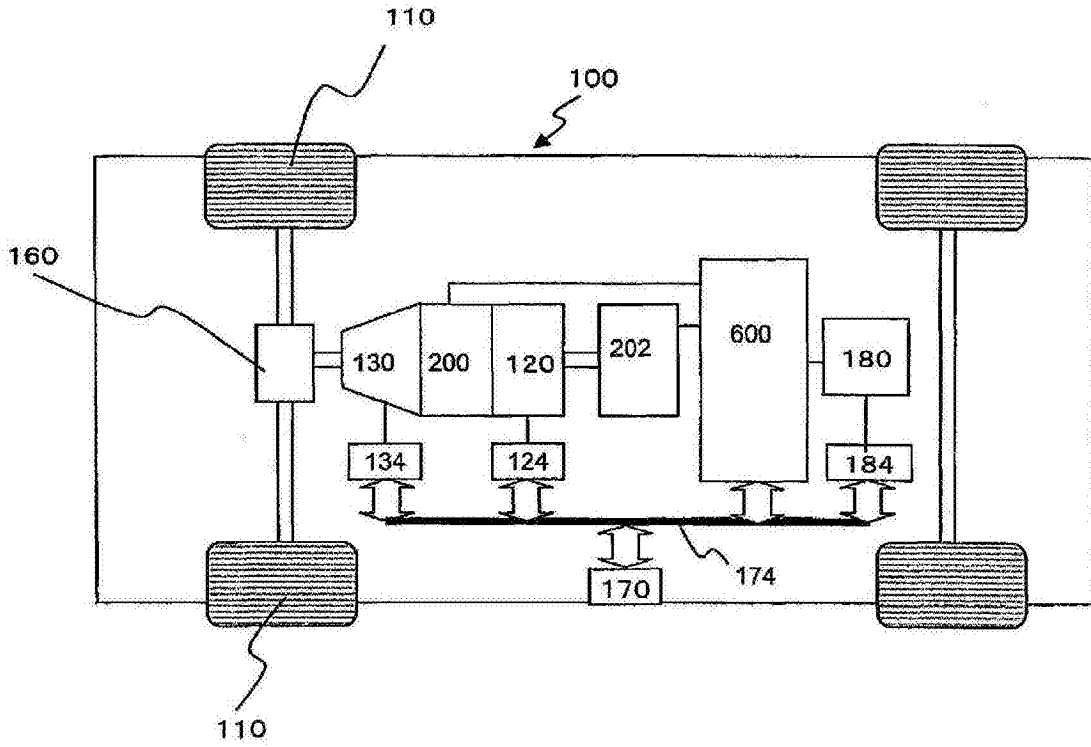


图1

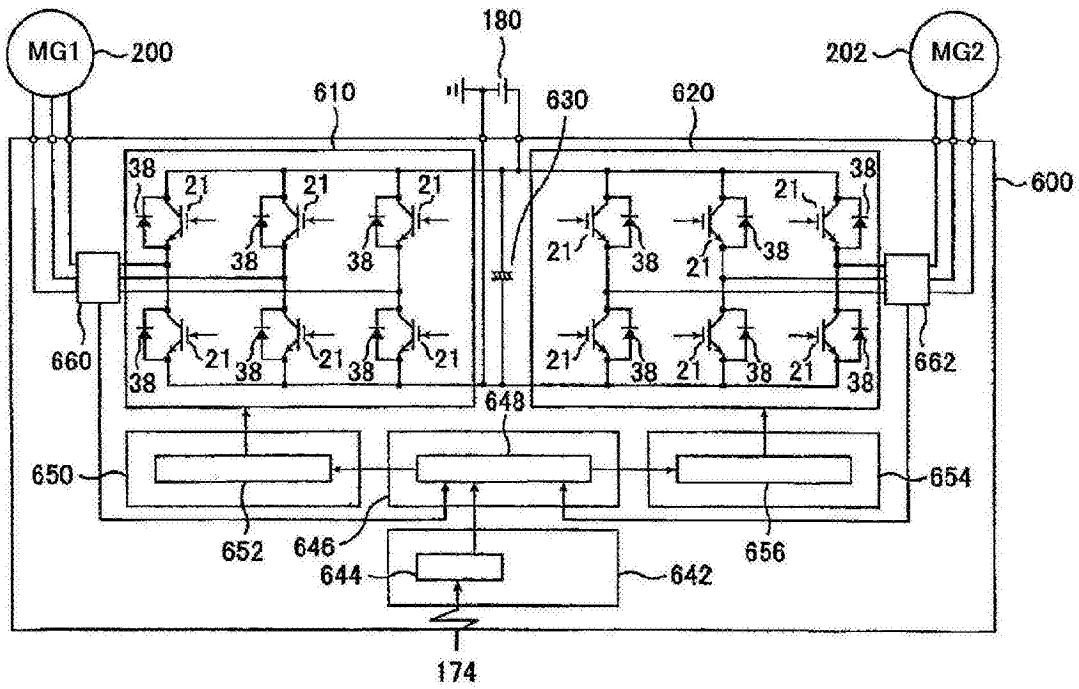


图2

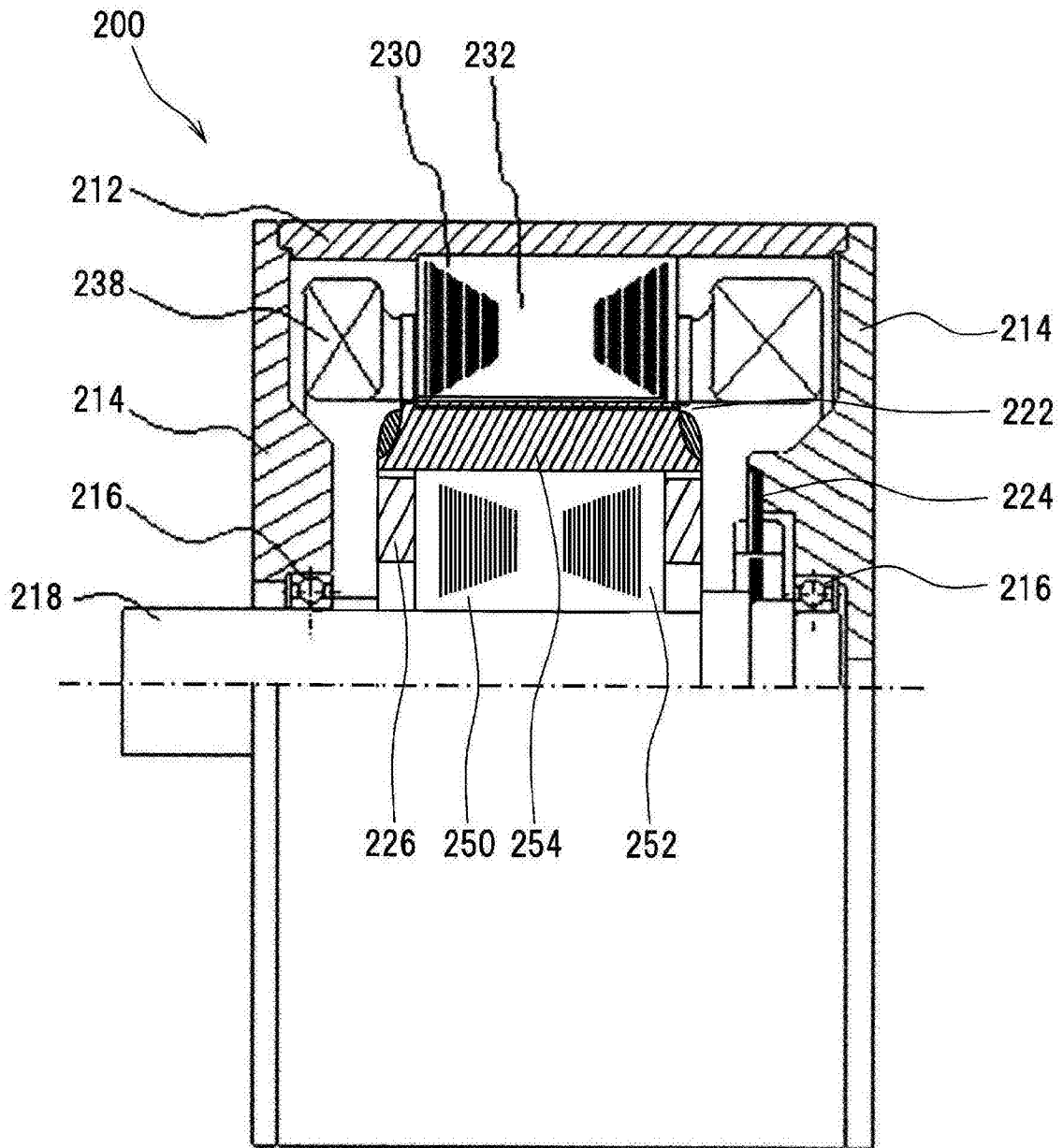


图3

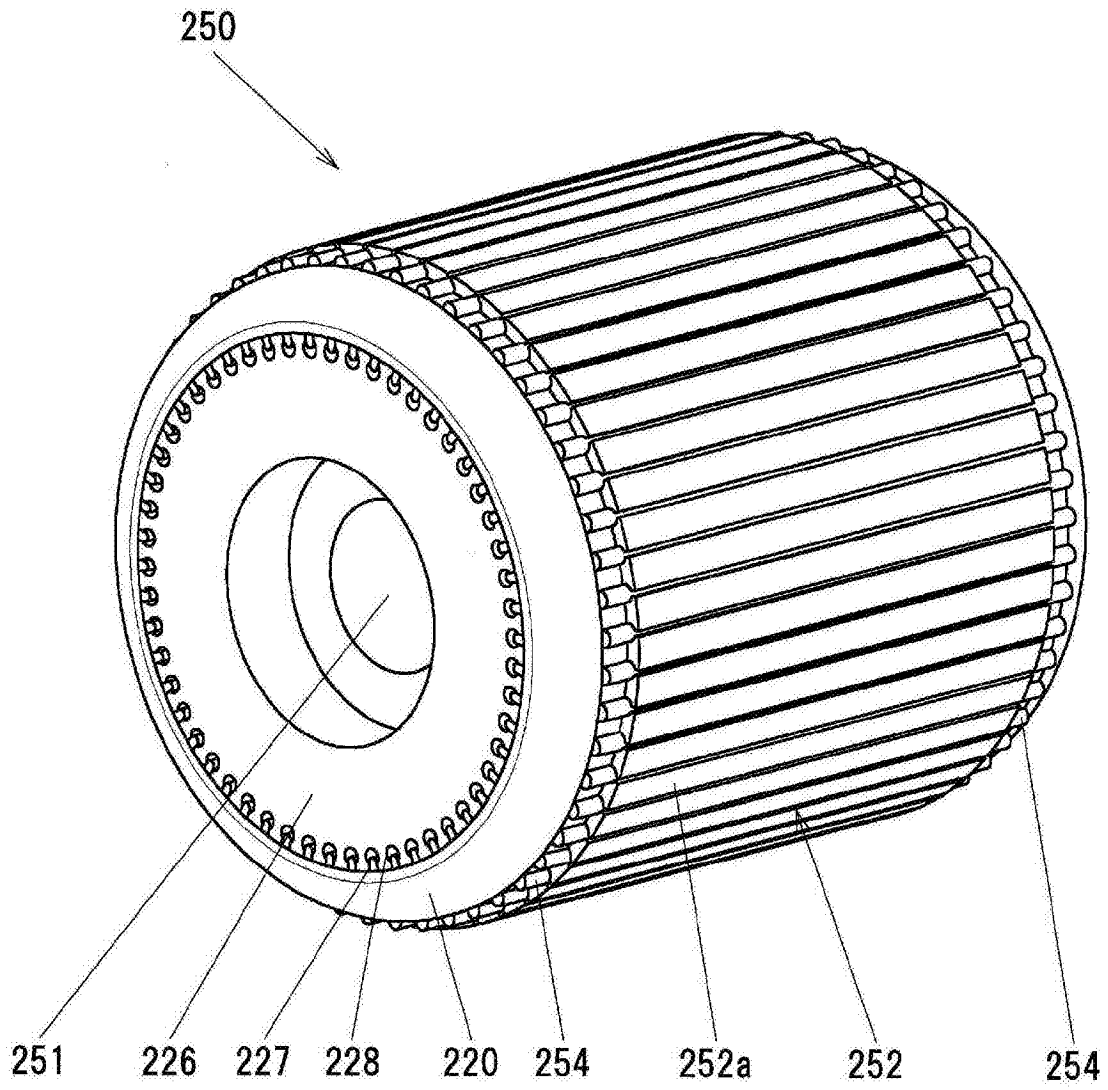


图4

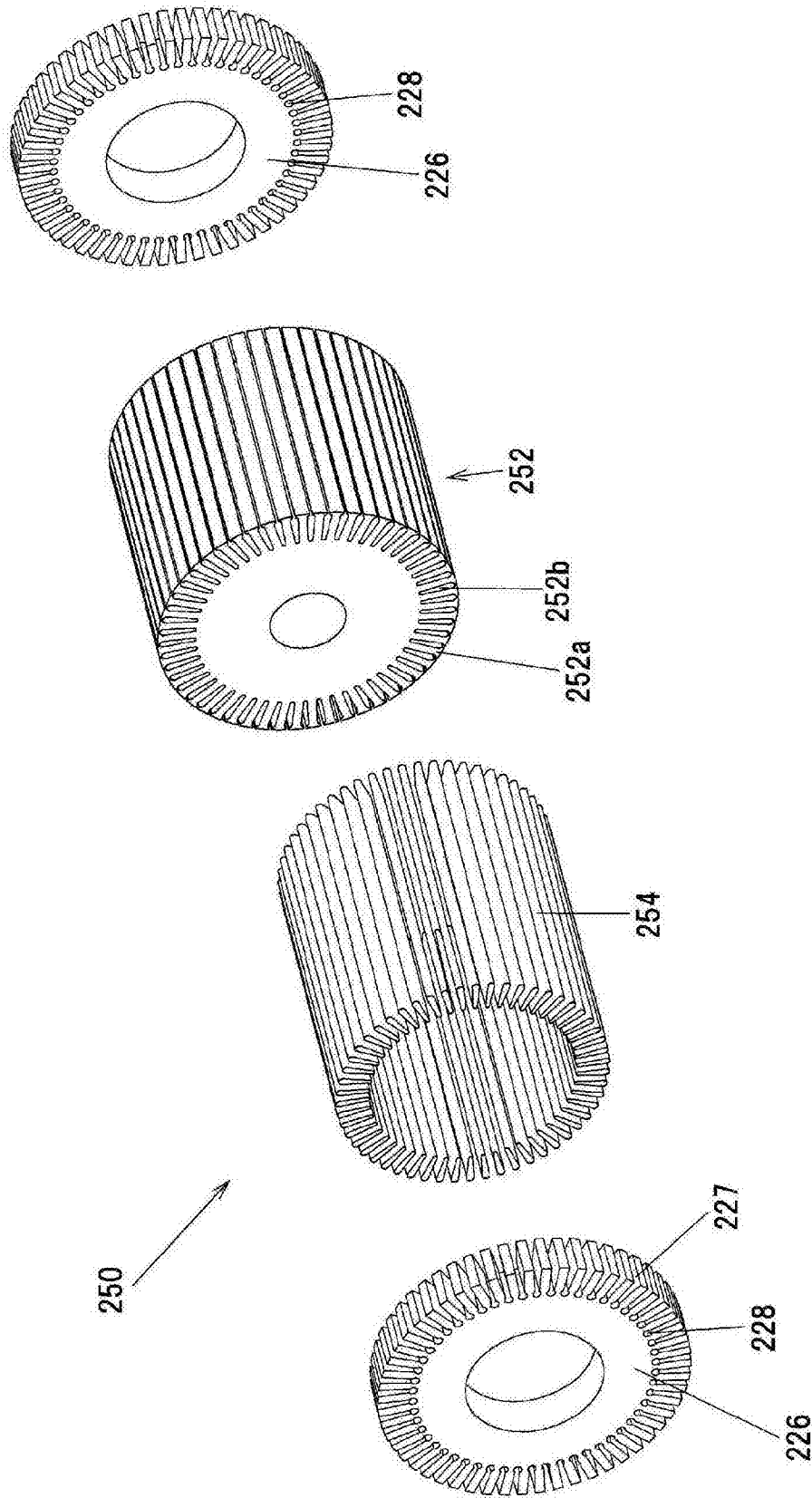


图5

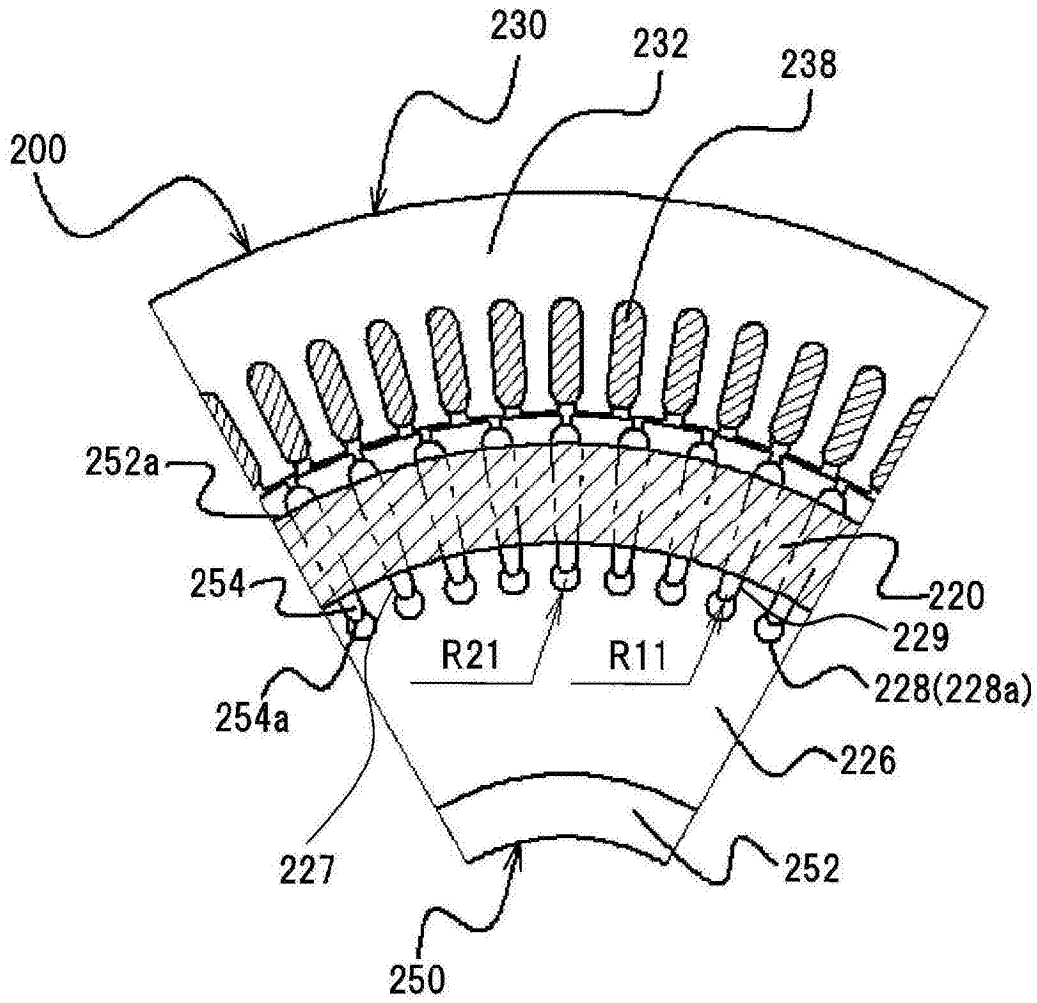


图6

名称	JIS 合金分类	回火 (热处理)	导电率		相对于 A1070的62% 导电率的比	屈服 强度	相对于 A1070的 30MPa屈服 强度的比	抗拉强度	相对于A1070 的70MPa 抗拉强度的比
			IACS%	%					
纯铝	A1050	0	61	98	35	1.2	80	1.1	
	A1060	0	61	98	30	1.0	70	1.0	
	A1070	0	62	100	30	1.0	70	1.0	
Al-Mg-Si系	A6101	T6	57	92	195	6.5	220	3.1	
	A6151	T6	45	73	300	10.0	330	4.7	
	A6063	T5	55	89	145	4.8	185	2.6	
		T6	53	85	215	7.2	240	3.4	
Al-Cu系	A2017 (硬铝)	T4	34	55	275	9.2	425	6.1	
	A2024 (超硬铝)	T4	30	48	325	10.8	470	6.7	
Al-Zn-Mg-Cu系	A7075 (特超硬铝)	T6	33	53	505	16.8	570	8.1	

图7