

(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  
2014年8月28日(28.08.2014)



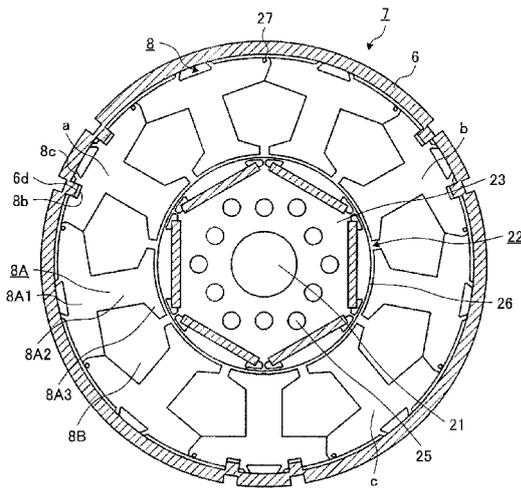
(10) 国際公開番号  
WO 2014/128938 A1

- (51) 国際特許分類:  
H02K 1/18 (2006.01) H02K 21/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/054610
- (22) 国際出願日: 2013年2月22日(22.02.2013)
- (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(米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 仁吾 昌弘(NIGO, Masahiro) [—/JP]; 〒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). 中村 英之(NAKAMURA, Hideyuki) [—/JP]; 〒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). 土田 和慶(TSUCHIDA, Kazuchika) [—/JP]; 〒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: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: PERMANENT MAGNET EMBEDDED MOTOR, COMPRESSOR, AND REFRIGERATION AIR CONDITIONER

(54) 発明の名称: 永久磁石埋込型電動機、圧縮機、および冷凍空調装置



(57) Abstract: A plurality of projections (8c) projecting from the outer periphery of divided cores (8A) toward the inner periphery of a frame is formed on the outer periphery of the divided cores (8A) at the position circumferentially symmetrical with respect to a central axis connecting the center of a stator core (8) and the center of the divided cores (8A). A plurality of recesses (8b) projecting from the inner periphery of the frame toward the outer periphery of the divided cores (8A) is formed on the outer periphery of the divided cores (8A) equidistantly provided in the circumferential direction at a center angle having a value obtained by dividing 360 by a divisor n (n is an integer of three or more) of the total number of the divided cores (8A) at the position circumferentially symmetrical with respect to the central axis.

(57) 要約: 分割コア8Aの外周部には、固定子コア8の中心と分割コア8Aの中心とを結ぶ中心軸に対して周方向に対称な位置において、分割コア8A外周部からフレーム内周部に向かって突状の複数の突起部8cが形成され、分割コア8Aの総数の約数n(nは3以上の整数)で360を除いた値の中心角で周方向に等間隔に設けられた分割コア8Aの外周部には、前記中心軸に対して周方向に対称な位置において、フレーム内周部から分割コア8Aの外周部の方向に突となる窪み状の複数の窪み部8bが形成されている。

WO 2014/128938 A1

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

永久磁石埋込型電動機、圧縮機、および冷凍空調装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、永久磁石埋込型電動機、圧縮機、および冷凍空調装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 圧縮機を駆動する電動機として永久磁石埋込型電動機が用いられている。圧縮機では、電動機の固定子鉄心（固定子コア）が円筒状の密閉容器（フレーム）の内周部に焼き嵌めで固定されることが多い。すなわち、固定子コアの外径よりわずかに小さい内径のフレームを製造し、このフレームを加熱して、フレーム内径が固定子コアの外径より大きくなるように熱膨張させる。そして、フレーム内径部に固定子コアを挿入した後、常温まで冷却する。これにより、フレーム内径が縮小し、フレームの締め付け力によって固定子コアがフレームに保持される。

[0003] 焼き嵌めによって固定子コアをフレームに固定する場合、フレームの内周面（フレーム内周部）から軸中心方向へ向かう押圧力が固定子コアの外周面（固定子外周部）へ作用する。このとき、固定子外周部の全体がフレーム内周部に接している場合、前述した押圧力が固定子外周部の全周に加わり、固定子外周部の周方向の略全領域が圧縮応力を受ける。固定子外周部が圧縮応力を受けた場合、固定子コアを構成する電磁鋼板の透磁率が低下し、電磁鋼板（すなわち固定子コア）を流れる磁束量が減少して電動機のトルクが減少する。トルクの減少を補償するためには、固定子巻線に流す電流を増加させることで、固定子コアに流れる磁束量を増大させる必要があり、銅損およびインバータの通電損失が増加する。また圧縮応力を受けた場合、電磁鋼板の鉄損密度が増加し、電動機駆動時の鉄損が増大し、電動機の効率が低下する。

[0004] 下記特許文献1に記される従来技術では、固定子外周部とフレーム内周部との間に、固定子外周部とフレーム内周部とが当接する当接面と、固定子外周部とフレーム内周部との間の空隙（非当接面）とが形成され、当接面の中心角度が130度の範囲内に設定されている。この構成により、焼き嵌めによって固定子コアをフレームに固定しながら効率の低下を抑制している。

[0005] また、下記特許文献2に記される従来技術では、フレーム内周部の軸方向長さが固定子コアの軸方向長さよりも小さく形成されている。さらに、この従来技術は、フレームの内径寸法が固定子コアの外径寸法よりも小さく形成された嵌合部を有する。そして、固定子外周部の嵌合部と対向する部分がこの嵌合部と嵌め合わされ、固定子外周部の嵌合部と対向する部分以外の部分（固定子外周部の非対向部）には隙間が形成され、さらに、固定子外周部の一部が固定子保持手段（アークスポット溶接など）によってフレームに保持されている。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-191702号公報

特許文献2：特開2010-248991号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上記特許文献1に記される従来技術では、固定子外周部とフレーム内周部との間の空隙により、固定子コアに作用する締め付け力が緩和されるものの、フレームが固定子コアを保持する力が低下するという課題があった。

[0008] また、上記特許文献2に記される従来技術では、嵌合部を形成することによって、圧縮応力の発生を抑制して高効率な電動機を得ることができる。ただし、この従来技術では、固定子外周部の非対向部がフレームと接触しないため、分割コアで構成された固定子コアをフレームに組み込む場合、局所的

な外力が印加されると、この固定子コアには局所的な締め付け力が作用する。その結果、この固定子コアを構成する分割コアの一部が歪んだ状態で固定され、固定子コアの真円度が従来の接触構造のもの（焼き嵌めによる固定子コア）と比べて悪化し、音振動の要因となっていた。

[0009] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、分割コアで構成された固定子コアの抜け荷重を確保しつつ信頼性の高い永久磁石埋込型電動機、圧縮機、および冷凍空調装置を得ることを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0010] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、相互に等しい中心角で配置された3つ以上の分割コアが環状に配設されて成る固定子コアと、前記固定子コアの内径部に配置される回転子と、分割コアを内包するフレームとを備えた永久磁石埋込型電動機であって、前記各分割コアの外周部には、前記固定子コアの中心と前記分割コアの中心とを結ぶ中心軸に対して周方向に対称な位置において、前記外周部から前記フレームの内周部に向かって突状の複数の突起部が形成され、分割コアの総数の約数  $n$  ( $n$  は3以上の整数) で360を除いた値の中心角で周方向に等間隔に設けられた分割コアの外周部には、前記突起部が形成される位置以外の位置、かつ、前記中心軸に対して周方向に対称な位置において、前記内周部から前記外周部の方向に突となる窪み状の複数の窪み部が形成されていること、を特徴とする。

### 発明の効果

[0011] この発明によれば、分割コアで構成された固定子コアの抜け荷重を確保しつつ信頼性を高めることができる、という効果を奏する。

### 図面の簡単な説明

[0012] [図1] 図1は、本発明の実施の形態に係る永久磁石埋込型電動機を備えた圧縮機の縦断面図である。

[図2] 図2は、図1に示されるA-A矢視の断面図である。

[図3] 図3は、図2に示される永久磁石埋込型電動機の要部詳細図である。

[図4] 図4は、図1に示されるA-A矢視の断面図（フレームを除いた永久磁

石埋込型電動機の断面図) である。

[図5]図5は、図1に示されるB-B矢視の断面図である。

[図6]図6は、図1に示されるB-B矢視の断面図(フレームを除いた永久磁石埋込型電動機の断面図) である。

[図7]図7は、固定子コアの詳細図である。

[図8]図8は、焼嵌締め代と鉄損との関係を示す図である。

[図9]図9は、従来の永久磁石埋込型電動機の駆動時における鉄損比率と、と本発明の実施の形態に係る永久磁石埋込型電動機の駆動時における鉄損比率との比較結果を示す図である。

[図10]図10は、固定子コアの第1の側面図である。

[図11]図11は、固定子コアの第2の側面図である。

### 発明を実施するための形態

[0013] 以下に、本発明に係る永久磁石埋込型電動機、圧縮機、および冷凍空調装置の実施の形態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。

[0014] 実施の形態.

図1は、本発明の実施の形態に係る永久磁石埋込型電動機を備えた圧縮機の縦断面図である。図2は、図1に示されるA-A矢視の断面図である。図3は、図2に示される永久磁石埋込型電動機の要部詳細図である。図4は、図1に示されるA-A矢視の断面図(フレームを除いた永久磁石埋込型電動機の断面図) である。図5は、図1に示されるB-B矢視の断面図である。図6は、図1に示されるB-B矢視の断面図(フレームを除いた永久磁石埋込型電動機の断面図) である。図7は、固定子コアの詳細図である。図8は、焼嵌締め代と鉄損との関係を示す図である。図9は、従来の永久磁石埋込型電動機の駆動時における鉄損比率と、と本発明の実施の形態に係る永久磁石埋込型電動機の駆動時における鉄損比率との比較結果を示す図である。図10は、固定子コアの側面図である。図11は、固定子コアの第2の側面図である。

[0015] ロータリ圧縮機 1 のフレーム 6 には、永久磁石埋込型電動機 7（以下「電動機 7」）と圧縮要素 14 とが設けられている。電動機 7 は、固定子 80 と回転子 22 と回転軸 10 とから成り、例えばブラシレス DC モータである。固定子 80 は、固定子コア 8 と固定子巻線 29 とから成り、固定子コア 8 の中心付近には回転軸 10 が配置される。なお、本実施の形態では、密閉型のロータリ圧縮機 1 の電動要素として電動機 7 が用いられているが、電動機 7 は、ロータリ圧縮機 1 以外のあらゆる装置の電動要素としても適用可能である。

[0016] 圧縮要素 14 は、主な要素として、上下積層状態に設けられたシリンダ 12 と、電動機 7 により回転する回転軸 10 と、回転軸 10 に嵌挿されるピストン 13 と、シリンダ 12 内を吸入側と圧縮側に分けるベーン（図示せず）と、回転軸 10 が回転自在に嵌挿されシリンダ 12 の軸方向端面を閉塞する上下一対のフレーム（上部フレーム 17 および下部フレーム 16）と、上部フレーム 17 に装着された上部吐出マフラ 11 と、下部フレーム 16 に装着された下部吐出マフラ 15 とを備える。フレーム 6 は、厚さ 3 mm 程度の鋼板を絞り加工により円筒形状に形成され、フレーム 6 の底部には、圧縮要素 14 の各摺動部を潤滑する冷凍機油（図示せず）が貯留されている。

[0017] 回転子 22 は、固定子 8 の内径側の空隙 26（図 2 参照）を介して配置されている。回転軸 10 は、ロータリ圧縮機 1 の下部に設けた軸受け部（上部フレーム 17 および下部フレーム 16）により回転自在な状態で保持されている。固定子コア 8 は、例えば焼き嵌めによりフレーム内周部 6b（図 3 参照）に保持される。固定子コア 8 に巻回された固定子巻線 29 には、フレーム 6 に固定されるガラス端子 4 からの電力が供給される。

[0018] 以下、焼き嵌めについて説明する。常温において、固定子コア 8 の外径はフレーム 6 の内径よりも大きく設定される。このフレーム 6 を高温（例えば、300℃）に加熱することによってフレーム 6 が膨張し、膨張したフレーム 6 の内径寸法は、常温時の固定子コア 8 の外径寸法よりも大きくなる。この状態で常温の固定子コア 8 が高温のフレーム 6 に挿入される。その後、フ

フレーム6の温度が下がるとフレーム6が収縮するため、フレーム6に固定子コア8が固定される。これを焼き嵌めという。焼き嵌め後の固定子コア8には、フレーム6の締め付け力によって圧縮応力が生じる。この圧縮応力により、固定子コア8を構成する電磁鋼板の透磁率が低下し、かつ、鉄損が増加する。

[0019] 図8には、常温におけるフレーム6の内径寸法と固定子コア8の外径寸法との差（焼き嵌め代）と鉄損との関係が示されている。固定子コア8は、その外径寸法がフレーム6の内径寸法よりも僅かに大きいドーナツ形状である。常温における焼き嵌め代は、固定子コア8の重量によっても異なるが、固定子コア8の重量が大きいほど焼き嵌め代も大きく、数十から数百 $\mu\text{m}$ 程度である。固定子コア8の外周部には、例えば焼き嵌め時におけるフレーム6の収縮で発生する締め付け力に応じた圧縮応力が発生する。

[0020] この締め付け力は、焼き嵌め代が大きくなるため、圧縮応力は焼き嵌め代が大きくなるほど大きくなる。そして、この圧縮応力により固定子コア8を構成する電磁鋼板の鉄損が図8に示されるように増加する。すなわち、圧縮応力による鉄損は、圧縮応力が70MPa程度までは圧縮応力の増加に対して大きく増加していくが、それ以上の圧縮応力に対しては小さくなる特性（飽和特性）を持つ。そのため、焼き嵌め代に対する鉄損は、焼き嵌め代が60 $\mu\text{m}$ 以下の領域では大きく増加し、60 $\mu\text{m}$ 以上の領域では飽和する。

[0021] 以下、この圧縮応力を低減する構成例を説明する。

[0022] 図2には、分割コア8Aで構成される固定子コア8と回転子22から成る電動機7が示されている。回転子22の回転子コア23には、その外周部近傍に略正六角形をなす6個の磁石挿入穴が形成され、各磁石挿入穴にはN極とS極とが交互になるように着磁された6枚の平板形状の希土類永久磁石（ネオジウム、鉄、ボロンを主成分とするもの）が挿入されている。また回転子コア23にはその中心にシャフト孔21が形成され、シャフト孔21には回転エネルギーを伝達するための回転軸10（図1参照）が焼き嵌めや圧入等により連結されている。磁石挿入孔とシャフト孔21の間には、冷媒の

流路となる風穴25が複数設けられている。

[0023] なお、回転子22の磁極数は、2極以上であればいくつでもよいが、ここでは、回転子22の磁極数が6極の場合を例示している。また本実施の形態では永久磁石としてNd-Fe-B（ネオジム-鉄-ボロン）系の希土類磁石を用いているが、永久磁石の種類はこれに限るものではない。また、圧縮機用の電動機7の回転子22に用いる希土類磁石には、高温時に保磁力が低下して減磁特性が低下するのを抑制するため、重希土類元素量であるDy（ディスプロシウム）を添加する。希土類磁石にDyを添加すると、保磁力が向上する反面、残留磁束密度が低下する特性を持ち、ここでは、希土類磁石のDy含有量が2%のものを使用している。また、本実施の形態の回転子22を用いた電動機7は、駆動回路（図示せず）のインバータによるPWM制御で可変速駆動を行うことにより、要求の製品負荷条件に合わせた高効率な運転を行っている。また、本実施の形態の回転子22を用いた電動機7は、例えば、空気調和機の圧縮機に搭載され、100℃以上の高温雰囲気中での使用を保证する。

[0024] 回転子コア23の外周面と固定子コア8の内周面との間には空隙26が形成される。この空隙26は0.3mmから1mmである。指令回転数に同期した周波数の電流を固定子コア8に通電することにより回転磁界が発生し、回転子コア23が回転する。

[0025] 固定子コア8は、厚さ0.1mmから0.7mm程度の電磁鋼板を所定の形状に打ち抜き、打ち抜かれた複数の分割コア片を連結部27で連結することによって環状に配列した環状体が複数枚積層されたものである。連結部27は、例えば、ジョイントラップもしくは薄肉連結部で構成される。ここでは、板厚が0.35mmの電磁鋼板を用いている。固定子コア8は、電磁鋼板を積層後に、打ち抜き時の歪みを緩和するために焼鈍処理が行われる。

[0026] 固定子コア8を構成する各分割コア8Aは、分割コア片が複数枚積層されたものであり、概略T字状に形成されている。分割コア8Aは、ヨーク8A1、磁極ティース8A2、およびティース先端部8A3を有して構成されて

いる。ヨーク8A1、磁極ティース8A2、およびティース先端部8A3で区画される空間によってスロット8Bが形成される。

[0027] 図示例では、周方向に略等間隔に配置された9個のスロット8Bが放射状に形成されている。磁極ティース8A2は、ヨーク8A1から電動機7の中心の方向に延び、その周方向の幅は、ヨーク8A1からティース先端部8A3にかけて略等しくなるように形成されている。磁極ティース8A2には、回転磁界を発生させる固定子巻線29（図1参照）が巻かれている。ティース先端部8A3は両サイドが周方向に広がる傘状に形成される。

[0028] 固定子巻線29は、マグネットワイヤを、絶縁部9（図1参照）を介して磁極ティース8A2に直接巻き付けて形成される。この巻線方式を集中巻線という。そして、固定子巻線29は3相Y結線に結線される。固定子巻線29のターン数や線径は、要求される特性（回転数やトルク等）、電圧仕様、スロットの断面積に応じて定まる。本実施の形態では、固定子巻線29が巻き易いように、分割コア8Aを帯状に展開し、線径 $\phi 0.8$ mm程度のマグネットワイヤを各磁極ティース8A2に100ターン程度巻き付け、その後分割コア8Aを環状に丸めて溶接し、固定子コア8を構成している。

[0029] 分割コア8Aの外周部8aには2つの突起部8cが設けられている。図7において、例えば固定子コア8の中心位置をCとし、ヨーク8A1の周方向における中心位置をDとし、中心位置Cと中心位置Dとを結ぶ線をティース中心軸30とする。このとき、各分割コア8Aには、ティース中心軸30に対して周方向に対称な位置に2つの突起部8cが設けられている。また、図10に示されるように、各突起部8cは、固定子コア8の軸方向の一端から他端に渡って設けられている。

[0030] なお、突起部8cは、電動機7が駆動する際の磁路として有効に利用することができないため、突起部8cの先端から外周部8aまでの高さ（段差）は、小さいことが望ましい。本実施の形態では、分割コア8Aの外周部8aの内、突起部8cを設けていない部分が焼き嵌め時にフレーム6と接触しないように、段差が焼嵌締め代の2倍程度の距離となるように形成されている。

- 。
- [0031] 固定子コア 8 をフレーム 6 に組み込む場合、突起部 8 c がフレーム内周部 6 b (図 3 参照) と嵌め合うように、まず固定子コア 8 がフレーム 6 によって焼き嵌めで仮止めされる。固定子コア 8 を構成する分割コア 8 A には、テイス中心軸 3 0 に対して周方向に対称な位置に、2 つの突起部 8 c が設けられている。そのため、各分割コア 8 A は、本工程により、外周側からの軸中心に向かう均等な力で焼き嵌めされ、隣接する分割コア 8 A の間の隙間 (分割隙間) が縮まり、真円度を確保することができる。
- [0032] なお、突起部 8 c が周方向に均等に分散して数多く設けられている方が固定子コア 8 の真円度を向上させることができる。図 2 に示される固定子コア 8 には一例として 18 個の突起部 8 c が設けられているが、真円度の向上を図る観点ではより多くの突起部 8 c を均等に分散して設けることが望ましい。
- 。
- [0033] また、仮止めとしての焼き嵌めでは、固定子コア 8 が抜けのないような大きな力を与えるのではなく、分割隙間を吸収する程度の力が固定子コア 8 に与えられる。このことにより、固定子コア 8 の内部には、従来の焼き嵌め時のような大きな圧縮応力が発生しない。固定子コア 8 に大きな圧縮応力を加えないようにするため、突起部 8 c は、フレーム内周部 6 b 側 (突起部 8 c がフレーム内周部 6 b と接する部分) の面積が各分割コア 8 A の外周部 8 a の総面積の 20% 以下となるように形成することが望ましい。
- [0034] また、固定子コア 8 に大きな圧縮応力を加えないようにするためには、焼嵌締め代が  $60 \mu\text{m}$  以下となることが望ましい。これは、図 8 に示したように焼嵌締め代が  $60 \mu\text{m}$  を超えると圧縮応力に対する鉄損増加が飽和してしまうためである。すなわち、フレーム 6 の内径寸法と固定子コア 8 の外径寸法との差 (焼嵌締め代) が  $60 \mu\text{m}$  以下となるように構成すれば、焼き嵌め後の鉄損増加を大きく低減することができる。
- [0035] 次に窪み部 8 b を説明する。図 2 において、分割コア 8 A の外周部 8 a には複数の窪み部 8 b が設けられている。窪み部 8 b が形成される位置は、例

例えば、全ての分割コア 8 A の内、分割コア 8 A の総数の約数  $n$  ( $n$  は 3 以上の整数) で 360 を除した値の角度で、周方向に等間隔に設けられた分割コア 8 A の外周部 8 a である。分割コア 8 A の総数が 9 個の場合、約数  $n$  が 3 または 9 となる。本実施の形態では約数  $n$  を 3 としており、図 2 において符号 a, b, c が付された 3 つの分割コア 8 A は、120 度で周方向に等間隔に設けられている。これらの分割コア 8 A には、それぞれ 2 つの窪み部 8 b が設けられている。窪み部 8 b は、分割コア 8 A の外周部 8 a において、テース中心軸 30 に対して周方向に対称な位置に設けられている。

[0036] また、図 10 に示されるように、窪み部 8 b は、分割コア 8 A の軸方向に対して、分割コア 8 A の一端と他端との間の中心付近のみに設けられている。なお、窪み部 8 b は、固定子コア 8 の磁路を狭くして電動機 7 の磁気特性を悪化させる要因となるため、その大きさが小さくなるように構成することが望ましい。窪み部 8 b は、例えば周方向の幅が約 4 mm、軸方向の長さが約 5 mm、径方向の深さが約 2 mm で形成されている。径方向の深さは、窪み部 8 b の底部 8 d (図 3 参照) から外周部 8 a までの長さである。

[0037] なお、図 7 の窪み部 8 b は、分割コア 8 A に形成された 2 つの突起部 8 c の間 (図 7 の中心位置 D 付近) の外側に設けられているが、2 つの突起部 8 c の間に設けてもよい。

[0038] 焼き嵌め後に固定子コア 8 を固定する場合、図 3 に示されるように、窪み部 8 b と略同一寸法または僅かに小さく、かつ、先端が平面形状である押付け治具 24 を、フレーム 6 の外側から窪み部 8 b の底部 8 d に向けて押し付ける。このことにより、押付け治具 24 で押されたフレーム外周部 6 a と窪み部 8 b との間のフレーム 6 が塑性変形し、この変形した部分 (押付部 6 e) がせん断された状態で窪み部 8 b に入り込む。その結果、フレーム外周部 6 a には凹部 6 c が形成され、円柱状の突部 6 d (すなわち固定部 28) が窪み部 8 b と緊密に係合することによって、フレーム 6 と固定子コア 8 とを相互を固定する固定部 28 が形成される。

[0039] 本実施の形態では、突起部 8 c によって分割コア 8 A がフレーム内周部 6

bに接触するように構成されている。そのため、フレーム6に固定子コア8を局所固定するための窪み部8bは、固定子コア8を構成する全ての分割コア8Aに形成する必要はない。すなわち、局所固定の数は分割コア8Aの総数よりも少なくすることができる。

[0040] また、局所固定による保持力の観点では、図11に示されるように、窪み部8bは固定子コア8の軸方向の両端部付近（一端付近と他端付近との双方）に設けてもよい。この構成により、固定子コア8が軸方向にずれ難くなり、高い信頼性を得ることができる。

[0041] また、図7に示されるように、突起部8cの周方向の位置は、ティース中心軸30に対する中心角が3度から10度（図中のA度）となるように設けられていることが望ましい。また、窪み部8bの周方向の位置は、ティース中心軸30に対する中心角が10度から15度（図中のB度）となるように設けられていることが望ましい。この構成により、分割コア8Aに均等な締め付け力が印加され、真円度を低下させることなく局所固定することができる。

[0042] このように構成された固定子コア8は、外周側からの軸中心に向かう均等な力で焼き嵌めされ、真円度が確保された状態で局所固定される。従って、局所固定時の局所的な締め付け力によって分割コア8Aが大きく歪んだ状態で固定されるということを抑制することができ、固定子コア8は、真円度の良い状態でフレーム内周部6bに固定することができる。

[0043] また、固定子コア8の内周部には、焼き嵌めによる従来の圧縮応力よりも小さい圧縮応力が生じる。また、局所固定による応力も部分的なものである。そのため、従来の固定方法に比べて、電動機全体での圧縮応力が小さくなり、固定子コア8の固定に伴う鉄損の増加が小さくなる。

[0044] また、本実施の形態に係る電動機7は、真円度も良いため低振動化を図ることができる。さらに、局所固定を行うことによって、固定子コア8をフレーム6に固定させるために必要な保持力も十分に確保することができる。なお、局所固定の方法としては、例えばアークスポット溶接によって固定子コ

ア 8 をフレーム 6 に固定する方法を用いてもよい。

[0045] 図 9 には、従来の電動機の駆動時の鉄損比率と、本発明の実施の形態に係る電動機 7 の駆動時における鉄損比率とが示されている。なお、本実施の形態に係る電動機 7 の構成は、固定子コア 8 を除き、従来の電動機の構成と同一である。図 9 の比較結果からも明らかなように、本実施の形態に係る電動機 7 は、従来の電動機に比べ鉄損を 19% 低減することができ、電動機 7 の効率が大幅に改善していることが分かる。鉄損の応力劣化は磁束密度が高い程大きい。巻線の密度が高い集中巻線を採用し、かつ、回転子に希土類永久磁石を使用した電動要素では、磁束密度が高いため、焼き嵌めによる圧縮応力を低減したことによる鉄損低減効果が特に大きくなる。特に、Dy 含有量が 3% 以下の希土類磁石を用いた電動機では磁束密度が高いため、本実施の形態に係る固定子コア 8 を用いることによって効率改善の効果が特に大きくなる。また、性能改善分は磁石使用量の削減に振り向けることもできる。

[0046] 次に、係るロータリ圧縮機 1 の動作について説明する。アキュムレータ 2 から供給された冷媒ガスは、フレーム 6 に固定された吸入パイプ 3 よりシリンドラ 12 内へ吸入される。インバータの通電によって電動機 7 が回転されていることで、回転軸 10 に嵌合されたピストン 13 がシリンドラ 12 内で回転される。それにより、シリンドラ 12 内では冷媒の圧縮が行われる。冷媒は、マフラを経た後、電動機 7 の風穴等を通してフレーム 6 内を上昇する。このとき、圧縮された冷媒には冷凍機油が混入している。この冷媒と冷凍機油の混合物は、ロータ鉄心に設けた風穴を通過する際に、冷媒と冷凍機油との分離を促進され、冷凍機油が吐出パイプ 5 へ流入するのを防止できる。このようにして、圧縮された冷媒が、フレーム 6 に設けられた吐出パイプ 5 を通って冷凍サイクルの高圧側へと供給される。

[0047] なお、ロータリ圧縮機 1 の冷媒には、従来から R410A、R407C、R22 等が用いられているが、低 GWP（地球温暖化係数）の冷媒等などいかなる冷媒も適用できる。地球温暖化防止の観点からは、低 GWP 冷媒が望まれている。低 GWP 冷媒の代表例として、以下の冷媒がある。

(1) 組成中に炭素の二重結合を有するハロゲン化炭化水素：例えば、HFO-1234yf (CF<sub>3</sub>CF=CH<sub>2</sub>) である。HFOは、Hydro-Fluoro-Olefinの略で、Olefinは、二重結合を一つ持つ不飽和炭化水素のことである。尚、HFO-1234yfのGWPは4である。

(2) 組成中に炭素の二重結合を有する炭化水素：例えば、R1270 (プロピレン) である。尚、GWPは3で、HFO-1234yfより小さいが、可燃性はHFO-1234yfより大きい。

(3) 組成中に炭素の二重結合を有するハロゲン化炭化水素または組成中に炭素の二重結合を有する炭化水素の少なくともいずれかを含む混合物：例えば、HFO-1234yfとR32との混合物等である。HFO-1234yfは、低圧冷媒のため圧損が大きくなり、冷凍サイクル (特に、蒸発器において) の性能が低下しやすい。そのため、HFO-1234yfより高圧冷媒であるR32又はR41等との混合物が実用上は有力になる。

[0048] 以上のように構成されたロータリ圧縮機1に電動機7を用いることによって高効率で信頼性の高い圧縮機を得ることができる。また、冷凍空調装置にこのロータリ圧縮機1を用いることによって、高効率かつ低騒音で信頼性の高い冷凍空調装置を得ることができる。

[0049] なお、本実施の形態では、焼き嵌めによって固定子コア8をフレーム6に固定する例を説明したが、焼き嵌め以外の方法、例えば、冷し嵌め (固定子8を冷却する方法)、あるいは圧入等の方法を適用してもよい。また、本実施の形態では、電動機7としてブラシレスDCモータを例に説明したが、本実施の形態に係る固定子コア8の固定方法は、ブラシレスDCモータ以外の電動機、例えば誘導電動機の永久磁石を用いないモータにも適用でき、これらのモータにおいても同様の効果を得ることができる。

[0050] 以上に説明したように、本実施の形態に係る電動機7は、相互に等しい中心角で配置された3つ以上の分割コア8Aが環状に配設されて成る固定子コア8と、固定子コア8の内径部に配置される回転子22と、分割コア8Aを

内包するフレーム6とを備えた永久磁石埋込型電動機であって、各分割コア8Aの外周部8aには、固定子コア8の中心と分割コア8Aの中心とを結ぶ中心軸（ティース中心軸30）に対して周方向に対称な位置において、外周部8aからフレーム内周部6bに向かって突状の複数の突起部8cが形成され、分割コア8Aの総数の約数 $n$ （ $n$ は3以上の整数）で360を除した値の中心角で周方向に等間隔に設けられた分割コア8Aの外周部8aには、突起部8cが形成される位置以外の位置、かつ、前記中心軸に対して周方向に対称な位置において、フレーム内周部6bから外周部8aの方向に突となる窪み状の複数の窪み部8bが形成されている。この構成ように構成された固定子コア8は、焼き嵌めでフレーム内周部6bに仮止めされるため、従来技術よりも固定子コア8の真円度が向上する。さらに、焼き嵌め後に固定子8をフレーム内周部6bに局所固定することによって、固定子8の抜け荷重を確保し、かつ、コア内部の圧縮応力発生箇所を最小限に止めることができる。従って、従来技術に比べて電動機7の効率の低下を抑制することができ、高効率で信頼性の高い電動機7を得ることができる。特に、磁束密度の高い省レアアースモータの効率改善に効果が高く、性能改善分を磁石使用量の削減に振り向けることもできる。上記の電動機7を用いることにより、高効率かつ低騒音な信頼性の高い圧縮機や冷凍空調機を構成することができる。

[0051] また、本発明の実施の形態は、本発明の内容の一例を示すものであり、更なる別の公知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、一部を省略する等、変更して構成することも可能であることは無論である。

### 産業上の利用可能性

[0052] 以上のように、本発明は、永久磁石埋込型電動機、圧縮機、および冷凍空調装置に適用可能であり、特に、固定子コアの抜け荷重を確保しつつ信頼性を高めることができる発明として有用である。

### 符号の説明

[0053] 1 ロータリ圧縮機、2 アク्यूムレータ、3 吸入パイプ、4 ガラ

ス端子、5 吐出パイプ、6 フレーム、6 a フレーム外周部、6 b フレーム内周部、6 c 凹部、6 d 突部、6 e 押付部、7 永久磁石埋込型電動機、8 固定子コア、8 a 外周部、8 b 窪み部、8 c 突起部、8 d 底部、8 A 分割コア、8 A 1 ヨーク、8 A 2 磁極ティース、8 A 3 ティース先端部、8 B スロット、9 絶縁部、10 回転軸、11 上部吐出マフラ、12 シリンダ、13 ピストン、14 圧縮要素、15 下部吐出マフラ、16 下部フレーム、17 上部フレーム、21 シャフト孔、22 回転子、23 回転子コア、24 押付け治具、25 風穴、26 空隙、27 連結部、28 固定部、29 固定子巻線、30 ティース中心軸、80 固定子。

## 請求の範囲

[請求項1] 相互に等しい中心角で配置された3つ以上の分割コアが環状に配設されて成る固定子コアと、前記固定子コアの内径部に配置される回転子と、分割コアを内包するフレームとを備えた永久磁石埋込型電動機であって、

前記各分割コアの外周部には、前記固定子コアの中心と前記分割コアの中心とを結ぶ中心軸に対して周方向に対称な位置において、前記外周部から前記フレームの内周部に向かって突状の複数の突起部が形成され、

分割コアの総数の約数  $n$  ( $n$ は3以上の整数) で360を除いた値の中心角で周方向に等間隔に設けられた分割コアの外周部には、前記突起部が形成される位置以外の位置、かつ、前記中心軸に対して周方向に対称な位置において、前記内周部から前記外周部の方向に突となる窪み状の複数の窪み部が形成されていること、を特徴とする永久磁石埋込型電動機。

[請求項2] 前記突起部は、前記固定子コアの軸方向の一端から他端に渡って設けられ、

前記窪み部は、前記一端から前記他端までの間の中心付近のみに設けられていることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項3] 前記突起部は、前記固定子コアの軸方向の一端から他端に渡って設けられ、

前記窪み部は、前記一端付近と前記他端付近とに設けられていることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項4] 前記突起部は、前記フレームの内周部側の面積が前記各分割コアの外周部の総面積の20%以下となるように形成されていることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項5] 前記フレームの内径寸法と前記固定子コアの外径寸法との差が60

$\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項6] 前記固定子コアの外周部に設けられた前記突起部の数が 18 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項7] 前記突起部の周方向の位置は、前記中心軸に対する中心角が 3 度から 10 度となるように設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項8] 前記窪み部の周方向の位置は、前記中心軸に対する中心角が 0 度から 15 度となるように設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項9] 前記固定子コアと前記フレームとは、アークスポット溶接で固定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項10] 前記固定子コアは、前記各分割コアをジョイントラップにより連結して成ることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石埋込型電動機。

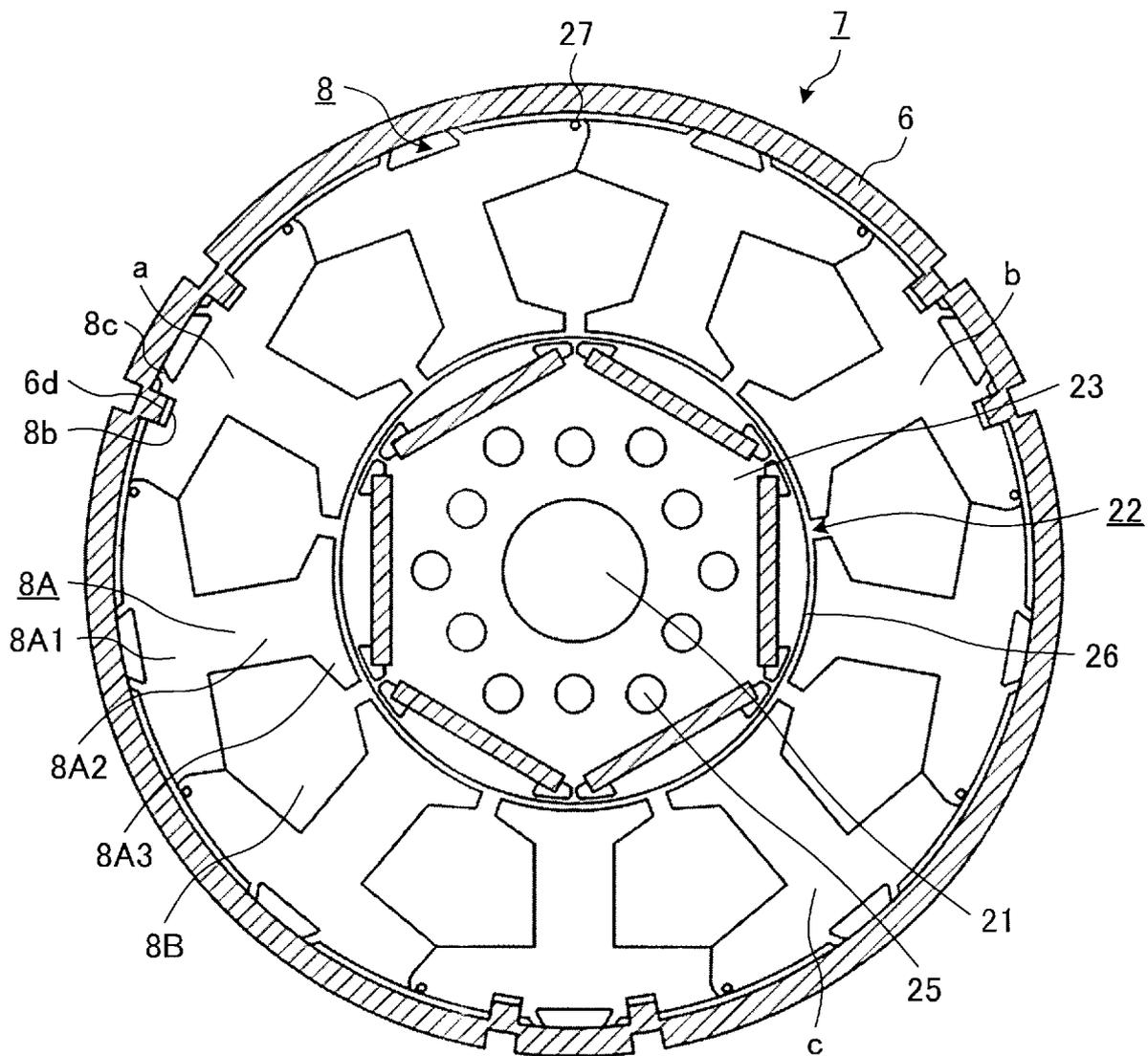
[請求項11] 前記回転子を構成する希土類磁石は、Dy（ディスプロシウム）含有量が 3% 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石埋込型電動機。

[請求項12] 請求項 1 から 11 に記載の永久磁石埋込型電動機を搭載したことを特徴とする圧縮機。

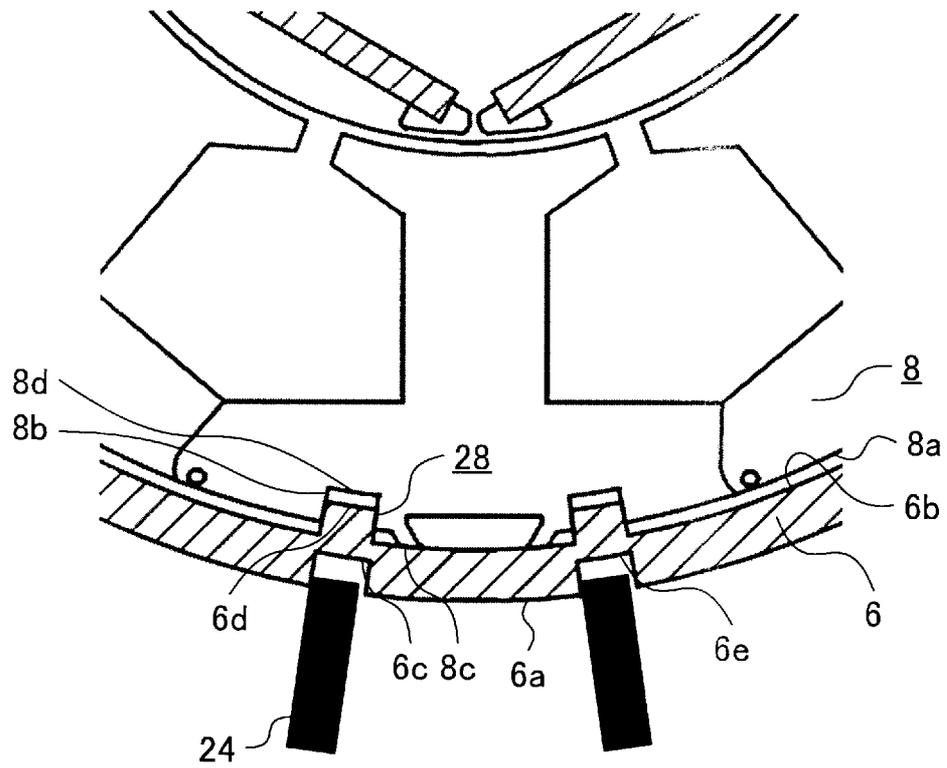
[請求項13] 請求項 12 に記載の圧縮機を搭載したことを特徴とする冷凍空調装置。



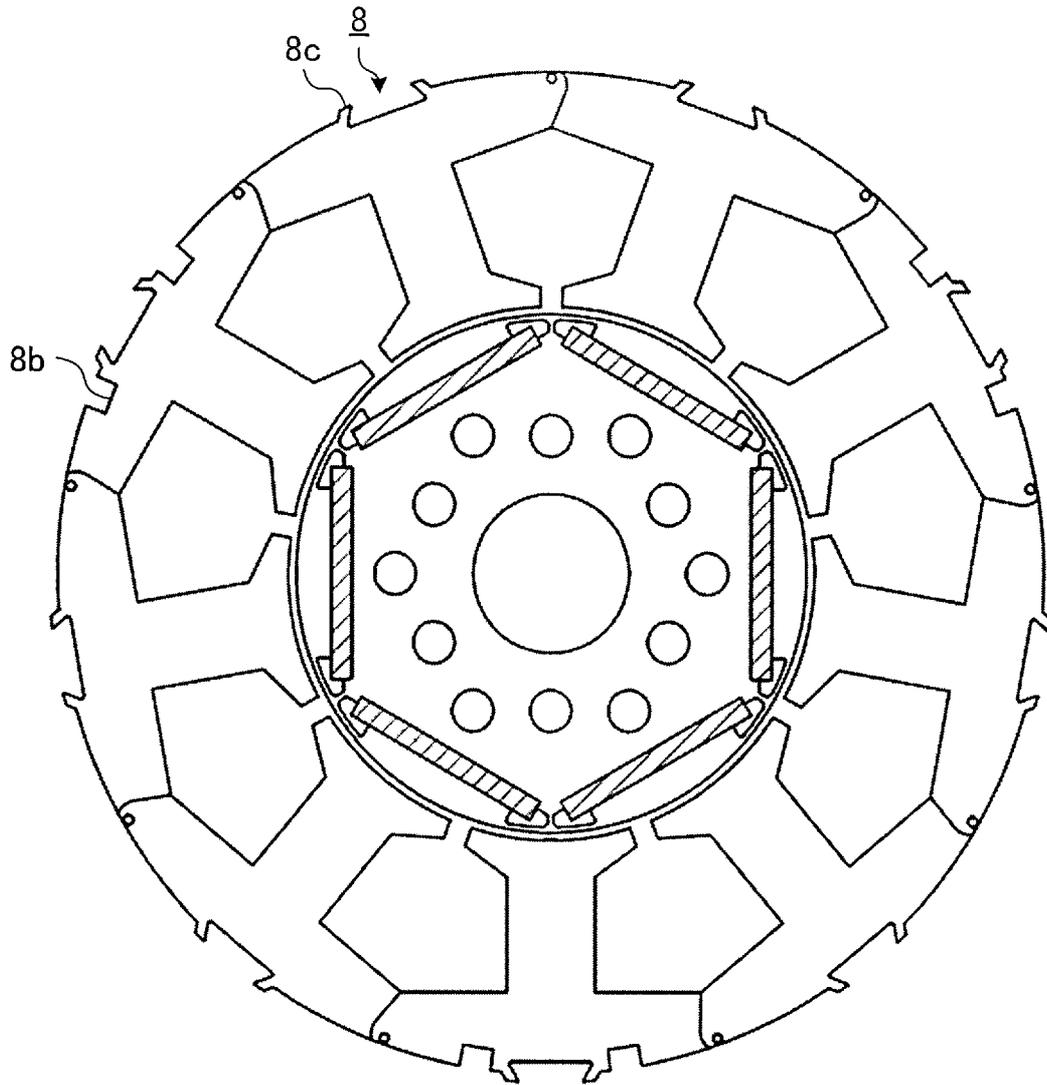
[図2]



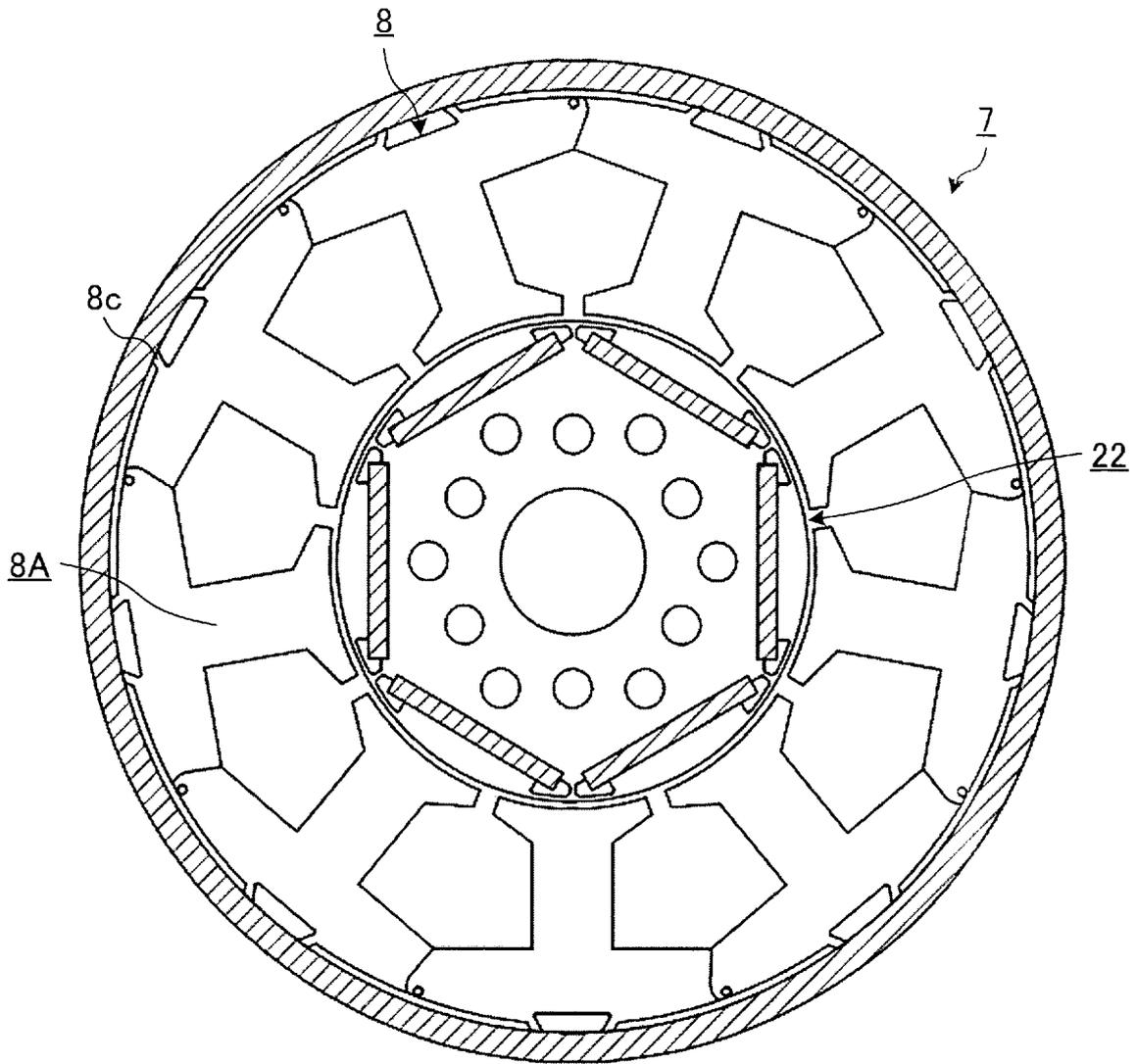
[図3]



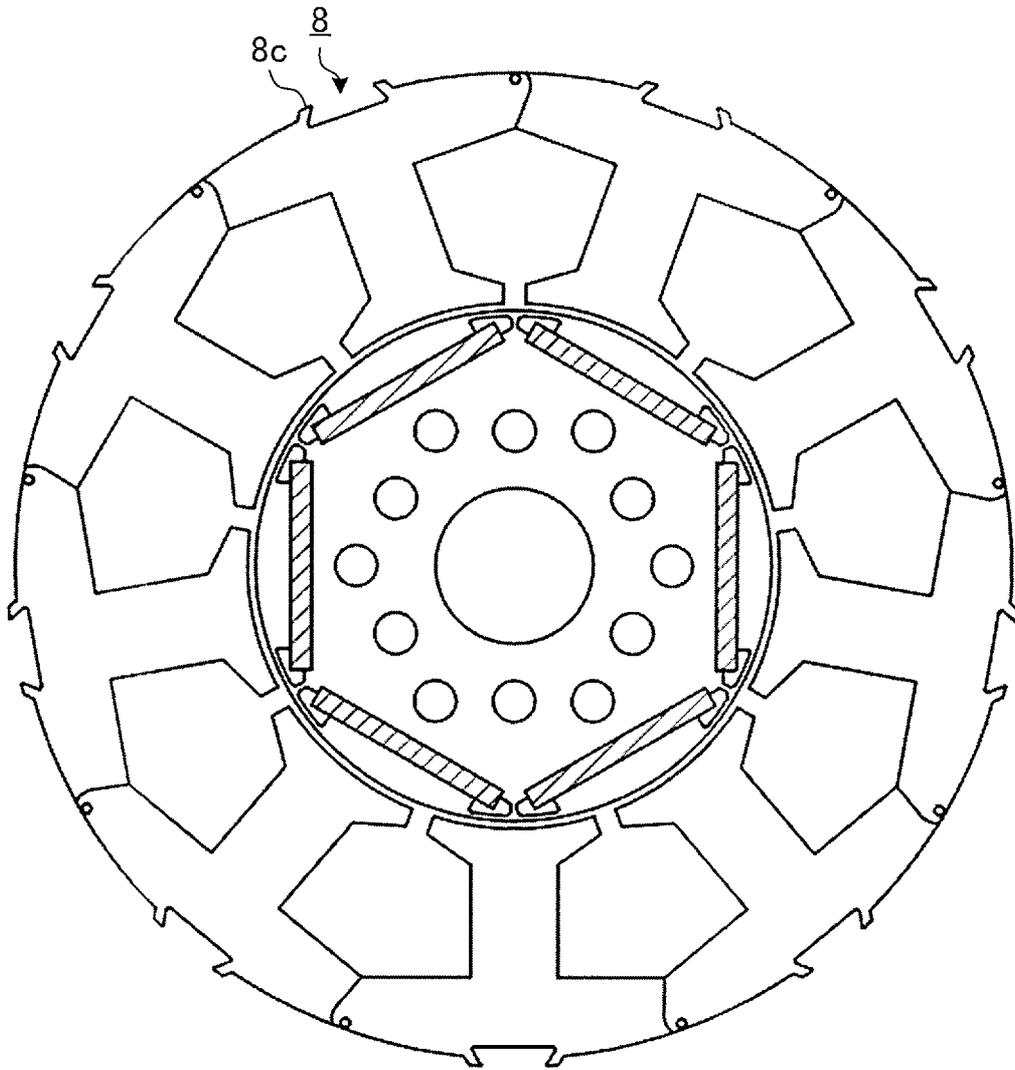
[図4]



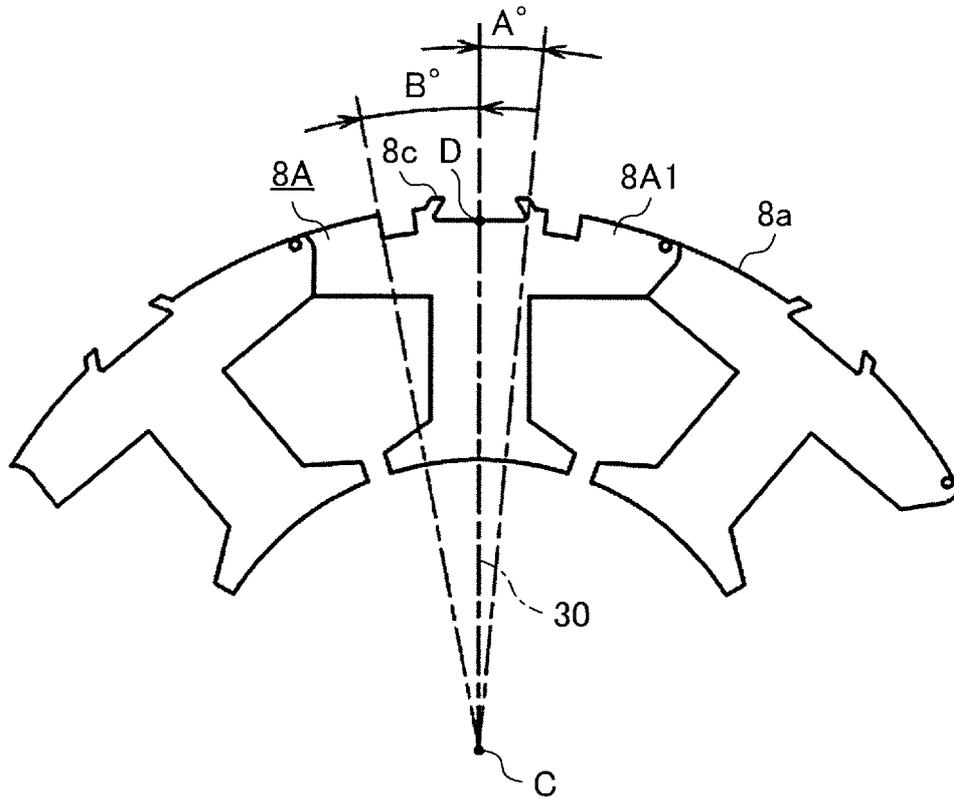
[図5]



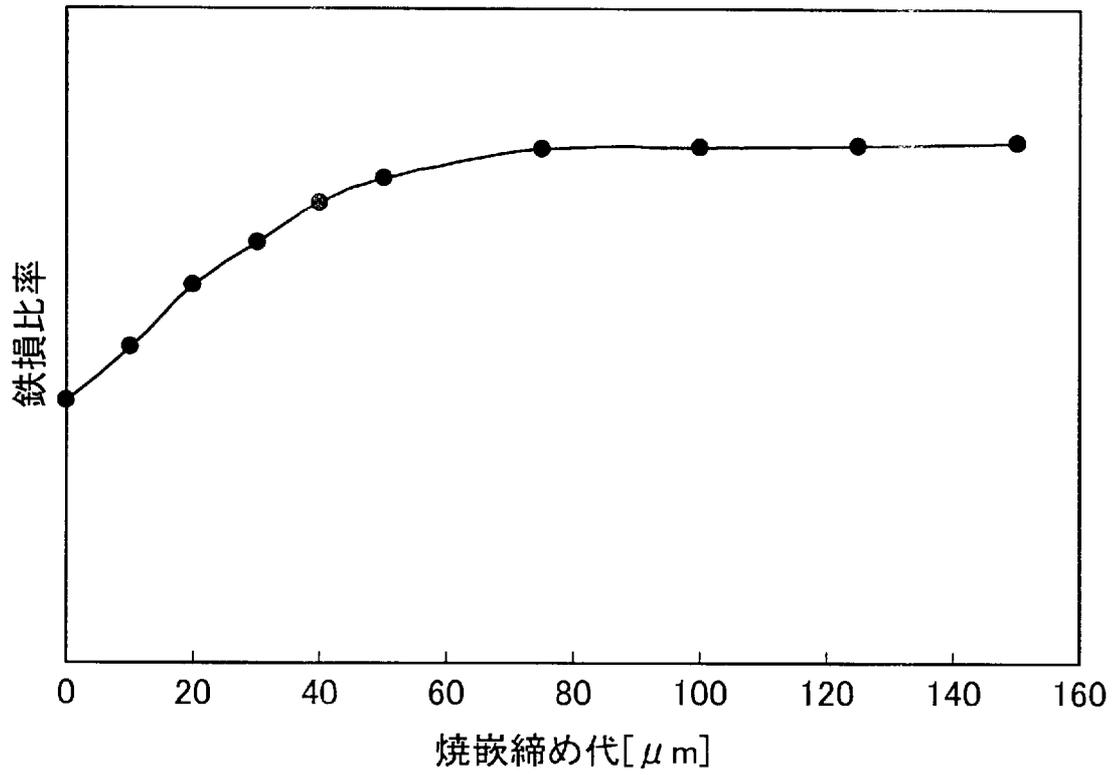
[図6]



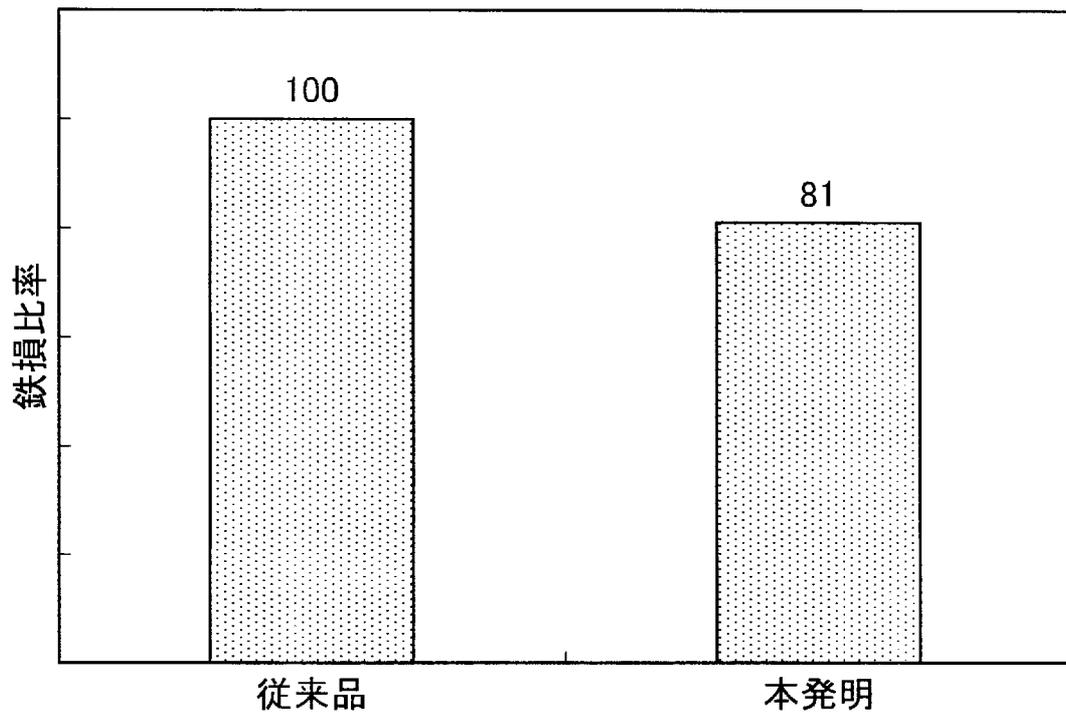
[図7]



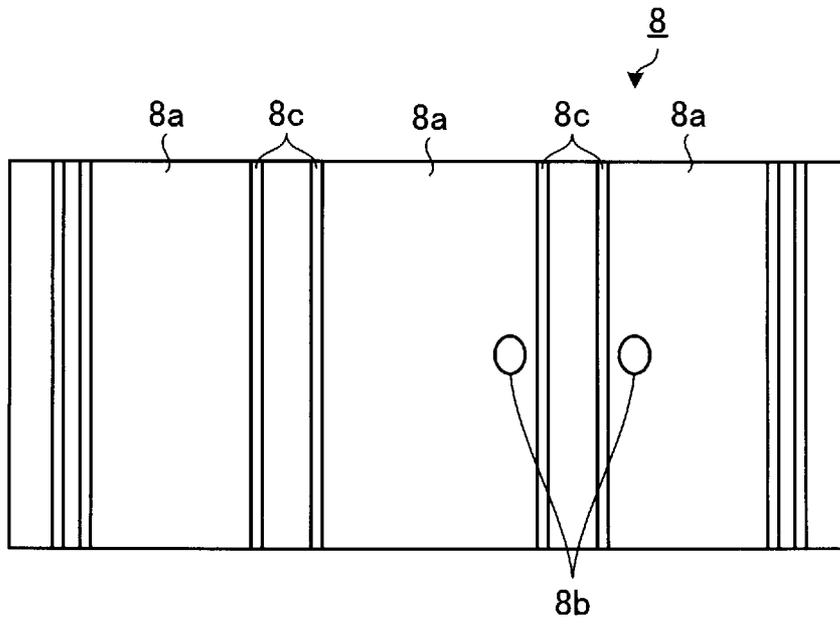
[図8]



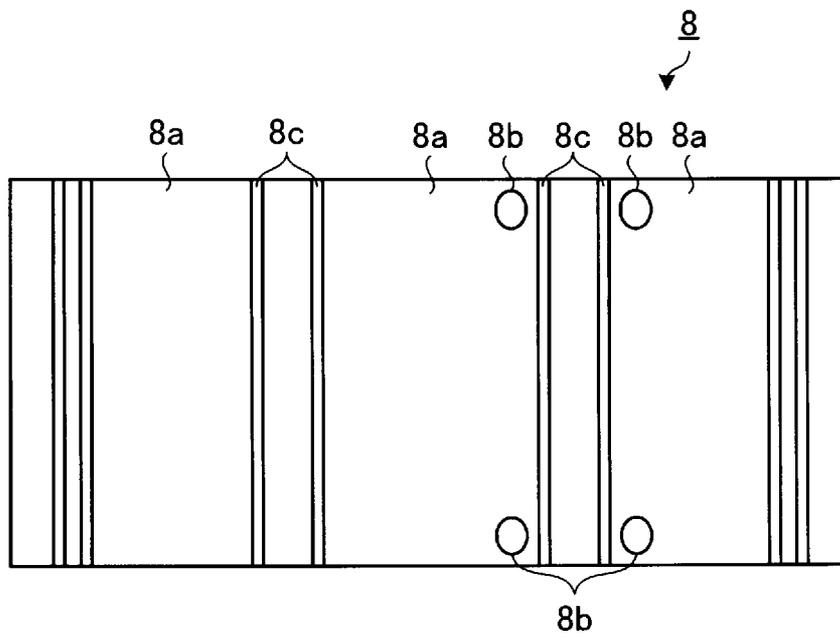
[図9]



[図10]



[図11]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/054610

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/18(2006.01) i, H02K21/16(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)

H02K1/18, H02K21/16

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 Y	JP 6-14482 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 21 January 1994 (21.01.1994), paragraphs [0002], [0007] to [0008]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1, 4-8 9-13
Y	JP 2011-259661 A (Nippon Soken, Inc.), 22 December 2011 (22.12.2011), paragraphs [0022] to [0053]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-13
Y	JP 2010-178589 A (Mazda Motor Corp.), 12 August 2010 (12.08.2010), paragraphs [0043] to [0044]; fig. 10 (Family: none)	1-13

 Further documents are listed in the continuation of Box C. 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

"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

"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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
13 May, 2013 (13.05.13)Date of mailing of the international search report  
28 May, 2013 (28.05.13)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/054610

## 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 2-131340 A (Hitachi, Ltd.), 21 May 1990 (21.05.1990), page 2, lower left column, line 17 to page 3, upper left column, line 3; fig. 1 to 6 (Family: none)	2, 12-13
Y	JP 2009-52503 A (Toshiba Carrier Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraphs [0031] to [0042]; fig. 2 (Family: none)	3, 12-13
Y	JP 2005-80451 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 24 March 2005 (24.03.2005), paragraphs [0039] to [0044]; fig. 7 (Family: none)	5, 7, 12-13
Y	JP 11-341717 A (Matsushita Seiko Co., Ltd.), 10 December 1999 (10.12.1999), paragraph [0029]; fig. 11 (Family: none)	9, 12-13
Y	JP 2004-293446 A (Mitsubishi Electric Corp.), 21 October 2004 (21.10.2004), paragraphs [0011] to [0016]; fig. 1 to 2 (Family: none)	10, 12-13
Y	JP 2002-238192 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 23 August 2002 (23.08.2002), claims; paragraphs [0010] to [0016]; fig. 1 (Family: none)	11-13
A	JP 2007-43845 A (Toyota Motor Corp.), 15 February 2007 (15.02.2007), paragraphs [0016] to [0029]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H02K1/18(2006.01)i, H02K21/16(2006.01)i

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))  
 Int.Cl. H02K1/18, H02K21/16

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 1971-2013年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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 Y	JP 6-14482 A (富士電機株式会社) 1994.01.21, 【0002】, 【0007】 - 【0008】, 第1-5図 (ファミリーなし)	1, 4-8 9-13
Y	JP 2011-259661 A (株式会社日本自動車部品総合研究所) 2011.12.22, 【0022】 - 【0053】, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-13
Y	JP 2010-178589 A (マツダ株式会社) 2010.08.12, 【0043】 - 【0044】, 第10図 (ファミリーなし)	1-13

C欄の続きにも文献が列挙されている。  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  
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な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  
 「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)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「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  
 「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  
 「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  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 13.05.2013	国際調査報告の発送日 28.05.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 西山 智宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3358
	3V 3112

C (続き) . 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
Y	JP 2-131340 A (株式会社日立製作所) 1990.05.21, 第2ページ左下欄第17行-第3ページ左上欄第3行, 第1-6図 (ファミリーなし)	2, 12-13
Y	JP 2009-52503 A (東芝キャリア株式会社) 2009.03.12, 【0031】 - 【0042】, 第2図 (ファミリーなし)	3, 12-13
Y	JP 2005-80451 A (松下電器産業株式会社) 2005.03.24, 【0039】 - 【0044】, 第7図 (ファミリーなし)	5, 7, 12-13
Y	JP 11-341717 A (松下精工株式会社) 1999.12.10, 【0029】, 第11図 (ファミリーなし)	9, 12-13
Y	JP 2004-293446 A (三菱電機株式会社) 2004.10.21, 【0011】-【0016】, 第1-2図 (ファミリーなし)	10, 12-13
Y	JP 2002-238192 A (三洋電機株式会社) 2002.08.23, 【特許請求の範囲】, 【0010】 - 【0016】, 第1図 (ファミリーなし)	11-13
A	JP 2007-43845 A (トヨタ自動車株式会社) 2007.02.15, 【0016】 - 【0029】, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-13