

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2022年3月3日(03.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/044223 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02K 1/08 (2006.01) H02K 3/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/032460
- (22) 国際出願日: 2020年8月27日(27.08.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社 I H I (IHI CORPORATION) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 Tokyo (JP). 国立大学法人北海道大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION HOKKAIDO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒0600808 北海道札幌市北区北8条西5丁目 Hokkaido (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 史典 (SUZUKI Fuminori); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 軸丸 武弘(JIKUMARU Takehiro); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H

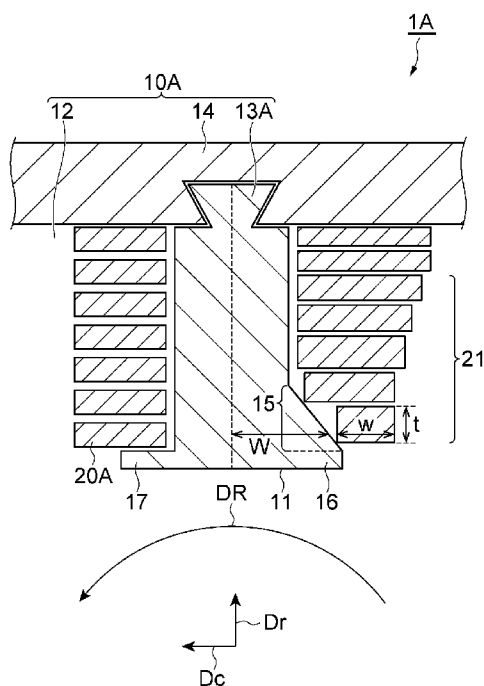
I 内 Tokyo (JP). 山口 浩二 (YAMAGUCHI Koji); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 赤松 陽介(AKAMATSU Yosuke); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内 Tokyo (JP). 竹本 真紹(TAKEMOTO Masatsugu); 〒0600808 北海道札幌市北区北8条西5丁目 国立大学法人北海道大学内 Hokkaido (JP). 真鍋 翔(MANABE Sho); 〒0600808 北海道札幌市北区北8条西5丁目 国立大学法人北海道大学内 Hokkaido (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiaki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: STATOR

(54) 発明の名称: 固定子



(57) Abstract: This stator comprises: a stator core having a plurality of slots that opens on an inner peripheral surface and a plurality of teeth formed between the slots adjacent to each other; and a flat coil wound around each of the teeth. In a cross-sectional view obtained with a cross section orthogonal to the axis of rotation of a rotor surrounded by the stator core, the teeth include a widening portion that widens in the circumferential direction of the inner peripheral surface as the inner peripheral surface is approached.

(57) 要約: 固定子は、内周面に開口する複数のスロットと、互いに隣接するスロットの間に形成された複数のティースとを有する固定子鉄心と、ティースのそれぞれに巻回された平角コイルとを備える。固定子鉄心が圍繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、ティースは内周面に近づくほど内周面の周方向の幅増大する拡幅部を含む。



WO 2022/044223 A1

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：固定子

### 技術分野

[0001] 本開示は、固定子に関するものである。

### 背景技術

[0002] 特許文献1には、電動機の電機子の例として固定子が開示されている。特許文献1の固定子は、内周面に開口する複数のスロットと、互いに隣接するスロットの間に形成された複数のティースとを有する固定子鉄心と、ティースのそれぞれに巻回され、断面が円形のコイルとを備える。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開昭62-203527号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、電動機には、小型かつ大出力が求められる。従って、電動機のエネルギー効率を高めることは重要である。電動機のエネルギー効率を高めるための技術の一つとして、コイルの占積率を向上させることが従来から知られている。一般的に断面が矩形状の平角コイルを用いてコイルを構成することで占積率が向上させられている。しかし、平角コイルを用いた電動機では、平角コイルの表面積が大きいため、回転子が回転したときに永久磁石等からの磁束が平角コイルに到達すると、渦電流が発生する。そのため、渦電流損が大きくなり、電動機のエネルギー効率を低下させる場合がある。

[0005] そこで本開示は、平角コイルで発生する渦電流損を低減することができる固定子を提供することを説明する。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様に係る固定子は、内周面に開口する複数のスロットと、互いに隣接するスロットの間に形成された複数のティースと、を有する固定子

鉄心と、ティースのそれぞれに巻回された平角コイルとを備え、固定子鉄心が囲繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、ティースは、内周面に近づくほど内周面の周方向の幅が増大する拡幅部を含む。

### 発明の効果

[0007] 本開示の固定子によれば、平角コイルで発生する渦電流損を低減することができる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]第1実施形態に係る固定子を備えた電動機の回転子の回転軸に直交する断面による断面視である。

[図2]第1実施形態に係る固定子の1つのティース及び1つのティースに巻回された平角コイルの近傍の回転子の回転軸に直交する断面による断面視である。

[図3]従来の固定子の1つのティース及び1つのティースに巻回された平角コイルの近傍の回転子の回転軸に直交する断面による断面視である。

[図4]第2実施形態に係る固定子の1つのティース及び1つのティースに巻回された平角コイルの近傍の回転子の回転軸に直交する断面による断面視である。

[図5]第3実施形態に係る固定子を備えた電動機の回転子の回転軸に直交する断面による断面視である。

[図6]第3実施形態に係る固定子の1つのティース及び1つのティースに巻回された平角コイルの近傍の磁束を示す回転子の回転軸に直交する断面による断面視である。

[図7]第3実施形態に係る固定子の1つのティースの近傍の回転子の回転軸に直交する断面による断面視である。

[図8]図7のティースのロットに対向する面の各点における曲率を示すグラフである。

[図9]第4実施形態に係る固定子の1つのティース及び1つのティースに巻回された平角コイルの近傍の回転子の回転軸に直交する断面による断面視であ

る。

### 発明を実施するための形態

- [0009] 本開示の一態様に係る固定子は、内周面に開口する複数のスロットと、互いに隣接するスロットの間に形成された複数のティースと、を有する固定子鉄心と、ティースのそれぞれに巻回された平角コイルとを備え、固定子鉄心が囲繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、ティースは、内周面に近づくほど内周面の周方向の幅が増大する拡幅部を含む。
- [0010] 本開示の固定子によれば、内周面に開口する複数のスロットと、互いに隣接するスロットの間に形成された複数のティースとを有する固定子鉄心と、ティースのそれぞれに巻回された平角コイルとを備えた固定子において、固定子鉄心が囲繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、ティースは内周面に近づくほど内周面の周方向の幅が増大する拡幅部を含む。このため、磁束飽和を発生し難くし、漏れ磁束を低減し、平角コイルで発生する渦電流損を低減することができる。
- [0011] いくつかの態様において、平角コイルは、拡幅部よりも内周面から離隔した位置でティースのそれぞれに巻回されていてもよい。
- [0012] この構成によれば、平角コイルは、拡幅部よりも内周面から離隔した位置でティースのそれぞれに巻回されている。このため、平角コイルに透過する磁束を低減し、平角コイルで発生する渦電流損をより低減することができる。
- [0013] いくつかの態様において、平角コイルは、内周面に近い巻回ほど内周面の周方向の幅が減少する減幅部を含み、固定子鉄心が囲繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、ティースに回転する回転子が接近する側の接近側部と、ティースに回転する回転子が離脱する側の離脱側部とにティースを二分割したときに、接近側部は、内周面に近づくほど内周面の周方向の幅が連続して増大する拡幅部を含み、減幅部は、接近側部に巻回されていてもよい。
- [0014] この構成によれば、平角コイルは内周面に近い巻回ほど内周面の周方向の

幅が減少する減幅部を含み、固定子鉄心が囲繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、ティースに回転する回転子が接近する側の接近側部と、ティースに回転する回転子が離脱する側の離脱側部とにティースを二分割したときに、接近側部は、内周面に近づくほど内周面の周方向の幅が連続して増大する拡幅部を含み、減幅部は接近側部に巻回されている。このため、磁束が飽和し易い接近側部で磁束飽和を発生し難くし、漏れ磁束をより低減し、平角コイルで発生する渦電流損をより低減することができる。

[0015] いくつかの態様において、離脱側部は、内周面に近づくほど内周面の周方向の幅が連続して増大する拡幅部を含み、減幅部は、接近側部及び離脱側部に巻回されていてもよい。

[0016] この構成によれば、接近側部に加えて離脱側部も内周面に近づくほど内周面の周方向の幅が連続して増大する拡幅部を含み、減幅部は接近側部及び離脱側部の両方に巻回されている。このため、接近側部及び離脱側部の両方で磁束飽和を発生し難くし、漏れ磁束をより低減し、平角コイルで発生する渦電流損をより低減することができる。

[0017] いくつかの態様において、減幅部では、内周面の周方向の幅が減少するほど、内周面の径方向の厚さが増大してもよい。

[0018] この構成によれば、減幅部では、内周面の周方向の幅が減少するほど、内周面の径方向の厚さが増大する。このため、平角コイルの断面積の変動を低減することにより、平角コイルの各部の抵抗値のばらつきを低減することができる。

[0019] いくつかの態様において、平角コイルの内周面の周方向の幅と、平角コイルの径方向の厚さとの積が一定でもよい。

[0020] この構成によれば、平角コイルの内周面の周方向の幅と、平角コイルの径方向の厚さとの積が一定である。このため、平角コイルの断面積を一定にすることにより、平角コイルの各部の抵抗値を同一にすることができる。

[0021] いくつかの態様において、平角コイルは、拡幅部よりも内周面から離隔した位置でティースのそれぞれに巻回されている場合には、拡幅部に隣接した

冷却配管をさらに備えてもよい。

- [0022] この構成によれば、拡幅部に隣接した冷却配管をさらに備えるため、ティースの拡幅部の周囲のスペースを有効活用することによって、電動機の体格の増加を抑えつつ、平角コイルで発生する渦電流損をより低減することができる。
- [0023] 以下、本開示の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1に示されるように、本開示の第1実施形態に係る固定子1Aを備えた電動機80は、固定子1Aに囲繞されつつ、回転軸51の周りに回転する回転子50を備える。電動機80は、例えば、航空宇宙の分野に適用され、例えば、燃料ポンプの動力に適用される。電動機80は、直流電動機でも交流電動機でもよい。電動機80が直流電動機である場合には、電動機80は、例えば、電磁石界磁形整流子電動機でもよい。電動機80が交流電動機である場合には、電動機80は、例えば、同機電動機及び交流整流子電動機でもよい。
- [0024] 固定子1Aは、固定子鉄心10Aと平角コイル20Aとを備える。固定子鉄心10Aは、固定子1Aの内周面11に開口する複数のスロット12と、互いに隣接するスロット12の間に形成された複数のティース13Aとを有する。ティース13Aのそれぞれは、バックヨーク14に固定されている。本実施形態では、製造性を考慮し、固定子鉄心10Aは分割コアである。バックヨーク14の外側は、不図示のケースにより囲繞されている。
- [0025] 平角コイル20Aは、ティース13Aのそれぞれに巻回されている。平角コイル20Aは、平角コイル20Aの巻回方向に垂直な横断面視で四辺形状を有する巻線である。なお、以下の説明及び図示では、内周面11の周方向Dcと内周面11の径方向Drとを基準にして説明する。
- [0026] 図2に示すように、固定子鉄心10Aが囲繞する回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13Aは、内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅Wが増大する拡幅部15を含む。一方、平角コイル20Aは、内周面11に近い巻回ほど内周面11の周方向Dcの幅wが減少する減幅部21を含む。

[0027] 固定子鉄心10Aが囲繞する回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13Aに回転する回転子50が接近する側の接近側部16と、ティース13Aに回転する回転子50が離脱する側の離脱側部17とにティース13Aは二分割されることができる。ティース13Aに回転する回転子50が接近する側とは、回転子50の回転方向DRとは反対方向の側である。ティース13Aに回転する回転子50が離脱する側とは、回転子50の回転方向DRの側である。二分割とは、例えば、回転子50の回転軸51を含む面で二分割されることを意味する。なお、二分割とは、ティース13Aが二分割された接近側部16と離脱側部17とを想定可能であればよく、ティース13Aが二分割された接近側部16と離脱側部17との別個の部材から構成されていることを要しない。

[0028] ティース13Aの接近側部16は、内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅Wが連続して増大する拡幅部15を含む。幅Wが連続して増大するとは、例えば、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、径方向Drに平行な線及び径方向Drに直交する線により拡幅部15のスロット12の側の面が示されないことを意味する。一方、ティース13Aの離脱側部17では、内周面11からの距離に関わらず内周面11の周方向Dcの幅Wは一定である。平角コイル20Aの減幅部21は、接近側部16に巻回されている。一方、離脱側部17では、いずれの巻回も内周面11の周方向Dcの幅wは一定である。回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13A及び平角コイル20Aは非対称である。

[0029] 減幅部21では、内周面11の周方向Dcの幅wが減少するほど、内周面11の径方向Drの厚さtが増大する。また、平角コイル20Aの内周面11の周方向Dcの幅wと、平角コイル20Aの径方向Drの厚さtとの積が一定である。つまり、平角コイル20Aでは、平角コイル20Aの巻回方向に垂直な横断面による断面積は一定である。

[0030] なお、このような平角コイル20Aの各部で幅wと厚さtとが変動し、幅wと厚さtとの積が一定である平角コイル20Aを製造する際には、例えば

、1回の巻回ごとに所望の幅 $w$ と厚さ $t$ とを有する1枚の板材が形成される。それらの板材は厚さ $t$ の方向に積層されつつ互いに接合される。それらの板材の互いに接合される部位以外の部位は互いに絶縁される。このようにして、本実施形態の平角コイル20Aを製造することができる。平角コイル20Aがティース13Aに組付けられた後に、ティース13Aはバックヨーク14に固定される。

[0031] 本実施形態では、拡幅部15は、ティース13Aの接近側部16の内周面11の側の一部分に形成されている。また、本実施形態では、減幅部21は、ティース13Aの接近側部16の内周面11の側の一部分に巻回されている。また、本実施形態では、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、拡幅部15の-slot12の側の面は直線により示される。なお、拡幅部15は、ティース13Aの接近側部16がバックヨーク14から内周面11の側に延在する全部分に形成されていてもよい。また、減幅部21は、ティース13Aの接近側部16がバックヨーク14から内周面11の側に延在する全部分に巻回されていてもよい。また、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、拡幅部15の-slot12の側の面は直線により示されず、曲線により示されてもよい。

[0032] ティース13Aの接近側部16の近傍の-slot12は、セミオープン-slot型となる。セミオープン-slot型は、内周面11に開口する-slot12の開口部の周方向 $D_c$ の幅が、平角コイル20Aが装着される部分の周方向 $D_c$ の幅よりも狭い-slotである。一方、ティース13Aの接近側部16の近傍の-slot12は、従来通りのセミオープン-slot型又はオープン-slot型となる。オープン-slot型は、内周面11に開口する-slot12の開口部の周方向 $D_c$ の幅が、平角コイル20Aが装着される部分の周方向 $D_c$ の幅と同等以上である-slotである。

[0033] 本実施形態では、内周面11に開口する複数の-slot12と、互いに隣接する-slot12の間に形成された複数のティース13Aとを有する固定子鉄心10Aと、ティース13Aのそれぞれに巻回された平角コイル20A

とを備えた固定子1Aにおいて、固定子鉄心10Aが囲繞する回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13Aは内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅Wが増大する拡幅部15を含む。このため、磁束飽和を発生し難くし、漏れ磁束を低減し、平角コイル20Aで発生する渦電流損を低減することができる。

[0034] また、本実施形態では、平角コイル20Aは内周面11に近い巻回ほど内周面11の周方向Dcの幅wが減少する減幅部21を含む。固定子鉄心10Aが囲繞する回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13Aに回転する回転子50が接近する側の接近側部16と、ティース13Aに回転する回転子50が離脱する側の離脱側部17とにティース13Aを二分割したときに、接近側部16は、内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅Wが連続して増大する拡幅部15を含む。減幅部21は接近側部16に巻回されている。このため、磁束が飽和し易い接近側部16で磁束飽和を発生し難くし、漏れ磁束をより低減し、平角コイル20Aで発生する渦電流損をより低減することができる。

[0035] また、本実施形態では、減幅部21では、内周面11の周方向Dcの幅wが減少するほど、内周面11の径方向Drの厚さtが増大する。このため、平角コイル20Aの断面積の変動を低減することにより、平角コイル20Aの各部の抵抗値のばらつきを低減することができる。また、本実施形態では、平角コイル20Aの内周面11の周方向Dcの幅wと、平角コイル20Aの径方向Drの厚さtとの積が一定である。このため、平角コイル20Aの断面積を一定にすることにより、平角コイル20Aの各部の抵抗値を同一にすることができる。

[0036] つまり、図3に示すように、従来のオープンスロット型であり、ティース130に拡幅部15を含まない固定子鉄心110を備え、平角コイル200に減幅部21を含まない固定子100では、平角コイル200の表面積が大きい。このため、回転子50が回転したときに永久磁石等からの磁束が平角コイル200に到達すると、渦電流が発生する。そのため、渦電流損が大き

くなり、電動機80のエネルギー効率を低下させる場合がある。

[0037] 渦電流損を低減させるためには、セミオープンスロット型の固定子鉄心を用いることが考えられ、ティース130の先端部を磁路とすることで平角コイル200に到達する磁束が低減される。しかし、ティース130の先端部が磁束飽和を起こすと漏れ磁束が発生し、この磁束が平角コイル200に到達することで渦電流損が発生する。図3に示すような一般的なセミオープンスロット型の分割コアのティース130では、ティース13Aに回転する回転子50が接近する側のティース130の先端部において、磁束が飽和し易い。磁束飽和による漏れ磁束の発生が、平角コイル200で発生する渦電流損の要因となっている。

[0038] そこで、図2に示すように、本実施形態では、磁束飽和が生じないように、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で非対称な形状を有するティース13Aが採用される。ティース13Aに回転する回転子50が接近する側の接近側部16は、内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅Wが連続して増大する拡幅部15を含み、径方向Drの厚さが厚い。これにより、漏れ磁束が抑制され、平角コイル20Aで発生する渦電流損が低減される。

[0039] このようなティース13Aの形状により、平角コイル20Aの占積率が低下する可能性がある。しかし、本実施形態では、平角コイル20Aの減幅部21において、巻回ごとに、平角コイル20Aの幅wと厚さtとが変動することにより、占積率を低下させずに平角コイル20Aで発生する渦電流損の減少が可能である。ティース13Aに回転する回転子50が接近する側の離脱側部17では、接近側部16に比べて磁束飽和が発生し難い。そのため、離脱側部17では、平角コイル20Aのいずれの巻回も幅w及び厚さtは一定である。このように、本実施形態では、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で非対称な形状を有する平角コイル20Aを採用することにより、占積率を向上させて銅損が低減される。

[0040] 以下、本開示の第2実施形態について説明する。図4に示すように、本実

施形態の固定子1Bでは、固定子鉄心10Bのティース13Bの接近側部16及び離脱側部17の両方は、内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅が連続して増大する拡幅部15を含む。平角コイル20Bの減幅部21は、接近側部16及び離脱側部17の両方に巻回されている。回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13B及び平角コイル20Bは対称である。

[0041] 本実施形態では、拡幅部15は、ティース13Bの接近側部16及び離脱側部17の内周面11の側の一部分に形成されている。また、本実施形態では、減幅部21は、ティース13Bの接近側部16及び離脱側部17の内周面11の側の一部分に巻回されている。また、本実施形態では、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、拡幅部15のロット12の側の面は直線により示される。

[0042] なお、拡幅部15は、ティース13Bの接近側部16及び離脱側部17がバックヨーク14から内周面11の側に延在する全部分に形成されていてもよい。また、減幅部21は、ティース13Bの接近側部16がバックヨーク14から内周面11の側に延在する全部分に巻回されていてもよい。また、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、拡幅部15のロット12の側の面は直線ではなく、曲線により示されてもよい。また、本実施形態においては、接近側部16及び離脱側部17の両方が拡幅部15を含み、減幅部21は接近側部16及び離脱側部17の両方に巻回されていればよく、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13B及び平角コイル20Bは非対称であってもよい。その他の点については、上記第1実施形態と同様である。

[0043] 本実施形態によれば、ティース13Bに接近側部16に加えて離脱側部17も内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅Wが連続して増大する拡幅部15を含み、平角コイル20Bの減幅部21は接近側部16及び離脱側部17の両方に巻回されている。このため、接近側部16及び離脱側部17の両方で磁束飽和を発生し難くし、漏れ磁束をより低減し、平角コイ

ル20Bで発生する渦電流損をより低減することができる。

[0044] 以下、本開示の第3実施形態について説明する。図5に示すように、上記第2実施形態と同様に、本実施形態の固定子1Cでは、固定子鉄心10Cのティース13Cの接近側部16及び離脱側部17の両方は、内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅Wが連続して増大する拡幅部15を含む。固定子鉄心10Cのティース13Cの接近側部16及び離脱側部17の両方は、スロット12に対向した面に流線形部13s、基部13r及び屈曲部13cを有する。

[0045] 図6に示すように、拡幅部15のスロット12に対向する面の流線形部13sは、磁束線Fに沿った流線形状を有している。図6に磁束線F及び磁束密度が一様な部分Pで示すように、セミアープンスロットの場合、ティース13Cの先端を通る磁束は内周面11に近づくほど磁束密度が高まるため、磁束飽和を生じる。上述した第1実施形態及び第2実施形態では、磁束飽和の緩和のために拡幅部15が設けられた。しかし、上述したように、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視において、拡幅部15により、平角コイル20A、20Bを挿入可能な面積が減少し、電動機80の体格の増加を招き、エネルギー密度が低下する可能性がある。

[0046] 回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視における平角コイル20Cの挿入可能な面積減少を最小限に留めるために、本実施形態では、図6に示すように拡幅部15のスロット12に対向する面の流線形部13sは磁束線Fに沿った流線形状を有する。なお、図6において、説明の便宜のためにティース13C及び平角コイル20Cのハッチングは省略した。

[0047] 本実施形態では、平角コイル20Cは内周面11に近い巻回ほど内周面11の周方向Dcの幅wが減少する減幅部21を含む。図5では、接近側部16の平角コイル20Cの図示を省略しているが、平角コイル20Cの減幅部21は、接近側部16及び離脱側部17の両方に巻回されている。回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、ティース13C及び平角コイル20Cは対称である。

- [0048] ティース13Cのスロット12に対向した面は、バックヨーク14の内周面が接する基部13rを有する。回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視で、基部13rにおいて、ティース13Cのスロット12に対向した面と、バックヨーク14の内周面とは、鋭角をなす。
- [0049] 図7に示すように、スロット12に対向した面に複数の点C1, C2, C3, C4, C5, C6が仮定される。図8に示すように、ティース13Cの拡幅部15において、点C5において曲率が極大値を持つ。曲率が極大値となる点C5は、基部13rと内周面11との中間よりも内周面11の側に位置する。なお、C1からC6にまで至る拡幅部15の曲線において、曲率の中心はティース13Cの回転軸に直交する断面による断面視で、ティース13Cの外側に位置する。また、図5及び図7に示すように、ティース13Cは、スロット12に対向した面において、内周面11の近傍に内周面11の側に屈曲する屈曲部13cを有する。
- [0050] その他の点については、上記第2実施形態と同様である。なお、本実施形態では、上記第1実施形態のように、ティース13Cの接近側部16にのみ、スロット12に対向した面に流線形部13s、基部13r及び屈曲部13cを有する形状でもよい。
- [0051] 本実施形態によれば、ティース13C及び平角コイル20Cが磁束の解析から導かれた形状を有する。このため、回転子50の回転軸51に直交する断面による断面視において、拡幅部15の面積を必要最小限に留め、最も効果的にエネルギー密度を高めることができる。なお、本実施形態のティース13Cは磁束線Fに沿った流線形状であるとしたが、流線形状と一致しなくても、流線形状の特徴と同様の特徴を備えるティース13Cであれば、エネルギー密度を高めることは可能である。
- [0052] 以下、本開示の第4実施形態について説明する。図9に示すように、本実施形態の固定子1Dでは、固定子鉄心10Dのティース13Dの接近側部16及び離脱側部17の両方は、内周面11に近づくほど内周面11の周方向Dcの幅が連続して増大する拡幅部15を含む。平角コイル20Dは、拡幅

部15よりも内周面11から離隔した位置でティース13Dのそれぞれに巻回されている。平角コイル20Dは、減幅部21を有さない。平角コイル20Dのいずれの巻回も幅w及び厚さtは一定である。固定子1Dは、拡幅部15に隣接した冷却配管31を備える。冷却配管31は、例えば、樹脂製である。一方、固定子鉄心10Dを囲繞するケース30には、冷却配管は設けられていない。その他の点については、上記第2実施形態と同様である。

[0053] 本実施形態によれば、平角コイル20Dは、拡幅部15よりも内周面11から離隔した位置でティース13Dのそれぞれに巻回されている。このため、平角コイル20Dに透過する磁束を低減し、平角コイル20Dで発生する渦電流損をより低減することができる。また、本実施形態によれば、拡幅部15に隣接した冷却配管31をさらに備える。このため、ティース13Dの拡幅部15の周囲のスペースを有効活用することによって、電動機80の体格の増加を抑えつつ、平角コイル20Dで発生する渦電流損をより低減することができる。

[0054] 図3に示すように、従来の固定子100では、固定子100を囲繞するケース300に冷却配管301が設けられている。上述したように、ティース130では、ティース130の先端部において磁束が飽和し易く、磁束飽和による漏れ磁束の発生が平角コイル200で発生する渦電流損の要因となっている。そこで、本実施形態では、接近側部16及び離脱側部17は拡幅部15を含み、径方向Drの厚さが厚い。これにより、漏れ磁束が抑制され、平角コイル20Dで発生する渦電流損が低減される。さらに、平角コイル20Dは、拡幅部15よりも内周面11から離隔した位置でティース13Dのそれぞれに巻回されている。このため、平角コイル20Dに透過する磁束が低減され、平角コイル20Dで発生する渦電流損がより低減される。

[0055] このようなティース13Dの形状により、平角コイル20Dの占積率が低下する可能性がある。しかし、本実施形態では、スロット12の拡幅部15の近傍のデッドスペースに樹脂製の冷却配管31が配置され、スペースを有効活用し、ケース30の冷却配管を廃止することによって、電動機80の体

格の増加を抑えつつ、平角コイル20Dで発生する渦電流損をより低減することができる。

[0056] 以上、本開示の実施形態及び変形例について説明したが、本開示は、上記実施形態に限定されるものではない。

### 産業上の利用可能性

[0057] 本開示の固定子によれば、平角コイルで発生する渦電流損を低減することができる。

### 符号の説明

[0058] 1 A, 1 B, 1 C, 1 D 固定子  
10 A, 10 B, 10 C, 10 D 固定子鉄心  
11 内周面  
12 スロット  
13 A, 13 B, 13 C, 13 D ティース  
13 s 流線形部  
13 r 基部  
13 c 屈曲部  
14 バックヨーク  
15 拡幅部  
16 接近側部  
17 離脱側部  
20 A, 20 B, 20 C, 20 D 平角コイル  
21 減幅部  
30 ケース  
31 冷却配管  
50 回転子  
51 回転軸  
80 電動機  
100 固定子

1 1 0 固定子鉄心

1 3 0 ティース

2 0 0 平角コイル

3 0 0 ケース

3 0 1 冷却配管

D c 周方向

D r 径方向

D R 回転方向

W 幅

w 幅

t 厚さ

F 磁束線

P 部分

C 1, C 2, C 3, C 4, C 5, C 6 点

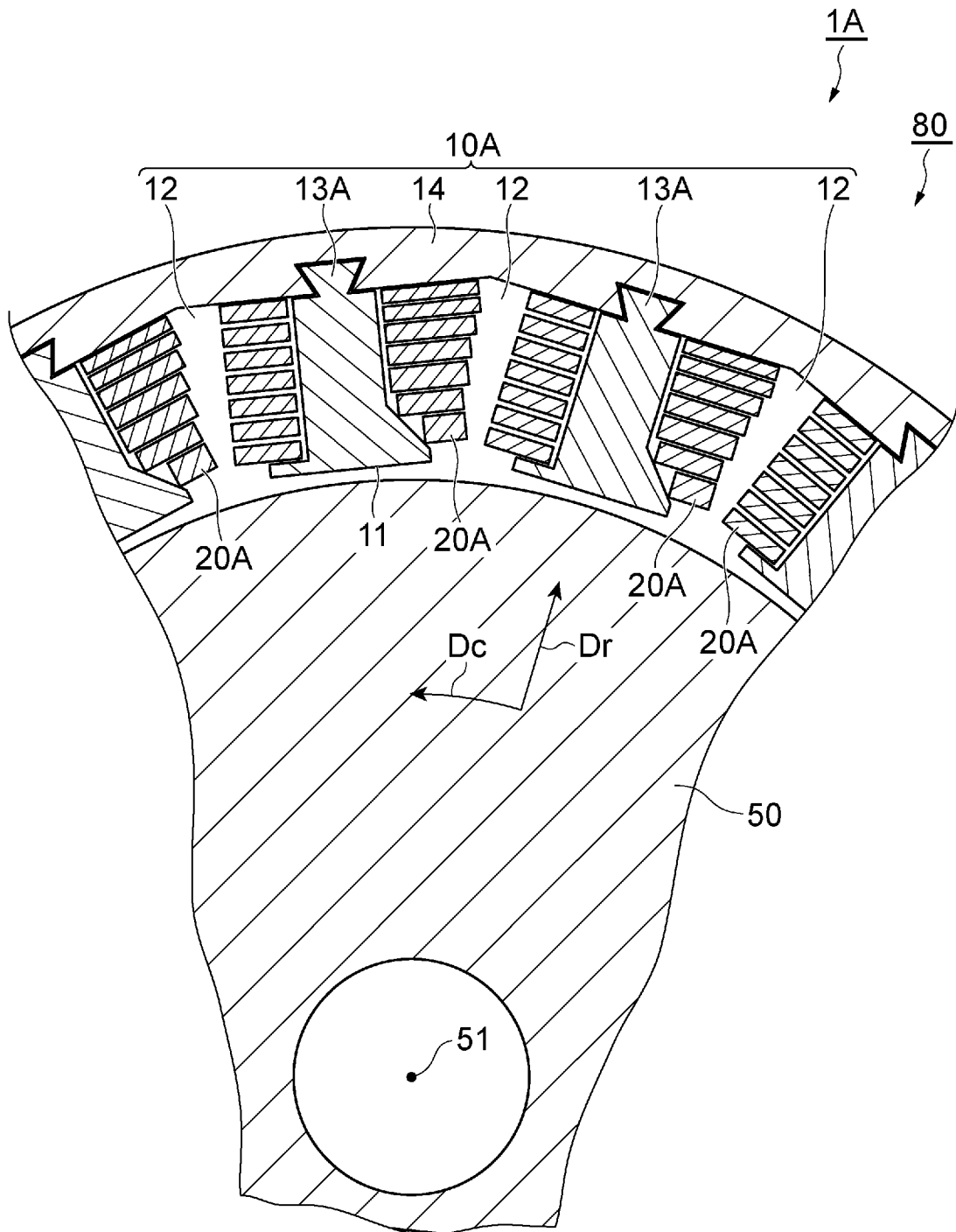
## 請求の範囲

- [請求項1] 内周面に開口する複数のスロットと、互いに隣接する前記スロットの間に形成された複数のティースと、を有する固定子鉄心と、前記ティースのそれぞれに巻回された平角コイルと、を備え、前記固定子鉄心が囲繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、前記ティースは、前記内周面に近づくほど前記内周面の周方向の幅が増大する拡幅部を含む、固定子。
- [請求項2] 前記平角コイルは、前記拡幅部よりも前記内周面から離隔した位置で前記ティースのそれぞれに巻回されている、請求項1に記載の固定子。
- [請求項3] 前記平角コイルは、前記内周面に近い巻回ほど前記内周面の周方向の幅が減少する減幅部を含み、前記固定子鉄心が囲繞する回転子の回転軸に直交する断面による断面視で、前記ティースに回転する前記回転子が接近する側の接近側部と、前記ティースに回転する前記回転子が離脱する側の離脱側部とに前記ティースを二分割したときに、前記接近側部は、前記内周面に近づくほど前記内周面の周方向の幅が連続して増大する前記拡幅部を含み、前記減幅部は、前記接近側部に巻回されている、請求項1又は2に記載の固定子。
- [請求項4] 前記離脱側部は、前記内周面に近づくほど前記内周面の周方向の幅が連続して増大する前記拡幅部を含み、前記減幅部は、前記接近側部及び離脱側部に巻回されている、請求項3に記載の固定子。
- [請求項5] 前記減幅部では、前記内周面の周方向の幅が減少するほど、前記内周面の径方向の厚さが増大する、請求項3又は4に記載の固定子。

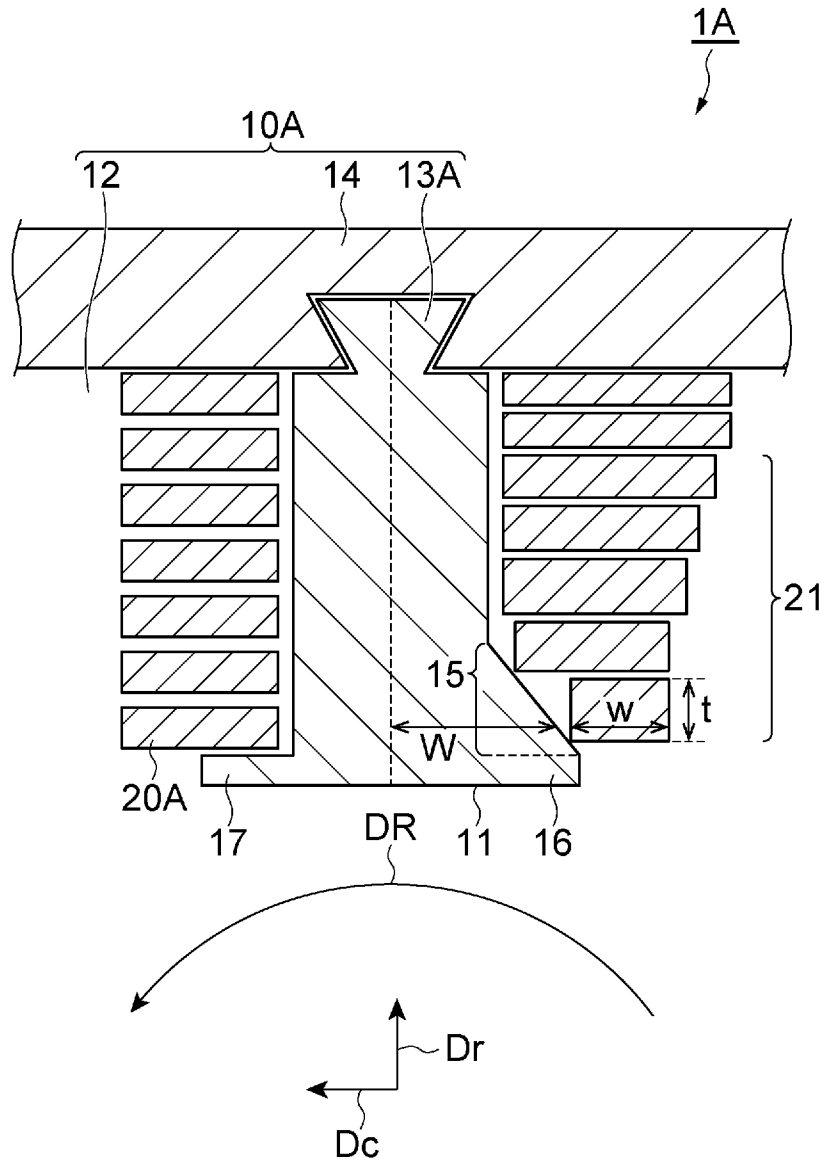
[請求項6] 前記平角コイルの前記内周面の周方向の幅と、前記平角コイルの径方向の厚さとの積が一定である、請求項5に記載の固定子。

[請求項7] 前記拡幅部に隣接した冷却配管をさらに備えた、請求項2に記載の固定子。

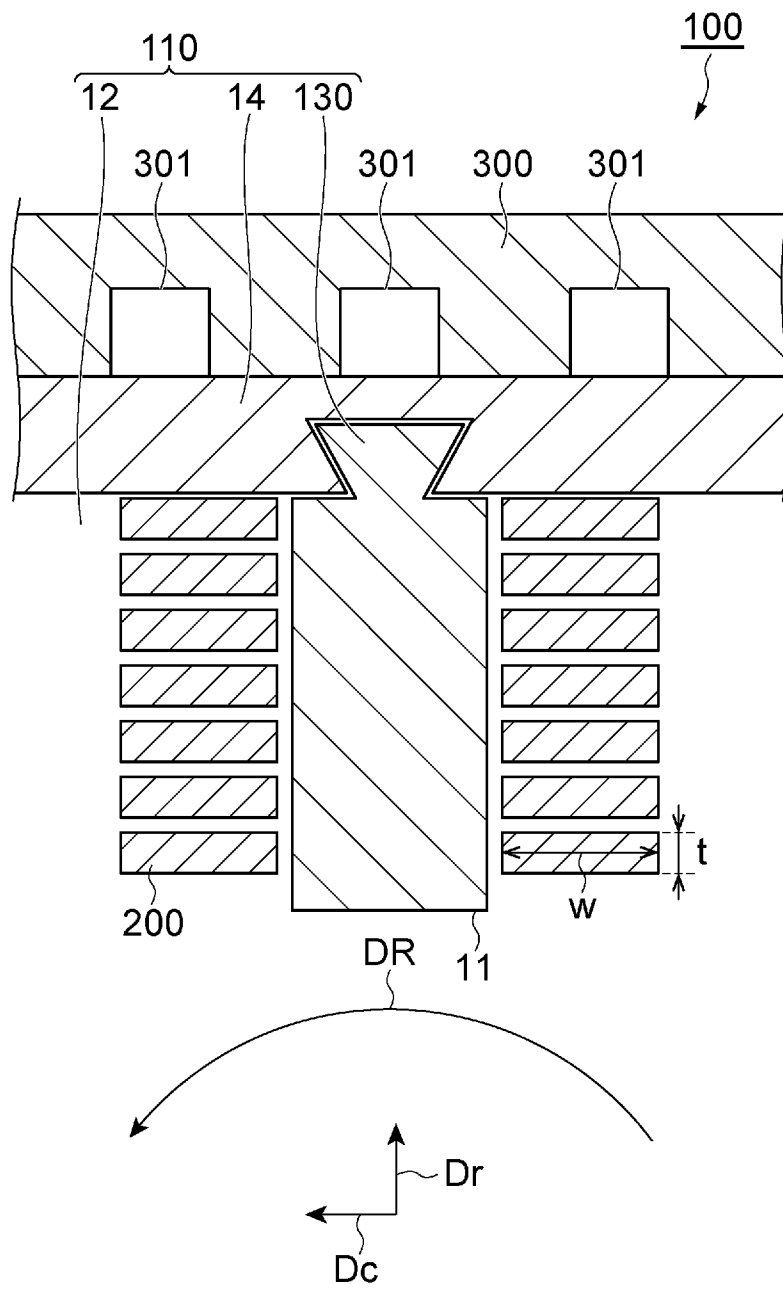
[図1]



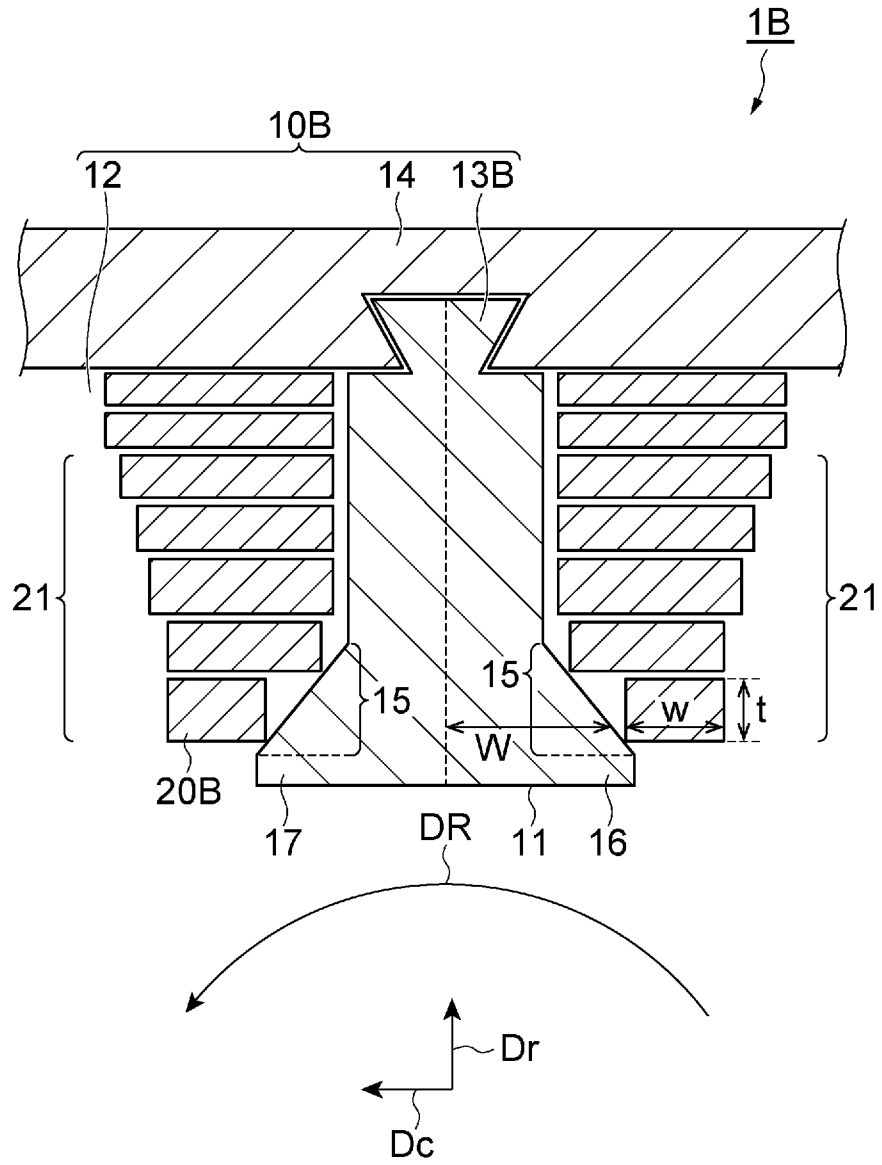
[図2]



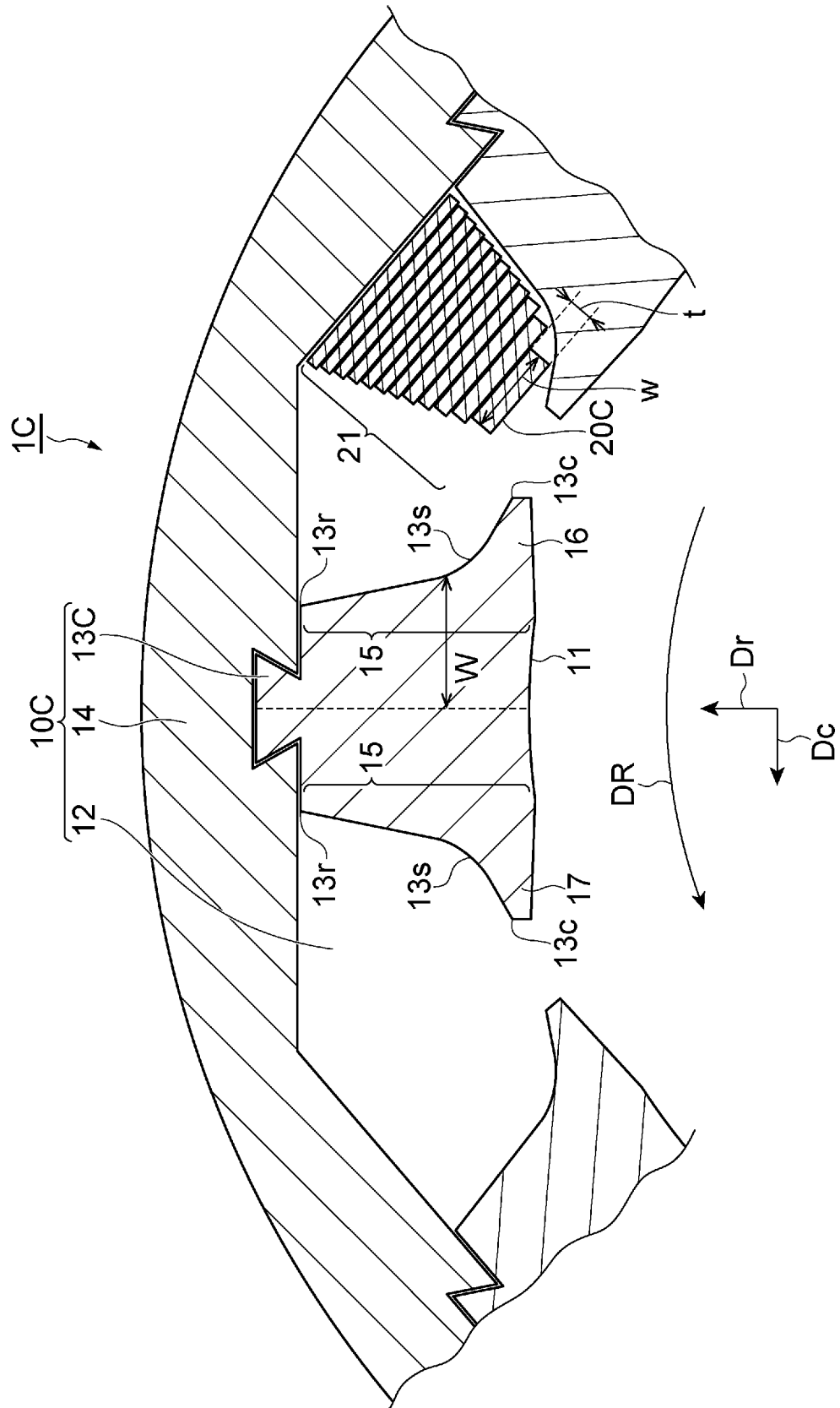
[図3]



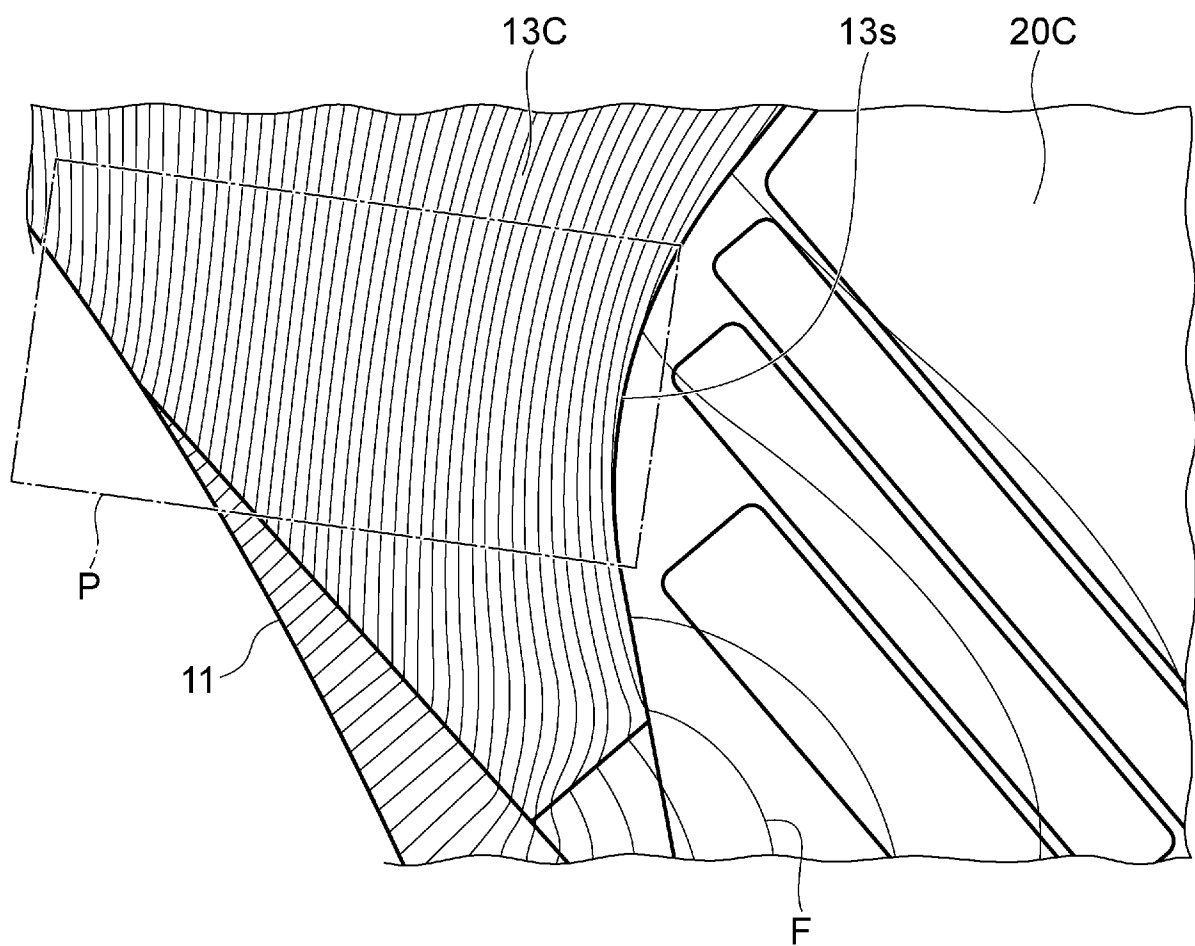
[図4]



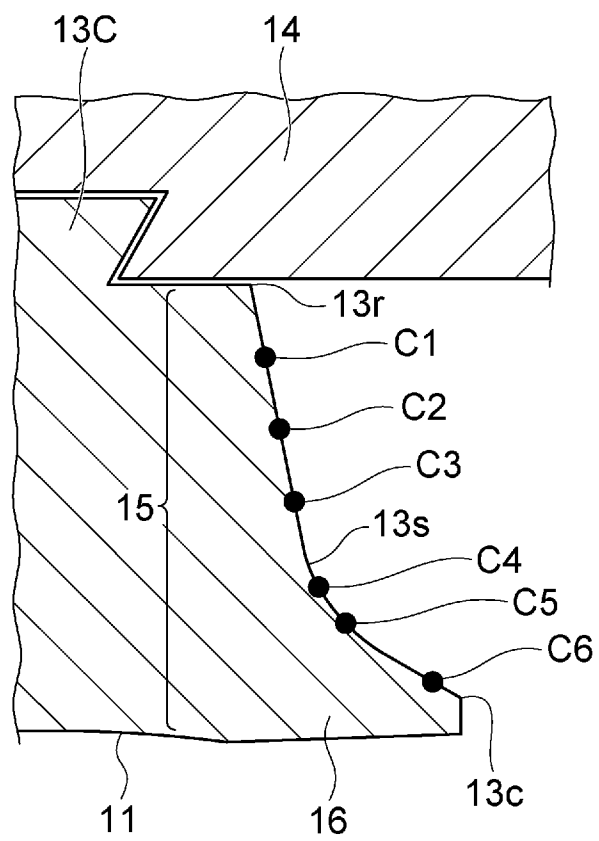
[図5]



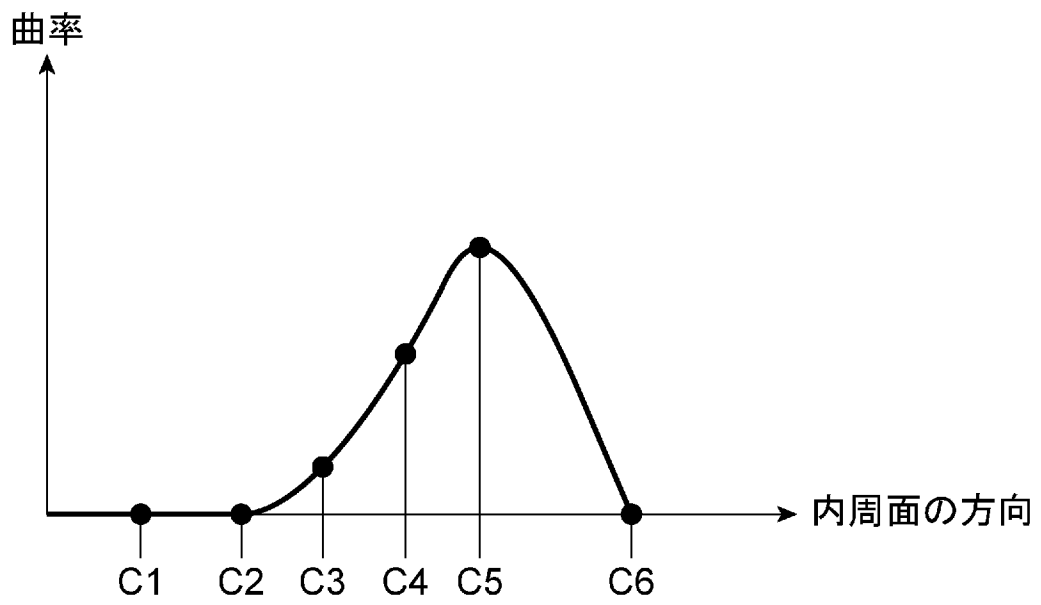
[図6]



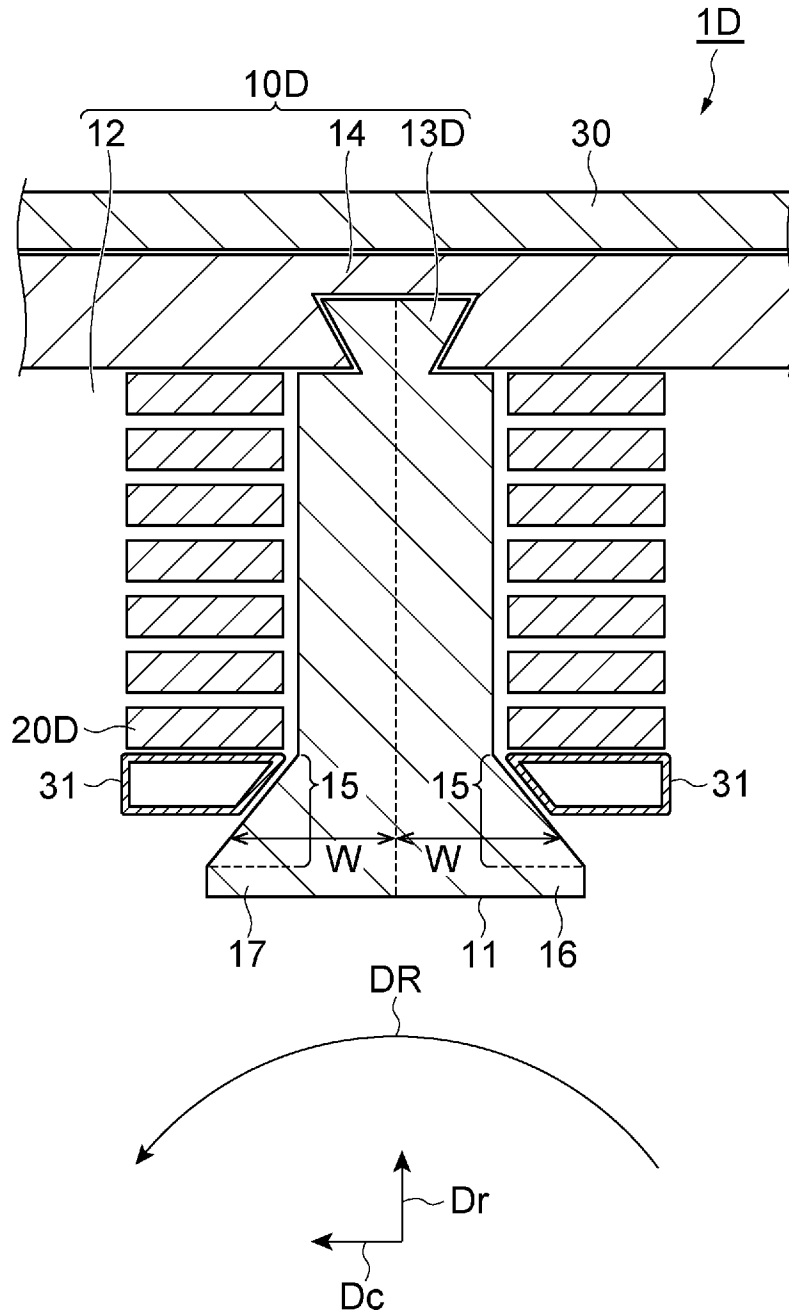
[図7]



[図8]



[図9]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/032460

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> H02K 1/08 (2006.01) i; H02K 3/18 (2006.01) i FI: H02K1/08; H02K3/18 P  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02K1/08; H02K3/18  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-14530 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 January 2006 (2006-01-12) paragraphs [0028]-[0035], fig. 1-5	1-2
Y	paragraphs [0028]-[0035], fig. 1-5	3-7
Y	JP 2007-28777 A (SELCO CO., LTD.) 01 February 2007 (2007-02-01) paragraph [0013], fig. 6	3-6
Y	JP 2001-502880 A (HILL, Wolfgang) 27 February 2001 (2001-02-27) page 8, lines 11-28, fig. 7-8	3-6
Y	JP 2014-57441 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 27 March 2014 (2014-03-27) paragraph [0014], fig. 2	7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 September 2020 (28.09.2020)		Date of mailing of the international search report 13 October 2020 (13.10.2020)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2020/032460

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2006-14530 A	12 Jan. 2006	(Family: none)	
JP 2007-28777 A	01 Feb. 2007	(Family: none)	
JP 2001-502880 A	27 Feb. 2001	US 6369483 B1 column 3, line 35 to column 4, line 11, fig. 7-8 WO 1998/018189 A2 DE 19643561 C1 CA 2269536 A CN 1234141 A	
JP 2014-57441 A	27 Mar. 2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 1/08(2006.01)i; H02K 3/18(2006.01)i FI: H02K1/08; H02K3/18 P		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H02K1/08; H02K3/18 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2006-14530 A（住友電気工業株式会社）12.01.2006（2006-01-12） 段落0028-0035, 図1-5	1-2
Y	段落0028-0035, 図1-5	3-7
Y	JP 2007-28777 A（株式会社セルコ）01.02.2007（2007-02-01） 段落0013, 図6	3-6
Y	JP 2001-502880 A（ヒル, ヴォルフガング）27.02.2001（2001-02-27） 第8ページ第11行-第28行, 図7-8	3-6
Y	JP 2014-57441 A（トヨタ自動車株式会社）27.03.2014（2014-03-27） 段落0014, 図2	7
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “&” 同一パテントファミリー文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
28.09.2020	13.10.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  津久井 道夫 3V 5781  電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/032460

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2006-14530	A	12.01.2006	(ファミリーなし)	
JP	2007-28777	A	01.02.2007	(ファミリーなし)	
JP	2001-502880	A	27.02.2001	US 6369483 B1 第3欄第35行-第4欄第11行, 図7-8	
				WO 1998/018189 A2	
				DE 19643561 C1	
				CA 2269536 A	
				CN 1234141 A	
JP	2014-57441	A	27.03.2014	(ファミリーなし)	