



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I525964 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：103118880

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 05 月 29 日

(51)Int. Cl. : H02K1/27 (2006.01)

H02K1/16 (2006.01)

H02K21/16 (2006.01)

(30)優先權：2013/08/14 日本

2013-168421

2014/04/21 日本

2014-087426

(71)申請人：山葉發動機股份有限公司(日本) YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA (JP)

日本

(72)發明人：小林孝幸 KOBAYASHI, TAKAYUKI (JP)；日野陽至 HINO, HARUYOSHI (JP)；

西川貴裕 NISHIKAWA, TAKAHIRO (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

DE 29712973U1

EP 1578000A2

US 5642013

審查人員：彭楹富

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：17 共 87 頁

(54)名稱

同步型驅動馬達及驅動單元

SYNCHRONOUS DRIVE MOTOR AND DRIVE UNIT

(57)摘要

本發明之目的在於提供一種以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化之同步型驅動馬達。

本發明之同步型驅動馬達包括：定子，其包含具備於周向空出槽而設置之複數個齒之定子芯及通過上述槽之繞組，且上述複數個齒之全部具有捲繞有上述繞組之部分；以及轉子，其包含：複數個永久磁鐵部，其等沿周向空出間隔而配置，且各者具有朝向上述定子芯之磁鐵面；背軛部，其設置於上述定子芯與上述磁鐵面對之方向上之與上述複數個永久磁鐵部之上述磁鐵面為相反側且支持上述複數個永久磁鐵部；及複數個輔助軛部，其等設置於上述背軛部，且位於上述間隔且與上述定子芯對向；且上述複數個齒具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

Provided is a synchronous drive motor that satisfies a high torque, a high output, and downsizing at a higher level. A synchronous drive motor includes: a stator including a stator core and windings, the stator core including a plurality of teeth that are spaced from each other by a slot formed therebetween with respect to a circumferential direction, the winding extending through the slot, each of the plurality of teeth including a portion wound with the winding; and a rotor including a plurality of permanent magnet parts, a back yoke part, and a plurality of auxiliary yoke parts, the plurality of permanent magnet parts being arranged at intervals in the circumferential direction, each of the plurality of permanent magnet parts having a magnet face facing the stator core, the back yoke part supporting the plurality of permanent magnet parts, the back

yoke part being provided opposite to the magnet faces of the plurality of permanent magnet parts with respect to a direction of opposing between the stator core and the magnet faces, the plurality of auxiliary yoke parts being provided to the back yoke part and arranged in the intervals, the plurality of auxiliary yoke parts being opposed to the stator core. Each of the plurality of teeth includes a distal end portion that is opposed to the magnet face. The distal end portion has a smaller circumferential width than the sum of a circumferential width of the magnet face and a circumferential width of a distal end surface of the auxiliary yoke part. The number of the magnet faces is more than the number of the teeth.

指定代表圖：

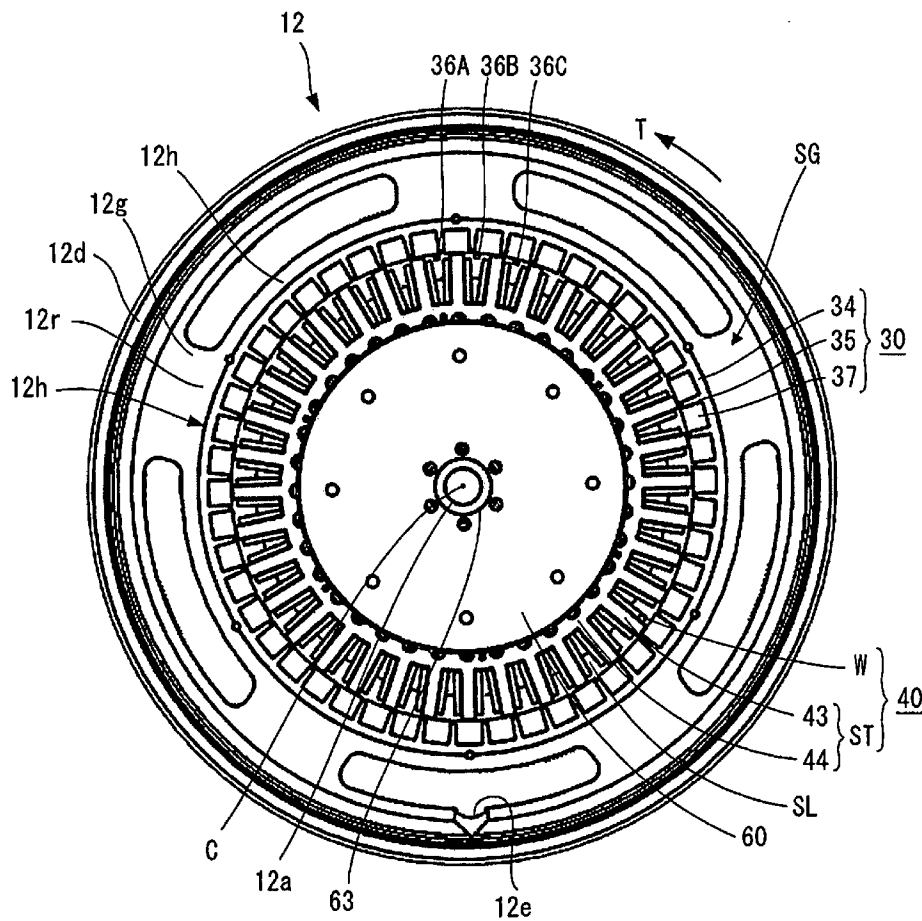
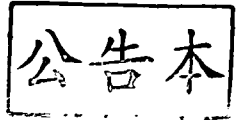


圖8

符號簡單說明：

- 12 . . . 車輪
- 12a . . . 中心軸
- 12d . . . 輪圈部
- 12e . . . 貫通孔
- 12h . . . 輪轂部
- 12g . . . 輪輻部
- 12r . . . 輪輻連接部
- 30 . . . 轉子
- 34 . . . 背軛部
- 35 . . . 輔助軛部
- 36A . . . 感測器
- 36B . . . 感測器
- 36C . . . 感測器
- 37 . . . 永久磁鐵部
- 40 . . . 定子
- 43 . . . 齒
- 44 . . . 基部
- 60 . . . 支持構件
- 63 . . . 內側圓筒部
- C . . . 旋轉軸線
- SG . . . 同步型驅動馬達
- SL . . . 槽
- ST . . . 定子芯
- T . . . 正轉方向
- W . . . 繞組

發明摘要



※ 申請案號：103118880

※ 申請日：103年5月29日

※IPC 分類：H02K 1/27 (2006.01)

H02K 1/16 (2006.01)

H02K 1/16 (2006.01)

【發明名稱】

同步型驅動馬達及驅動單元

SYNCHRONOUS DRIVE MOTOR AND DRIVE UNIT

【中文】

本發明之目的在於提供一種以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化之同步型驅動馬達。

本發明之同步型驅動馬達包括：定子，其包含具備於周向空出槽而設置之複數個齒之定子芯及通過上述槽之繞組，且上述複數個齒之全部具有捲繞有上述繞組之部分；以及轉子，其包含：複數個永久磁鐵部，其等沿周向空出間隔而配置，且各者具有朝向上述定子芯之磁鐵面；背軛部，其設置於上述定子芯與上述磁鐵面對之方向上之與上述複數個永久磁鐵部之上述磁鐵面為相反側且支持上述複數個永久磁鐵部；及複數個輔助軛部，其等設置於上述背軛部，且位於上述間隔且與上述定子芯對向；且上述複數個齒具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

【英文】

Provided is a synchronous drive motor that satisfies a high torque, a high output, and downsizing at a higher level. A synchronous drive motor includes: a stator including a stator core and windings, the stator core including a plurality of teeth that are spaced from each other by a slot formed therebetween with respect to a circumferential direction, the winding extending through the slot, each of the plurality of teeth including a portion wound with the winding; and a rotor including a plurality of permanent magnet parts, a back yoke part, and a plurality of auxiliary yoke parts, the plurality of permanent magnet parts being arranged at intervals in the circumferential direction, each of the plurality of permanent magnet parts having a magnet face facing the stator core, the back yoke part supporting the plurality of permanent magnet parts, the back yoke part being provided opposite to the magnet faces of the plurality of permanent magnet parts with respect to a direction of opposing between the stator core and the magnet faces, the plurality of auxiliary yoke parts being provided to the back yoke part and arranged in the intervals, the plurality of auxiliary yoke parts being opposed to the stator core. Each of the plurality of teeth includes a distal end portion that is opposed to the magnet face. The distal end portion has a smaller circumferential width than the sum of a circumferential width of the magnet face and a circumferential width of a distal end surface of the auxiliary yoke part. The number of the magnet faces is more than the number of the teeth.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（8）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

12	車輪
12a	中心軸
12d	輪圈部
12e	貫通孔
12h	輪轂部
12g	輪輻部
12r	輪輻連接部
30	轉子
34	背軛部
35	輔助軛部
36A	感測器
36B	感測器
36C	感測器
37	永久磁鐵部
40	定子
43	齒
44	基部
60	支持構件
63	內側圓筒部
C	旋轉軸線
SG	同步型驅動馬達
SL	槽
ST	定子芯

T 正轉方向

W 繞組

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

同步型驅動馬達及驅動單元

SYNCHRONOUS DRIVE MOTOR AND DRIVE UNIT

【技術領域】

本發明係關於一種同步型驅動馬達。

【先前技術】

驅動馬達對於高轉矩・高輸出・小尺寸均要求較高之水準。尤其係，驅動馬達通常搭載於驅動對象之機器，故存在尺寸之制約，其中如何能實現高轉矩・高輸出成為問題。

專利文獻1~3中表示了驅動壓縮機之馬達。專利文獻1~3中所示之馬達為了獲得較高之輸出，而採用磁鐵面數/齒數為2/3之構成。於磁鐵面數/齒數為2/3之馬達中，角速度 ω 較小，且阻抗較小。因此，磁鐵面數/齒數為2/3之馬達可接受較大之供給電流，故可提昇馬達之輸出。

又，於專利文獻1~3中，於馬達中所包括之齒之前端部，具有向周向突出之突出部。具有突出部之齒藉由將與磁鐵面對向之面積確保得較大，而接受更多之磁體之磁通。藉此可提昇驅動馬達之轉矩。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特開2007-074898號公報

[專利文獻2]日本專利特開平11-146584號公報

[專利文獻3]日本專利特開2004-135380號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

本發明之目的在於提供一種以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化之同步型驅動馬達。

[解決問題之技術手段]

為了解決上述問題，而本發明採用以下構成。

(1)一種同步型驅動馬達，

上述同步型驅動馬達包括：

定子，其包含具備於周向空出槽而設置之複數個齒之定子芯及通過上述槽之繞組，且上述複數個齒之全部具有捲繞有上述繞組之部分；以及

轉子；該轉子包含：複數個永久磁鐵部，其等沿周向空出間隔而配置，且各者具有朝向上述定子芯之磁鐵面；背軛部，其設置於上述定子芯與上述磁鐵面對之方向上之與上述複數個永久磁鐵部之上述磁鐵面為相反側且支持上述複數個永久磁鐵部；及複數個輔助軛部，其等設置於上述背軛部，且位於上述間隔且與上述定子芯對向；且

上述複數個齒具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

本發明者等人對於一面維持同步型驅動馬達之尺寸一面同時實現高輸出、高轉矩，進行了銳意研究。於該過程中，如下述(i)及(ii)所示，本發明者等人對於同步型驅動馬達進行了推翻業者所具有之2個常識之想法之轉換。

(i)自先前以來，使用磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 之同步型驅動馬達之理由在於：於磁鐵面數/齒數不同之各種同步型驅動馬達中，磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 之馬達具有最小之角速度 ω 。若角速度 ω 變小，則阻抗 Z 降

低，故可供給至同步型驅動馬達之電流增加。其結果，提昇同步型驅動馬達之輸出。輸出之提昇對同步型驅動馬達而言較佳。換言之，若使磁鐵面數/齒數大於 $2/3$ ，則角速度 ω 變大，故同步型驅動馬達之輸出降低。因此，認為：使磁鐵面數/齒數大於 $2/3$ 對同步型驅動馬達而言欠佳。然而，本發明者等人推翻上述常識，嘗試於同步型驅動馬達中使磁鐵面數/齒數大於 $2/3$ 。

(ii)自先前以來，於齒之前端部設置有向周向突出之突出部之理由係如下所述。具有突出部之齒可自磁鐵面集中較多之磁通，故有助於轉矩之提昇。又，藉由突出部之存在而齒之前端部與磁鐵面之對向面積增加，故永久磁鐵部之磁導係數提昇。藉此，例如，可藉由永久磁鐵部之薄型化而使同步型驅動馬達小型化。又，亦可提昇轉矩。因此，認為：於同步型驅動馬達中，較佳為使齒之突出部較大。然而，本發明者等人推翻上述常識，嘗試於同步型驅動馬達中試著使齒之突出部較小。

本發明者等人嘗試同時推翻將磁鐵面數/齒數設為 $2/3$ 之常識與使齒之突出部較大之常識之兩者。其結果，本發明者等人發現：藉由設置數量多於複數個齒之數量之磁鐵面，且使齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和，而可於例如相同尺寸之同步型驅動馬達中以較高之水準滿足高輸出·高轉矩。

(1)之同步型驅動馬達若與磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 之先前之同步型驅動馬達(以下，亦簡稱為先前之同步型驅動馬達)相比，則磁鐵面數較多。因此，(1)之同步型驅動馬達與具有與(1)之同步型驅動馬達相同之尺寸之先前之同步型驅動馬達相比，磁鐵面之周向寬度較小。進而，齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和。因此，若同步型驅動馬達中齒之前端部之周

向寬度變小，則作為相鄰之齒之前端部之周向間隔之齒間間隙變大。

通常，於前端部之周向寬度較小之情形時，前端部與磁鐵面所對向之面積變小，故自磁鐵面進入齒而與繞組交鏈之交鏈磁通變少。然而，於(1)之同步型驅動馬達中，磁鐵面之周向寬度較小，故即便使前端部之周向寬度較小，亦抑制前端部與磁鐵面所對向之面積之減少。因此，抑制伴隨齒之前端部之周向寬度變小之繞組之交鏈磁通之減少。又，因齒間間隙較大，故經由齒間間隙而洩漏之磁通變少。藉由漏磁通之減少，而可使例如自齒進入磁鐵面之定子磁通較多。因此，於(1)之同步型驅動馬達中，例如，可藉由一面抑制繞組之交鏈磁通之減少一面使定子磁通較多而提昇轉矩。

又，於(1)之同步型驅動馬達中，因於永久磁鐵部之間隔設置有複數個輔助軛部，故可利用輔助軛部與齒之間之吸引力獲得磁阻轉矩。(1)之同步型驅動馬達與具有與(1)之同步型驅動馬達相同之尺寸之先前之同步型驅動馬達相比，雖然具有較小之磁鐵但可藉由磁阻轉矩而提昇轉矩相當於設置有輔助軛部之程度。又，於(1)之同步型驅動馬達中，若與先前之同步型驅動馬達相比，則磁鐵面數較多，故輔助軛部之數量亦較多。因此，可獲得較高之磁阻轉矩。

此處，例如，於齒之前端部之周向寬度大於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和之情形時，於伴隨轉子之旋轉而電流流入繞組時，輔助軛與捲繞有該繞組之齒對向。即，成為輔助軛部某種程度被拉至齒之狀態。因此，磁阻轉矩較小。然而，於(1)之同步型驅動馬達中，齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和。因此，抑制電流流入繞組時之齒與輔助軛之對向。因此，若電流流動，則藉由將輔助軛部拉至齒之吸引力而產生較強之旋轉力。即，獲得較高之磁阻轉矩。

進而，於(1)之同步型驅動馬達中，因齒間間隙較大，故繞組之

設計自由度飛躍地提昇。因此，例如，亦可藉由增加繞組之匝數而提昇轉矩。

如此，根據(1)之同步型驅動馬達，例如，可藉由一面抑制繞組之交鏈磁通之減少一面使定子磁通較大、或利用較高之磁阻轉矩、或增加繞組之匝數而提昇轉矩。因此，於(1)之同步型驅動馬達中，與具有與(1)之同步型驅動馬達相同之尺寸之先前之同步型驅動馬達相比，可提昇轉矩。

又，於(1)之同步型驅動馬達中，如上所述，因齒間間隙變大，故電感 L 變小。因此，即便磁鐵面之數量變得多於齒之數量且角速度 ω 變大，亦可維持阻抗之交流成分 ωL ，故可確保供給至同步型驅動馬達之電流。如上所述，因轉矩提昇，故可藉由確保電流而提昇輸出。又，於(1)之同步型驅動馬達中，如上所述，因繞組之設計自由度提昇，故例如不使同步型驅動馬達之尺寸較大便可捲繞直徑較粗之線。藉此，可降低繞組之電阻 R ，故可藉由增大供給至繞組之電流而提昇轉矩及輸出之兩者。因此，於(1)之同步型驅動馬達中，與具有與(1)之同步型驅動馬達相同之尺寸之先前之同步型驅動馬達相比，可提昇輸出。再者，進一步提昇轉矩及輸出中之哪一者，例如可根據進一步增大繞組之直徑之粗度及匝數中之哪一者而進行調整。

如此，根據(1)之同步型驅動馬達，與具有與(1)之同步型驅動馬達相同之尺寸之先前之同步型驅動馬達相比，可提昇輸出及轉矩。

以上，對(1)之同步型驅動馬達與具有與(1)之同步型驅動馬達相同之尺寸之先前之同步型驅動馬達相比可提昇輸出及轉矩進行了說明。進而，根據(1)之同步型驅動馬達，與具有與(1)之同步型驅動馬達相同之輸出及轉矩之先前之同步型驅動馬達相比，亦可使尺寸小型化。

如此，根據(1)之同步型驅動馬達，可以較高之水準滿足高轉

矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(2)如(1)之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

根據(2)，進一步抑制電流流入繞組時之齒與輔助軛之對向。因此，若電流流動，則藉由將輔助軛部拉至齒之吸引力而產生更大之旋轉力。即，獲得較高之磁阻轉矩。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(3)如(1)之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

根據(3)，進一步抑制電流流入繞組時之齒與輔助軛之對向。根據(3)，於轉子旋轉時，產生前端部之一部分與輔助軛部對向之狀態、及前端部之哪一部分亦不與輔助軛部對向之狀態。藉由自前端部之哪一部分亦不與輔助軛部對向之狀態移行至前端部之一部分與輔助軛部對向之狀態時之吸引力而獲得更高之磁阻轉矩。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(4)如(1)至(3)中任一項之同步型驅動馬達，其中

相鄰之上述齒所具有之上述前端部之間之周向間隙大於上述前端部之周向寬度。

根據(4)，因繞組之設計之自由度進一步提昇，故可例如進一步增加繞組之匝數、或進一步捲繞直徑較粗之線。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(5)如(1)至(4)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述定子芯包括6個以上之齒，

上述6個以上之齒之各者具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

根據(5)，可一面充分地確保作為同步型驅動馬達整體之繞組之量(體積)一面抑制每1個齒之繞組之量(體積)之增加。因此，可一面抑制同步型驅動馬達之尺寸之增大，一面例如進一步增加繞組之匝數、或進一步捲繞直徑較粗之線。其結果，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(6)如(1)至(5)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和且小於上述齒之周向寬度最大之部分之周向寬度的周向寬度。

根據(6)之同步型驅動馬達，齒之前端部之周向寬度小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和。而且，齒之前端部之周向寬度小於齒之周向寬度最大之部分之周向寬度。因此，繞組之設計之自由度進一步提昇，故可例如進一步增加繞組之匝數、或進一步捲繞直徑較粗之線。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(7)如(1)至(6)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端部之周向寬度之和的周向寬度，且具有大於上述前端部之周向寬度之軸向厚度。

根據(7)，於例如將前端部之面積固定為一定之值之情形時，與軸向厚度為周向寬度以下之構成相比，可使周向寬度較小。因此，可確保更寬之齒間間隙。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(8)如(1)至(7)中任一項之同步型驅動馬達，其中

於沿上述同步型驅動馬達之旋轉軸線觀察上述前端部時，捲繞於上述齒之上述繞組之周向外緣位於較上述齒之上述前端部之周向外緣更外側。

根據(8)，與例如繞組之周向外緣位於齒之前端部之周向外緣以內之情形相比較，因捲繞於齒之繞組之數量較多，故轉矩增大。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(9)如(1)至(8)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向上之上述定子之外側，

上述齒具有與設置於徑向上之上述定子之外側之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

根據(9)，磁鐵面配置於徑向上之定子之外側，齒之前端部與設置於定子之外側之磁鐵面對向。因此，相鄰之齒之前端部之間隔與相鄰之齒之根部(與前端部相反之部分)之間隔相比相對地變寬。因此，進一步提昇繞組之配置之自由度。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(10)如(1)至(8)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向上之上述定子之內側，

上述齒具有與設置於徑向上之上述定子之內側之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

根據(10)，磁鐵面配置於徑向上之定子之內側，齒之前端部與設置於定子之內側之磁鐵面對向。因此，相鄰之齒之周向間隔係於徑向越

靠近前端部則變得越小。然而，根據(10)之構成，因前端部具有小於數量多於複數個齒之數量之磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度，而繞組之配置之自由度之增大之效果更高。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(11)如(1)至(8)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述轉子係以使上述磁鐵面相對於上述齒於上述轉子之旋轉軸線方向上對向之方式配置，

上述齒具有與上述磁鐵面於上述旋轉軸線方向上對向之前端部，且上述前端部具有小於數量設置得多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

(11)之同步型驅動馬達中之磁鐵面係相對於齒於轉子之旋轉軸線方向上對向而配置。因此，齒沿旋轉軸線方向延伸。因此，繞組之配置之自由度較高。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(12)如(1)至(11)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由稀土類磁鐵所形成，

上述齒具有與由上述稀土類磁鐵所形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

稀土類磁鐵因具有較高之磁特性而以具有較小之厚度之形狀被使用。根據(12)，磁鐵面之數量多於齒之數量，故於將同步型驅動馬達之尺寸設為相同之條件之情形時，磁鐵面之周向寬度較小。因此，相對於較小之厚度之磁鐵而獲得之磁導係數增加之效果較高。因此，

可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(13)如(1)至(11)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由鐵氧體磁鐵所形成，

上述齒具有與由上述鐵氧體磁鐵形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

鐵氧體磁鐵之磁特性低於稀土類磁鐵。因此，由鐵氧體磁鐵所形成之永久磁鐵部於產生與稀土類磁鐵相同程度之磁通之情形時，具有較稀土類磁鐵更大之厚度。根據(13)，磁鐵面之數量多於齒之數量，故於將同步型驅動馬達之尺寸設為相同之條件之情形時，磁鐵面之周向寬度較小。因此，藉由鐵氧體磁鐵之厚度、及磁鐵面之較小之周向寬度之兩者而磁導係數提昇。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

(14)一種驅動單元，其包括：

如(1)至(13)中任一項之同步型驅動馬達；及

控制裝置，其對上述繞組供給包含d軸電流成分之驅動電流。

根據(14)，磁鐵面之數量多於複數個齒之數量，故與磁鐵面之數量少於複數個齒之數量之情形相比，角速度 ω 較大。因此，於藉由齒之前端部小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和而實現輸出之提昇之構成中，即便電感減少亦維持阻抗。因此，將藉由阻抗與d軸電流之積而生成抵消電動勢之電壓之情形時之d軸電流成分抑制得較低。因此，即便於高速旋轉速度區域中，亦可以較高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

[發明之效果]

根據本發明，可提供一種以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化之同步型驅動馬達。

【圖式簡單說明】

圖1(a)係表示磁鐵面數/齒數為2/3，且齒之前端部之周向寬度較大之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通之例的圖。(b)係表示磁鐵面數/齒數為2/3，且齒之前端部之周向寬度較小之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通之例的圖。(c)係表示具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度較大之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通之例的圖。(d)係表示具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度較小之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通之例的圖。

圖2(a)係表示齒間間隙與交鏈磁通之關係之圖表。(b)係表示齒間間隙與齒間之漏磁通之關係之圖表。

圖3(a)係表示齒間間隙與轉矩之關係之圖表。(b)係表示齒間間隙與電感之關係之圖表。

圖4(a)係表示於磁鐵之間隔配置有輔助軛部之同步型驅動馬達之磁通的圖。(b)係表示於磁鐵之間隔未配置輔助軛部之同步型驅動馬達之磁通的圖。(c)係表示(a)及(b)所示之同步型驅動馬達之轉矩之圖表。

圖5(a)係表示同步型驅動馬達之轉矩之詳細情況之圖表。(b)係表示供給至同步型驅動馬達之電流之圖表。

圖6(a)係表示轉子之相位(旋轉角度)以電角度計為 0° 之狀態之磁通。(b)係表示轉子以電角度計繞順時針旋轉 30° 之狀態之磁通。

圖7(a)係表示轉子之相位(旋轉角度)以電角度計為 0° 之狀態之磁通。(b)係表示轉子以電角度計繞順時針旋轉 30° 之狀態之磁通。

圖8係模式性地表示包括本發明之第一實施形態之同步型驅動馬達之車輪之概略構成的剖面圖。

圖9係模式性地表示車輪之剖面圖。

圖10(a)係模式性地表示轉子及定子之一例之放大剖面圖。(b)係

將永久磁鐵部及其附近放大所得之放大剖面圖。

圖11係模式性地表示自轉子於徑向觀察圖10(a)所示之齒所得之配置之放大圖。

圖12係說明圖10(a)所示之齒、繞組、永久磁鐵部、及輔助軛部之動作之圖。

圖13(a)係表示本實施形態之同步型驅動馬達之電氣特性之向量圖。(b)係表示先前之同步型驅動馬達之電氣特性之向量圖。(c)係表示比較例之同步型驅動馬達之電氣特性之向量圖。

圖14(a)~(c)之各者係模式性地表示繞組之連接例之圖。

圖15(a)~(c)之各者係模式性地表示繞組之連接例之圖。

圖16係表示第二實施形態之同步型驅動馬達之例之局部放大圖。

圖17(a)~(d)係表示本發明之輔助軛部之實施形態之局部放大剖面圖。

【實施方式】

如上所述，本發明者等人對於一面維持同步型驅動馬達之尺寸一面同時實現高輸出、高轉矩進行了銳意研究。對於其內容，使用圖式進行說明。

於先前之同步型驅動馬達之設計中，通常認為增大齒之前端部之周向寬度為佳。又，認為將磁鐵面數/齒數設為 $2/3$ 亦較佳。該等事項先前係同步型驅動馬達之設計中之常識。

圖1(a)係表示此種先前之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通的圖。於圖1(a)之同步型驅動馬達中，磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 。又，齒之前端部之周向寬度相對較大。

於圖1(a)所示之先前之同步型驅動馬達中，齒之前端部之周向寬度較大，故磁通自磁鐵面較寬之區域以較高之效率集中。因此，集中

較多之磁通而與繞組交鏈。以下，將自磁鐵集中而與繞組交鏈之交鏈磁通簡稱為交鏈磁通。

先前減小齒之前端部之周向寬度之做法違背上述常識，故認為欠佳。

圖1(b)係表示齒之前端部之周向寬度較小之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通的圖。圖1(b)所示之同步型驅動馬達之尺寸係與圖1(a)所示之同步型驅動馬達相同。於圖1(b)所示之同步型驅動馬達中，與圖1(a)所示之同步型驅動馬達同樣地，磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 。然而，圖1(b)所示之同步型驅動馬達中之齒之前端部之周向寬度與圖1(a)所示之同步型驅動馬達不同，相對較小。

於圖1(b)所示之同步型驅動馬達中，齒自磁鐵面集中之交鏈磁通較少。即，齒之前端部之周向寬度較小，故前端部與磁鐵面所對向之面積較少。其結果，交鏈磁通減少。如此，於齒之前端部之周向寬度較小之同步型驅動馬達中，交鏈磁通減少。

又，先前，使磁鐵面數/齒數大於 $2/3$ 亦違背上述常識，故認為欠佳。

圖1(c)係表示磁鐵面數/齒數為 $4/3$ 之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通之例的圖。圖1(c)所示之同步型驅動馬達之尺寸係與圖1(a)所示之同步型驅動馬達相同。圖1(c)所示之同步型驅動馬達中之齒之前端部之周向寬度係與圖1(a)所示之同步型驅動馬達中之齒之前端部之周向寬度相同。

於圖1(c)所示之同步型驅動馬達中，齒之前端部之周向寬度相對較大，故相鄰之齒之前端部之間隔較小。因此，自磁鐵進入齒之前端部之磁通之一部分經由前端部而洩漏至鄰接之磁鐵。

如圖1(b)、(c)所示，於使齒之前端部之周向寬度較小、或使磁鐵面數/齒數大於 $2/3$ 之情形時，無法獲得良好之結果。圖1(a)~(c)係表

示如上述2個常識之結果。

如上所述，本發明者等人嘗試同時推翻將磁鐵面數/齒數設為 $2/3$ 之常識與使齒之突出部較大之常識之兩者。將其結果示於圖1(d)中。

圖1(d)係表示磁鐵面數/齒數為 $4/3$ 且齒之前端部之周向寬度較小之同步型驅動馬達之磁鐵之磁通之例的圖。圖1(d)所示之同步型驅動馬達之尺寸係與圖1(a)所示之同步型驅動馬達相同。圖1(d)所示之同步型驅動馬達中之齒之前端部之周向寬度係與圖1(b)所示之同步型驅動馬達中之齒之前端部之周向寬度相同。

圖1(d)所示之同步型驅動馬達中之磁鐵面之周向寬度小於圖1(a)、(b)所示之同步型驅動馬達中之磁鐵面之周向寬度。而且，於圖1(d)所示之同步型驅動馬達中，齒之前端部之周向寬度較小，但磁鐵面之周向寬度亦較小，故抑制齒之前端部與磁鐵面所對向之面積之減少。因此，於圖1(d)所示之同步型驅動馬達中，抑制伴隨齒之前端部之周向寬度變小之交鏈磁通之減少。

於圖1(d)所示之同步型驅動馬達中，齒之前端部之周向寬度較小，故與圖1(c)不同，抑制進入齒之前端部之磁通之一部分經由前端部而洩漏至鄰接之磁鐵之事態之產生。其結果，於圖1(d)所示之同步型驅動馬達中，抑制交鏈磁通之減少。

如此，於圖1(d)所示之同步型驅動馬達中，抑制伴隨齒之前端部之周向寬度變小之交鏈磁通之減少，並且藉由逃逸至鄰接之齒之前端部之磁通變小而亦抑制交鏈磁通之減少。即，於圖1(d)所示之同步型驅動馬達中，雖然同時推翻上述2個常識，但抑制交鏈磁通之減少。對於該關係，使用圖式進行說明。

圖2(a)係表示交鏈磁通相對於齒間間隙之變化之圖表。

圖2(a)係表示具有相同之尺寸之2個同步型驅動馬達之交鏈磁通FL1、FL2。交鏈磁通FL1係具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動

馬達之交鏈磁通。具體而言，交鏈磁通FL1係磁鐵面數/齒數為4/3之同步型驅動馬達之交鏈磁通。又，交鏈磁通FL2係磁鐵面數/齒數為2/3之同步型驅動馬達之交鏈磁通。

於圖2(a)中，圖表之橫軸表示齒間間隙。齒間間隙越大，則齒之前端部之周向寬度越小。又，於圖2(a)中，圖表之縱軸表示交鏈磁通。交鏈磁通係作為例如交鏈磁通之時間微分即感應電壓而被測定。以下，將圖2(a)中對應於表示交鏈磁通FL1、FL2之曲線之左端之齒間間隙稱為最小間隙。

又，圖2(a)係表示每1個齒之交鏈磁通。

磁鐵面數較多之同步型驅動馬達相較於磁鐵面數較少之同步型驅動馬達，磁鐵面之面積較小。因此，磁鐵面數較多之同步型驅動馬達相較於磁鐵面數較少之同步型驅動馬達，每1個齒之交鏈磁通較少。因此，假如圖2(a)之圖表之縱軸表示交鏈磁通之變化量之絕對值，則交鏈磁通FL1變得少於交鏈磁通FL2。然而，於圖2(a)中，將2個同步型驅動馬達之齒間間隙為最少間隙之情形時之交鏈磁通設為100%，相對地表示交鏈磁通FL1、FL2。即，圖2(a)係表示以可相互對比之方式經換算之交鏈磁通FL1、FL2。因此，圖2(a)所示之交鏈磁通FL1、FL2之變化可不考慮2個同步型驅動馬達中之磁鐵面數及磁鐵面之面積之差異而進行對比。再者，若考慮同步型驅動馬達之1旋轉之平均轉矩，則平均轉矩與磁鐵面之數成比例。因此，可解釋為2個同步型驅動馬達中之所有齒之交鏈磁通之關係亦與圖2(a)所示之關係相同。

如圖2(a)所示，隨著齒之前端部之周向寬度減少且齒間間隙增大，而交鏈磁通FL1、FL2減少。其原因在於：如圖1(a)～圖1(d)所示，齒之前端部與磁鐵面所對向之面積變小。然而，具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達之交鏈磁通FL1之減少量少於磁鐵面數/

齒數為 $2/3$ 之同步型驅動馬達之交鏈磁通 FL_2 之減少量。即，表示雖然同時推翻了上述2個常識但抑制交鏈磁通之減少。

圖2(b)係表示齒間之漏磁通相對於齒間間隙之變化之圖表。

齒間之漏磁通係例如由下述圖10(a)所示之定子40之繞組W產生之磁通中之通過齒間間隙 d 而流向鄰接之齒43的磁通。若齒間之漏磁通較大，則定子磁通較小。流向鄰接之齒43之磁通無助於轉矩之產生。再者，漏磁通之大小大大依存於定子之形狀。於2個同步型驅動馬達中，磁鐵面數不同，但同步型驅動馬達之尺寸相同，故定子之形狀相同。因此，於圖2(b)所示之例中，具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達中之齒間之漏磁通與磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 之同步型驅動馬達中之齒間之漏磁通相同。即，圖2(b)所示之齒間之漏磁通係該等2個同步型驅動馬達中之齒間之漏磁通。

如圖2(b)所示，若齒之前端部之周向寬度較小且齒間間隙較大，則齒間之漏磁通較少。其原因在於：若齒間間隙較大，則齒間間隙之磁電阻較大。藉由齒間之漏磁通變小，而定子磁通變大。

圖1(a)~(d)及圖2(a)、(b)係對於上述2個同步型驅動馬達之交鏈磁通及齒間之漏磁通，表示下述(A)、(B)之關係。

(A)於2個同步型驅動馬達之兩者中，隨著齒間間隙變寬，而交鏈磁通減少。然而，具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達之交鏈磁通 FL_1 之減少較磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 之同步型驅動馬達之交鏈磁通 FL_2 之減少進一步得到抑制。

(B)於2個同步型驅動馬達之兩者中，隨著齒間間隙變寬，而齒間之漏磁通減少。2個同步型驅動馬達中之齒間之漏磁通之減少之程度相同或實質上相同。

本發明者等人根據上述(A)、(B)之關係，發現：於上述2個同步型驅動馬達中，轉矩相對於齒間間隙之變化產生差異。其次，對於上

述2個同步型驅動馬達之轉矩相對於齒間間隙之變化之差異，使用圖式進行說明。

圖3(a)係表示轉矩相對於齒間間隙之變化之圖表。

圖3(a)中表示具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達之轉矩TQ1、及磁鐵面數/齒數為2/3之同步型驅動馬達之轉矩TQ2。表示磁鐵面數/齒數為4/3之同步型驅動馬達作為具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達之例。

轉矩與磁鐵面數×交鏈磁通×定子磁通成比例。如圖2(a)所示，於具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達中，即便齒之前端部之周向寬度減少且齒間間隙增大，亦抑制交鏈磁通FL1之減少。

因此，如圖3(a)所示，隨著齒間間隙之增大，而磁鐵面數/齒數為2/3之同步型驅動馬達之轉矩TQ2急遽地減少，相對於此，具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達之轉矩TQ1暫且增大。轉矩TQ1暫且增大之後減少。然而，與磁鐵面數/齒數為2/3之同步型驅動馬達之轉矩TQ2相比，抑制轉矩TQ1之減少。即，於具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達中，即便減少齒之前端部之周向寬度，與磁鐵面數/齒數為2/3之同步型驅動馬達之情形相比，亦抑制轉矩之減少。又，於具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達中，於減少齒之前端部之周向寬度而增大齒間間隙之情形時，產生獲得轉矩大於最小間隙之轉矩之區域。於具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達中，例如，可藉由一面抑制交鏈磁通之減少一面使定子磁通較多而獲得較高之轉矩。

進而，本發明者等人研究了：於具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度較小之同步型驅動馬達中，於在周向相鄰之磁鐵之間隔配置輔助軛部。

若於相鄰之磁鐵之間隔配置輔助軛部，則藉由輔助軛部與齒之

間之吸引力而可產生磁阻轉矩。然而，若一面維持同步型驅動馬達之尺寸一面於相鄰之磁鐵之間隔配置輔助軛部，則磁鐵之體積及磁鐵面變小，故認為交鏈磁通變少。

如上所述，雖然於先前之同步型驅動馬達之設計中認為磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 較佳，但本發明者等人嘗試了推翻先前之常識而使磁鐵面多於齒之數量。其結果，每1個磁極之磁鐵之體積及磁鐵面之面積變小。於該狀況下，本發明者等人嘗試了於相鄰之磁鐵之間配置輔助軛部。

若於相鄰之磁鐵之間配置輔助軛部，則每1個磁極之磁鐵之體積及磁鐵面之面積進一步變小。於先前之同步型驅動馬達之設計思想中，於使用同種磁鐵之狀況下，認為每1個磁極之磁鐵之體積及磁鐵面之面積減少欠佳。儘管如此，本發明者等人嘗試了於磁鐵面多於齒之數量之同步型驅動馬達進一步設置輔助軛部。

本發明者等人所嘗試之設計與先前之同步型驅動馬達之設計思想相反。

圖4(a)係表示於磁鐵之間隔配置有輔助軛部之同步型驅動馬達之磁通的圖。圖4(b)係表示於磁鐵之間隔未配置輔助軛部之同步型驅動馬達之磁通的圖。又，圖4(c)係表示圖4(a)及圖4(b)所示之同步型驅動馬達之轉矩之圖表。

於圖4(a)及圖4(b)中，磁通之表示形式、及所表示之磁通中亦包含基於繞組之電流之磁通與圖1(a)~圖1(d)不同。又，於圖4(a)及圖4(b)所示之同步型驅動馬達中，齒之寬度窄於圖1(d)所示之上述同步型驅動馬達。然而，於圖4(a)及圖4(b)所示之同步型驅動馬達中，齒之前端部之周向寬度小於相當於磁極面之周向寬度之磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度的和。又，於圖4(a)及圖4(b)所示之同步型驅動馬達中，磁鐵面數/齒數為 $4/3$ 。該等與圖1(d)所示之同

步型驅動馬達相同。

圖4(c)之圖表之橫軸表示轉子之旋轉之相位(旋轉角度)。相位為電角度。圖4(c)中表示圖4(a)所示之同步型驅動馬達之轉矩TQ21、及圖4(b)所示之同步型驅動馬達之轉矩TQ22。

圖4(a)所示之同步型驅動馬達具有輔助軛部。因此，於圖4(a)所示之同步型驅動馬達中，磁鐵之周向寬度與圖4(b)所示之同步型驅動馬達之情形相比較小，自磁鐵產生之磁通較少。然而，如圖4(c)所示，圖4(a)所示之同步型驅動馬達之轉矩TQ21大於圖4(b)所示之同步型驅動馬達之轉矩TQ22。此係表示於圖4(a)所示之同步型驅動馬達中，因輔助軛部而獲得之轉矩之量超過因磁鐵較小而產生之轉矩之減少量。

如此，於具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達中，藉由於相鄰之磁鐵之間隔配置輔助軛部而可提昇轉矩。

圖5(a)係表示同步型驅動馬達之轉矩之詳細情況之一例的圖表。

圖5(b)係表示供給至同步型驅動馬達之電流之圖表。

圖5(a)及圖5(b)之橫軸係與之前表示之圖4(c)之圖表相同，為轉子之旋轉之相位(旋轉角度)。於轉子以電角度計旋轉 360° 期間，如圖5(b)所示，供給至繞組之電流 I_u 、 I_v 、 I_w 產生變化。與電流 I_u 、 I_v 、 I_w 產生變化之週期同步地，圖5(a)所示之轉矩產生變化。

圖5(a)中表示同步型驅動馬達之轉矩TQ31、因磁鐵而產生之轉矩TQ32、及因輔助軛部而產生之轉矩TQ33。同步型驅動馬達之轉矩TQ31與圖4(c)之轉矩TQ21相同。因磁鐵而產生之轉矩TQ32係藉由自圖4(a)所示之同步型驅動馬達之磁鐵之間隔中去除輔助軛部所得之構成而獲得的轉矩。於該構成中，於去除了輔助軛部之區域、即相鄰之

磁鐵之間存在空隙。因輔助軛部而產生之轉矩TQ33係藉由自圖4(a)所示之同步型驅動馬達中去除磁鐵所得之構成而獲得之轉矩。於去除了磁鐵之區域存在空隙。轉矩TQ33對應於磁阻轉矩。此處，對因輔助軛部而產生之轉矩TQ33之詳細情況進行說明。

圖6(a)及圖6(b)係表示去除磁鐵之情形時之同步型驅動馬達之磁通的圖。若設為圖6(a)所示之狀態下之轉子之相位(旋轉角度)以電角度計為 0° ，則圖6(b)表示轉子以電角度計繞順時針旋轉 30° 之狀態。

圖5(b)所示之電流 I_u 、 I_v 、 I_w 與轉子之相位(旋轉角度)相應地，分別流至對應之齒之繞組。於圖6(a)及圖6(b)中，以箭頭表示電流流動之繞組。例如，如圖6(a)所示，於轉子之相位(旋轉角度)以電角度計為 0° 之情形時，電流 I_v 、 I_w 流至對應之齒之繞組。

若自圖6(a)之狀態，轉子以電角度計旋轉 30° 而成為圖6(b)之狀態，則切換電流之狀態，電流 I_u 、 I_v 流至對應之齒之繞組。此時，較電流 I_u 流動之齒更位於旋轉方向近前之輔助軛部被吸引至電流 I_u 流動之齒。該結果，如圖5(a)所示，於電角度 30° 之位置，因輔助軛部而產生之轉矩TQ33大幅地增大。於圖6(a)之狀態下，電流 I_w 流動之齒之前端部與輔助軛部對向。

圖5(a)所示之同步型驅動馬達之轉矩TQ31高於因磁鐵而產生之轉矩TQ32相當於因輔助軛部而產生之轉矩TQ33之增大程度。例如，於電角度 30° 之位置，同步型驅動馬達之轉矩TQ31配合因輔助軛部而產生之轉矩TQ33之大幅之增大而增大。即，與較大之磁阻轉矩之振幅相應地，同步型驅動馬達之轉矩TQ31變大。再者，同步型驅動馬達之轉矩TQ31於因輔助軛部而產生之轉矩TQ33為負值時，大大低於因磁鐵而產生之轉矩TQ32。即，轉矩TQ33之振幅有助於轉矩TQ31自轉矩TQ32之增大。該理由係被認為如下所述。於齒之前端部與輔助軛部對向時，於齒之繞組產生之磁通除輔助軛部以外，亦流向與該輔助

軛部相鄰之2個磁鐵。藉由來自齒之磁通壓倒來自2個磁鐵中之一者之磁通而產生斥力。又，於齒及2個磁鐵中之另一者產生吸引力。藉由斥力及吸引力而產生磁體轉矩。若輔助軛部之前端部與齒對向，則自繞組觀察到之磁電阻減少，故藉由向繞組之電流供給而自齒流至輔助軛部之磁通增大。隨之，自齒朝向與輔助軛部相鄰之2個磁鐵之磁通亦增大。因此，上述吸引力及斥力變強，其結果，基於上述斥力及吸引力之磁體轉矩增大。再者，圖5(a)所示之因磁鐵而產生之轉矩TQ32係藉由去除輔助軛部所得之構成而獲得之轉矩，故不包含因輔助軛部而產生之磁體轉矩之增大。因此種理由，而認為對應於磁阻轉矩之轉矩TQ33之振幅有助於轉矩TQ31自轉矩TQ32之增大。

如此，於具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達中，可藉由輔助軛部並利用磁阻轉矩提昇轉矩。

此處，本發明者等人亦對於齒之前端部之周向寬度大於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達之轉矩進行了研究。

圖7(a)及圖7(b)係表示齒之前端部之周向寬度大於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達之磁通之圖。若設為圖7(a)所示之轉子之相位(旋轉角度)以電角度計為 0° ，則圖7(b)表示轉子以電角度計繞順時針旋轉 30° 之狀態。圖7(a)及圖7(b)係與圖6(a)及圖6(b)所示之同步型驅動馬達同樣地，表示去除磁鐵所得之構成。

圖7(a)及圖7(b)所示之齒之前端部之周向寬度大於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和。因此，於電流流入繞組時，輔助軛與捲繞有該繞組之齒對向。即，成為輔助軛部某種程度被拉至齒之狀態。例如，於圖7(b)所示之轉子位於以電角度計為 30° 之

位置時，與圖6(b)之情形不同，輔助軛部與對應於電流 I_u 之齒之前端部完全對向。因此，於 I_u 流動時，基於將輔助軛部吸引至齒之吸引力之旋轉力較小。即，磁阻轉矩較小。圖5(a)中表示於圖7(a)及圖7(b)所示之情形時、即齒之前端部之周向寬度大於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和之情形時之因輔助軛部而產生之轉矩TQ34。圖5(a)所示之轉矩TQ34之振幅與轉矩TQ33相比較小。即，若齒之前端部之周向寬度大於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和，則磁阻轉矩較小。

相對於此，於齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達中，於電流 I_u 流入繞組時，輔助軛不與捲繞有該繞組之齒對向。即，輔助軛位於自齒之前端部於周向離開之位置。因此，若電流 I_u 流動，則藉由將齒吸引至輔助軛部之吸引力而產生較大之旋轉力。因此，如圖5(a)所示之轉矩TQ33般獲得較高之磁阻轉矩。

如此，於具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達中，可藉由輔助軛部而獲得較高之磁阻轉矩。

進而，具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達因齒間間隙較大，故繞組之設計自由度飛躍地提昇。例如，於製造步驟中，線或製造裝置之一部分通過齒間間隙。例如，如下述圖10(a)所示，若齒間間隙較大，則將繞組捲繞於齒之技法及製造裝置之種類之選擇之自由度較高。又，因齒之前端部43c較小而可利用較大之槽SL增加繞組W之匝數。又，例如，於製造圖10(a)所示之定子40時，若將齒43插入至不捲繞於齒43而形成之繞組W，則可縮小相鄰之繞組W之間隔。藉此，可增加繞組之匝數。若齒之前端部之周向

寬度越小且齒間間隙越大，則繞組之設計自由度提昇。因此，於具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達中，可藉由增加繞組之匝數而提昇轉矩。

如此，根據於磁鐵之間隔配置有輔助軛部，且具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達，可一面利用磁阻轉矩，一面例如抑制交鏈磁通之減少並且可使定子磁通較大、或增加繞組之匝數，藉此可提昇轉矩。如此，本發明者等人發現：藉由同時推翻上述2個常識，並且組合與先前之同步型驅動馬達之設計思想相反之設計，而可提昇同步型驅動馬達之轉矩。

接著，對繞組之阻抗進行說明。

圖3(b)係表示電感相對於齒間間隙之變化之圖表。

如圖3(b)所示，若齒之前端部之周向寬度較小且齒間間隙較大，則電感較小。其原因在於：於繞組產生之磁通之磁路包含齒間間隙，而且，若齒間間隙較大，則於齒間間隙之磁電阻較大，故磁路整體之磁電阻較大。

供給至同步型驅動馬達之繞組之電流依存於繞組之阻抗。阻抗之交流成分為角速度 ω 與電感 L 之積 ωL 。此處，具有多於齒之數量之磁鐵面之同步型驅動馬達之角速度 ω 大於磁鐵面數/齒數為2/3之同步型驅動馬達。然而，如圖3(b)所示，若齒之前端部之周向寬度較小，且齒間間隙較大，則電感 L 較小。因此，即便磁鐵面之數量變得多於齒之數量且角速度 ω 變大，亦可維持阻抗之交流成分 ωL 。即，可抑制伴隨角速度 ω 之增加之阻抗之交流成分 ωL 之增加。其結果，可確保供給至同步型驅動馬達之電流。

進而，於磁鐵之間隔配置有輔助軛部，且具有多於齒之數量之

磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達中，因齒間間隙較大，故繞組之設計自由度飛躍地提昇。此處，例如，於製造步驟中，於使線及繞組裝置之一部分通過齒間間隙之情形時，可使用直徑較粗之線。又，例如，因齒之前端部43c較小而可利用較大之槽且使用直徑較粗之線。又，例如，於製造定子40時，可將齒43插入至不捲繞於齒43而形成之繞組W之中。於該情形時，可縮小相鄰之繞組W之間隔，故可使用直徑較粗之線。藉此，可降低繞組之電阻R，故可藉由增大供給至繞組之電流而提昇轉矩及輸出之兩者。

如此，於磁鐵之間隔配置有輔助軛部，且具有多於齒之數量之磁鐵面，且齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度與輔助軛部之前端面之周向寬度之和的同步型驅動馬達與具有相同之尺寸之先前之同步型驅動馬達相比，可提昇輸出及轉矩。再者，進一步提昇轉矩及輸出中之哪一者，可根據進一步增大例如繞組之直徑之粗度及匝數中之哪一者而進行調整。

如此，本發明者等人發現藉由同時推翻上述2個常識，而可於同步型驅動馬達中，以較高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化，從而完成本發明。

以下，基於較佳之實施形態，一面參照圖式一面對本發明進行說明。於本實施形態中，說明驅動車輛之車輪之同步型驅動馬達作為本發明之同步型驅動馬達之一例。

圖8係模式性地表示包括本發明之第一實施形態之同步型驅動馬達SG之車輪12之概略構成的剖面圖。又，圖9係模式性地表示車輪12之剖面圖。

圖8所示之車輪12包含於車輛(未圖示)。車輛為例如跨坐型電動車輛。跨坐型電動車輛為電動之跨坐型車輛，作為跨坐型車輛，例如

可列舉二輪車、三輪車、全地形車輛(ALL-TERRAIN VEHICLE)等。

車輪12包括中心軸12a。圖8所示之中心軸12a之中心為車輪12之旋轉軸線C。旋轉軸線C為中心軸12a之長度方向之中心線。中心軸12a支持於車輛之車體(未圖示)。於中心軸12a，經由軸承12p而可旋轉地支持外殼12b(參照圖9)。再者，於圖8中未表示外殼12b。外殼12b於車輪12之軸線方向觀察，具有圓形狀。於外殼12b之外周部之內側，安裝有輪轂部12h。輪轂部12h具有圓筒形狀，且具有於車輪12之軸線方向上貫通之開口。換言之，外殼12b覆蓋圓筒形狀之輪轂部12h之開口。於車輪12之徑向，於較輪轂部12h更內側安裝有同步型驅動馬達SG。換言之，於輪轂部12h內設置有同步型驅動馬達SG。對於同步型驅動馬達SG，於下文進行敘述。再者，於本實施形態中，中心軸12a不旋轉，但外殼12b及輪轂部12h一同旋轉。同步型驅動馬達SG之旋轉軸線C與車輪12之旋轉軸線C相同。又，本實施形態中之同步型驅動馬達SG之軸向X、徑向Y、及周向分別與車輪12之軸向X、徑向Y、及周向相同。

於車輪12之徑向，於輪轂部12h之外周側存在輪圈部12d。輪圈部12d於車輪12之軸線方向觀察，具有圓環形狀。輪圈部12d之直徑大於輪轂部12h之直徑。輪轂部12h與輪圈部12d係以輪輻部12g連接。輪轂部12h、輪圈部12d及輪輻部12g係作為一體成形之非磁性體，於本實施形態中，為鋁製構件。再者，輪轂部12h、輪圈部12d及輪輻部12g為非磁性體即可，並不限定於鋁製構件，例如，既可為鎂製構件，亦可為強化樹脂製構件。輪轂部12h、輪圈部12d及輪輻部12g之成形方法並無特別限定，例如，可藉由低壓鑄造等鑄造或鍛造等而將輪轂部12h、輪圈部12d及輪輻部12g作為一體而成形。再者，輪轂部12h、輪圈部12d及輪輻部12g相互為不同體，亦可組裝輪轂部12h、輪圈部12d及輪輻部12g。於車輪12之徑向，於輪圈部12d之外周側安裝

有輪胎(未圖示)。輪圈部12d支持輪胎。輪圈部12d於車輪12之徑向形成有貫通輪圈部12d之貫通孔12e。輪胎之閥(未圖示)經由貫通孔12e而自輪圈部12d之外周側向內周側突出。於本實施形態之車輪12中，活用存在於車輪12之徑向內側之無效空間。

本實施形態之同步型驅動馬達SG係直接驅動方式之外轉子型之輪內馬達。同步型驅動馬達SG包括轉子30、及定子40。轉子30包括永久磁鐵部37、背軛部34、及輔助軛部35。於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，轉子30為外轉子，定子40為內定子。

同步型驅動馬達SG為輪內馬達，於車輪12之徑向設置於輪轂部12h之內側。換言之，轉子30(永久磁鐵部37及背軛部34)及定子40(定子芯ST及繞組W)於車輪12之徑向設置於輪轂部12h之內側。同步型驅動馬達SG為外轉子型之電動機，且於車輪12之徑向轉子30(永久磁鐵部37、背軛部34、及輔助軛部35)位於定子40(定子芯ST及繞組W)之外側。又，同步型驅動馬達SG包括支持構件60。支持構件60固定於中心軸12a且支持定子芯ST。定子芯ST固定於支持構件60。定子芯ST不相對於支持構件60及中心軸12a旋轉。再者，於本實施形態中，對於同步型驅動馬達SG包括支持構件60之情形進行說明，但本發明並不限定於該例，同步型驅動馬達SG亦可不包括支持構件60。

支持構件60係經一體成形之鐵製之構件，且包含外側圓筒部61、連結部62、及內側圓筒部63。外側圓筒部61具有圓筒形狀，且具有於車輪12之軸線方向上貫通之開口。於車輪12之徑向，且於外側圓筒部61之外周設置有定子芯ST。

內側圓筒部63具有圓筒形狀，且具有於車輪12之軸線方向上貫通之開口。將中心軸12a插入至內側圓筒部63之開口，且內側圓筒部63固定於中心軸12a。藉此，支持構件60固定於中心軸12a。

於外側圓筒部61與內側圓筒部63之間設置有連結部62。連結部

62於側視時具有圓環形狀。於本實施形態中，支持構件60具有圓板形狀，但亦可於車輪12之軸線方向上具有貫通支持構件之貫通孔，亦可設置有沿車輪12之徑向延伸之肋條。又，連結部62亦可為連結外側圓筒部61與內側圓筒部63之複數個輪輻部(實心輪輻)。

定子40包括圓環形狀之定子芯ST、及繞組W。定子芯ST設置於車輪12之徑向之支持構件60之外側，且固定於支持構件60。定子芯ST包括位於車輪12之徑向內側之圓環形狀之基部44、及自基部44朝向車輪12之徑向外側突出之複數個齒43。基部44作為用以防止磁力之洩漏之軛發揮功能。定子芯ST與支持構件60被電性絕緣。藉由絕緣而抑制渦電流。

定子芯ST係例如藉由將薄板狀之矽鋼板沿軸向積層而形成。又，定子芯ST包含朝向徑向外側一體地延伸之複數個齒43。複數個齒43係於周向空出槽SL而設置。於本實施形態中，合計36個齒43於周向空出間隔而設置。定子芯ST包含合計36個齒43。即，同步型驅動馬達SG之定子芯ST包括6個以上之齒43。齒43係以等螺距角配置。因此，各齒43係以機械角且 60° 以下之螺距角配置。齒43之數量與槽SL之數量相等。

於各齒43之周圍捲繞有繞組W。繞組W通過槽SL。定子芯ST中所包括之複數個齒43之全部具有捲繞有繞組之部分。繞組W屬於U相、V相、W相中之任一者。繞組W係例如以按照U相、W相、V相之順序並排之方式配置。複數個齒43之全部具有捲繞有繞組之部分，故齒43之全部可藉由繞組W之電流而產生有助於轉矩之磁通。因此，產生較高之轉矩。

同步型驅動馬達SG之定子芯ST包括6個以上之齒43，故一面充分地確保作為同步型驅動馬達SG整體之繞組W之量(體積)，一面抑制每1個齒之繞組之匝數，又，隨之，抑制構成繞組之線之每1匝之周長之

增大。因此，可一面充分地確保作為同步型驅動馬達SG整體之繞組W之量(體積)，一面抑制每1個齒之繞組W之量(體積)之增加。因此，可一面抑制同步型驅動馬達SG之尺寸之增大，一面例如增加繞組之匝數、或捲繞直徑較粗之線。

轉子30包括永久磁鐵部37、背軛部34、及輔助軛部35。

永久磁鐵部37設置於較車輪12之徑向之輪轂部12h之輪輻連接部12r更內側且較定子芯ST更外側。永久磁鐵部37係與定子芯ST對向，且沿車輪12之周向空出間隔而設置。於該等間隔配置有輔助軛部35。於本實施形態中，永久磁鐵部37為48個，多於齒43之個數。即，永久磁鐵部37之磁極之數量為48。換言之，同步型驅動馬達SG之極數為48。再者，於本發明中之永久磁鐵部37之磁極之數(電動機之極數)並無特別限定。極數與磁鐵片之數量亦可未必一致。永久磁鐵部37之各者包含N極及S極之極對(37i、37o)(參照圖10(a))。永久磁鐵部37之各者係以S極及N極於車輪12之徑向並排之方式、即S極及N極於徑向相互朝向相反之方向配置。永久磁鐵部37係沿車輪12之周向空出間隔地以N極與S極交替地並排之方式配置。

背軛部34及輔助軛部35係與輪轂部12h作為一體而形成。輪轂部12h、輪圈部12d及輪輻部12g與背軛部34及輔助軛部35係作為一體而形成。永久磁鐵部37經由背軛部34而固定於輪轂部12h。即，同步型驅動馬達SG不經由間接之動力傳遞機構(例如，皮帶、鏈條、齒輪、減速機等)而固定於輪轂部12h。更詳細而言，永久磁鐵部37之外周面37a(參照圖10(a))經由背軛部34而固定於輪轂部12h之內周面。同步型驅動馬達SG為直接驅動方式之電動機，且構成轉子30之永久磁鐵部37、背軛部34及輔助軛部35係以車輪12之旋轉軸線C為中心與輪轂部12h一同旋轉。即，於同步型驅動馬達SG之作動時，永久磁鐵部37之轉數與輪轂部12h、輪輻部12g及輪圈部12d之轉數相同。因不經由間

接之動力傳遞機構，故向輪轂部12h之能量傳遞效率較高。

背軛部34設置於定子芯ST與永久磁鐵部37之磁鐵面37b(參照圖10(a))相對之方向上之與永久磁鐵部37之磁鐵面37b為相反側。定子芯ST與磁鐵面37b相對之方向係本實施形態之同步型驅動馬達SG之徑向Y。背軛部34設置於車輪12之徑向之較輪轂部12h之輪輻連接部12r更內側、且較永久磁鐵部37及輔助軛部35更外側。

輔助軛部35於車輪12之周向位於相鄰之永久磁鐵部37之間隔，且與定子芯ST對向。輔助軛部35設置於較車輪12之徑向之永久磁鐵部37之外周面37a更內側、且較定子芯ST更外側。輔助軛部35藉由於與定子芯ST之間產生吸引力而產生磁阻轉矩。輔助軛部35之周向之寬度並無特別限定。輔助軛部35之周向之寬度例如小於永久磁鐵部37之周向之寬度。背軛部34係具有於車輪12之軸線方向上貫通之開口之圓筒形狀之部分，輔助軛部35係自背軛部34之內周面朝向車輪12之旋轉軸線C突出之部分。於本實施形態中，背軛部34與輔助軛部35一體地形成。即，輔助軛部35設置於背軛部34。背軛部34支持永久磁鐵部37。各永久磁鐵部37例如亦可藉由固定於背軛部34而直接地支持於背軛部34。各永久磁鐵部37例如亦可藉由嵌入至相鄰之輔助軛部35之間而間接地支持於背軛部34。永久磁鐵部37之支持態樣並無特別限定。藉由轉子30與輪轂部12h一同向正轉方向T旋轉，而車輪12(參照圖8)旋轉。背軛部34及輔助軛部35係包含磁性體之構件，例如為鐵製之構件。背軛部34及輔助軛部35係例如藉由將薄板狀之矽鋼板沿軸向積層而作為一體形成。於與齒43對向之輔助軛部35，進入基於繞組W之電流之較多之磁通。藉由鋼板之積層而抑制輔助軛部35之渦電流。又，背軛部34與輪轂部12h被電性絕緣。藉由絕緣而抑制渦電流。再者，背軛部34及輔助軛部35為磁性體即可，例如，亦可由鐵系之壓粉材料所形成。又，背軛部34及輔助軛部35亦可與定子芯ST同樣地，藉由

捲繞磁性鋼製之帶狀體而形成。

如上所述，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，轉子30之磁鐵面之數量為48，齒43之數量為36。轉子30之磁鐵面之數量P與齒43之數量之比為4：3。即，轉子30具有多於齒43之數量之磁鐵面。轉子30之磁鐵面數與齒43之數量比並不限定於該例。作為齒43之數量相對於轉子30之磁鐵面數P之比之上限值，並無特別限定，例如為4/3。較佳為轉子30具有齒43之數量之4/3之磁鐵面。因磁極面之數量為2之倍數，故易於交替地配置N極與S極。又，因齒數為3之倍數，故易於藉由3相之電流而控制。又，難以產生旋轉時之偏心。於本實施形態中，亦將磁鐵面數稱為磁極數。

再者，對於轉子30具有齒43之數量之4/3之磁鐵面之情形，無需使轉子30之磁鐵面數P與齒43之數量比嚴格地為4：3。例如，有為了於定子40安裝控制基板而不形成定子40之槽SL之一部分之情形。於該情形時，一部分之槽SL間之距離與其他槽SL間之距離不同，故於原本應設置槽SL之位置未設置槽SL。於該情形時，亦可設置於原本應設置槽SL之位置設置有槽SL，而決定齒43之數量。對於轉子30之磁極數，亦同樣。即，於進行如磁極數與齒數之關係滿足4：3之關係之4：3系列之磁極及齒之配置之情形時，可謂轉子30實質上具有齒43之數量之4/3之磁鐵面。換言之，可謂同步型驅動馬達SG具有4：3系列之旋轉電機之構成作為基本構成。此對於同步型驅動馬達SG具有除4：3以外之比之情形亦同樣。

同步型驅動馬達SG與控制器CT連接。同步型驅動馬達SG、及控制器CT構成驅動作為驅動對象之車輪12之驅動單元(未圖示)。即，驅動單元包括同步型驅動馬達SG及控制器CT。控制器CT相當於本發明中之控制裝置。再者，控制器CT亦可包括驅動器功能。控制器CT亦可經由驅動器而與同步型驅動馬達SG連接。

於同步型驅動馬達SG亦設置有用以檢測旋轉之永久磁鐵部(鐵氧體磁鐵)37之相位之感測器。

於本實施形態中，於同步型驅動馬達SG設置有3個感測器36A、36B、36C。感測器36A~36C係磁感測器，且包括霍耳元件。感測器36A~36C係於較車輪12之徑向之繞組W更外側檢測旋轉之永久磁鐵部37之相位。感測器36A~36C將表示檢測結果之信號輸出至控制器CT。

控制器CT控制流向定子40之各繞組W之電流。即，控制器CT使供給至U相、V相、W相之各相之繞組之電流產生變化(例如增減)。電流變化之態樣並無特別限定。例如，亦可藉由對各相之繞組供給相位不同之正弦波之電流，而使供給至各相之繞組之電流產生變化。又，亦可藉由對各相之繞組供給相位不同之矩形波之電流，而使供給至各相之繞組之電流產生變化(所謂120°通電)。藉此，轉子30旋轉。

感測器36A~36C之各者設置於在轉子30旋轉之狀態下由該等感測器36A~36C所檢測之永久磁鐵部(鐵氧體磁鐵)37之相位相對於藉由永久磁鐵部(鐵氧體磁鐵)37而於繞組W產生之感應電壓之相位超前的位置。因此，控制器CT基於感測器36A~36C之信號之時序而供給至繞組W之電流相對於藉由旋轉之永久磁鐵部(鐵氧體磁鐵)37而於繞組W產生之感應電壓之相位超前。藉由超前而有效利用作為輔助軛部35之作用之磁阻轉矩。

再者，藉由永久磁鐵部(鐵氧體磁鐵)37而於繞組W產生之感應電壓之相位例如可藉由測定未對繞組W進行通電之期間之電壓而獲得。或者，藉由永久磁鐵部(鐵氧體磁鐵)37而於繞組W產生之感應電壓之相位例如亦可藉由於不進行電驅動之狀態、即不進行對繞組W供給來自控制器CT之電流之狀態下，一面利用來自外部之力使車輪12旋轉一面測定電壓而獲得。

圖10(a)係模式性地表示轉子30及定子40之一例之放大剖面圖。圖10(b)係將永久磁鐵部37及其附近放大所得之放大剖面圖。圖11係模式性地表示自轉子30於徑向觀察圖10(a)所示之齒43所得之配置之放大圖。換言之，圖11係模式性地表示於自齒43之前端部43c沿齒之根部(與前端部43c相反之部分)延伸之方向觀察齒43之前端部43c時之齒43之前端部43c。自齒43之前端部43c沿齒之根部延伸之方向係如本實施形態般於徑向間隙型之同步型驅動馬達SG中，例如，相當於同步型驅動馬達SG之徑向。又，於同步型驅動馬達SG為軸向間隙型之情形時，自齒43之前端部43c沿齒之根部延伸之方向例如相當於同步型驅動馬達SG之軸線方向。

轉子30包含背軛部34、輔助軛部35、及於背軛部34之內周面以於周向並排之方式設置之複數個永久磁鐵部37。

於本實施形態中，永久磁鐵部37為鐵氧體磁鐵。於本實施形態中，轉子30中所包括之永久磁鐵部37之磁導係數 P_c 為10以上。作為鐵氧體磁鐵之永久磁鐵部37之徑向厚度相對較大。若永久磁鐵部37之徑向厚度較大，則自永久磁鐵部37經由間隙G而到達至作為齒43之對向面之前端部43c之磁通之量較多，故可使磁通高效率地通過定子芯ST。又，於本實施形態中，於徑向，永久磁鐵部37之厚度大於背軛部34之徑向厚度。又，於徑向，背軛部34之厚度大於輪轂部12h之厚度。永久磁鐵部37之徑向之厚度H並無特別限定。關於永久磁鐵部37之厚度H，具體而言，例如，較佳為4 mm以上，更佳為5 mm以上，進而較佳為6 mm以上，特佳為7 mm以上。又，永久磁鐵部37之厚度H較佳為15 mm以下，更佳為12 mm以下，進而較佳為10 mm以下，特佳為9 mm以下。

輔助軛部35之最內端35a、即朝向旋轉軸線C突出之前端位於較永久磁鐵部37之外側之極37o更內側。於本實施形態中，最內端35a係

位於輔助軛部35之徑向內側之面。輔助軛部35之最內端35a之至少一部分位於較磁鐵面37b與磁鐵面37a之間之中心位置37c更內側。又，於徑向，輔助軛部35之最內端35a之全部位於較磁鐵面37b更外側。永久磁鐵部37之磁鐵面37b係於徑向內側露出，且與齒43對向。輔助軛部35之最內端35a之周向之寬度例如小於同步型驅動馬達SG之周向之永久磁鐵部37之磁鐵面37b之寬度 L_{37} 。輔助軛部35之最內端35a之周向之寬度例如小於下述齒間間隙 d 。輔助軛部35之最內端35a之周向之寬度例如小於同步型驅動馬達SG之周向之齒43之前端部43c之寬度。磁鐵面37b相當於本發明中之磁鐵面之一例。

輔助軛部35之徑向之尺寸例如較佳為4 mm以上，更佳為5 mm以上，進而較佳為6 mm以上，特佳為7 mm以上。又，輔助軛部35之徑向之尺寸較佳為15 mm以下，更佳為12 mm以下，進而較佳為10 mm以下，特佳為9 mm以下。

於本實施形態中，永久磁鐵部37、輔助軛部35及背軛部34之突極比 L_q/L_d 為2以上。此處，於著眼於一個齒43之情形時，突極比 L_q/L_d 係該齒43正對於輔助軛部35之情形時之電感 L_q 與齒43正對於永久磁鐵部37之情形時之電感 L_d 的比。於齒43正對於永久磁鐵部37之狀態下，由繞組W之電流產生之磁通易於被透磁率較低之永久磁鐵部37阻礙。

於本實施形態中，設置於直接驅動方式之輪內馬達之永久磁鐵部37之車輪12之徑向之厚度較大。即，自齒43觀察，至背軛部34之距離較大，故易於阻礙繞組W之電流之磁通之作用。換言之，於齒43正對於永久磁鐵部37之情形時，至背軛部34之距離較長，配置有永久磁鐵部37直至該背軛部34，故磁電阻較高。因此，電感 L_d 較低。相對於此，於齒43正對於輔助軛部35之情形時，磁電阻較低。因此，電感 L_q 較高。藉由2以上之較大之突極比，而確保較大之磁阻轉矩。

各齒43包含主體部43a、及前端部43c。前端部43c與轉子30對向。於各齒43之間形成有槽SL。於各齒43之主體部43a之周圍捲繞有繞組W。圖10(a)所示之主體部43a相當於本發明中之捲繞有繞組之部分。齒43之前端部43c係與設置於定子芯ST之外側之磁鐵面37b對向。因此，相鄰之齒43之前端部之間隔與相鄰之齒43之根部之間隔相比，相對地變寬。

圖10(a)所示之間隔g係同步型驅動馬達SG之徑向之轉子30與定子40之間隔。間隔g相當於同步型驅動馬達SG之徑向之永久磁鐵部37之磁鐵面37b與齒43之前端部之間隔。永久磁鐵部37之內周面於同步型驅動馬達SG之旋轉軸線方向觀察，具有膨脹至同步型驅動馬達SG之徑向外側之圓弧形狀。定子芯ST之外周面於同步型驅動馬達SG之旋轉軸線方向觀察，具有膨脹至同步型驅動馬達SG之徑向外側之圓弧形狀。永久磁鐵部37之磁鐵面37b(內周面)與定子芯ST之外周面隔著間隔g而對向。再者，永久磁鐵部37之內周面於間隔g露出，但亦可由非磁性體覆蓋。永久磁鐵部37之內周面未由磁性體覆蓋。即，永久磁鐵部37之磁鐵面37b與齒43之前端部不於其間介置磁性體而對向。間隔g並無特別限定，例如為約1 mm。齒間間隙d係表示於同步型驅動馬達SG之周向相鄰之齒43之前端部43c間之間隔。齒間間隙d相當於本發明中之前端部之間之周向間隙。D2係表示同步型驅動馬達SG之徑向之繞組W與背軛部34之距離。L₃₇係表示同步型驅動馬達SG之周向之永久磁鐵部37之磁鐵面37b之寬度。L₄₃係表示同步型驅動馬達SG之周向之齒43之前端部43c之寬度。

圖11所示之繞組W之周向外緣Ws之寬度Lw(繞組W之周向最大寬度)大於前端部43c之周向寬度L₄₃。再者，所謂繞組W之周向外緣Ws係指繞組W之外緣中之位於同步型驅動馬達SG之周向之最外側之緣。繞組W之周向外緣Ws係例如如圖11所示，沿同步型驅動馬達SG

之軸線方向延伸。捲繞於齒43之繞組W之周向外緣Ws位於較齒43之前端部43c之外緣更外側。又，如圖11所示，當於與同步型驅動馬達之旋轉軸線垂直之方向觀察前端部43c時，即，於朝向同步型驅動馬達SG之中心自無限遠觀察前端部43c時，繞組W之最外周位於較前端部43c之外周更外側。又，如圖11所示，齒43之前端部43c之軸向X上之厚度Lx大於前端部43c之周向寬度L₄₃。又，齒43之主體部43a之軸向厚度Lx大於主體部43a之周向寬度La₄₃。進而，於本實施形態中，繞組W之周向外緣Ws之寬度Lw大於磁鐵面37b之寬度L₃₇。即，於本實施形態中，磁鐵面37b之寬度L₃₇大於前端部43c之周向寬度L₄₃且小於繞組W之周向外緣Ws之寬度Lw。

於定子40中，相鄰之齒43所具有之前端部43c之間之齒間間隙d大於前端部43c之周向寬度L₄₃。又，於沿同步型驅動馬達SG之旋轉軸線觀察前端部43c時，繞組W之周向外緣Ws位於較齒43之前端部43c之周向外緣更外側。

轉子30係於數量多於齒43之數量之磁鐵面37b與定子芯ST之外周面對向之狀態下，以同步型驅動馬達SG之徑向之定子40之外側之同步型驅動馬達SG之旋轉軸線為中心進行旋轉。隨著轉子30之旋轉，而數量多於齒43之數量之磁鐵面37b通過各定子芯ST之外周面上。

永久磁鐵部37之外周面係於同步型驅動馬達SG之旋轉軸線方向觀察，具有膨脹至同步型驅動馬達SG之徑向外側之圓弧形狀。背軛部34之內周面係於同步型驅動馬達SG之旋轉軸線方向觀察，具有膨脹至同步型驅動馬達SG之徑向外側之圓弧形狀。永久磁鐵部37之外周面與背軛部34之內周面接觸。具體而言，永久磁鐵部37之外周面之周向之至少中央部分與背軛部34之內周面接觸。

於圖10(a)所示之同步型驅動馬達SG中，於同步型驅動馬達SG之周向相鄰之齒43之前端部43c間之間隔為齒間間隙d。齒43之前端部

43c之周向寬度 L_{43} 小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部之前端面35p之周向寬度的和 L_p 。即，齒間間隙 d 係以齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 變得小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部35之前端面35p之周向寬度之和 L_p 的方式設定。於本實施形態中，如圖10(b)所示，輔助軛部35之前端面35p係於徑向規定為與磁鐵面37b相同之位置之面。輔助軛部35之前端面35p之周向寬度係於徑向與磁鐵面37b相同之位置上之輔助軛部35之寬度。磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部35之前端面35p之周向寬度之和 L_p 相當於同步型驅動馬達SG之磁極面之周向寬度。即，磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部35之前端面35p之周向寬度之和 L_p 係轉子30中與定子40對向之面之周向長度除以磁鐵面之數所得之長度。

圖11中表示對應於磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部35之前端面35p之周向寬度之和 L_p 的區域37p。區域37p相當於包括永久磁鐵部37之磁極面。於轉子30相對於齒43相對地旋轉時，與區域37p之各者對向之齒43之前端部43c之面積不超過1個齒43之前端部43c之面積。例如，於圖11所示之狀態之例中，以虛線表示位置之1個區域37p同時與2個齒43對向。然而，該等2個齒43中之與區域37p對向之部分之面積之合計不超過1個齒43之前端部43c之面積。該點可適用於對應於所有永久磁鐵部37之區域37p。

又，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部35之前端面35p之周向寬度之一半的和 L_h 。又，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 。

於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，磁鐵面37b之數量多於齒43之數量，齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於永久磁鐵部37之磁鐵

面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部之前端面35p之周向寬度的和 L_p ，於永久磁鐵部37之間隔設置有輔助軛部35。因此，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，可以較高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。又，根據具有多於齒43之數量之磁鐵面37b，且齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於磁鐵面37b之周向寬度，且於永久磁鐵部37之間隔具有輔助軛部35之同步型驅動馬達SG，與具有與該同步型驅動馬達SG相同之輸出及轉矩之先前之同步型驅動馬達相比，亦可使尺寸小型化。因此，可以較高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

又，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 與輔助軛部35之前端面35p之周向寬度之一半的和 L_h 。因此，進一步抑制電流流入繞組W時之齒43與輔助軛部35之對向。因此，若電流流入繞組W，則藉由將輔助軛部35拉至齒43之吸引力，而獲得較高之磁阻轉矩。

又，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 。因此，進一步抑制電流流入繞組W時之齒43與輔助軛部35之對向。若齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} ，則於轉子40旋轉時，產生前端部43c之一部分與輔助軛部35對向之狀態、及前端部43c之哪一部分亦不與輔助軛部35對向之狀態。藉由自前端部43c之哪一部分亦不與輔助軛部35對向之狀態移行至前端部43c之一部分與輔助軛部35對向之狀態時之吸引力而獲得較高之磁阻轉矩。

此處，對於自齒朝向磁鐵面37b之定子磁通，參照圖10(a)進一步進行說明。若齒間間隙 d 增大，則齒43中之漏磁通減少。然而，於齒間間隙 d 超過距離 D_2 之情形時，齒43之漏磁通相對於齒間間隙 d 之增

加量之減少量變小。因此，定子磁通相對於齒間間隙 d 之增加量的增加量亦變小。

根據以上，齒間間隙 d 較佳為距離 $D2$ 以下。於該情形時，較佳為轉子30具有齒43之數量之 $4/3$ 以上之磁鐵面37b。特佳為轉子30具有齒43之數量之 $4/3$ 之磁鐵面37b。又，齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 較佳為大於磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 之 $1/3$ 。

又，齒間間隙 d 較佳為永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 以下，且較佳為小於永久磁鐵部37之磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 。齒間間隙 d 較佳為間隔 g 之10倍以下。又，齒間間隙 d 較佳為間隔 g 之3倍以上，更佳為間隔 g 之4倍以上，進而較佳為間隔 g 之5倍以上，特佳為間隔 g 之7倍以上。具體而言，齒間間隙 d 較佳為10 mm以下。又，齒間間隙 d 較佳為3 mm以上，更佳為4 mm以上，進而較佳為5 mm以上，特佳為7 mm以上。

於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，繞組W之周向外緣 W_s 之寬度 L_w 大於前端部43c之周向寬度 L_{43} 。因捲繞於齒43之繞組W之量較多，故可獲得更大之轉矩及輸出。又，如圖11所示，當於與同步型驅動馬達SG之旋轉軸線C垂直之方向觀察齒43之前端部43c時，即，當於自磁鐵面37b向永久磁鐵部37與齒43對向之方向觀察齒43之前端部43c時，較佳為繞組W之最外周位於較前端部43c之外周更外側。

又，於圖10(a)所示之例中，於沿同步型驅動馬達SG之旋轉軸線C觀察前端部43c時，捲繞於齒43之繞組W之周向外緣 W_s 位於較齒43之前端部43c之周向外緣更外側。於該情形時，繞組W之量更多。因此，可獲得更大之轉矩及輸出。

又，於同步型驅動馬達SG中，藉由相鄰之齒43之前端部43c之間隔與相鄰之齒43之根部(與前端部43c相反之部分)之間隔相比相對地變寬，而進一步提昇繞組W之配置之自由度。因此，可藉由使繞組W

之量較多而獲得較大之轉矩及輸出。

又，於圖10(a)所示之例中，於轉子30相對於齒43相對地旋轉時，與所有磁鐵面37b之各者對向之齒43之前端部43c之面積不超過1個齒43之前端部43c之面積，故抑制自1個磁鐵面37b產生之磁通分散至超過1個齒43之前端部43c之面積之區域。因此，抑制轉矩之降低。所有齒43之前端部43c較佳為實質上具有相同之周向寬度。所有齒43之前端部43c較佳為於周向相互空出等間隔或實質上等間隔而配置。換言之，較佳為所有齒間間隙 d 相同。又，所有磁鐵面37b較佳為實質上具有相同之周向寬度。

又，於本實施形態中，主體部43a之周向寬度 L_{a43} 與前端部43c之周向寬度 L_{43} 相等。因此，如圖11所示，主體部43a之周向寬度 L_{a43} 小於齒43之主體部43a之軸向厚度 L_x 。因此，可將槽SL之周向寬度確保得較寬。因此，可進一步增加繞組之匝數、或進一步捲繞直徑較粗之線。因此，可獲得更大之轉矩及輸出。又，同步型驅動馬達SG中之齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 小於齒43之前端部43c之軸向厚度 L_x 。因此，可確保較寬之齒間間隙 d 。藉由較寬之齒間間隙 d 而繞組W之設計之自由度進一步提昇，故例如可進一步增加繞組之匝數、或進一步捲繞直徑較粗之線。因此，可獲得更大之轉矩及輸出。

又，於同步型驅動馬達SG中，轉子30具有多於齒43之數量之磁鐵面37b，且磁極數較多，故角速度 ω 變大。因角速度 ω 較大，故掣動轉矩(detent torque)變小。

又，於同步型驅動馬達SG中，永久磁鐵部37由鐵氧體磁鐵所形成。鐵氧體磁鐵之磁特性低於稀土類磁鐵。因此，鐵氧體磁鐵例如具有大於稀土類磁鐵之厚度。進而，於同步型驅動馬達SG中，因磁鐵面37b之數量多於齒43之數量，故磁鐵面37b之周向寬度 L_{37} 較小。永久磁鐵部37藉由較大之厚度、及較小之周向寬度之兩者而具有較高之

磁導係數。因此，可獲得更大之轉矩及輸出。

圖12係說明圖10(a)所示之齒、繞組、永久磁鐵部、及輔助軛部之動作之圖。再者，於圖12中，為了區別複數個要素之各者，而對符號加上P、Q、R之字元。

於較齒43P位於轉子30之旋轉方向T之上游之輔助軛部35P接近齒43P時，若電流流入捲繞於齒43P之繞組WP，則於齒43P與輔助軛部35P之間產生磁力(吸引力)F。吸引力F成為磁阻轉矩。此時，另一齒43Q之前端部43Qc與1個輔助軛部35Q、及與輔助軛部35Q相鄰之2個磁鐵面37Qb、37Rb對向。即，於圖12所示之同步型驅動馬達SG中，於電流流入齒43Q之繞組WP之齒43Q與輔助軛部35Q、及與輔助軛部35Q相鄰之2個磁鐵面37Qb、37Rb對向之狀態下，對齒43Q之繞組WQ供給電流，切換與齒43Q不同之齒43P之繞組WP中之電流之狀態。

於圖12之例中，一磁鐵面37Qb為S極，另一磁鐵面37Rb為與磁鐵面37Qb相反之N極。磁鐵37Q之磁通、及磁鐵37R之磁通進入齒43Q而與繞組WQ交鏈。換言之，由繞組WQ之電流產生之磁通與磁鐵面37Qb之磁通、及磁鐵面37Rb之磁通相互作用。藉由電流流入捲繞於齒43Q之繞組WQ，而例如於一磁鐵面37Qb與齒43Q之前端部43Qc之間產生斥力，於另一磁鐵面37Rb與齒43Q之前端部43Qc之間產生吸引力。藉由斥力及吸引力而產生磁體轉矩。齒43Q之前端部43Qc與輔助軛部35Q對向，故自繞組WQ觀察到之磁電阻較低。由繞組WQ之電流產生之磁通與例如齒43Q不與輔助軛部35Q對向之情形相比較大。即，與永久磁鐵部37Q之磁通、及永久磁鐵部37R之磁通作用之磁通較大。因此，因於磁鐵面37Qb與齒43Q之前端部43Qc之間產生之斥力、及於磁鐵面37Rb與齒43Q之前端部43Qc之間產生之吸引力而產生的磁體轉矩亦增大。即，於本實施形態中，同步型驅動馬達SG係以如下方式構成：於具有小於磁鐵面37Qb、37Rb之周向寬度的周向寬

度之前端部43Qc與輔助軛部35Q及與輔助軛部35Q相鄰之2個磁鐵面37Qb、37Rb對向時，對齒43Q之繞組WQ供給電流。根據本實施形態之同步型驅動馬達SG，如上所述，可藉由因電流供給至繞組WQ而產生之齒43Q之磁通，而增大磁體轉矩。

於同步型驅動馬達SG中，供給至捲繞於齒43(43P、43Q)之繞組W之電流之相位相對於藉由旋轉之永久磁鐵部37(37P、37Q、37R)而於繞組W產生之感應電壓之相位超前。藉此，可更有效地利用於轉子30之輔助軛部35P與齒43P之前端部43Pc之間產生之吸引力F作為磁阻轉矩。藉由磁阻轉矩，而可於同步型驅動馬達SG中，確保較大之轉矩。

於本實施形態中，控制器CT使供給至繞組W(WP、WQ)之電流相對於藉由永久磁鐵部37(37P、37Q、37R)而於繞組W(WP、WQ)產生之感應電壓之相位超前。控制器CT藉由供給包含d軸電流成分之驅動電流，而使供給至繞組W(WP、WQ)之電流相對於在繞組W(WP、WQ)產生之感應電壓之相位超前。藉由因d軸電流成分而產生之電壓，而緩和於旋轉時產生之感應電壓之影響，故高速旋轉時之轉矩提昇。

圖13(a)係表示本實施形態之同步型驅動馬達SG之電氣特性之向量圖。圖13(b)係表示先前之同步型驅動馬達之電氣特性之向量圖。圖13(c)係表示比較例之同步型驅動馬達之電氣特性之向量圖。

於圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達SG中，磁鐵面數/齒數為4/3。相對於此，於圖13(b)之先前之同步型驅動馬達中，磁鐵面數/齒數為2/3。圖13(a)之同步型驅動馬達之角速度 ω 為圖13(b)之先前之同步型驅動馬達之角速度 ω 之2倍。

於圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達SG中，若與圖13(b)之先前之同步型驅動馬達相比，則磁鐵面數較多，故磁鐵面之周向寬度

較小。而且，圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達SG所具有之齒之前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度。相對於此，於圖13(b)之先前之同步型驅動馬達中，相較於圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達，將齒之前端部之周向寬度設定得較大。本實施形態之同步型驅動馬達之電感 L 為圖13(b)之先前之同步型驅動馬達之電感 L 之 $1/2$ 倍。

圖13(c)之同步型驅動馬達之磁鐵面數/齒數為 $2/3$ 。本實施形態之同步型驅動馬達之角速度 ω 為圖13(c)之比較例之同步型驅動馬達之角速度 ω 之2倍。

又，於圖13(c)之比較例之同步型驅動馬達中，若與圖13(b)之先前之同步型驅動馬達相比，則將齒之前端部之周向寬度設定得較小。因此，圖13(c)之同步型驅動馬達之電感 L 小於圖13(b)之先前之同步型驅動馬達之電感 L 。

於圖13(a)~(c)之同步型驅動馬達中，對繞組供給包含 d 軸電流成分之驅動電流。圖13(a)~圖13(c)中之 V_t 係表示同步型驅動馬達之端子電壓。 E 係表示感應電壓。 I_d 係表示 d 軸電流。 I_q 係表示 q 軸電流。

通常，同步型驅動馬達之端子電壓 V_t 係自電池等電源供給，故具有上限。隨著轉子30之旋轉速度變大，而繞組 W 之感應電壓 E 變大，故用以供給有助於轉矩之 q 軸電流之電壓之裕度變小。然而，於圖13(a)~(c)之同步型驅動馬達中，對繞組供給包含 d 軸電流成分之驅動電流，故如圖13(a)所示，產生抵消感應電壓 E 之方向之電壓 $I_d \cdot \omega L$ 。藉此，即便感應電壓 E 變大，亦可將有助於轉矩之 q 軸電流供給至繞組。於圖13(a)~(c)所示之例中，感應電壓 E 變得大於同步型驅動馬達之端子電壓 V_t ，但 q 軸電流供給至繞組。

圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達SG與圖13(b)之先前之同步型驅動馬達相比，具有2倍之角速度 ω ，且具有 $1/2$ 倍之電感 L 。其結

果，於圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達SG、及圖13(b)之先前之同步型驅動馬達中，抑制感應電壓之電壓成分($I_d \cdot \omega L$)變得相等。換言之，於本實施形態之同步型驅動馬達中，齒之前端部之周向寬度較小，故電感L較小，但因角速度 ω 較大，故確保抵消感應電壓之方向之電壓成分($I_d \cdot \omega L$)。

圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達SG與圖13(c)之比較例之同步型驅動馬達相比，具有2倍之角速度 ω 。圖13(a)之本實施形態之同步型驅動馬達SG之電感L為與圖13(c)之比較例之同步型驅動馬達之電感L相同程度。因此，於圖13(c)之比較例之同步型驅動馬達中，抑制感應電壓之電壓成分($I_d \cdot \omega L$)變小。因此，q軸電流亦變小。

然而，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，轉子30具有數量多於齒之數量之磁鐵面，故角速度 ω 較大。因此，即便較小之d軸電流，亦藉由較大之角速度 ω 而確保抑制感應電壓之電壓成分($I_d \cdot \omega L$)。因此，即便感應電壓E變大，亦可將有助於轉矩之q軸電流供給至繞組。因此，於同步型驅動馬達SG中，高速旋轉時之轉矩提昇。再者，作為供給包含d軸電流成分之驅動電流之方法，例如採用藉由向量控制而供給明示之量之d軸電流成分之方法、及藉由推進驅動電流之相位而實質上供給d軸電流成分之超前角控制。作為超前角控制之方法，並無特別限定，可採用先前公知之方法。

同步型驅動馬達SG於車輪12自車輪12之外受力而旋轉之情形時可作為發電機發揮功能。

於同步型驅動馬達SG中，若前端部43c之周向寬度 L_{43} 變小且齒間間隙d變大，則電感L變小(參照圖3(b))。然而，於同步型驅動馬達SG中，轉子30之磁極數多於定子40之齒之數量，且角速度 ω 較大，故確保阻抗之交流成分 ωL 之值。因此，為了抑制發電電流，而無需例如減少繞組W之匝數。因此，即便藉由使齒間間隙d較大而電感L之值變

小，亦無需大大增加發電電流便可更進一步地提昇起動時之轉矩。

於同步型驅動馬達SG中，如上所述，繞組W捲繞於齒43。繞組W係以通過槽SL之方式設置。換言之，繞組W之一部分存在於槽SL。於同步型驅動馬達SG中，齒43之前端部43c之周向寬度 L_{43} 較小，且齒間間隙 d 較大，故繞組之設計之自由度較高。繞組W之捲繞方法可為集中捲繞，亦可為分佈捲繞，並無特別限定，但較佳為集中捲繞。又，作為繞組W之構成，例如可列舉以下所示之態樣。

圖14(a)~(c)之各者係模式性地表示繞組W之連接例之圖。

圖14(a)係表示星形接線(Y接線)。若將各相之直流電阻設為 r ，額相間電阻 R 為 $R = r + r = 2r$ 。圖14(b)係表示將圖14(a)所示之各相之繞組分為2根，且將2根繞組並聯連接而成的並聯接線。相間電阻 R 成為 $R = r/2 + r/2 = r$ 。圖14(c)係表示將圖14(a)所示之各相之繞組分為3根，且將3個繞組並聯連接而成之並聯接線。相間電阻 R 成為 $R = r/3 + r/3 = 2r/3$ 。

於本發明中，可採用圖14(a)~圖14(c)中之任一者。然而，於本發明中，構成各相之繞組較佳為包括將複數根繞組並聯連接而成之並聯接線。以下對其理由進行說明。

本發明者發現：於低速旋轉區域中，阻抗中之直流電阻 R 之降低相對較大地有助於轉矩提昇。因此，如上所述，將 ωL 設定得較大且將直流電阻 R 設定得較小，藉此可更有效地將低速旋轉區域中之輸出轉矩確保得較大。如圖14(b)、(c)所示，構成各相之繞組包括將複數根繞組並聯連接而成之並聯接線，藉此，直流電阻 R 變小。因此，可更有效地將低速旋轉區域中之輸出轉矩確保得較大。再者，將繞組並聯連接之根數並不限定於2根、3根，亦可為4根以上。又，於各相之繞組中亦可混合有並聯連接及串聯連接。例如，亦可於各相之繞組包含複數個藉由將複數根繞組並聯連接而構成之繞組之組，且將複數個

繞組之組串聯連接。又，繞組W之連接例並不限定於圖14(a)~(c)所示之例，例如，亦可為圖15(a)~(c)所示之連接例。

圖15(a)~(c)之各者係模式性地表示繞組之連接例之圖。

圖15(a)係表示三角形接線(Δ 接線)。圖15(b)係表示將圖15(a)所示之各相之繞組分為2根，且將2根繞組並聯連接而成之並聯接線。圖15(c)係表示將圖15(a)所示之各相之繞組分為3根，且將3個繞組並聯連接而成之並聯接線。於採用三角形接線之情形時，構成各相之繞組亦可藉由包括將複數根繞組並聯連接而成之並聯接線，而使直流電阻R較小。再者，繞組並聯連接之根數並不限定於2根、3根，亦可為4根以上。

又，於本發明中，可適宜地採用星形接線及三角形接線中之任一者，但更佳為星形接線。其原因在於：即便因定子40與轉子30之相對位置關係或永久磁鐵部之磁極之強度之差等主要原因而導致各相之感應電壓存在差異，亦更難以產生循環電流。因此，根據星形接線，更難以產生發電損耗，從而可更有效地抑制效率之降低。再者，於本發明中，將阻抗中之直流電阻R設定得較小之方法並不限定於上述並聯接線。例如，亦可採用剖面之最小寬度較大之繞組。繞組W係以通過槽SL之方式設置，故可於通過槽SL之範圍內增大繞組W之剖面之最小寬度。

於通常之電動機中，就輸出提昇之觀點而言，較佳為以通過槽之方式設置之繞組之匝數(圈數)較多，且槽內之繞組之槽滿率較高。又，即便通常之發電機，就發電效率之觀點而言，亦較佳為以通過槽之方式設置之繞組之匝數較多，槽內之繞組之槽滿率較高。因此，於通常之電動機及發電機中，將繞組之剖面之最小寬度(mm)相對於齒之前端部間之齒間間隙d(mm)之比設定得較小。

另一方面，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，轉子30於同

步型驅動馬達SG之徑向之永久磁鐵部37之內周面具有於同步型驅動馬達SG之周向並排且多於齒43之數量之磁鐵面37b。同步型驅動馬達SG於定子40之徑向外側包含較多之磁鐵面37b。於該同步型驅動馬達SG中，可藉由相對於齒43之前端部43c間之齒間間隙 $d(\text{mm})$ 增大繞組之剖面之最小寬度 (mm) ，而將旋轉速度較低之起動時之輸出轉矩確保得更大。再者，若相對於齒43之前端部43c間之齒間間隙 $d(\text{mm})$ 增大繞組之剖面之最小寬度，則直流電阻 R 變小，故擔憂同步型驅動馬達SG作為發電機發揮功能之情形時之發電電流之增大。然而，藉由角速度 ω 之增大而確保高速旋轉時之阻抗，故抑制發電電流之增大。因此，可同時實現輸出轉矩之增大及發電電流之抑制。

又，於本實施形態之同步型驅動馬達SG中，可藉由使用並聯連接或直徑較粗之線而使繞組W之直流電阻 R 較小，故可使電流流入繞組之情形時之損耗較小。例如，於同步型驅動馬達SG作為發電機發揮功能之情形時，電流 I 於繞組W中流動，而產生損耗 (I^2R) ，但藉由繞組W之直流電阻 R 較低，而可使損耗較小。因此，同步型驅動馬達SG作為發電機發揮功能之情形時之效率較高。

具體而言，繞組W之剖面之最小寬度 (mm) 相對於齒43之前端部43c間之齒間間隙 $d(\text{mm})$ 之比較佳為0.1以上，更佳為0.16以上，進而較佳為0.3以上，特佳為1/3以上。再者，於繞組W之剖面形狀為正圓之情形時，繞組W之直徑相當於繞組W之剖面之最小寬度。又，於繞組W之剖面形狀為橢圓之情形時，繞組W之短徑相當於繞組W之剖面之最小寬度。又，於繞組W為矩形線繞組之情形時，繞組W之剖面之矩形中之短邊之長度相當於繞組W之剖面之最小寬度。再者，亦可藉由利用直流電阻較小之材料構成繞組，而使阻抗中之直流電阻 R 較小。

接著，對本發明之第二實施形態進行說明。

於說明以下之第二實施形態時，對於與上述第一實施形態中之各要素相同之要素，附註相同之符號或省略符號，對於與上述實施形態之不同點進行說明。

圖16係表示第二實施形態之同步型驅動馬達SG2之例之局部放大圖。

圖16所示之同步型驅動馬達SG2係僅向一方向驅動車輪。具體而言，同步型驅動馬達SG2僅向正轉方向T進行驅動。正轉方向T上之位於永久磁鐵部37之間隔之前一半之輔助軛部235a之體積大於位於後一半之輔助軛部235b之體積。正轉方向T係轉子30相對於同步型驅動馬達SG2之定子40進行旋轉之方向。輔助軛部235中之前一半為正轉方向T上之下游側之部分，後一半為正轉方向T上之上游側之部分。具體而言，輔助軛部235中之前一半係於周向較通過相鄰之2個永久磁鐵部37之間隔之中央之中央面235m更靠近正轉方向T上之下游側之部分，輔助軛部235中之後一半係較中央面235m更靠近正轉方向T上之上游側之部分。

輔助軛部235係成為如於較中央面235m更下游側傾斜地切下與定子芯ST對向之部分之形狀。即，於徑向，輔助軛部235之最內端於較正轉方向T上之中央面235m更下游側，具有向車輪之徑向外側傾斜之面。再者，輔助軛部235之形狀並不限定於此，例如，亦可於位於前一半之輔助軛部235a與位於後一半之輔助軛部235b之間設置有階差。又，輔助軛部235之最內端亦可包括曲面。但，於周向相鄰之永久磁鐵部37之側面中之正轉方向T側之永久磁鐵部37之側面之至少一部分較佳為與輔助軛部235接觸。換言之，較佳為於永久磁鐵部37之側面與輔助軛部35之間未設置間隙。

此處，關注設置於定子240之複數個齒43中之一個齒43。當於該齒43產生基於繞組W之磁通時，若將複數個輔助軛部235中之位於較

齒43更靠近正轉方向T上之下游側D之輔助軛部235與位於上游側U之輔助軛部235進行比較，則下游側D之輔助軛部235所具有之體積之較大之輔助軛部235a存在於較上游側U之輔助軛部235之輔助軛部235a更靠近齒43之附近。因此，將上游側U之輔助軛部235吸引至齒43之吸引力 F_a 大於將下游側D之輔助軛部235吸引至齒43之吸引力 F_b 。此處，下游側D之輔助軛部235之吸引力 F_b 係成為轉子30向正轉方向T旋轉之阻礙之力。因此，於本實施形態中，減少成為轉子30向正轉方向T旋轉之阻礙之力，正轉方向T上之磁阻轉矩增大。因此，可確保更充分之轉矩。

以上，對本實施形態進行了說明，但本實施形態僅為本發明之適宜之一個實施形態。業者應明確可容易地對本實施形態進行各種改良或變更。即，本發明之技術範圍係基於申請專利範圍之記載而決定，本發明並不限定於本實施形態，例如，可進行如下變更。

本發明之控制器CT使供給至繞組W之電流之相位相對於由感測器36A~36C檢測之永久磁鐵部37之相位超前之量不產生變化，而對繞組W供給電流。但，本發明之控制裝置亦可使供給至繞組之電流之相位相對於在繞組W產生之感應電壓之相位超前之量例如與同步型驅動馬達之旋轉速度相應地產生變化。於超前角控制中，自控制裝置供給至繞組之電流並無特別限定，可為正弦波，亦可為矩形波。

上述第一實施形態係表示輔助軛部35之最內端35a位於較永久磁鐵部37之磁鐵面37b與磁鐵面37a之間之中心位置37c更內側，且位於較磁鐵面37b更外側的例，但本發明並不限定於該例。作為本發明之輔助軛部，例如可列舉圖17(a)~(d)之例。

圖17(a)~(d)係表示本發明之輔助軛部之實施形態之局部放大剖面圖。再者，於圖17(a)~(d)中，對於與第一實施形態之圖式所示之構成相同之構成，附註與第一實施形態之圖式所示之符號相同之符

號。

於圖17(a)~(d)之例中，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a位於較永久磁鐵部37之外周側之磁鐵面37a(即外側之極37o之磁鐵面37a)更內側。於圖17(a)~(d)之例中，輔助軛部35向徑向內側之突出量不同。具體而言，係如下所述。

於圖17(a)之例中，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a設置於與永久磁鐵部37之內周側之磁鐵面37b(即內側之極37i之磁鐵面37b)實質上相同之位置。

於圖17(b)之例中，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a之至少一部分位於磁鐵面37b與磁鐵面37a之間之中心位置37c和磁鐵面37b之間。此時，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a之全部位於較磁鐵面37b更外側。圖17(b)之例係SPM(Surface Permanent Magnet，表面鐵磁)型旋轉子之一例。永久磁鐵部37之磁鐵面37b於徑向內側露出且與齒43對向。於永久磁鐵部37之磁鐵面37b與齒43之間未設置磁性體。

於圖17(c)之例中，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a之全部位於較中心位置37c更外側。

於圖17(d)之例中，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a之至少一部分(圖中為全部)位於較磁鐵面37b更內側。然而，輔助軛部35之最內端35a於車輪12之旋轉時未與齒43接觸，而不會成為車輪12之旋轉之阻礙。

於本發明中，如圖17(a)、(b)及(d)所示，輔助軛部35之最內端35a之面中之至少位於最靠近徑向內側之部分較理想為於車輪12之徑向，位於較磁鐵面37b與磁鐵面37a之間之中心位置37c更內側。

於本發明中，永久磁鐵部37設置於直接驅動方式之外轉子型之輪內馬達，故可將永久磁鐵部37之徑向厚度確保得較大。輔助軛部35

如此般較徑向厚度較大之永久磁鐵部37之中心位置37c更向內側突出，故確保較大之突極比。其結果，獲得更大之磁阻轉矩，故確保更充分之轉矩。再者，輔助軛部35之最內端35a之全部亦可位於較中心位置37c更內側，僅輔助軛部35之最內端35a之一部分(即，位於最靠近徑向內側之部分)亦可位於較中心位置37c更內側。

進而，於本發明中，如圖17(b)所示，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a中之至少位於最靠近徑向內側之部分較理想為位於磁鐵面37b與磁鐵面37a之間之中心位置37c和磁鐵面37b之間。

藉此，確保更大之磁阻轉矩。

進而，輔助軛部35之最內端35a之全部位於較磁鐵面37b更外側。因此，確保永久磁鐵部37之磁鐵面37b與輔助軛部35之最內端35a之間隔(磁電阻)，故抑制自磁鐵面37b朝向齒43之磁通洩漏至輔助軛部35。又，確保齒43與輔助軛部35之最內端35a之間隔(磁電阻)，故抑制自齒43洩漏至永久磁鐵部37之磁鐵面37b。因此，確保充分之磁體轉矩。其結果，確保更充分之轉矩。

再者，輔助軛部35之最內端35a之全部亦可位於中心位置37c與磁鐵面37b之間，僅輔助軛部35之最內端35a之一部分(即，位於最靠近徑向內側之部分)亦可位於中心位置37c與磁鐵面37b之間。

又，於本發明中，如圖17(a)所示，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a之面中之至少位於最靠近徑向內側之部分較理想為位於與磁鐵面37b相同之位置、或實質上相同之位置。

藉此，確保更大之磁阻轉矩。

於該情形時，輔助軛部35之最內端35a之全部亦可位於與磁鐵面37b相同之位置或實質上相同之位置，僅輔助軛部35之最內端35a之一部分(即，位於最靠近徑向內側之部分)亦可位於與磁鐵面37b相同之位置或實質上相同之位置。再者，此處所謂之實質上相同之位置，係

指於本領域中可容許通常可設定之公差、及通常會產生之誤差(例如，基於輔助軛部35之加工精度及永久磁鐵部37之成形精度等之誤差)。

又，於本發明中，如圖17(d)所示，於車輪12之徑向，輔助軛部35之最內端35a之面中之至少位於最靠近徑向內側之部分較理想為位於較磁鐵面37b更內側。

藉此，確保更大之磁阻轉矩。

進而，於藉由對磁性體製之構件(例如，鐵製構件)進行加工(例如衝壓加工)而形成背軛部34及輔助軛部35之情形時，可獲得高於作為燒結磁鐵之永久磁鐵部37之尺寸精度。於圖17(d)所示之例中，具有較高之尺寸精度之輔助軛部35位於較永久磁鐵部37更靠近車輪12之徑向內側。因此，可防止輔助軛部35與齒43(定子芯ST)之接觸，並且可使輔助軛部35與齒43之間之間隔較小。換言之，可防止輔助軛部35與齒43之接觸，並且可將輔助軛部35向徑向內側之突出量確保得較大。其結果，獲得更大之磁阻轉矩。

再者，於上述實施形態中，表示了電動機之突極比 L_q/L_d 為2以上之例，但本發明並不限定於該例。電動機之突極比為超過1之值即可。

又，於參照圖10(a)及圖11進行說明之例中，齒43中之主體部43a之周向寬度 L_{a43} 與前端部43c之周向寬度 L_{43} 相同。然而，對於本發明之同步型驅動馬達，亦可採用齒之前端部具有較主體部更向周向兩側突出之突出部之形狀。即，亦可採用前端部之周向寬度大於主體部之周向寬度之形狀。

又，對於本發明之同步型驅動馬達，亦可採用齒之前端部之周向寬度未達齒之周向寬度最大之部分之周向寬度的形狀。於該情形時，齒間間隙較大，故繞組之設計之自由度進一步提昇。例如，可進

一步增加繞組之匝數、或進一步捲繞直徑較粗之線。因此，可獲得更大之轉矩及輸出。

於上述實施形態中，對永久磁鐵部使用了鐵氧體磁鐵。然而，於本發明之同步型驅動馬達中，亦可對永久磁鐵部採用稀土類磁鐵。作為永久磁鐵部，例如可採用釹系黏結磁鐵、釷鈷磁鐵、釹磁鐵等磁鐵。稀土類磁鐵具有較高之磁特性，故厚度較小。此處，若磁鐵面之數量多於齒之數量，則於將同步型驅動馬達之尺寸設為相同之條件之情形時，磁鐵面之周向寬度較小。於較小之厚度之磁鐵中，因磁鐵面之周向寬度較小而磁導係數增加之效果較高。因此，使用具有較高之磁特性之稀土類磁鐵，並且獲得較高之磁導係數之效果，故可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

上述同步型驅動馬達中之永久磁鐵部配置於徑向之定子之外側。然而，對於本發明之同步型驅動馬達，亦可採用永久磁鐵部配置於徑向之定子之內側之構成。該構成包含內轉子及外定子。於該情形時，齒之前端部與設置於徑向之定子之內側之磁鐵面對向。因此，相鄰之齒之周向間隔係於徑向越靠近前端部則變得越小。於該情形時，磁鐵面之數量多於齒之數量，且前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度，故繞組之配置之自由度之增大之效果更高。因此，可增多繞組之匝數、或使用直徑較粗之線。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

又，對於本發明之同步型驅動馬達，亦可採用轉子以使磁鐵面相對於齒於旋轉軸線方向上對向之方式配置之構成。於該情形時，齒之前端部與磁鐵面於旋轉軸線方向上對向。因此，齒沿旋轉軸線方向延伸。因此，繞組之配置之自由度較高。又，磁鐵面之數量多於齒之數量，且前端部之周向寬度小於磁鐵面之周向寬度，故繞組之配置之自由度之增大之效果亦較高。因此，可增多繞組之匝數、或使用直徑

較粗之線。因此，可以更高之水準滿足高轉矩、高輸出、及尺寸之小型化。

再者，於上述實施形態中，說明了驅動車輛之車輪之同步型驅動馬達作為本發明之同步型驅動馬達之例。然而，本發明之同步型驅動馬達並不限定於此，例如，可應用於起動引擎之馬達。又，本發明之同步型驅動馬達可應用於驅動產業機器之機構或民生機器之機構之馬達。本發明之同步型驅動馬達亦可以如下方式構成：搭載於包括驅動對象物及電池之裝置，且自上述電池接受電流之供給，而驅動上述驅動對象物。本發明之同步型驅動馬達亦可以如下方式構成：搭載於包括驅動對象物並且連接於電池之裝置，且自上述電池接受電流之供給，而驅動上述驅動對象物。本發明之同步型驅動馬達可以較高之水準滿足高轉矩、高輸出及尺寸之小型化。因此，本發明之同步型驅動馬達適宜於同步型驅動馬達由電池驅動之狀況下之使用。又，本發明之同步型驅動馬達適宜於搭載於包括驅動對象物之裝置之狀況下之使用。再者，作為驅動對象物，並無特別限定，例如可列舉引擎之曲軸、車輪。作為上述裝置，並無特別限定，例如可列舉引擎單元、車輛。

又，於上述實施形態中，說明了作為發電機發揮功能之同步型驅動馬達SG。然而，本發明之同步型驅動馬達並不限定於此，亦可僅作為馬達發揮功能。

又，於上述實施形態中，說明了包括6個以上之齒43之同步型驅動馬達SG。然而，於本發明之同步型驅動馬達中，齒之數並無特別限定。本發明之同步型驅動馬達亦可包括5個以下之齒。

又，於上述實施形態中，說明了前端部具有大於周向寬度之軸向厚度之例。然而，本發明之同步型驅動馬達並不限定於此，前端部亦可具有小於周向寬度之軸向厚度。

又，於上述實施形態中，說明了於沿旋轉軸線觀察時，捲繞於齒之繞組之周向外緣位於較齒之前端部之周向外緣更外側之例。然而，本發明之同步型驅動馬達並不限定於此，繞組之周向外緣亦可位於較齒之前端部之周向外緣更內側。

本文中所使用之術語及表達係用於說明者，並非用於限定性解釋。必須認識到亦非排除本文中所表示且表述之特徵事項之任何均等物，且亦容許本發明之所申請之範圍內之各種變化。

本發明係以多種不同之形態具體化而獲得者。本揭示應當視作提供本發明之原理之實施例者。該等實施例係基於並非意圖將本發限定於本文中所記載且/或圖示之較佳之實施形態之瞭解，於本文中記載有多種圖示實施形態。

本文中記載有若干本發明之圖示實施形態。本發明並不限定於本文中所記載之各種較佳之實施形態。本發明亦包含業者基於本揭示可辨別之包含均等之要素、修正、刪除、組合(例如遍及各種實施形態之特徵之組合)、改良及/或變更的所有實施形態。申請專利範圍之限定事項基於該申請專利範圍內所使用之術語而廣義地解釋，且不應限定於本說明書或本案之申請過程中所記載之實施例。此種實施例應解釋為非排他性。例如，於本揭示中，「較佳」之術語係非排他性，其意味著「較佳但並不限定於此」。

本發明亦可採用以下構成。

(A1)一種同步型驅動馬達，

上述同步型驅動馬達包括：

定子，其包含具備於周向空出槽而設置之複數個齒之定子芯及通過上述槽之繞組，且上述複數個齒之全部具有捲繞有上述繞組之部分；以及

轉子；該轉子包含：複數個永久磁鐵部，其等沿周向空出間隔而配置，且各者具有朝向上述定子芯之磁鐵面；背軛部，其設置於上述定子芯與上述磁鐵面對向之方向上之與上述複數個永久磁鐵部之上上述磁鐵面為相反側且支持上述複數個永久磁鐵部；複數個輔助軛部，其等設置於上述背軛部，且位於上述間隔且與上述定子芯對向；且

上述複數個齒具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

(A2)如(A1)之同步型驅動馬達，其中

相鄰之上述齒所具有之上上述前端部之間之周向間隙大於上述前端部之周向寬度。

(A3)如(A1)或(A2)之同步型驅動馬達，其中

上述定子芯包括6個以上之齒，且

上述6個以上之齒之各者具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

(A4)如(A1)至(A3)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和且小於上述齒之周向寬度最大之部分之周向寬度的周向寬度。

(A5)如(A1)至(A4)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度，且具有大於上述前端部之周向寬度之軸向厚度。

(A6)如(A1)至(A5)中任一項之同步型驅動馬達，其中

於沿上述同步型驅動馬達之旋轉軸線觀察上述前端部時，捲繞

於上述齒之上述繞組之周向外緣位於較上述齒之上述前端部之周向外緣更外側。

(A7)如(A1)至(A6)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向之上述定子之外側，

上述齒具有與設置於徑向之上述定子之外側之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

(A8)如(A1)至(A6)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向之上述定子之內側，

上述齒具有與設置於徑向之上述定子之內側之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

(A9)如(A1)至(A6)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述轉子係以使上述磁鐵面相對於上述齒於上述轉子之旋轉軸線方向上對向之方式配置，

上述齒具有與上述磁鐵面於上述旋轉軸線方向上對向之前端部，且上述前端部具有數量設置得多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

(A10)如(A1)至(A9)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由稀土類磁鐵所形成，

上述齒具有與由上述稀土類磁鐵所形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周

向寬度。

(A11)如(A1)至(A9)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由鐵氧體磁鐵所形成，

上述齒具有與由上述鐵氧體磁鐵形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

(A12)一種驅動單元，其包括：

如(A1)至(A11)中任一項之同步型驅動馬達；及

控制裝置，對上述繞組供給包含d軸電流成分之驅動電流。

(B1)一種同步型驅動馬達，

上述同步型驅動馬達包括：

定子，其包括於周向空出槽而設置之複數個齒之定子芯及通過上述槽之繞組，且上述複數個齒之全部具有捲繞有上述繞組之部分；以及

轉子；該轉子包含：複數個永久磁鐵部，其等沿周向空出間隔而配置，且各者具有朝向上述定子芯之磁鐵面；背軛部，其設置於上述定子芯與上述磁鐵面對之方向上之與上述複數個永久磁鐵部之上述磁鐵面為相反側且支持上述複數個永久磁鐵部；及複數個輔助軛部，其等設置於上述背軛部，且位於上述間隔且與上述定子芯對向；且

上述複數個齒具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

(B2)如(B1)之同步型驅動馬達，其中

相鄰之上述齒所具有之上述前端部之間之周向間隙大於上述前

端部之周向寬度。

(B3)如(B1)或(B2)之同步型驅動馬達，其中

上述定子芯包括6個以上之齒，

上述6個以上之齒之各者具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

(B4)如(B1)至(B3)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度且小於上述齒之周向寬度最大之部分之周向寬度的周向寬度。

(B5)如(B1)至(B4)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度，且具有大於上述前端部之周向寬度之軸向厚度。

(B6)如(B1)至(B5)中任一項之同步型驅動馬達，其中

於沿上述同步型驅動馬達之旋轉軸線觀察上述前端部時，捲繞於上述齒之上述繞組之周向外緣位於較上述齒之上述前端部之周向外緣更外側。

(B7)如(B1)至(B6)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向之上述定子之外側，

上述齒具有與設置於徑向之上述定子之外側之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

(B8)如(B1)至(B6)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向之上述定子之內側，

上述齒具有與設置於徑向之上述定子之內側之上述磁鐵面對向

之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

(B9)如(B1)至(B6)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述轉子係以使上述磁鐵面相對於上述齒於上述轉子之旋轉軸線方向上對向之方式配置，

上述齒具有與上述磁鐵面於上述旋轉軸線方向上對向之前端部，且上述前端部具有小於數量設置得多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

(B10)如(B1)至(B9)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由稀土類磁鐵所形成，

上述齒具有與由上述稀土類磁鐵所形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

(B11)如(B1)至(B9)中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由鐵氧體磁鐵所形成，

上述齒具有與由上述鐵氧體磁鐵形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

(B12)一種驅動單元，其包括：

如(B1)至(B11)中任一項之同步型驅動馬達；及

控制裝置，其對上述繞組供給包含d軸電流成分之驅動電流。

【符號說明】

12	車輪
12a	中心軸
12b	外殼
12d	輪圈部

12e	貫通孔
12h	輪轂部
12g	輪輻部
12p	軸承
12r	輪輻連接部
30	轉子
34	背軛部
35、235	輔助軛部
35a	最內端
35p	前端面
35P	輔助軛部
35Q	輔助軛部
36A	感測器
36B	感測器
36C	感測器
37	永久磁鐵部
37a	外周面
37b	磁鐵面
37c	中心位置
37i	極
37o	極
37p	區域
37P	永久磁鐵部
37Q	永久磁鐵部
37Qb	磁鐵面
37R	永久磁鐵部

37Rb	磁鐵面
40、240	定子
43	齒
43a	主體部
43c	前端部
43P	齒
43Pc	前端部
43Q	齒
43Qc	前端部
44	基部
60	支持構件
61	外側圓筒部
62	連結部
63	內側圓筒部
235	輔助軛部
235a	輔助軛部
235b	輔助軛部
235m	中央面
C	旋轉軸線
CT	控制器
D2	距離
d	齒間間隙
E	感應電壓
Fa	吸引力
Fb	吸引力
FL1	交鏈磁通

FL2	交鏈磁通
g	間隔
$I_d \cdot \omega L$	電壓
I_u	電流
I_v	電流
I_w	電流
L_{37}	周向寬度
L_{43}	周向寬度
La_{43}	周向寬度
L_h	和
L_p	和
L_w	寬度
L_x	厚度
N	極
r	直流電阻
S	極
SG、SG2	同步型驅動馬達
SL	槽
ST	定子芯
T	正轉方向
TQ1	轉矩
TQ2	轉矩
TQ21	轉矩
TQ22	轉矩
TQ31	轉矩
TQ32	轉矩

TQ33	轉矩
TQ34	轉矩
Vt	端子電壓
W	繞組
WP	繞組
WQ	繞組
Ws	周向外緣

申請專利範圍

1. 一種同步型驅動馬達，其包括：

定子，其包含具備於周向空出槽而設置之複數個齒之定子芯及通過上述槽之繞組，且上述複數個齒之全部具有捲繞有上述繞組之部分；以及

轉子，其包含：複數個永久磁鐵部，其等沿周向空出間隔而配置，且各者具有朝向上述定子芯之磁鐵面；背軛部，其設置於上述定子芯與上述磁鐵面對之方向上之與上述複數個永久磁鐵部之上述磁鐵面為相反側且支持上述複數個永久磁鐵部；及複數個輔助軛部，其等設置於上述背軛部，位於上述間隔且與上述定子芯對向；且

上述複數個齒具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度；且

上述輔助軛部之最內端之面中至少位於最靠徑向內側之部分位於較上述永久磁鐵部之徑向中心位置更內側。

2. 如請求項1之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之一半之和的周向寬度。

3. 如請求項1之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度的周向寬度。

4. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

相鄰之上述齒所具有之上述前端部之間之周向間隙大於上述

前端部之周向寬度。

5. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述定子芯包括6個以上之齒，

上述6個以上之齒之各者具有與上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

6. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和且小於上述齒之周向寬度最大之部分之周向寬度的周向寬度。

7. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端部之周向寬度之和的周向寬度，且具有大於上述前端部之周向寬度之軸向厚度。

8. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

於沿上述同步型驅動馬達之旋轉軸線觀察上述前端部時，捲繞於上述齒之上述繞組之周向外緣位於較上述齒之上述前端部之周向外緣更外側。

9. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向上之上述定子之外側，

上述齒具有與設置於徑向上之上述定子之外側之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

10. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部配置於徑向上之上述定子之內側，

上述齒具有與設置於徑向上之上述定子之內側之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

11. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述轉子係以使上述磁鐵面相對於上述齒於上述轉子之旋轉軸線方向上對向之方式配置，

上述齒具有與上述磁鐵面於上述旋轉軸線方向上對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

12. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由稀土類磁鐵所形成，

上述齒具有與由上述稀土類磁鐵所形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

13. 如請求項1至3中任一項之同步型驅動馬達，其中

上述永久磁鐵部係由鐵氧體磁鐵所形成，

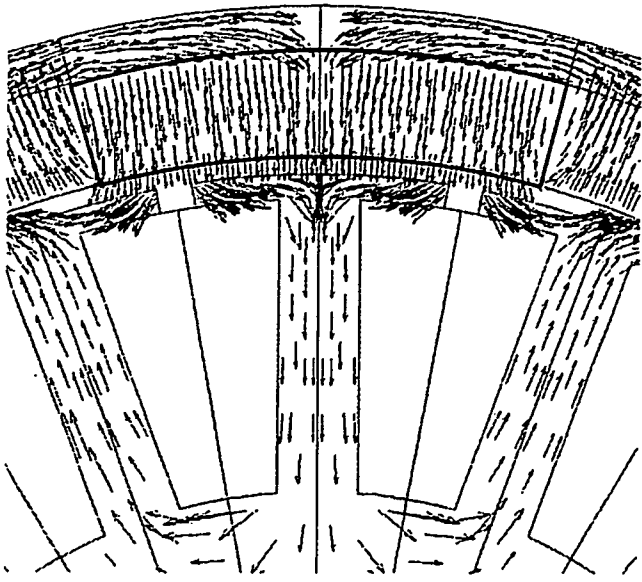
上述齒具有與由上述鐵氧體磁鐵形成之上述磁鐵面對向之前端部，且上述前端部具有小於數量多於上述複數個齒之數量之上述磁鐵面之周向寬度與上述輔助軛部之前端面之周向寬度之和的周向寬度。

14. 一種驅動單元，其包括：

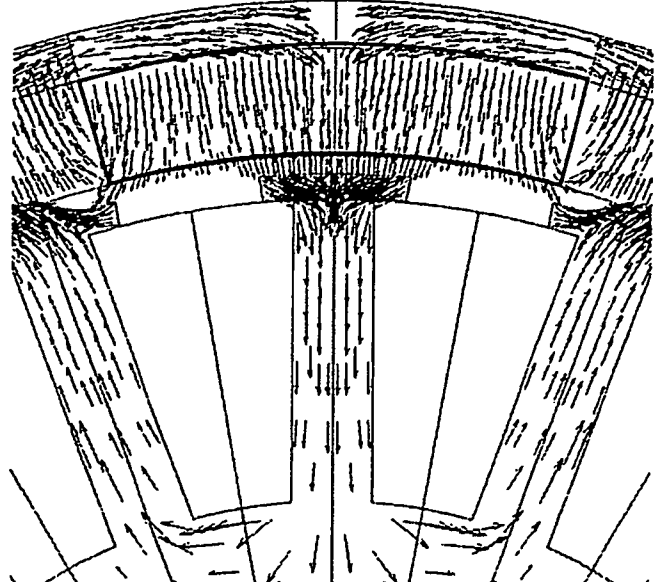
如請求項1至13中任一項之同步型驅動馬達；及

控制裝置，其對上述繞組供給包含d軸電流成分之驅動電流。

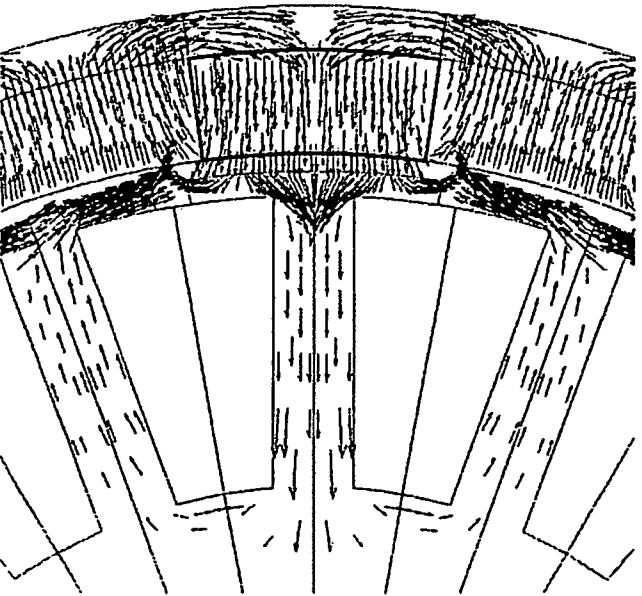
圖式



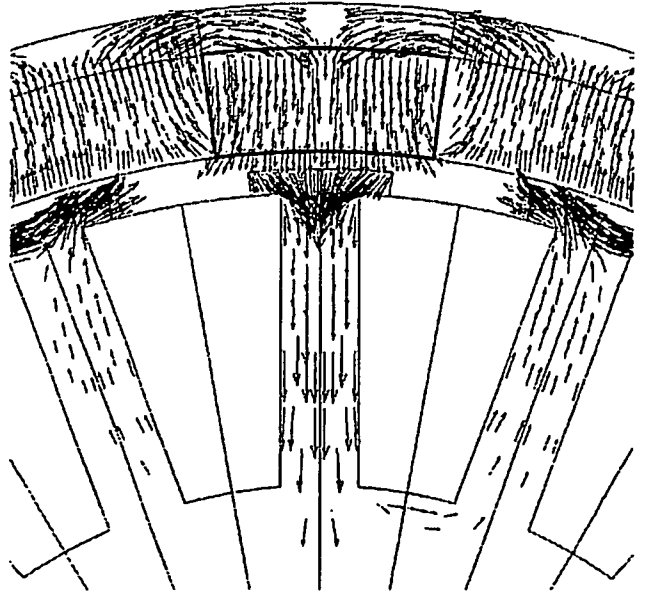
(a)



(b)



(c)



(d)

圖1

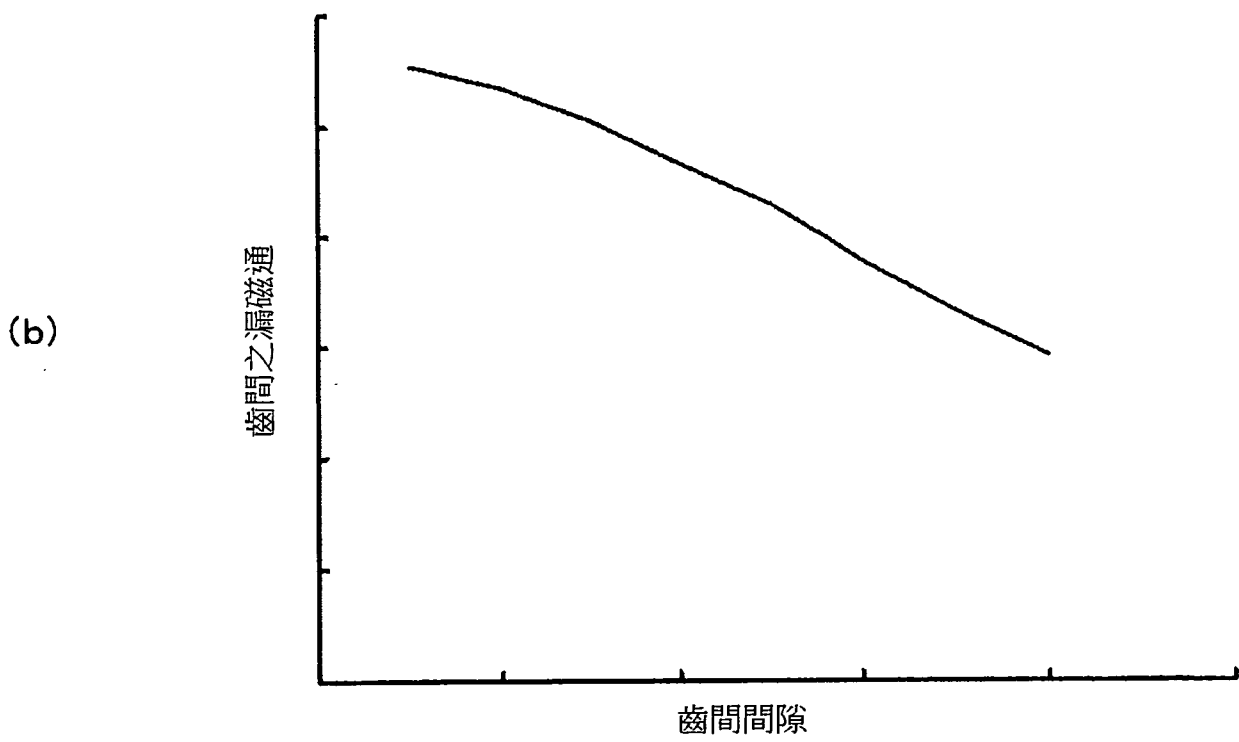
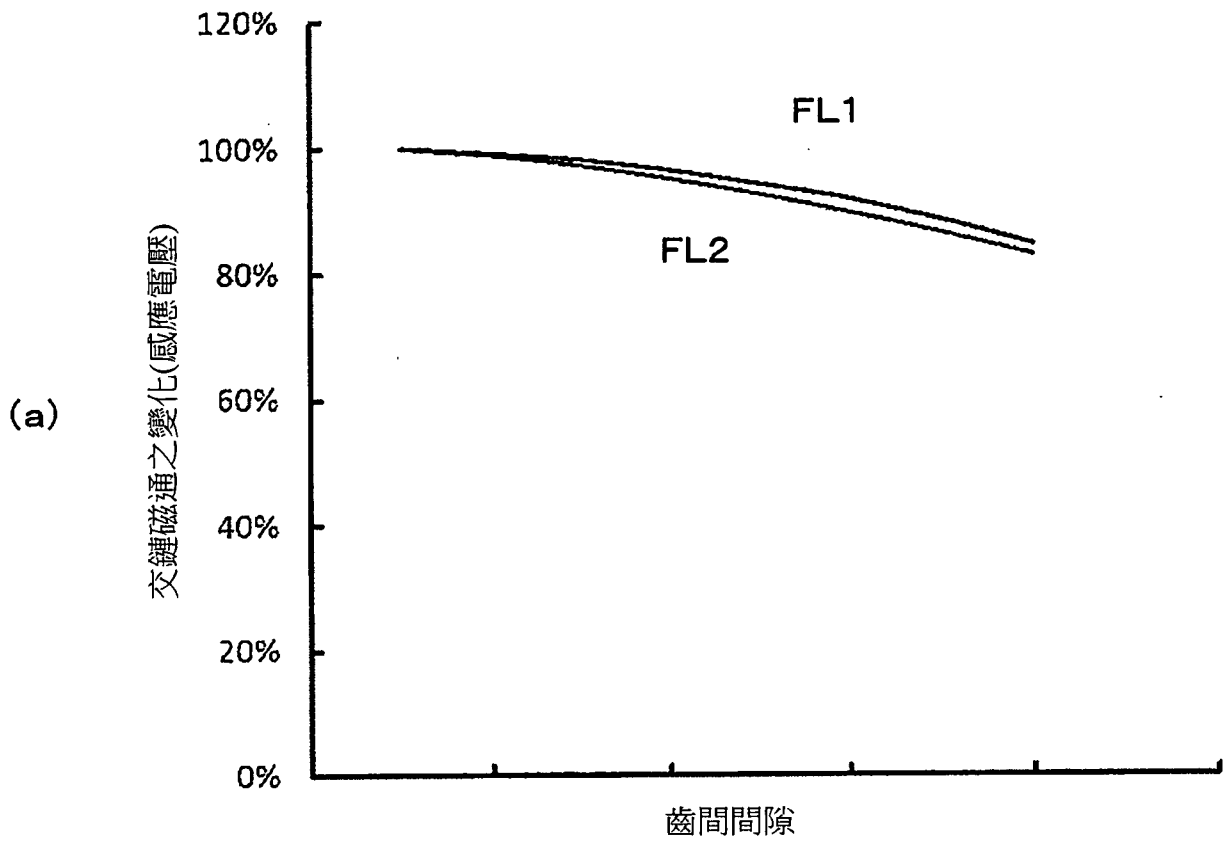
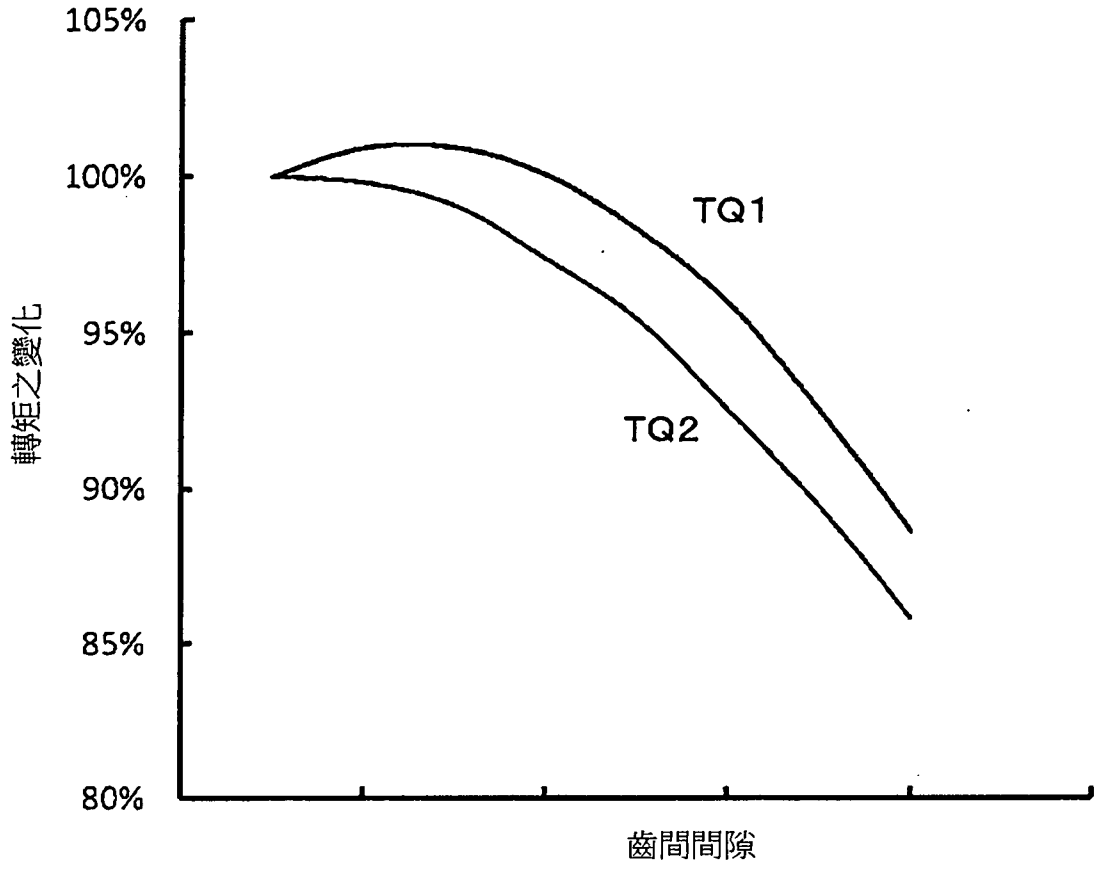


圖2

(a)



(b)

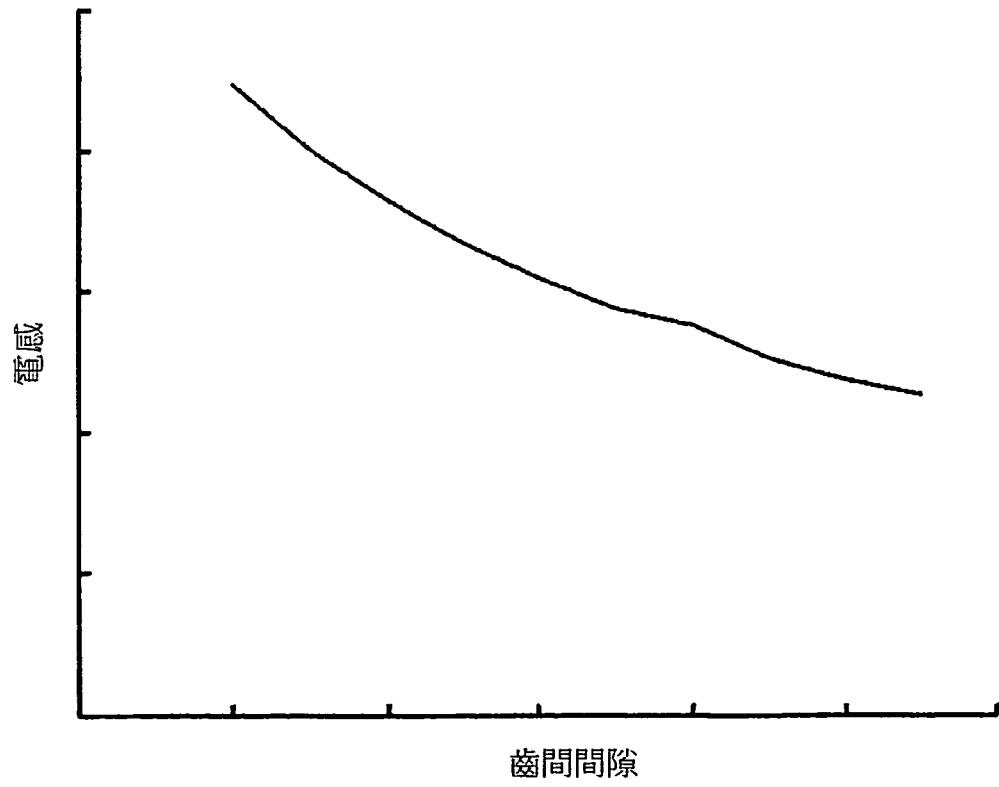


圖3

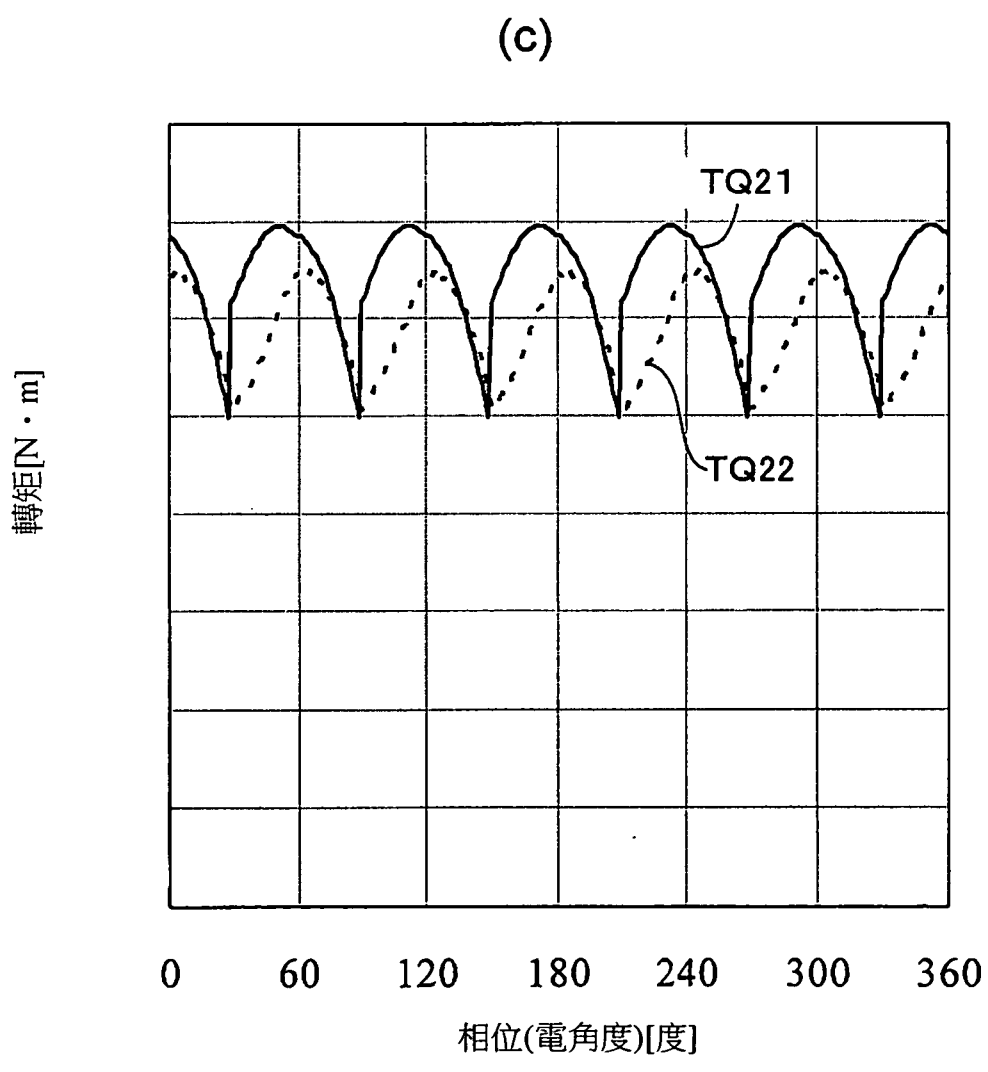
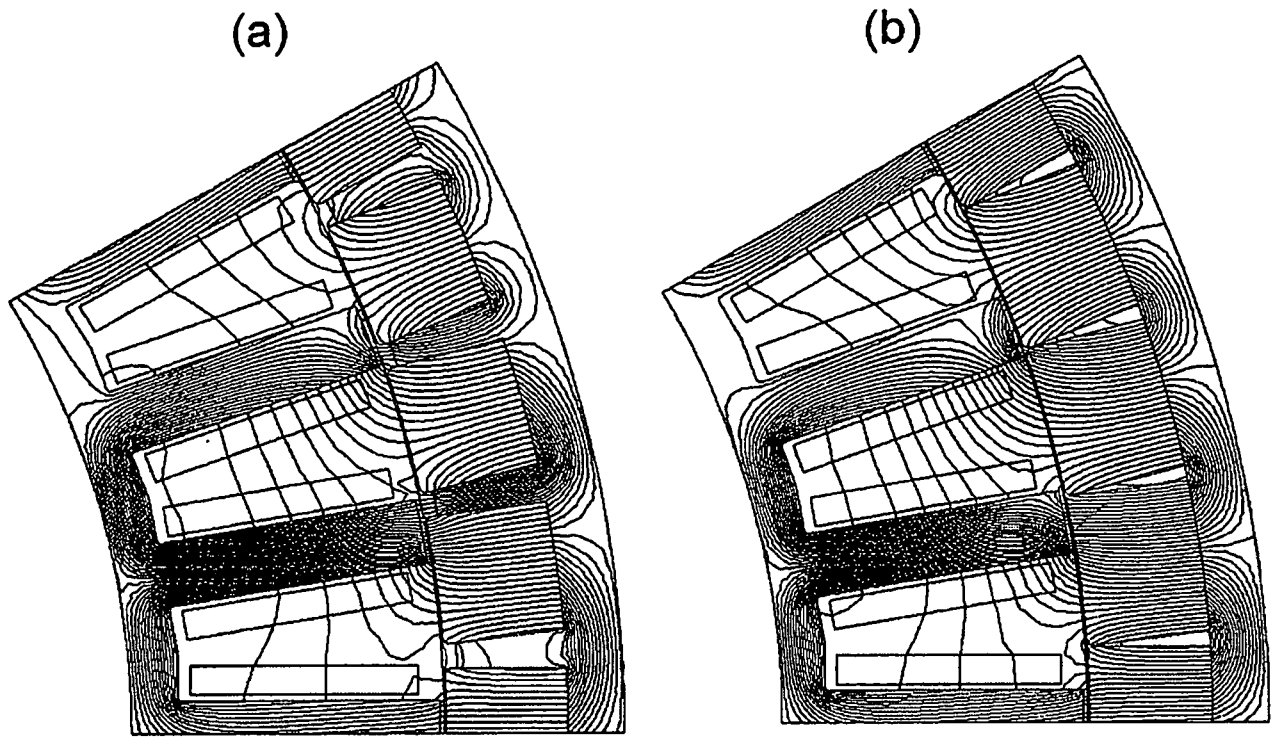
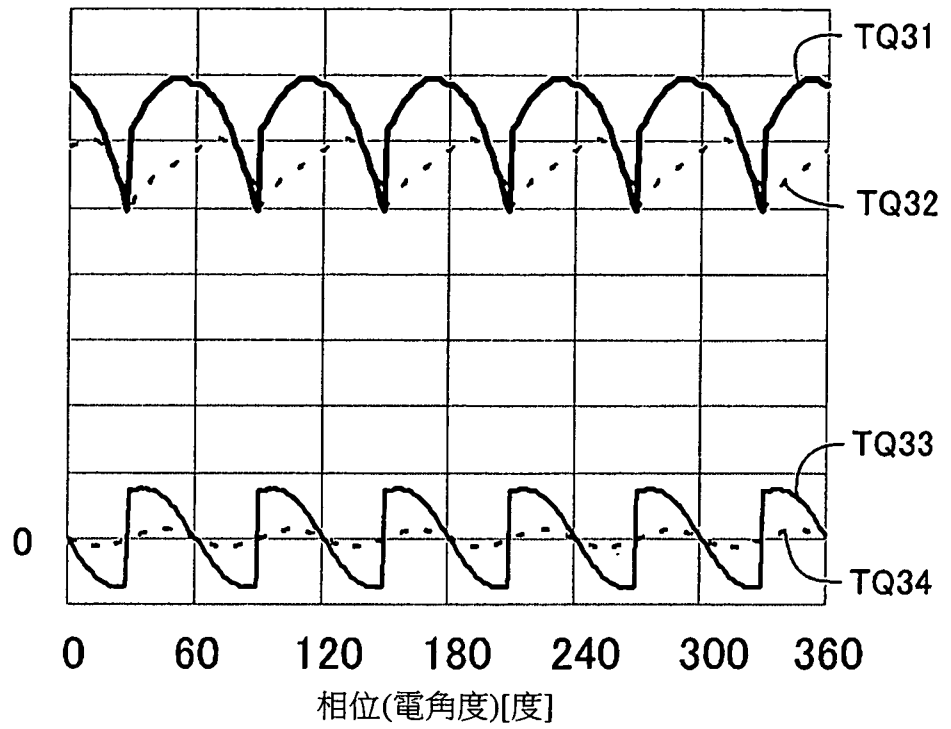


圖4

(a)

轉矩[N · m]



(b)

電流

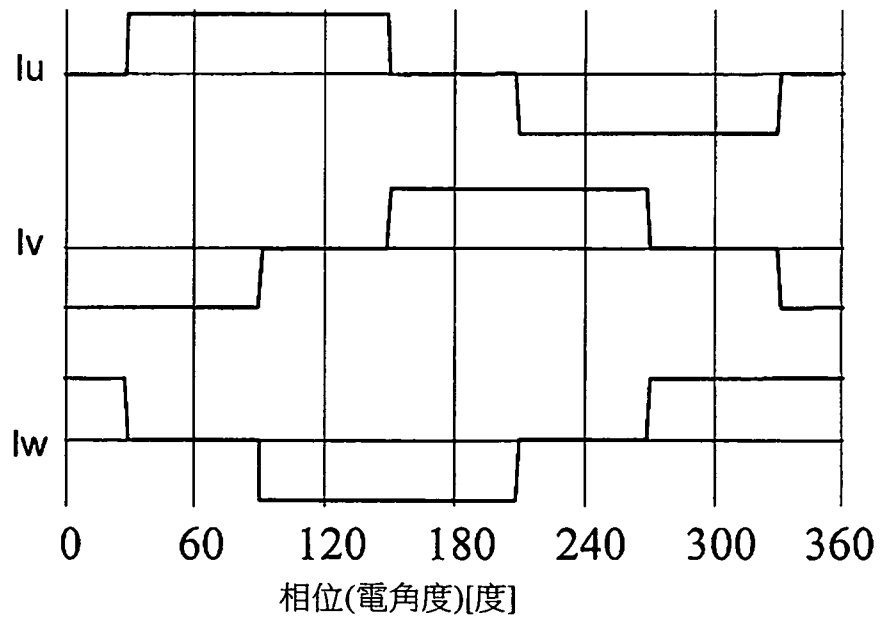


圖5

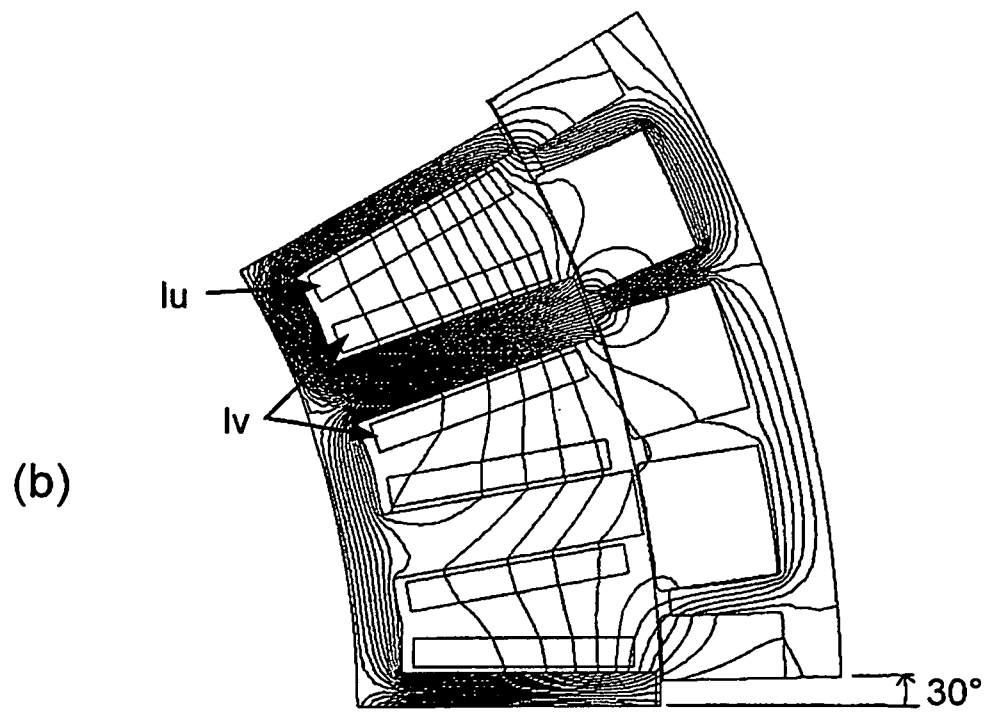
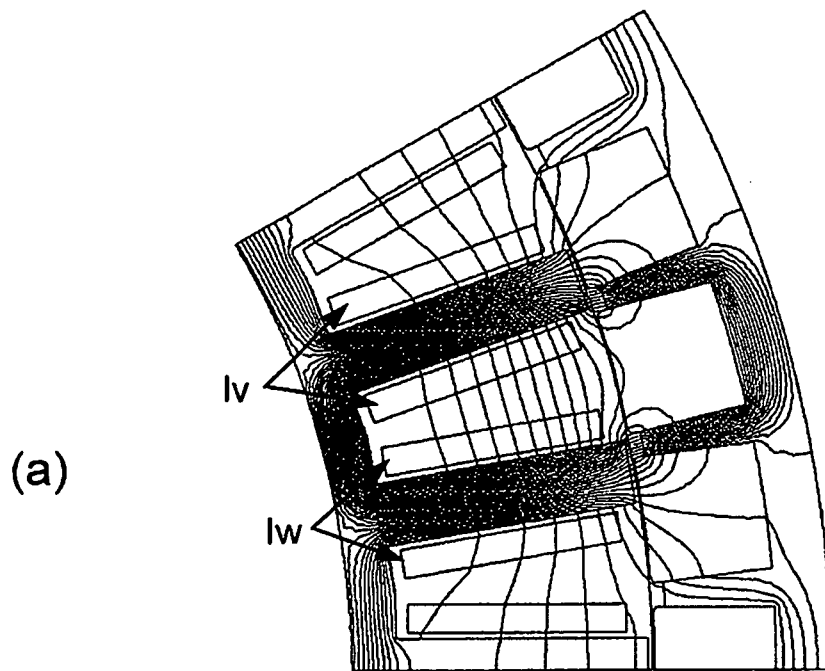


圖6

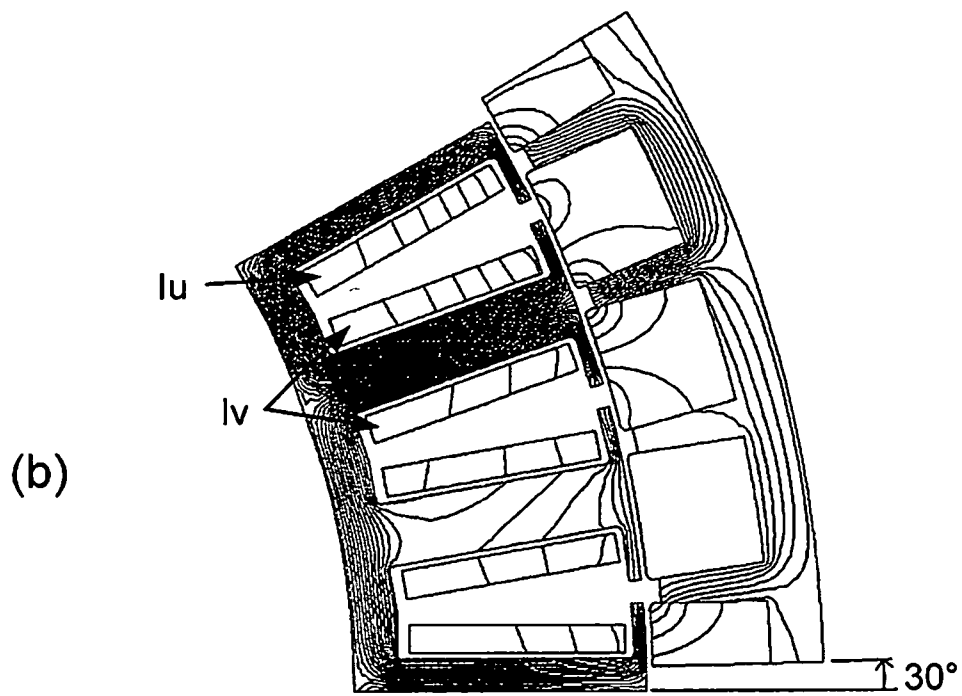
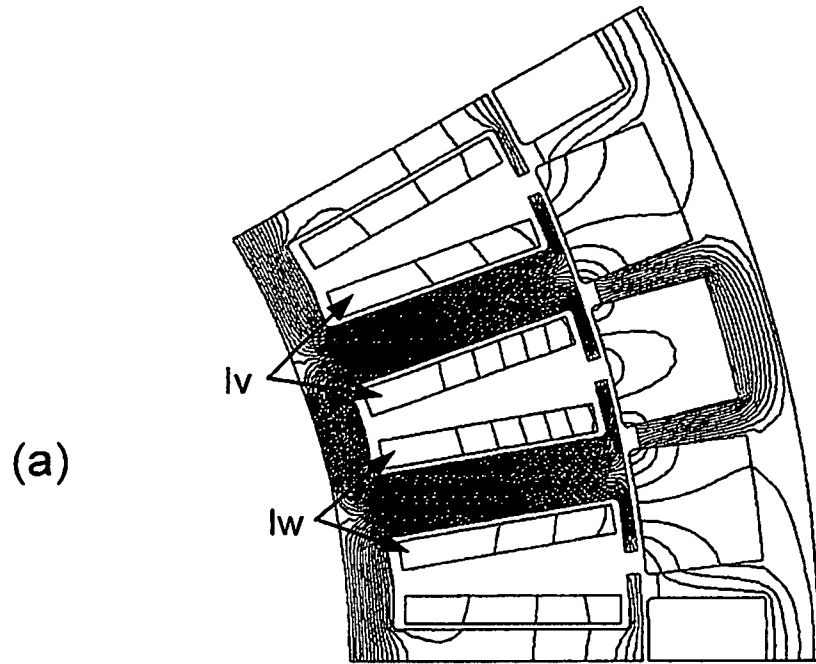


圖7

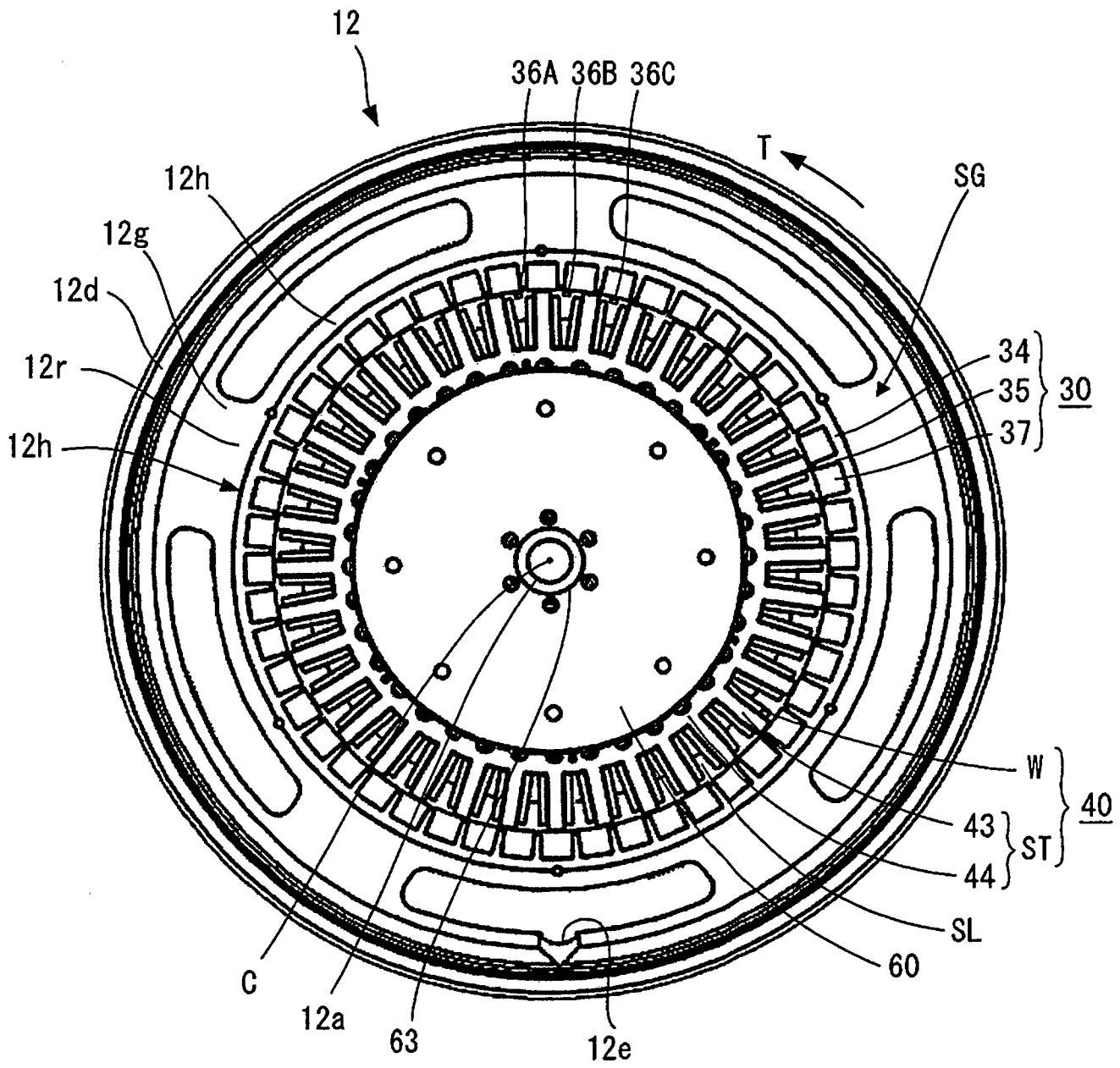


圖8

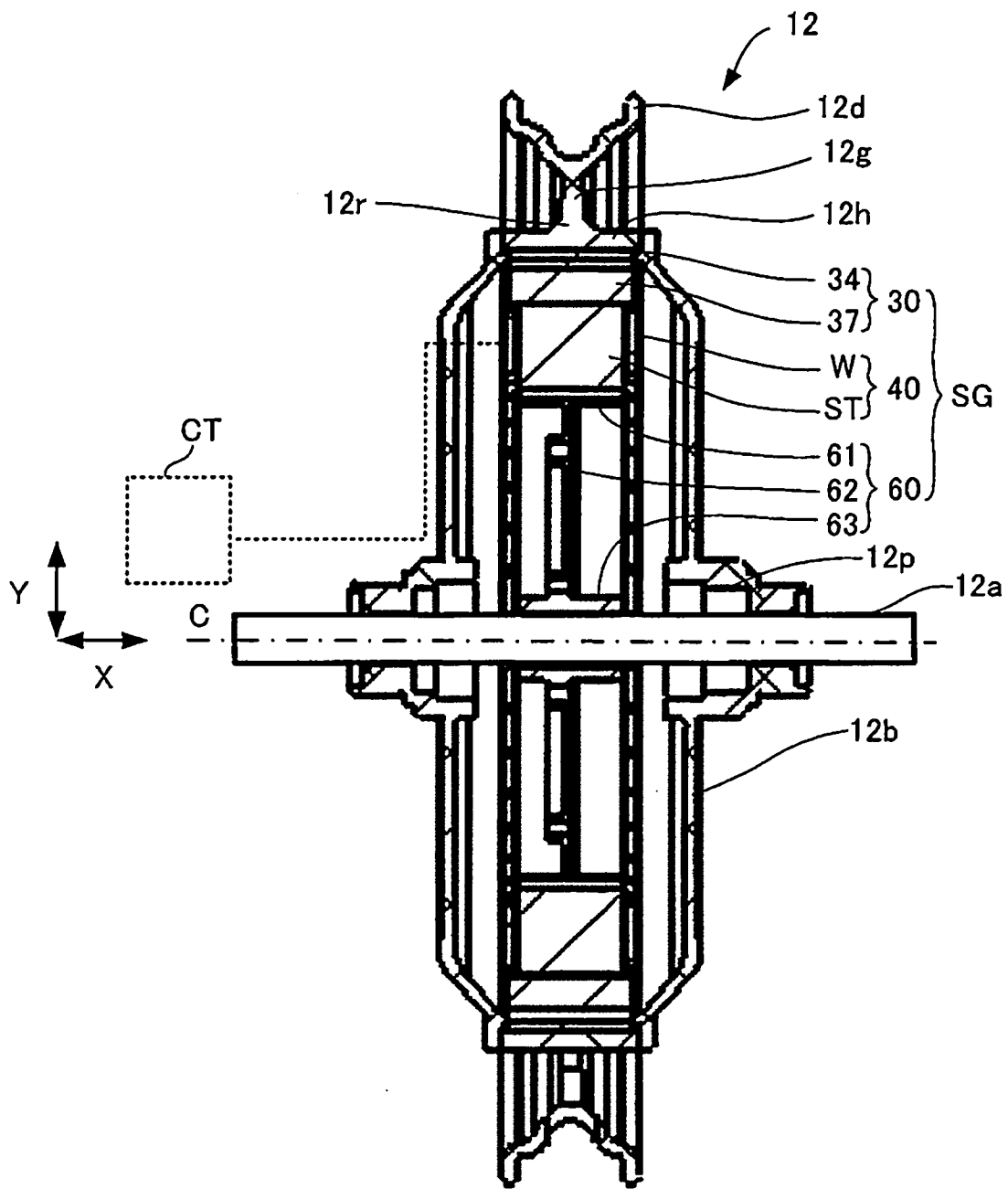
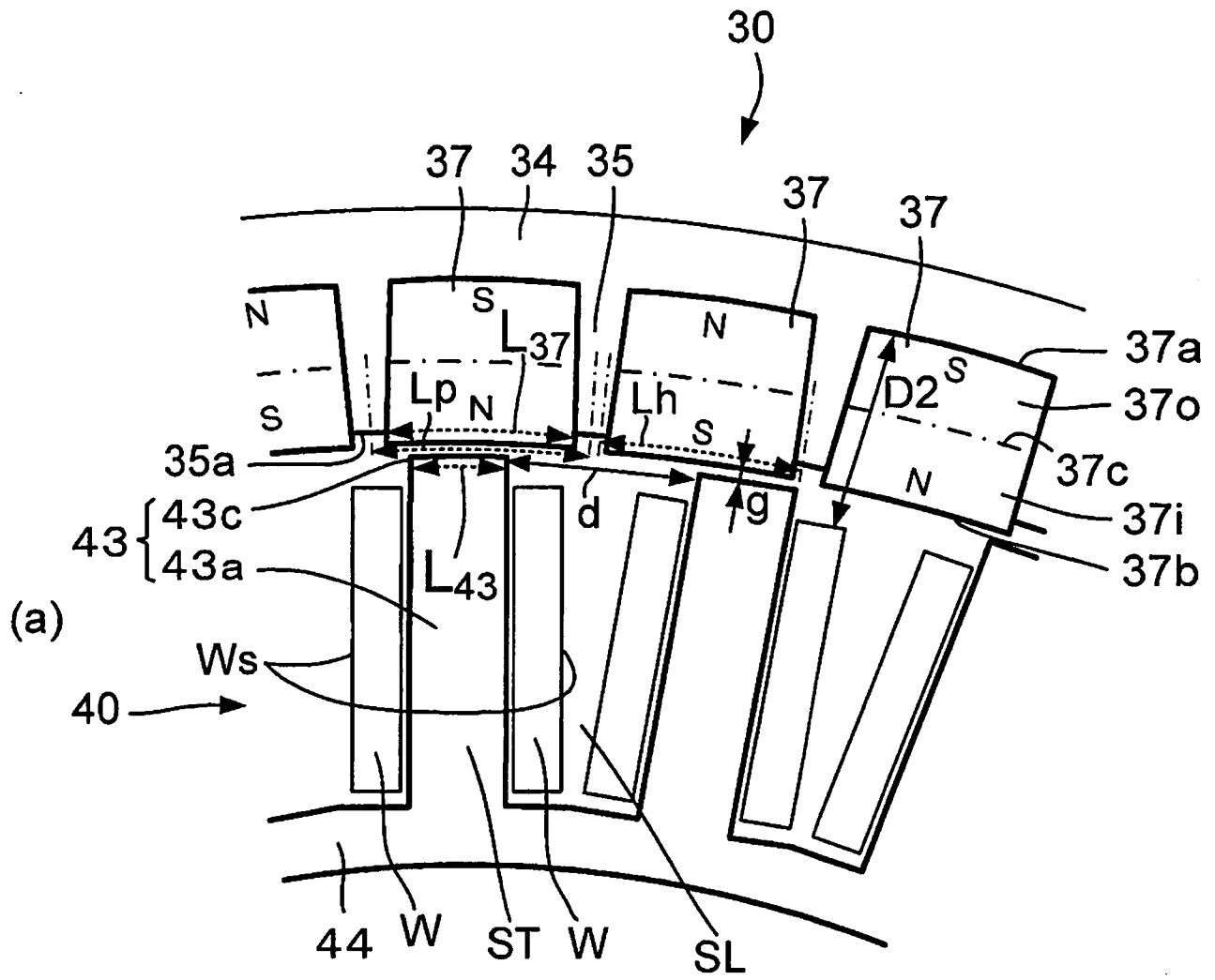


圖9



(a)

(b)

圖10

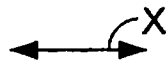
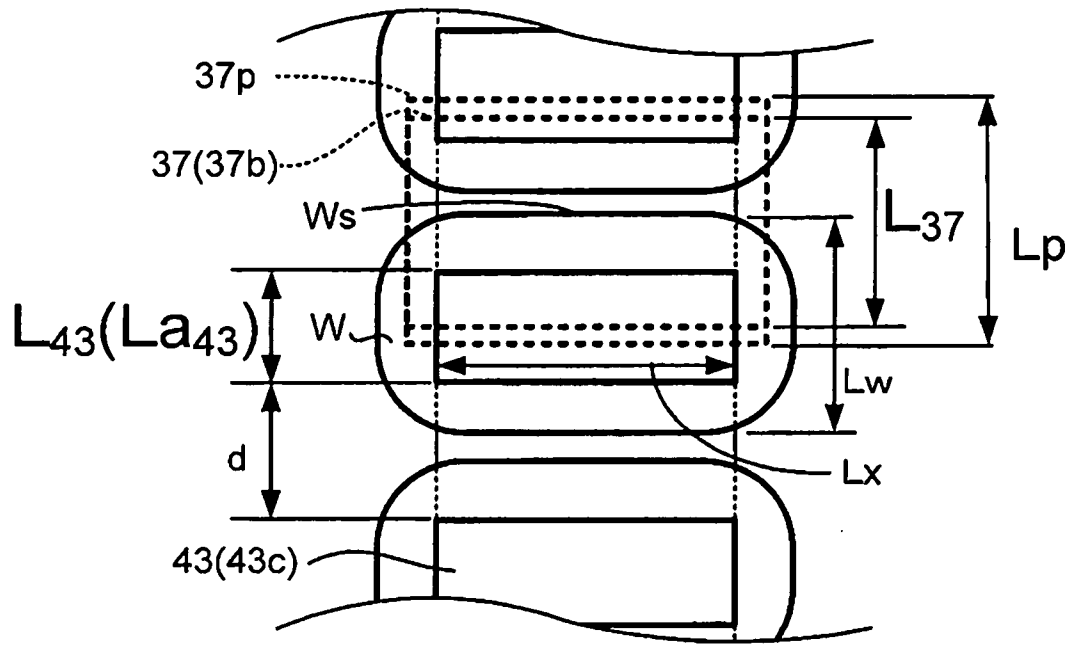


圖11

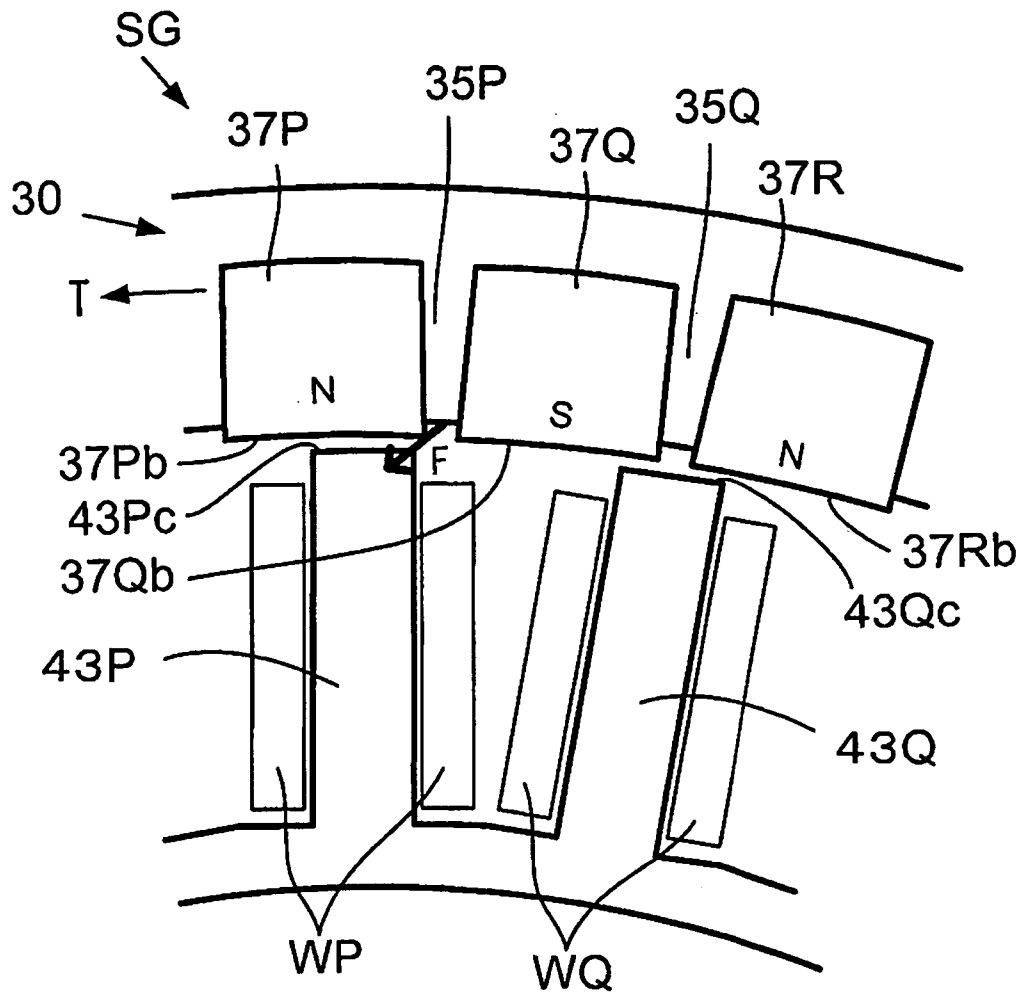


圖12

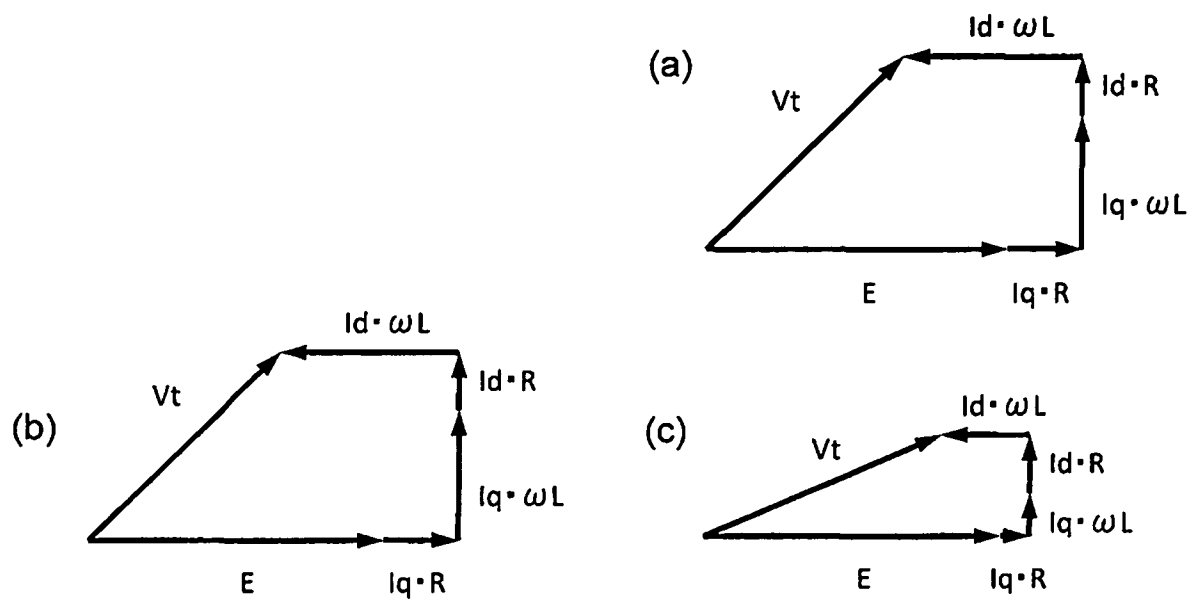


圖13

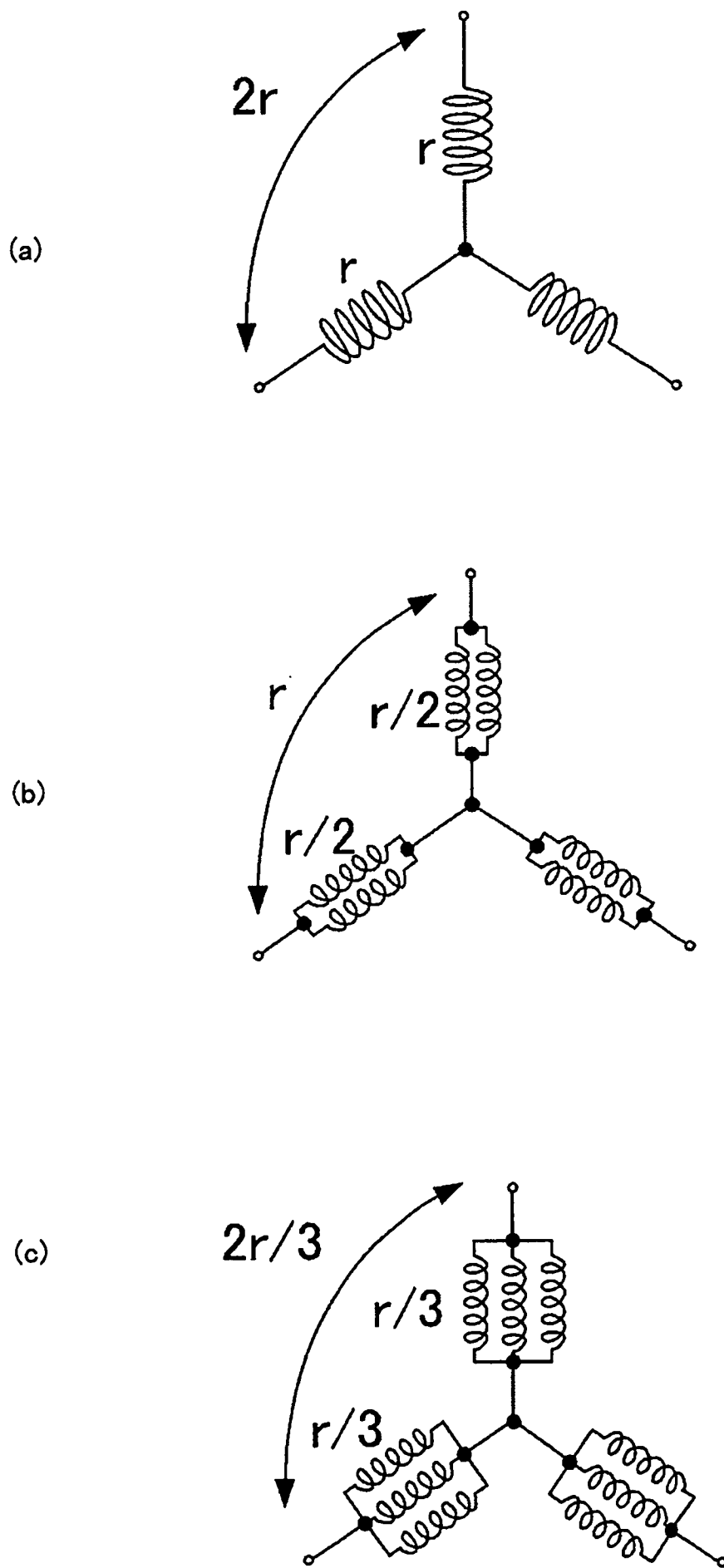
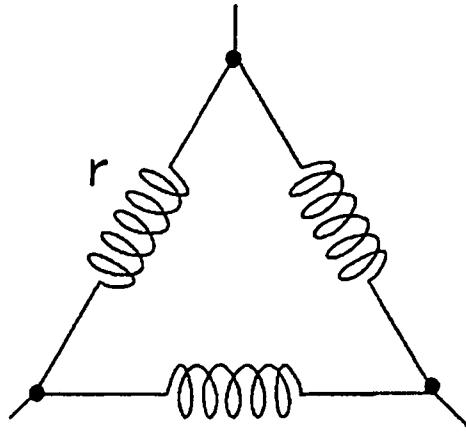
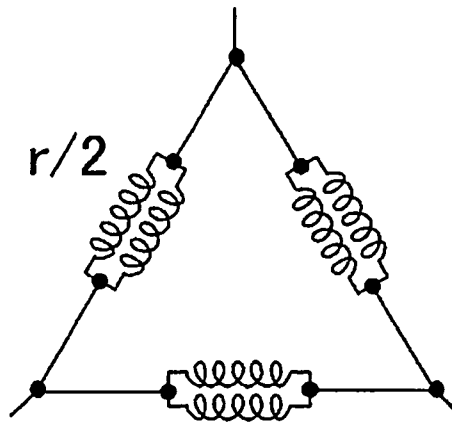


圖14

(a)



(b)



(c)

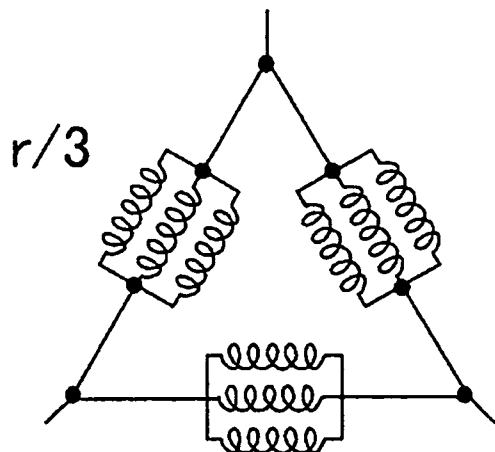


圖15

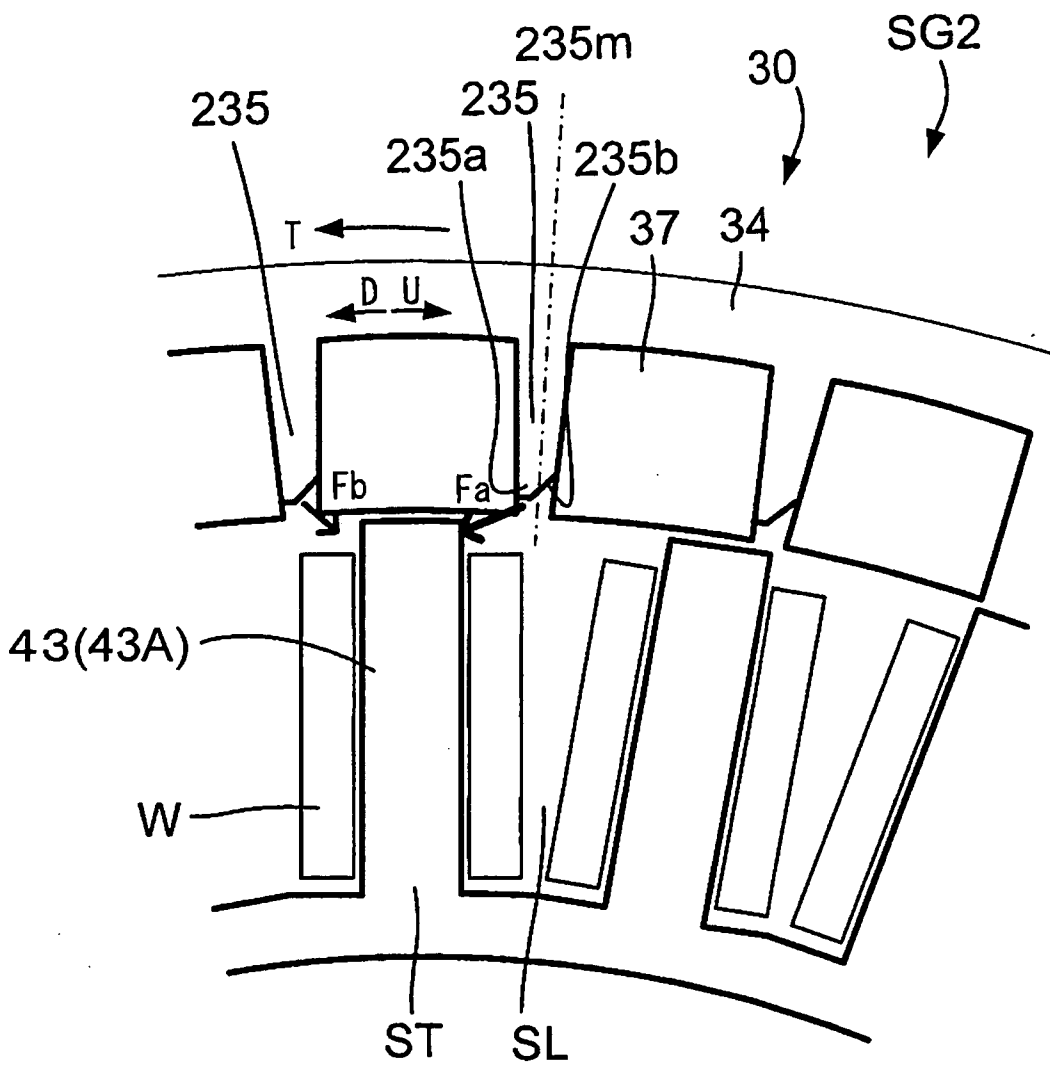


圖16

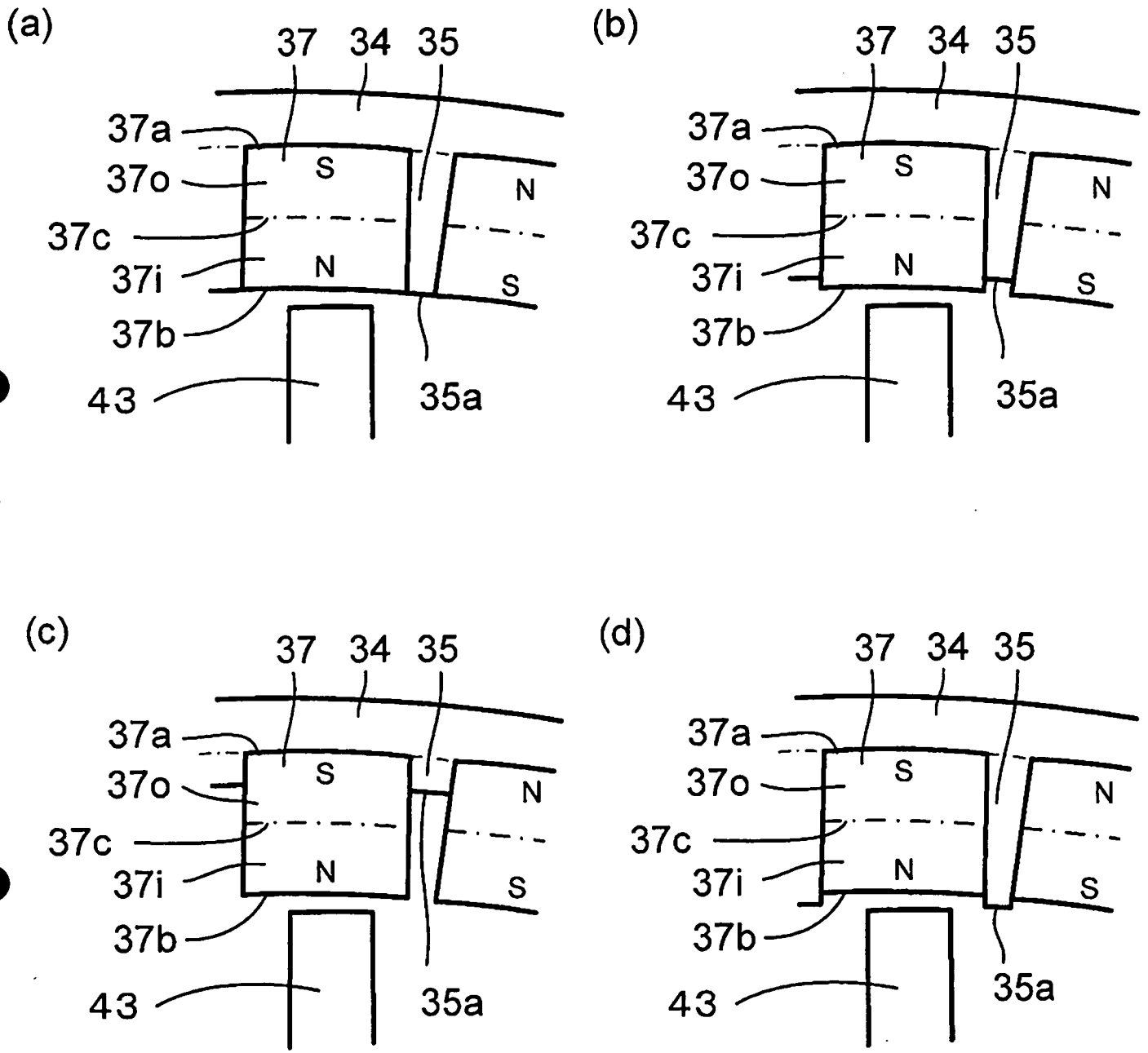


圖17