

(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  
2016年12月22日(22.12.2016)

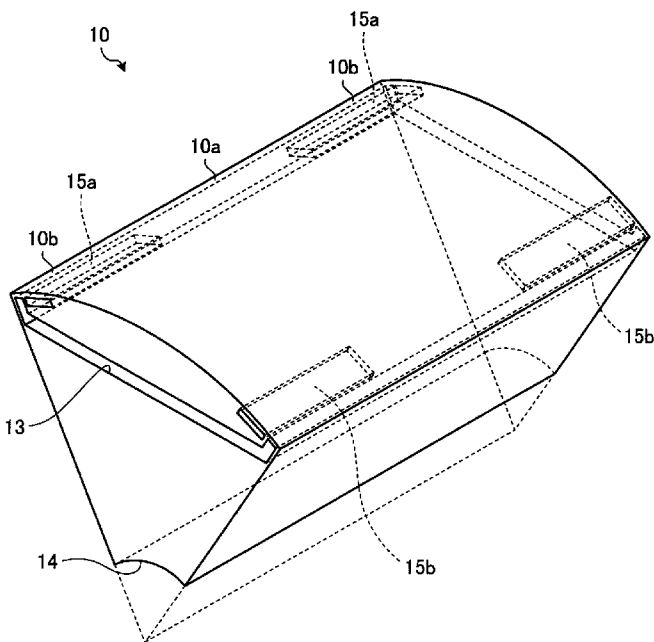


(10) 国際公開番号  
WO 2016/203530 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02K 1/27 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067205
  - (22) 国際出願日: 2015年6月15日(15.06.2015)
  - (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: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
  - (72) 発明者: 石川 淳史 (ISHIKAWA, Atsushi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 仁吾 昌弘 (NIGO, Masahiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
  - (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PERMANENT MAGNET-EMBEDDED MOTOR AND COMPRESSOR

(54) 発明の名称: 永久磁石埋込型電動機及び圧縮機



(57) Abstract: A rotor 3 of a permanent-magnet-embedded motor is provided with an annular rotor core 10 in which a plurality of magnet insertion holes 13 are formed in the circumferential direction, and permanent magnets 11 inserted into the magnet insertion holes 13. The rotor core 10 is formed by alternately stacking, in the axial direction of the rotor core 10, core blocks 10a that do not have slits 15a, 15b between the magnet insertion holes 13 and the outer circumferential surface of the rotor core 10 and core blocks 10b that have slits 15a, 15b between the magnet insertion holes 13 and the outer circumferential surface of the rotor core 10. The slits 15a and ends 11a of the permanent magnets 11 are arranged in the radial direction and the slits 15b and ends 11b of the permanent magnets 11 are arranged in the radial direction.

(57) 要約: 永久磁石埋込型電動機のロータ3は、周方向に複数個の磁石挿入孔13が形成された環状のロータコア10と、各磁石挿入孔13に挿入された永久磁石11と、を備え、ロータコア10は、各磁石挿入孔13とロータコア10の外周面との間にスリット15a、15bを有しないコアブロック10aと各磁石挿入孔13とロータコア10の外周面との間にスリット15a、15bを有するコアブロック10bとをロータコア10の軸方向に交互に積層して

構成され、スリット15aと永久磁石11の端部11aは径方向に配列され、スリット15bと永久磁石11の端部11bは径方向に配列される。

WO 2016/203530 A1

## 明 細 書

発明の名称：永久磁石埋込型電動機及び圧縮機

### 技術分野

[0001] 本発明は、ロータコアに永久磁石が埋め込まれた永久磁石埋込型電動機及び当該永久磁石埋込型電動機を備えた圧縮機に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、省エネ意識の高まりから高効率な電動機が要求される様になり、ロータに残留磁束密度及び保磁力の高い希土類磁石を用いることで高効率化を実現した永久磁石埋込型電動機が多く提案されている。さらに、永久磁石をロータ内部に埋め込んだ構造とすることで、マグネットトルクだけでなくリラクタンストルクを利用することができるため、高効率な電動機が構成可能となる。リラクタンストルクはd軸とq軸のインダクタンスの差に比例するため、リラクタンストルクを向上させるためには、一般的にはq軸磁束を通し易く、かつ、d軸磁束を通しにくい構造が望ましい。ここで、d軸は磁石中央を通る径方向の軸であり、q軸はd軸を電気角で90°回転させた軸である。

[0003] しかし、リラクタンストルクを利用しない永久磁石埋込型電動機と比較し、リラクタンストルクの利用率が高い永久磁石埋込型電動機ではトルク波形に脈動が生じやすく、トルクリプルが増大する課題がある。永久磁石埋込型電動機において運転中のトルクリプルは振動及び騒音の原因となるため、基準値以内に抑制する必要がある。

[0004] 特許文献1では、永久磁石埋込型電動機のロータ表面に複数のスリットを配置することでトルクリプルが低減されることが記載されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5414900号公報

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載された永久磁石埋込型電動機では、ロータ表面に複数のスリットを配置することでトルクリプルの低減は可能であるものの、スリットが磁束の磁路を妨げてしまうため、同一電流におけるトルクが低減する。この場合、同一トルクを発生させるために必要な電流が大きくなるため、銅損増加により電動機効率の低下を招く。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、同一電流におけるトルクの低下を抑制して電動機効率を維持すると共にトルクリプルを低減可能な永久磁石埋込型電動機を提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る永久磁石埋込型電動機は、周方向に沿って複数個の磁石挿入孔が形成された環状のロータコアと、前記複数個の磁石挿入孔にそれぞれ挿入された複数個の永久磁石と、を備え、前記ロータコアは、前記ロータコアの径方向における前記各磁石挿入孔の外側にスリットを有しない第1のコアブロックと前記ロータコアの径方向における前記各磁石挿入孔の外側に一对のスリットを有する第2のコアブロックとを当該ロータコアの軸方向に交互に積層して構成され、前記一对のスリットの一方と前記各永久磁石の前記周方向の一端部は、前記ロータコアの径方向に配列され、前記一对のスリットの他方と前記各永久磁石の前記周方向の他端部は、前記ロータコアの径方向に配列される。

## 発明の効果

[0009] 本発明によれば、同一電流におけるトルクの低下を抑制して電動機効率を維持すると共にトルクリプルを低減することができる、という効果を奏する。

## 図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態1に係る永久磁石埋込型電動機の構成を示す断面図

[図2]実施の形態1のロータコアの断面図

[図3]実施の形態1のロータコアを構成する第1のコアブロックの一部を示した拡大断面図

[図4]図3において磁石挿入孔に永久磁石が挿入された拡大断面図

[図5]実施の形態1のロータコアを構成する第2のコアブロックの一部を示した拡大断面図

[図6]図5において磁石挿入孔に永久磁石が挿入された第2の拡大断面図

[図7]実施の形態1のロータコアの一部を示した斜視図

[図8]実施の形態1のロータコアにおける第1のコアブロックの軸方向の割合に対するトルク及びトルクリプルを同一電流に対して算出した結果を示した図

[図9]実施の形態1の変形例1に係るロータコアの一部を示した斜視図

[図10]実施の形態1の変形例2に係るロータコアの一部を示した斜視図

[図11]実施の形態2に係る空気調和機の構成を示す図

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本発明の実施の形態に係る永久磁石埋込型電動機及び圧縮機を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0012] 実施の形態1.

図1は、本実施の形態に係る永久磁石埋込型電動機の構成を示す断面図、図2は、本実施の形態のロータコアの断面図である。後述するように、図1及び図2は、ロータコアを構成する第1及び第2のコアブロックのうち第1のコアブロックにおける断面構成を示したものである。

[0013] 永久磁石埋込型電動機1は、環状のステータ2と、ステータ2の径方向の内側に空隙4を介して配置されたロータ3とを備えている。

[0014] ステータ2は、環状のステータコア5と、ステータコア5の内周面に形成された複数個のティース6に巻回された巻線7とを備えている。ティース6は、ステータ2の周方向に等間隔で配置され、ステータコア5の径方向に伸びている。

- [0015] 巻線7は分布巻されている。分布巻では、巻線7が複数個のティース6にわたって巻回される。
- [0016] ロータ3は、円環状のロータコア10と、ロータコア10に埋め込まれた複数個の永久磁石11と、ロータコア10の中央に嵌め込まれたシャフト12とを備えている。永久磁石11はロータ3の磁極を構成し、磁極数は永久磁石11の個数に等しい。永久磁石11の個数は例えば6個としているが、複数個であればよく6個に限定されない。
- [0017] ロータコア10には、磁極数の数だけ複数個の磁石挿入孔13が形成されている。磁石挿入孔13は、ロータコア10の外周側でロータ3の周方向に沿って形成されている。磁石挿入孔13は、ロータコア10の軸方向にロータコア10を貫通する。磁石挿入孔13には永久磁石11が挿入される。永久磁石11は例えば平板状であり、磁石挿入孔13のうち永久磁石11が挿入される主要部13cはロータコア10の径方向と直交する方向に伸びている。なお、以下では、「周方向」とはロータコア10の周方向をいい、「径方向」とはロータコア10の径方向をいう。周方向は、ロータ3の回転方向でもある。
- [0018] また、磁石挿入孔13の周方向の両端部は空間部13a, 13bとなり、永久磁石11の周方向の両側には空間部13a, 13bが配置される。永久磁石11の着磁方向は径方向である。また、着磁方向は周方向に交互に逆方向となる。空間部13a, 13bは、磁石挿入孔13のうち永久磁石11が挿入される主要部13cに対して外周側に折れ曲がり、ロータコア10の外周側に向かって径方向に伸びている。ロータコア10の中央にはロータコア10を軸方向に貫通するシャフト穴14が設けられ、シャフト穴14にはシャフト12が圧入される。
- [0019] 磁石挿入孔13に挿入される永久磁石11には、Nd（ネオジム）若しくはDy（ジスプロシウム）を主成分とした希土類磁石又はFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（酸化鉄）を主成分としたフェライト磁石を用いることができる。希土類磁石は高い残留磁束密度と保磁力を有するため、希土類磁石を用いることで高効率でか

つ減磁耐力が向上した永久磁石埋込型電動機を構成することができる。また、フェライト磁石は残留磁束密度と保磁力が希土類磁石の1/3であるため、希土類磁石を用いる場合と同様の高効率性及び減磁耐力を確保するためには、挿入されるフェライト磁石の体積が希土類磁石の体積よりも増大し、フェライト磁石が大型化する。しかしながら、フェライト磁石は希土類磁石よりも安価で供給安定性が高いため、希土類磁石のコストアップ及び供給リスクの影響を受けない永久磁石埋込型電動機を構成することができる。

[0020] 図3は、本実施の形態のロータコアを構成する第1のコアブロックの一部を示した拡大断面図、図4は、図3において磁石挿入孔に永久磁石が挿入された拡大断面図である。図5は、本実施の形態のロータコアを構成する第2のコアブロックの一部を示した拡大断面図、図6は、図5において磁石挿入孔に永久磁石が挿入された拡大断面図である。図7は、本実施の形態のロータコアの一部を示した斜視図である。なお、図3から図7では、図1及び図2に示す構成要素と同一の構成要素には同一の符号を付している。

[0021] 図3では、第1のコアブロックであるコアブロック10aの一磁極分の断面構成が示されている。具体的には、図2で示す断面構成のうちシャフト穴14の中心である回転中心を基準にした中心角で60°の角度範囲の構成が示されている。図4は、図3において磁石挿入孔13に永久磁石11が挿入された状態を示している。なお、図4では、永久磁石11の周方向の中心である磁極中心30と、隣り合う磁極中心30の間である磁極間31を併せて示している。なお、図4では、磁石挿入孔13よりも径方向の外側のコアブロック10aの部分である外縁部40が示されている。

[0022] 図5では、第2のコアブロックであるコアブロック10bの一磁極分の断面構成が示されている。具体的には、図2で示す断面構成のうちシャフト穴14の中心である回転中心を基準にした中心角で60°の角度範囲の構成が示されている。図6は、図5において磁石挿入孔13に永久磁石11が挿入された状態を示している。なお、図6では、永久磁石11の周方向の中心である磁極中心30と、隣り合う磁極中心30の間である磁極間31を併せ

て示している。

[0023] 図5及び図6に示すように、コアブロック10bには、磁石挿入孔13とコアブロック10bの外周面との間に空隙である一対のスリット15a, 15bが形成されている。ここで、コアブロック10bの外周面はロータコア10の外周面に等しい。スリット15aは、永久磁石11の周方向の一端部である端部11aに対して径方向の外側に配置され、スリット15bは、永久磁石11の周方向の他端部である端部11bに対して径方向の外側に配置されている。すなわち、スリット15aと端部11aは径方向に配列され、スリット15bと端部11bは径方向に配列される。また、スリット15aは、空間部13aに隣接して磁極中心30側に配置され、スリット15bは、空間部13bに隣接して磁極中心30側に配置されている。なお、図6では、磁石挿入孔13よりも径方向の外側のコアブロック10bの部分である外縁部41が示されている。スリット15a, 15bは、外縁部41の周方向の端部に位置している。

[0024] スリット15aは、周方向に伸びる矩形形状である。すなわち、スリット15aの周方向の長さはスリット15aの径方向の長さよりも長い。スリット15bは、周方向に伸びる矩形形状である。すなわち、スリット15bの周方向の長さはスリット15bの径方向の長さよりも長い。スリット15a, 15bは、コアブロック10bを軸方向に貫通している。

[0025] コアブロック10bの他の構成はコアブロック10aの構成と同じである。また、永久磁石埋込型電動機1では、コアブロック10bの周囲には図1のステータ2が配置される。

[0026] このように、コアブロック10aはロータコア10の径方向における各磁石挿入孔13の外側にスリット15a, 15bを有しないのに対し、コアブロック10bはロータコア10の径方向における各磁石挿入孔13の外側にスリット15a, 15bを有する。

[0027] 図7では、一磁極分の角度範囲に対してロータコア10の構成を示している。図7に示すように、ロータコア10は、コアブロック10aとコアブ

ック10bとがロータコア10の軸方向に交互に積層して構成される。具体的には、ロータコア10は、軸方向の中央に配置されたコアブロック10aと、コアブロック10aを軸方向の両側から挟むようにして配置された一対のコアブロック10bとで構成されている。一対のコアブロック10bのうち一方のコアブロック10bはロータコア10の一方の端面を構成し、一対のコアブロック10bのうち他方のコアブロック10bはロータコア10の他方の端面を構成する。

[0028] コアブロック10aは、電磁鋼板を図3に示すように打ち抜き、打ち抜かれた電磁鋼板を複数枚かきめながら積層して形成される。電磁鋼板の板厚を $a$ 、コアブロック10aの軸方向の長さを $l_1$ 、コアブロック10aを構成する電磁鋼板の積層枚数を $n_1$ とすると、 $l_1 = n_1 \times a$ である。同様に、コアブロック10bは、電磁鋼板を図5に示すように打ち抜き、打ち抜かれた電磁鋼板を複数枚かきめながら積層して形成される。電磁鋼板の板厚を $a$ 、コアブロック10bの軸方向の長さを $l_2$ 、コアブロック10bを構成する電磁鋼板の積層枚数を $n_2$ とすると、 $l_2 = n_2 \times a$ である。コアブロック10aの軸方向の全長は、 $L_1 = (l_1 + l_1) = 2n_1 \times a = N_1 \times a$ で与えられる。ここで、 $N_1 = 2n_1$ は、コアブロック10aを構成する電磁鋼板の積層枚数の合計である。また、コアブロック10bの軸方向の全長は、 $L_2 = n_2 \times a = N_2 \times a$ で与えられる。ここで、 $N_2 = n_2$ はコアブロック10bを構成する電磁鋼板の積層枚数の合計である。

[0029] このように、ロータコア10の軸方向の長さは $(L_1 + L_2)$ 、コアブロック10aの軸方向の全長は $L_1$ 、コアブロック10bの軸方向の全長は $L_2$ である。また、ロータコア10全体での積層枚数は $(N_1 + N_2)$ 、コアブロック10aでの積層枚数は $N_1$ 、一対のコアブロック10bでの積層枚数は $N_2$ である。

[0030] 図8は、本実施の形態のロータコアにおける第1のコアブロックの軸方向の割合に対するトルク及びトルクリプルを同一電流に対して算出した結果を示した図である。すなわち、横軸は、 $L_1 / (L_1 + L_2)$ であり、ロータコア

10の軸方向の長さに対するコアブロック10aの軸方向の全長の割合である。 $L_1 / (L_1 + L_2) = N_1 / (N_1 + N_2)$ であるから、横軸はロータコア10全体での積層枚数に対するコアブロック10aでの積層枚数の合計の割合でもある。縦軸はトルク又はトルクリプルである。

[0031] 図8に示すように、トルクリプルは、ロータコア10の軸方向の長さに対するコアブロック10aの軸方向の全長の割合が35%から45%の範囲内、すなわち、 $0.35 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.45$ の範囲内に最小値を有する。

[0032] 一方、トルクはコアブロック10aの割合が0%から100%に増大するにつれて単調に減少し、コアブロック10aの割合が0%の場合と比較して、コアブロック10aの割合が100%の場合は、トルクは1.0%低下する。これに対し、コアブロック10aの割合が35%から45%までの範囲では、トルクの低下を0.35%から0.45%までの範囲に抑えることができる。

[0033] なお、コアブロック10aの割合が35%の場合のトルクリプルは、コアブロック10aの割合が45%の場合のトルクリプルよりもわずかに大きい。コアブロック10aの割合が35%の場合のトルクは、コアブロック10aの割合が45%の場合のトルクよりもわずかに大きい。つまり、コアブロック10aの割合が35%の場合は、コアブロック10aの割合が35%の場合に比べて、トルクリプルがわずかに増大するもののその分トルクを増大させて電動機効率を向上させることができる。

[0034] 本実施の形態では、スリット15a, 15bを設けないコアブロック10aとスリット15a, 15bを設けたコアブロック10bを軸方向に積層してロータコア10を構成している。この構成では、ロータコア10に作用するトルクはコアブロック10aに作用するトルクとコアブロック10bに作用するトルクの合成で与えられる。この場合、スリット15a, 15bの効果により、コアブロック10aに作用するトルクのトルク波形とコアブロック10bに作用するトルクのトルク波形の位相がずれるので、ロータ3全体

ではトルク波形のピーク値が相殺されることになり、運転中の電動機のトルクリプルを低減することが可能となる。

[0035] また、図8に示すように、 $0.35 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.45$  又は  $0.35 \leq N_1 / (N_1 + N_2) \leq 0.45$  を満たす様にロータコア10を構成することで、トルクリプルの低減効果を最大限に高めることができる。

[0036] さらに、図8に示すように、ロータコア10をコアブロック10aとコアブロック10bを軸方向に積層して構成することで、トルクの低下をより抑制することができる。

[0037] また、本実施の形態では、スリット15aは、永久磁石11の周方向の一端部である端部11aに対して径方向の外側に配置され、スリット15bは、永久磁石11の周方向の他端部である端部11bに対して径方向の外側に配置されている。すなわち、スリット15aと端部11aは径方向に配列され、スリット15bと端部11bは径方向に配列される。このような一対のスリット15a、15bの配置により、磁極間31での磁気抵抗が大きくなり、磁極間31を通過する漏れ磁束が減るため、永久磁石11の磁束を有効に利用することができる。

[0038] また、本実施の形態では、一磁極当たり2個のスリット15a、15bを設けている。これにより、スリット数を3個以上にする場合に比べて、トルクを増大させることができる。

[0039] なお、コアブロック10bに設ける一磁極当たりのスリット数を1又は3以上とする構成も可能である。また、コアブロック10bに設けるスリットの位置、形状及び大きさは図示例に限定されない。すなわち、コアブロック10bにスリットを設けることにより、程度の差はあれ同様のトルクリプルの低減効果を得ることができる。

[0040] 以上のように、本実施の形態によれば、同一電流におけるトルクの低下を抑制して電動機効率を維持すると共にトルクリプルを低減することができる。

[0041] また、本実施の形態では、巻線7は分布巻されている。分布巻は集中巻と

比較し、マグネットトルクに加えてリラクタンストルクを有効に発生させることができるため、同一電流におけるトルクの増加に有利である反面、リラクタンストルクに起因するトルクリプルが増大する特徴がある。本実施の形態のロータ3を分布巻のステータ2に適用することで、トルクリプルを低減しつつリラクタンストルクを有効利用して高効率な永久磁石埋込型電動機1を構成することができる。なお、巻線7は集中巻とすることもできる。

[0042] また、本実施の形態では、空間部13a, 13bを設けている。これにより、永久磁石11の両端部での磁束の短絡が防止され、磁束がステータ2に渡り易くなり、トルクを大きくすることができる。なお、空間部13a, 13bを設けない構成も可能である。

[0043] また、本実施の形態では、ロータコア10を構成する電磁鋼板の板厚は同一であるとしたが、板厚は同一でなくてもよい。また、コアブロック10a, 10bはそれぞれ電磁鋼板を積層して形成したが、一体で形成されてもよい。

[0044] 図9は、本実施の形態の変形例1に係るロータコアの一部を示した斜視図である。図9に示すように、本変形例では、ロータコア10は、軸方向の中央に配置されたコアブロック10bと、コアブロック10bを軸方向の両側から挟むようにして配置された一対のコアブロック10aとで構成されている。一対のコアブロック10aのうち一方のコアブロック10aはロータコア10の一方の端面を構成し、一対のコアブロック10aのうち他方のコアブロック10aはロータコア10の他方の端面を構成する。この場合でも、本実施の形態と同様に、同一電流におけるトルクの低下を抑制しつつ、トルクリプルの低減が可能になる。特に、 $0.35 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.45$  又は  $0.35 \leq N_2 / (N_1 + N_2) \leq 0.45$  を満たす様にロータコア10を構成することで、トルクリプルの低減効果を最大限に高めることができる。

[0045] 図10は、本実施の形態の変形例2に係るロータコアの一部を示した斜視図である。図10に示すように、本変形例では、ロータコア10は、コアブ

ロック10aとコアブロック10bとを交互にかつ全体で5層となるように積層して構成される。図示例では、コアブロック10bの個数が3、コアブロック10aの個数が2である。3個のコアブロック10bのうちの1個のコアブロック10bはロータコア10の一方の端面を構成し、3個のコアブロック10bのうちの別の1個のコアブロック10bはロータコア10の他方の端面を構成し、3個のコアブロック10bのうちの残りのコアブロック10bはロータコア10の軸方向の中央に配置される。この場合でも、本実施の形態と同様に、同一電流におけるトルクの低下を抑制しつつ、トルクリプルの低減が可能になる。特に、 $0.35 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.45$  又は  $0.35 \leq N_2 / (N_1 + N_2) \leq 0.45$  を満たす様にロータコア10を構成することで、トルクリプルの低減効果を最大限に高めることができる。

[0046] なお、ロータコア10は、図7、図9又は図10の構成例に限定されず、コアブロック10aとコアブロック10bとを交互に積層して構成することができる。積層数は複数であればよく、偶数又は奇数のいずれでもよい。ロータコア10を構成するコアブロック10aとコアブロック10bの合計数は5層よりも多くしてもよい。この場合でも、本実施の形態と同様に、同一電流におけるトルクの低下を抑制しつつ、トルクリプルの低減が可能になる。特に、 $0.35 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.45$  又は  $0.35 \leq N_2 / (N_1 + N_2) \leq 0.45$  を満たす様にロータコア10を構成することで、トルクリプルの低減効果を最大限に高めることができる。

[0047] 実施の形態2.

図11は、本実施の形態に係る空気調和機の構成を示す図である。本実施の形態に係る空気調和機100は、室内機101と、室内機101に接続される室外機102とを備える。室外機102は、本実施の形態に係る圧縮機103を備える。圧縮機103には、実施の形態1の永久磁石埋込型電動機1が使用されている。なお、永久磁石埋込型電動機1には、実施の形態1で説明した変形例1, 2が含まれるものとする。

[0048] 空気調和機100は省エネ性能が要求されており、高効率である必要があ

る。さらに、空気調和機 100 から発生する振動及び騒音を基準値以下に抑えるために、圧縮機 103 から発生する振動及び騒音を低減する必要がある。実施の形態 1 の永久磁石埋込型電動機 1 は、同一電流におけるトルクの低減を抑えつつトルクリプルを低減することができる。従って、永久磁石埋込型電動機 1 を圧縮機 103 に適用することで、電動機効率の低減を抑えながらもトルクリプルに起因する振動及び騒音を低減可能な圧縮機 103 及び空気調和機 100 を構成することができる。

[0049] なお、実施の形態 1 の永久磁石埋込型電動機 1 は、圧縮機 103 のみならず、室外機 102 の送風機 104 及び室外機 102 の送風機 105 にそれぞれ適用することもできる。この場合でも、上記と同様の効果が得られる。

[0050] また、実施の形態 1 の永久磁石埋込型電動機 1 は、空気調和機以外の電気機器に適用することもでき、特に、空気調和機 100 以外の冷凍サイクルを備えた電気機器の圧縮機に適用することができる。これらの場合でも、上記と同様の効果が得られる。

[0051] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

## 符号の説明

[0052] 1 永久磁石埋込型電動機、2 ステータ、3 ロータ、4 空隙、5 ステータコア、6 ティース、7 巻線、10 ロータコア、10a, 10b コアブロック、11 永久磁石、11a, 11b 端部、12 シャフト、13 磁石挿入孔、13a, 13b 空間部、13c 主要部、14 シャフト穴、15a, 15b スリット、30 磁極中心、31 磁極間、40, 41 外縁部、100 空気調和機、101 室内機、102 室外機、103 圧縮機、104, 105 送風機。

## 請求の範囲

- [請求項1] 周方向に沿って複数個の磁石挿入孔が形成された環状のロータコアと、  
前記複数個の磁石挿入孔にそれぞれ挿入された複数個の永久磁石と、  
を備え、  
前記ロータコアは、前記ロータコアの径方向における前記各磁石挿入孔の外側にスリットを有しない第1のコアブロックと前記ロータコアの径方向における前記各磁石挿入孔の外側に一对のスリットを有する第2のコアブロックとを当該ロータコアの軸方向に交互に積層して構成され、  
前記一对のスリットの一方と前記各永久磁石の前記周方向の一端部は、前記ロータコアの径方向に配列され、前記一对のスリットの他方と前記各永久磁石の前記周方向の他端部は、前記ロータコアの径方向に配列される永久磁石埋込型電動機。
- [請求項2] 前記ロータコアの前記軸方向の長さに対する前記第1のコアブロックの前記軸方向の全長の割合が0.35以上かつ0.45以下である請求項1に記載の永久磁石埋込型電動機。
- [請求項3] 前記第1及び第2のコアブロックは板厚が同一の電磁鋼板を積層して構成され、  
前記第1のコアブロックを構成する電磁鋼板の積層枚数の合計を $N_1$ 、前記第2のコアブロックを構成する電磁鋼板の積層枚数の合計を $N_2$ とした場合に、 $0.35 \leq N_1 / (N_1 + N_2) \leq 0.45$ である請求項2に記載の永久磁石埋込型電動機。
- [請求項4] 前記スリットは、前記周方向の長さが前記径方向の長さよりも長い矩形形状である請求項1から3のいずれか1項に記載の永久磁石埋込型電動機。
- [請求項5] 巻線が巻回された複数個のティースを有する環状のステータを備え

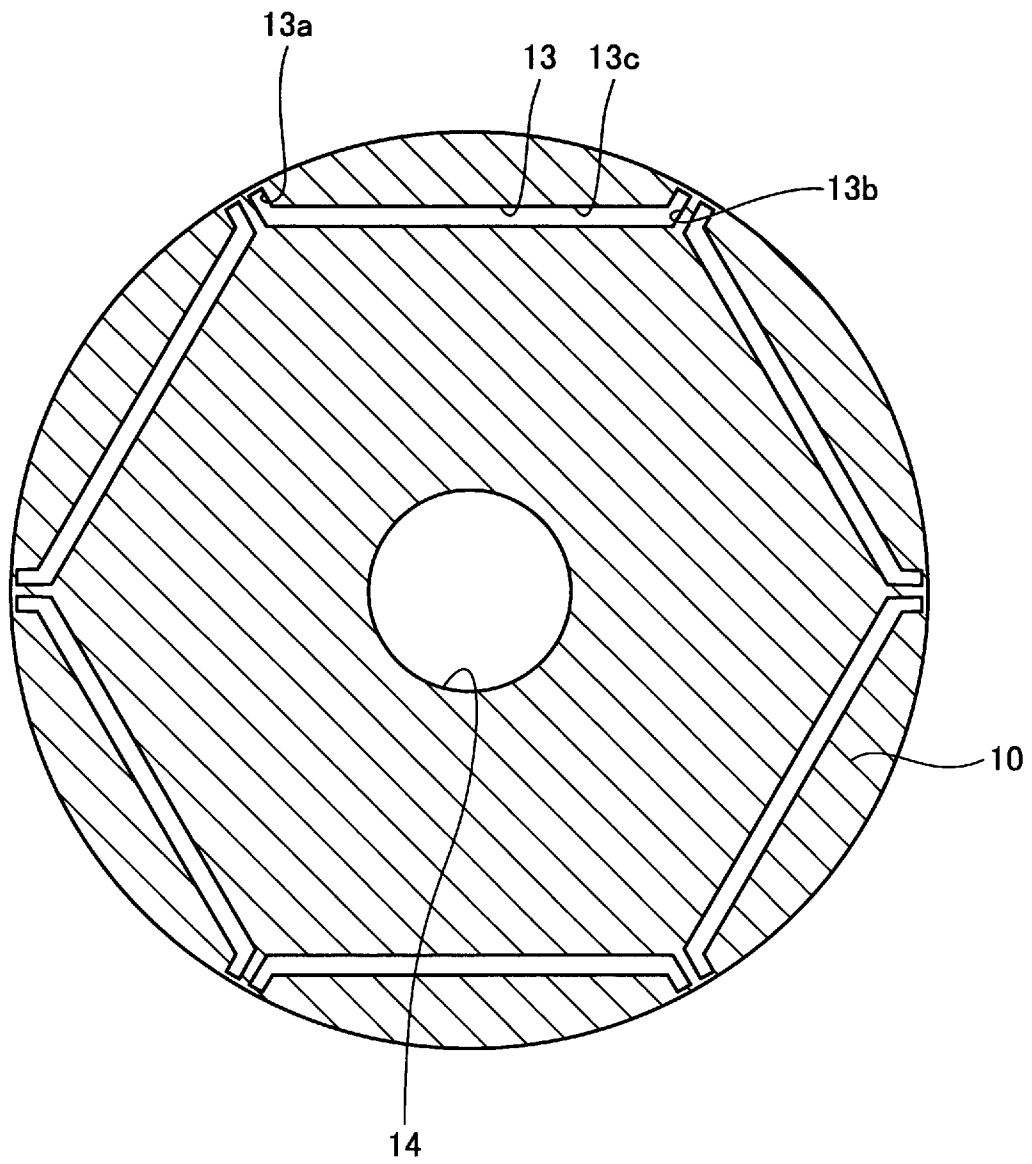
、

前記巻線は、前記複数個のティースに分布巻されている請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石埋込型電動機。

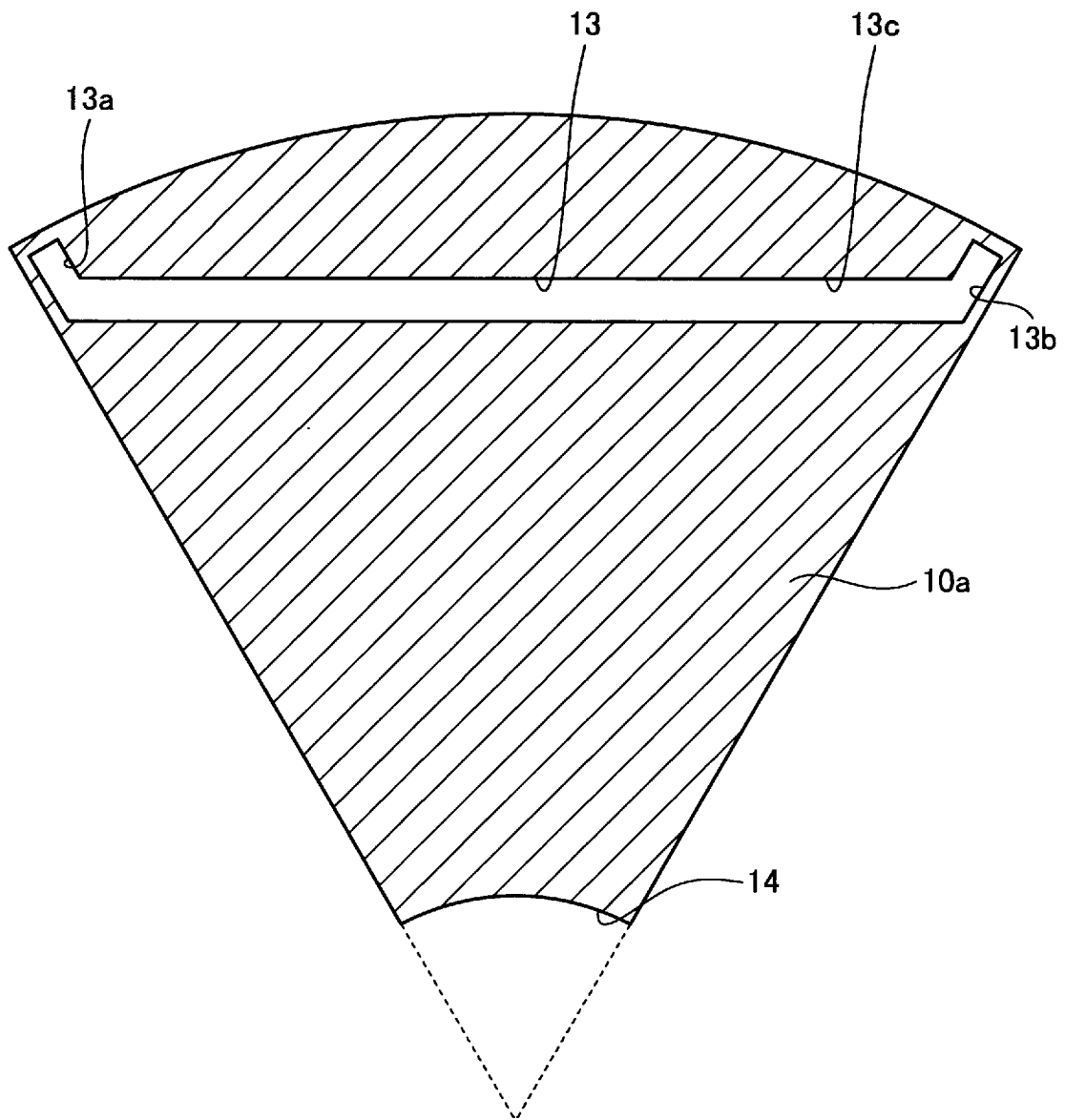
[請求項6] 請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の永久磁石埋込型電動機を備えた圧縮機。



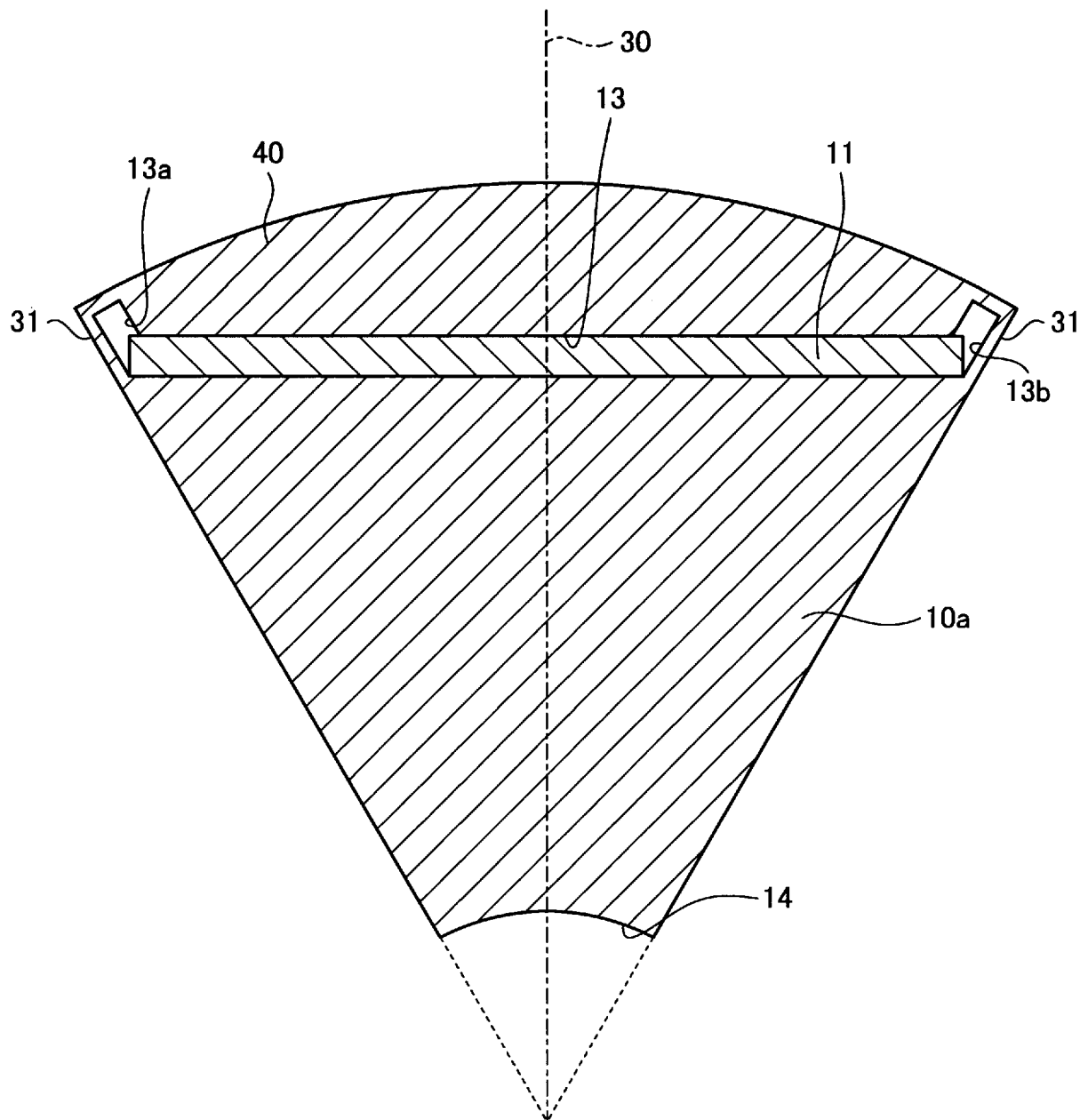
[図2]



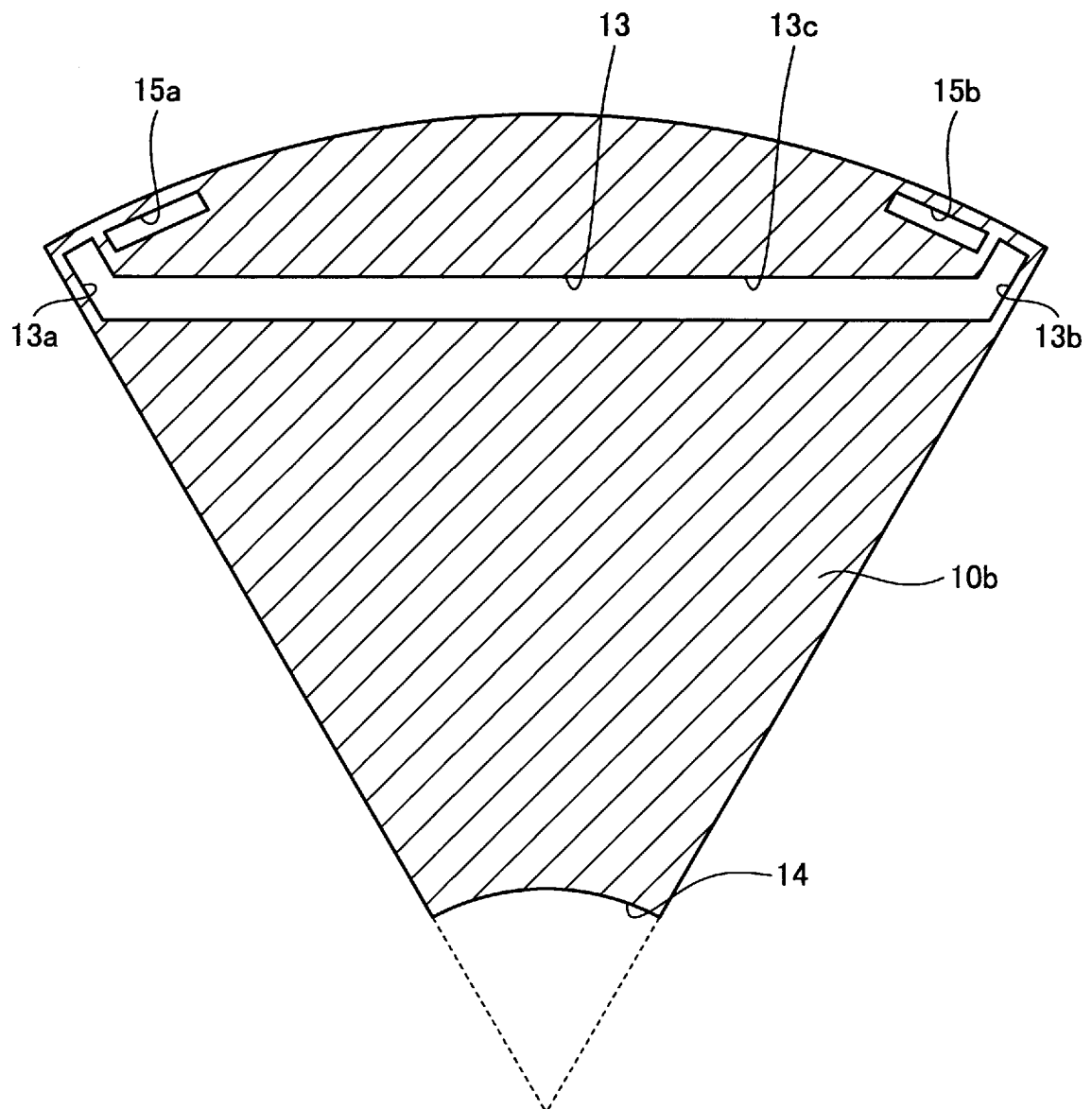
[図3]



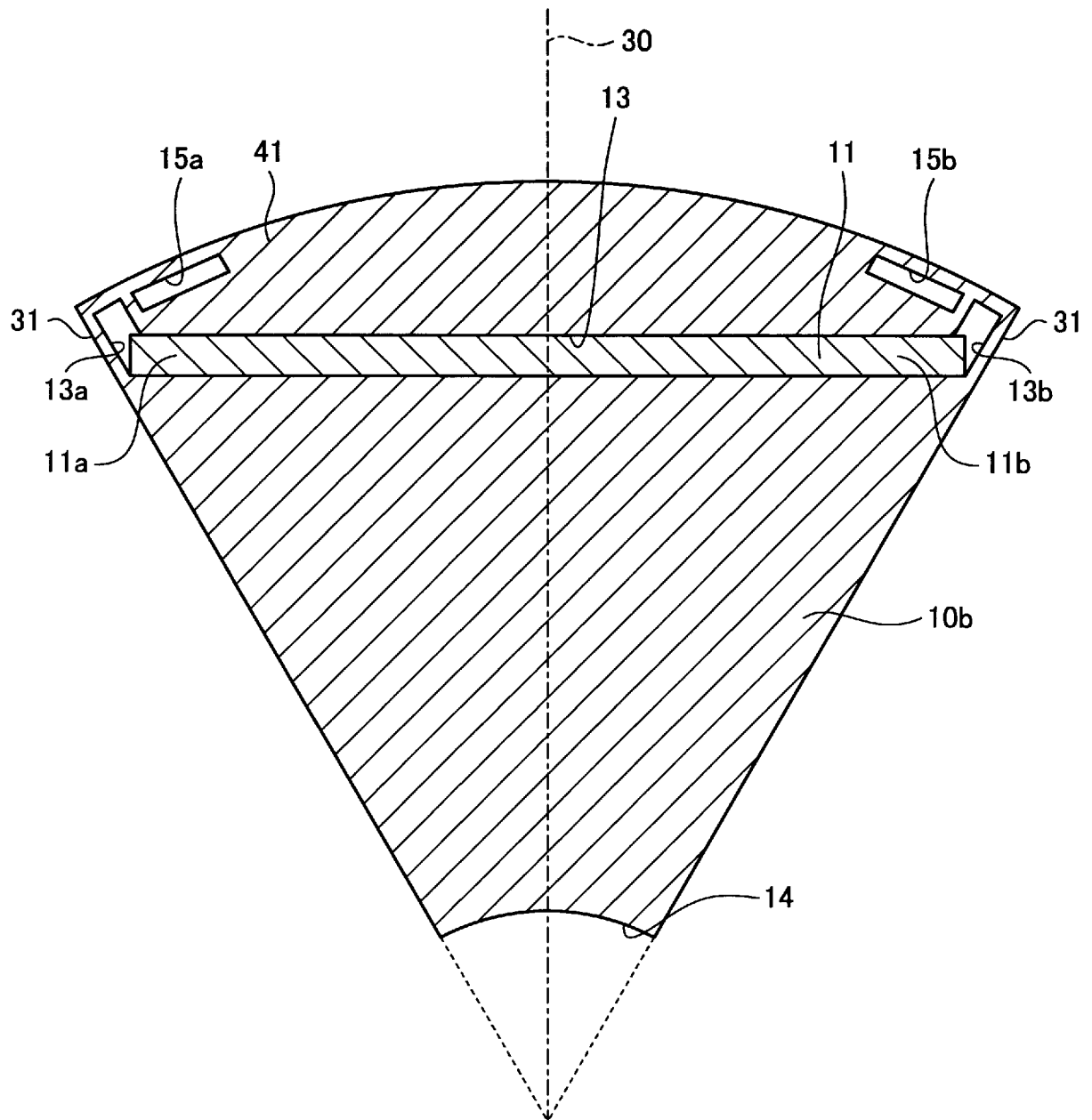
[図4]



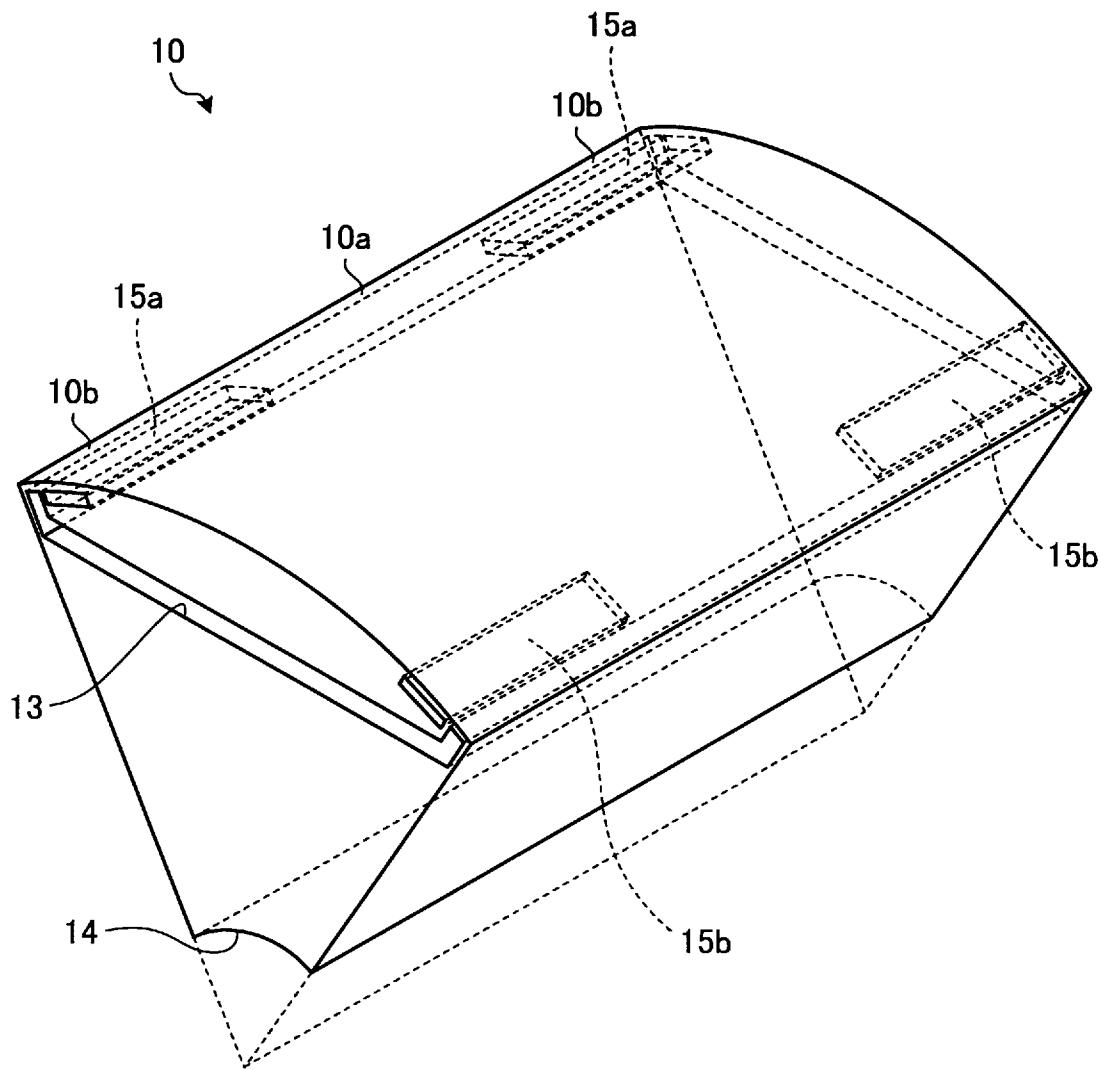
[図5]



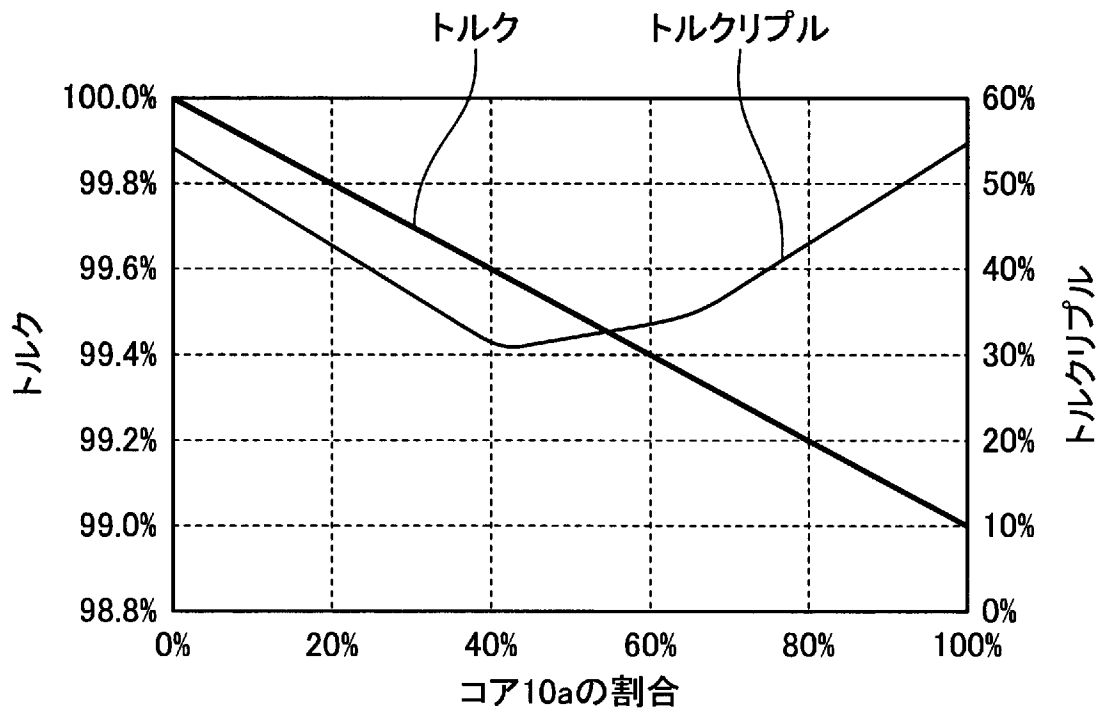
[図6]



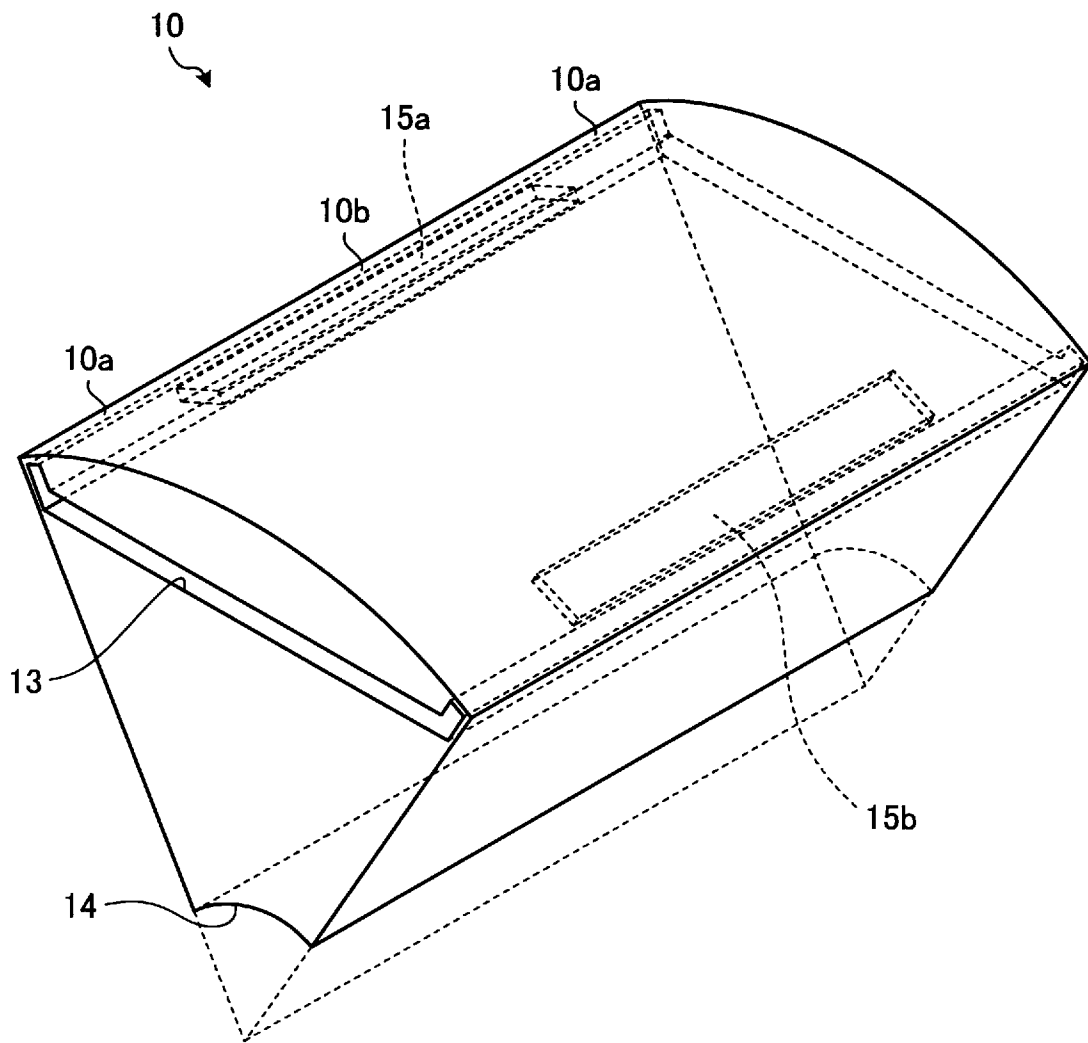
[図7]



[図8]

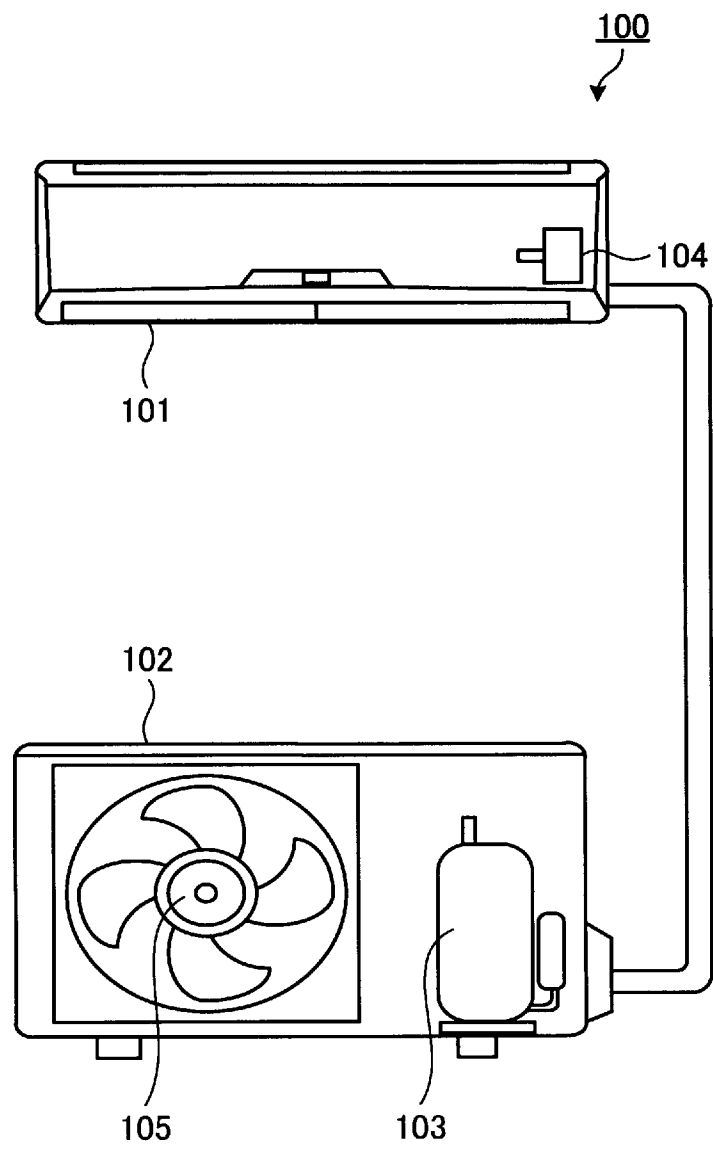


[図9]





[図11]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2015/067205

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H02K1/27(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H02K1/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X<br>Y    | JP 2009-219291 A (Mitsubishi Electric Corp.),<br>24 September 2009 (24.09.2009),<br>paragraphs [0027] to [0032]; fig. 8<br>(Family: none)  | 1-3, 6<br>4-5         |
| X<br>Y    | JP 2009-106001 A (Toyota Motor Corp., Toyota<br>Central Research and Development Laboratories,<br>Inc.),<br>14 May 2009 (14.05.2009),<br>paragraph [0029]; fig. 1, 4<br>(Family: none) | 1-3<br>4-5            |
| Y         | WO 2013/114542 A1 (Mitsubishi Electric Corp.),<br>08 August 2013 (08.08.2013),<br>paragraph [0019]; fig. 2<br>& US 2015/0084468 A1 & CN 104081630 A                                    | 4                     |

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" 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  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "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   |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date   | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family  |
| "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  |  |

|  |   |
|--|---|
| Date of the actual completion of the international search<br>14 August 2015 (14.08.15) | Date of mailing of the international search report<br>25 August 2015 (25.08.15) |
|--|---|

|  |   |
|--|---|
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japan Patent Office<br>3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,<br>Tokyo 100-8915, Japan | Authorized officer<br><br>Telephone No. |
|--|---|

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/067205

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | JP 5414900 B2 (Mitsubishi Electric Corp.),<br>12 February 2014 (12.02.2014),<br>paragraph [0101]<br>& US 2013/0140922 A1      & WO 2012/026032 A1<br>& EP 2611001 A1              & CN 103081300 A | 5                     |

|  |  |                |
|--|--|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>Int.Cl. H02K1/27(2006.01)i  |  |                |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>Int.Cl. H02K1/27  |  |                |
| 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<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2015年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2015年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2015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<br>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<br>請求項の番号 |
| X<br>Y   | JP 2009-219291 A（三菱電機株式会社）2009.09.24, 段落<br>[0027]-[0032]、図8（ファミリーなし）                        | 1-3, 6<br>4-5  |
| X<br>Y   | JP 2009-106001 A（トヨタ自動車株式会社、株式会社豊田中央研究<br>所）2009.05.14, 段落[0029]、図1,4（ファミリーなし）               | 1-3<br>4-5     |
| Y  | WO 2013/114542 A1（三菱電機株式会社）2013.08.08, 段落[0019]、<br>図2 & US 2015/0084468 A1 & CN 104081630 A | 4              |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</span>   |  |                |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「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<br>「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<br>「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）<br>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献<br>「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「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<br>「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<br>「&」同一パテントファミリー文献 |  |                |
| 国際調査を完了した日<br>14.08.2015   | 国際調査報告の発送日<br>25.08.2015   |                |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（ISA/J P）<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号   | 特許庁審査官（権限のある職員）<br>森山 拓哉<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3357  | 3V 3924        |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |   |                |
|-----------------------|---|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 5414900 B2 (三菱電機株式会社) 2014. 02. 12, 段落[0101] & US<br>2013/0140922 A1 & WO 2012/026032 A1 & EP 2611001 A1 & CN 103081300<br>A | 5              |