(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 1 日(01.12.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/190033 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 3/04 (2006.01) *H02K 3/28* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/063124

(22) 国際出願日: 2016 年 4 月 27 日(27.04.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2015-104121 2015 年 5 月 22 日(22.05.2015) JP

(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 沢田 逸郎(**SAWADA Itsurou**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 松延 豊(**MATSUNOBU Yutaka**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 中原 明仁(**NAKAHARA Akihito**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 井上 学, 外(**INOUE Manabu** et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 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, 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.

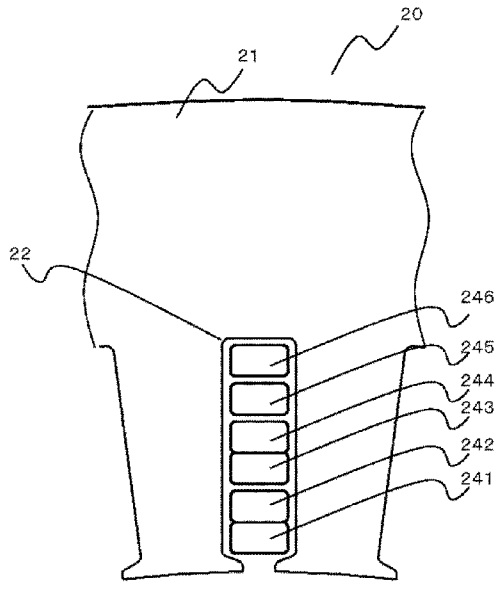
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

[続葉有]

(54) **Title**: ROTARY ELECTRIC DEVICE STATOR

(54) 発明の名称 : 回転電機の固定子

図 2



(57) **Abstract**: Provided is a rotary electric device stator with high efficiency and superior cooling performance. The stator of the present invention is provided with a stator core provided with multiple slots and coil windings that are inserted into the slots and formed connecting to a segment conductor and is characterized in that two or more of the coil windings that are electrically connected in parallel and coil windings that are electrically connected in series to the coil windings that are electrically connected in parallel are inserted in the slots.

(57) 要約: 効率が高く冷却性能の優れた回転電機の固定子を提供する。本発明の固定子は、複数のスロットが設けられた固定子鉄心と、前記スロットに挿入され、セグメント導体を接続して形成されたコイル巻線と、を備え、前記スロット内には、電気的に並列接続される２本以上の前記コイル巻線と、前記並列接続された前記コイル巻線と電気的に直列接続される前記コイル巻線と、が挿入されることを特徴とする。

WO 2016/190033 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 ： 回転電機の固定子

技術分野

[0001] 本発明は回転電機に係り、特に回転電機の固定子の構造に関する。

背景技術

[0002] 回転電機は、電動機として電気的な入力を機械的な出力に変換する際に、あるいは発電機として機械的な入力を電気的な出力に変換する際に、渦電流損失やジュール損失に起因して発熱する。

[0003] 回転電機を構成する材料には、それぞれ上限温度が規定されており、電動機あるいは発電機として動作する際に、各部の温度がそれぞれの上限温度を超えないように冷却する必要がある。

[0004] 回転電機の損失が大きいということは、ある出力を得るためにより大きい入力を必要とするということであり、効率の観点からも損失の低減が求められている。

[0005] 回転電機の損失を低減する手段のひとつとして、固定子鉄心に設けたスロットに複数の略Ｕ字形状のセグメント導体を挿入することで占積率を向上することが知られており、例えば特許文献１及び２などに開示されている。固定子のコイル巻線の損失に着目すると、コイル巻線に電流が流れる際に発生するいわゆるジュール損失と、回転子の回転によっておこる回転磁界に起因する渦電流損失に分けられる。

[0006] ジュール損失は、コイル巻線を流れる電流の２乗とコイル巻線の電気抵抗との積に比例する。一方、渦電流損失は、コイル巻線を流れる電流の２乗とコイル巻線の径方向高さの２乗に比例する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２０１４－１０００３７号公報

特許文献2：特開２０１３－１４３７８６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明の目的は、効率が高く冷却性能の優れた回転電機の固定子及びその固定子を用いた回転電機を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために、例えば請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、複数のスロットが設けられた固定子鉄心と、前記スロットに挿入され、セグメント導体を接続して形成されたコイル巻線と、を備え、前記スロット内には、電気的に並列接続される２本以上の前記コイル巻線と、前記並列接続された前記コイル巻線と電気的に直列接続される前記コイル巻線と、が挿入されることを特徴とする固定子である。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、効率が高く冷却性能の優れた回転電機の固定子及び回転電機を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施例１を示す固定子の断面図である。

[図2]本発明の実施例１を示す回転電機の断面図である。

[図3]本発明の実施例１による温度低減効果である。

[図4]本発明の実施例２を示す固定子の断面図である。

[図5]本発明を適用した回転電機を用いた電動車両である。

[図6]本発明を適用した回転電機を後輪駆動用として用いた電動車両である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下図面を用いて本発明の実施例を説明する。

[0013] なお、以下の説明では、回転電機の一例として、電動車両の駆動用電動機を用いる。

実施例 1

[0014] 図１は本発明による固定子を備える回転電機を回転軸平行平面で切った断面図である。

[0015] 回転電機１０は、固定子鉄心２１と、固定子鉄心に軸方向に設けた固定子スロット２２に巻き回された固定子巻線コイル２３とから構成する固定子２０と、回転子鉄心３１と、回転子鉄心内に埋め込んだ永久磁石３２とから構成する回転子３０と、回転子３０を回転可能に支持する軸受３３と、軸受を保持するブラケット４２と、固定子を保持するハウジング４０とから構成される。

[0016] また、図１にはハウジング４０内に固定子２０を冷却するための液冷ジャケット４１を備えているが、必ずしも液冷ジャケットを備える必要はない。

[0017] 図２は本発明による固定子２０を回転軸垂直平面で切った断面図である。

[0018] 固定子２０の固定子スロット２２内には、複数の固定子巻線コイル２３が挿入されており、図２においては、固定子スロット２２内の内径側のコイル２４１と２４２、２４３と２４４は互いに回転軸方向端部で接続されている。

[0019] すなわち固定子スロット２２内には、６本の固定子巻線コイル（２４１から２４６）が挿入されているが、電気的には図３に示す４本の固定子巻線コイル（２５１から２５４）が挿入されている固定子と等価である。

[0020] 以下の説明では簡単のために次の条件を満たすものとする。

（１）図２及び図３の固定子スロット２２は同一寸法である。

（２）図２及び図３の固定子スロット２２内の固定子巻線が占める割合（占積率）は等しい。

（３）図２における６本の固定子巻線コイル（２４１から２４６）の断面寸法は等しい。（４）図３における４本の固定子巻線コイル（２５１から２５４）の断面寸法は等しい。（５）固定子巻線コイルに生じる渦電流損失は、固定子巻線コイルに流れる電流の２乗と径方向厚さの２乗との積に比例し、固定子スロット内の最も内径側のコイルのみに発生する。

[0021] このとき、図３における固定子巻線コイル１本の径方向厚さをｈとすると

、図２における固定子巻線コイル１本の径方向厚さはｈ×４÷６となる。

[0022] 固定子巻線コイルの幅は図２と図３とで等しいので、径方向厚さの比が固定子巻線コイル１本あたりの断面積の比となる。

[0023] 固定子巻線コイル１本あたりの電気抵抗は、固定子巻線コイルの断面積に比例するため、固定子巻線コイルの径方向厚さの比が固定子巻線コイルの電気抵抗の比となる。

[0024] ここで、図３における４本の固定子巻線コイル（２５１から２５４）それぞれに等しく流れる電流をＩ、固定子巻線コイル１本あたりの電気抵抗をＲとすると、固定子巻線コイルで発生するジュール損失Ｐａは、

Ｐａ＝４×Ｉ＾２×Ｒ

である。

[0025] 一方、図２における６本の固定子巻線コイル（２４１から２４６）の１本あたりの電気抵抗は、断面積に反比例するため、Ｒ×６÷４となる。

[0026] また、固定子巻線コイルに流れる電流は、並列接続しているコイル（２４１から２４４）はそれぞれＩ÷２、直列接続しているコイル（２４５及び２４５）はそれぞれＩとなる。

[0027] 従って、図２における固定子巻線コイルで発生するジュール損失Ｐｂは、

Ｐｂ＝４×（Ｉ÷２）＾２×（Ｒ×６÷４）＋２×Ｉ＾２×（Ｒ×６÷４）

＝４．５×Ｉ＾２×Ｒ

である。

[0028] さらに、図３における固定子スロット２２内の最も内径側に配置した固定子巻線コイル２５１に生じる渦電流損失をＱａとすると、図２における固定子スロット２２内の最も内径側に配置した固定子巻線コイル２４１に生じる渦電流損失Ｑｂは

Ｑｂ＝Ｑａ×（１÷２）＾２×（４÷６）＾２

＝Ｑａ÷９

以上より、図２及び図３の固定子巻線コイルに生じるジュール損失と渦電

流損失の総和Ｗｂおよびｗａはそれぞれ

Ｗｂ＝Ｐｂ＋Ｑｂ

＝４．５×Ｉ＾２×Ｒ＋Ｑａ÷９

Ｗａ＝Ｐａ＋Ｑａ

＝４×Ｉ＾２×Ｒ＋Ｑａ

ＷｂがＷａよりも小さければ、すなわち

Ｗｂ－Ｗａ＝０．５×Ｉ＾２×Ｒ－Ｑａ×８÷９＜０

であれば、図２に示した本実施例の損失が図３に示す場合よりも低減されたことになる。

[0029] 図４に、電磁界解析により得られた損失と、その損失を用いて実施した温度上昇を示す。図４において、「損失比」は図２に示した本実施例の損失と図３に示した構造の損失との比であり、「温度上昇比」は図２に示した本実施例の最大温度上昇と図３に示した構造の最大温度上昇との比で、いずれも１００％より小さいと図２に示した本実施例の場合の数値が小さいことを意味する。

[0030] 図４に示すように、いずれの条件においても損失比は１００％より小さく、本実施例の損失が小さく、すなわち効率が向上していることがわかる。

[0031] また、温度上昇も回転数３０００[ｍｉｎ＾（－１）]の条件を除く３つの条件で温度上昇比が１００％よりも小さく、本実施例の温度上昇が低く抑えられていることがわかる。

[0032] 以上のように、本実施例を用いることにより、効率が高く、温度上昇の低い回転電機の固定子を提供することができる。

[0033] 更に副次的な効果として、本発明を用いることにより、同一の生産設備を用いて固定子巻線の巻き数が６ターンの固定子と、本実施例に示したような４ターン（巻線コイルは６本あるが、そのうちの４本を２本ずつ並列接続しているため、電気的には４ターン）の固定子を製造することができる。

[0034] なお、本実施例では、図２に示したように６本の巻線コイルのうち４本を２本ずつ並列接続しているが、本発明は特に並列接続する巻線コイルの本数

を限定するものではない。

[0035] 例えば図５に示すように５本の巻線コイル（２６１から２６５）のうちの２本の巻線コイル（２６１及び２６２）を並列接続しても良いし、図６に示すように６本の巻線コイル（２７１から２７６）のうちの３本の巻線コイル（２７１から２７３）を並列接続しても良い。

[0036] また、図２及び図５及び図６のいずれも、固定子スロット２２内の内径側に位置するコイルを並列接続しているが、特にこれを限定するものではない。

[0037] ただし、渦電流損失が固定子スロット２２内の内径側で多く発生することが知られているため、固定子スロット２２内の内径側の巻線コイルを並列接続することが、より効率向上の効果が大きい。

[0038] また、図１に示したように固定子２０の外径側に液冷ジャケット４１を設けて冷却する方式においては、液冷ジャケットからより離れた距離に位置する巻線コイルの損失を低減することが、最大温度上昇の低減に効果が大きい。従って、図２などに示したように固定子スロット２２内の内径側の巻線コイルを並列接続することが、温度上昇を低減する観点からも好ましい。

符号の説明

[0039] １０ 回転電機

２０ 固定子

２１ 固定子鉄心

２２ 固定子スロット

２３ 固定子巻線コイル

２４１ 並列接続巻線コイル

２４２ 並列接続巻線コイル

２４３ 並列接続巻線コイル

２４４ 並列接続巻線コイル

２５１ 直列接続巻線コイル

２５２ 直列接続巻線コイル

２５３　直列接続巻線コイル

３０　回転子

３１　回転子鉄心

３２　永久磁石

３３　軸受

４０　ハウジング

４１　液冷ジャケット

４２　ブラケット

５０　電動車両

５１　エンジン

５２　変速機

５３　車輪

５４　電力変換装置

５５　制御装置

５６　蓄電装置

５７　車軸

６０　制御信号線

６１　直流電流線

６２　交流電流線

請求の範囲

[請求項1] 複数のスロットが設けられた固定子鉄心と、

前記スロットに挿入され、セグメント導体を接続して形成されたコイル巻線と、を備え、

前記スロット内には、電気的に並列接続される２本以上の前記コイル巻線と、前記並列接続された前記コイル巻線と電気的に直列接続される前記コイル巻線と、が挿入されることを特徴とする固定子。

[請求項2] 請求項１に記載の固定子であって、

前記スロット内に挿入される前記コイル巻線は、各々の断面形状が略同一であることを特徴とする固定子。

[請求項3] 請求項１又は２のいずれかに記載の固定子であって、

前記並列接続される前記コイル巻線は、前記スロット内の最も前記固定子の内径側に配置されることを特徴とする固定子。

[請求項4] 請求項１乃至３のいずれかに記載の固定子であって、

前記コイル巻線は、波巻方式で巻回されていることを特徴とする固定子。

[請求項5] 請求項１乃至４のいずれかに記載の固定子と、

前記固定子との間に所定のギャップを介して回転可能に保持された回転子と、を備えた回転電機。

[請求項6] 請求項５に記載の回転電機であって、

前記回転電機は、電動車両の駆動用であることを特徴とする回転電機。

[請求項7] 請求項５又は６のいずれかに記載の回転電機であって、

前記固定子は、前記固定子の外径側に設けた液冷ジャケットにより冷却されることを特徴とする固定子。

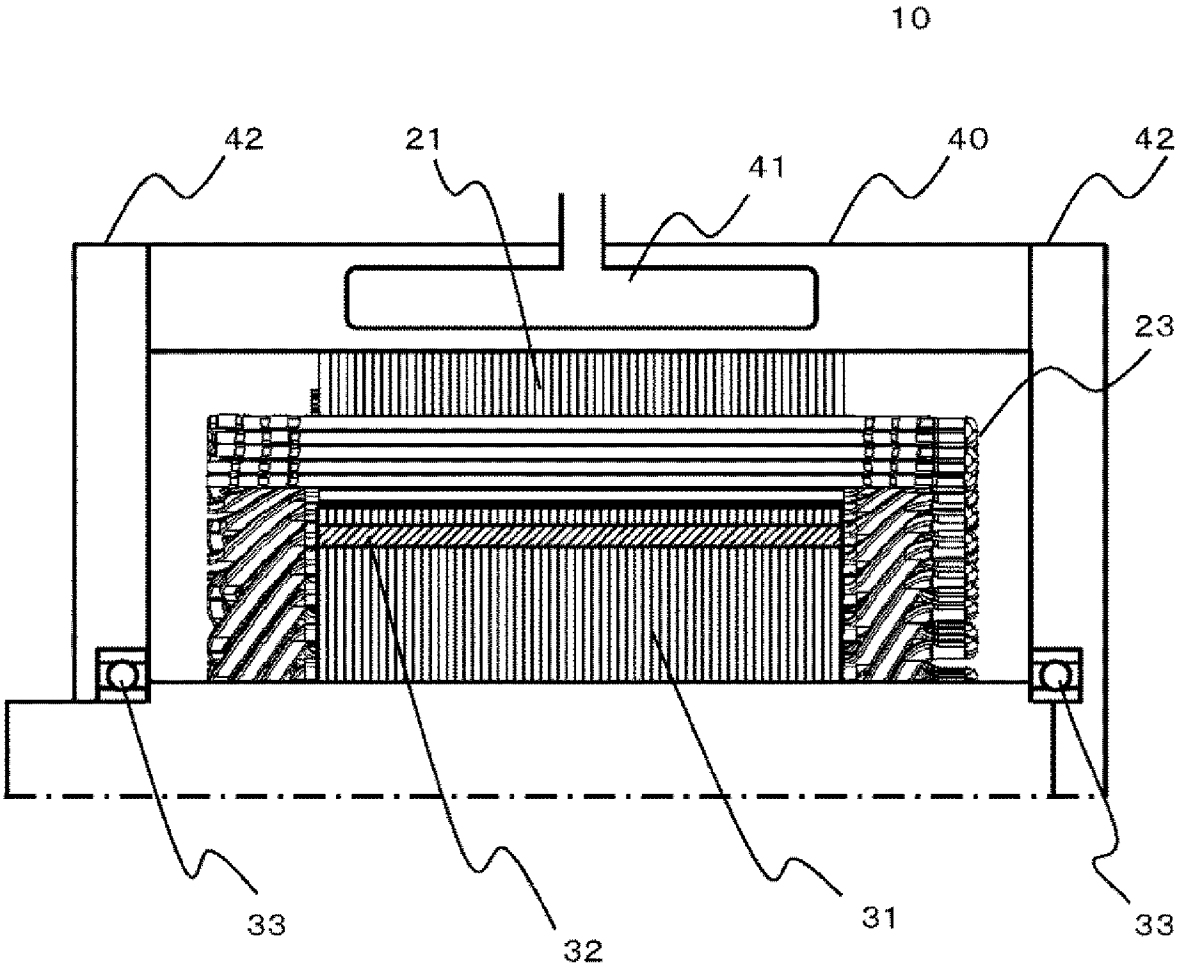
[請求項8] 請求項５乃至７のいずれかに記載の回転電機を備えた電動車両であって、

前記回転電機は、当該電動車両の後輪を駆動することを特徴とする

電動車両。

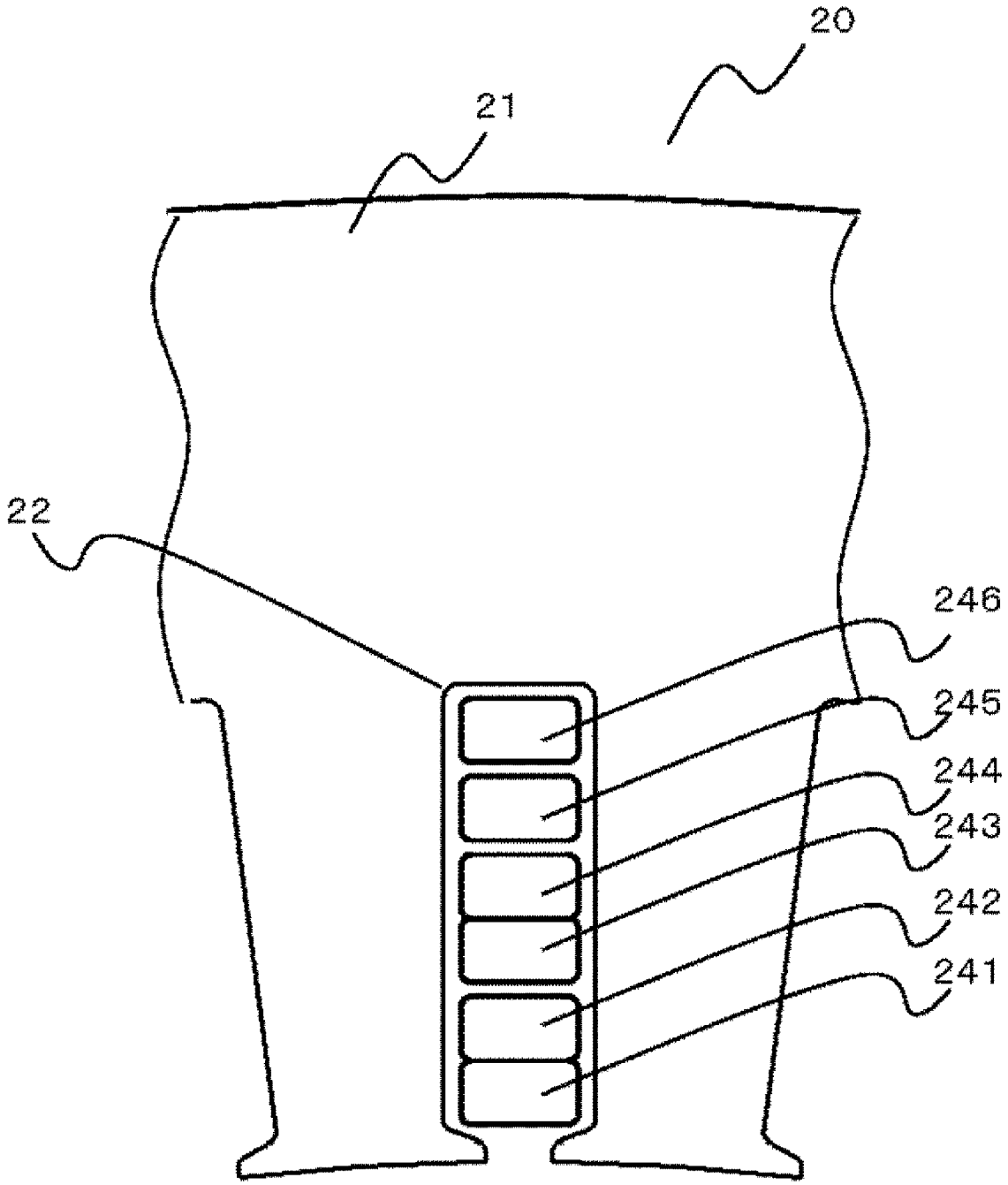
[図1]

図 1



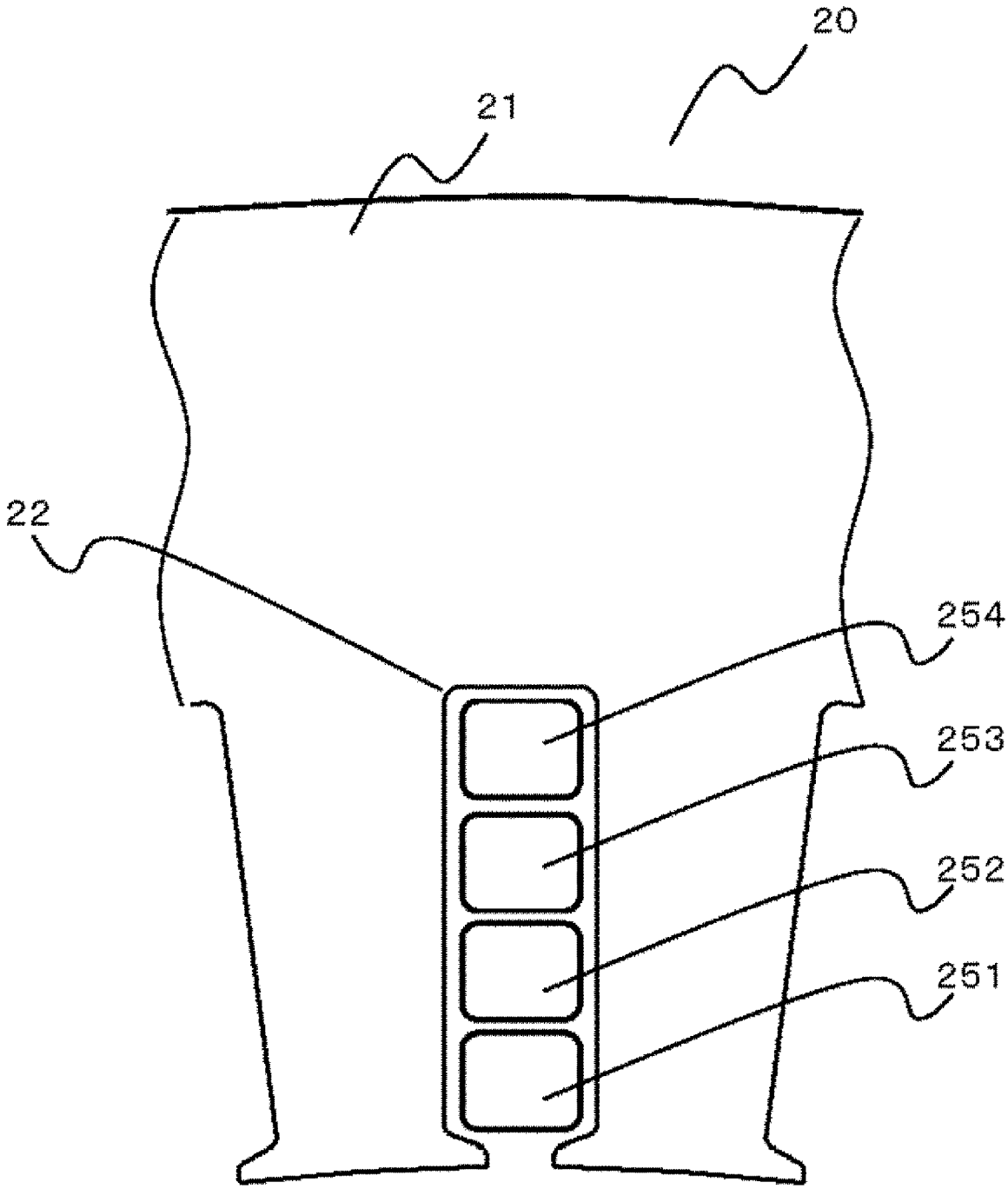
[図2]

図 2



[図3]

図 3



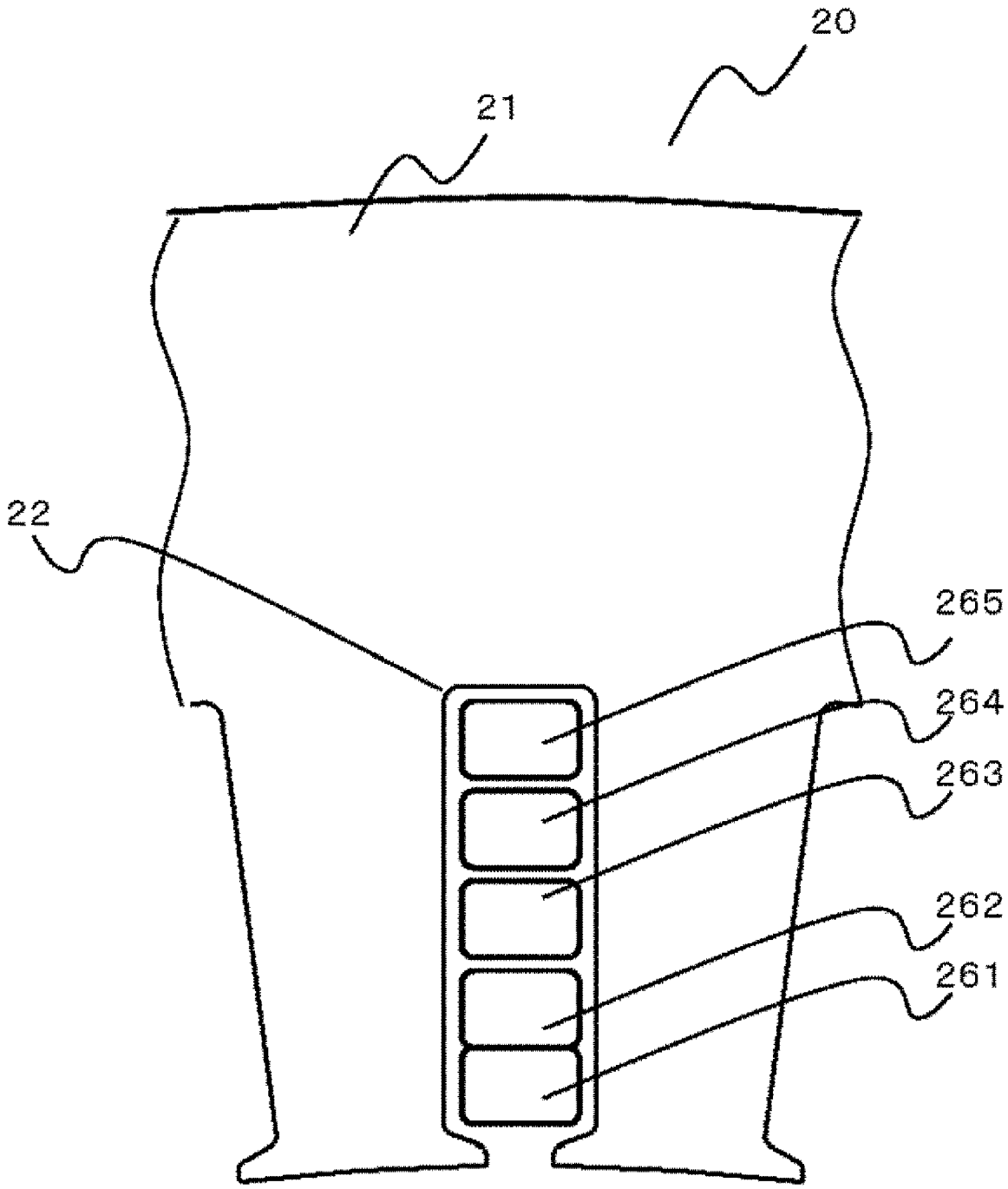
[図4]

図 4

回転数	3000 [min^{-1}]	6000 [min^{-1}]	9000 [min^{-1}]	12000 [min^{-1}]
電流	255 [A]	116 [A]	90 [A]	99 [A]
損失比	98%	85%	82%	73%
温度上昇比	105%	75%	64%	48%

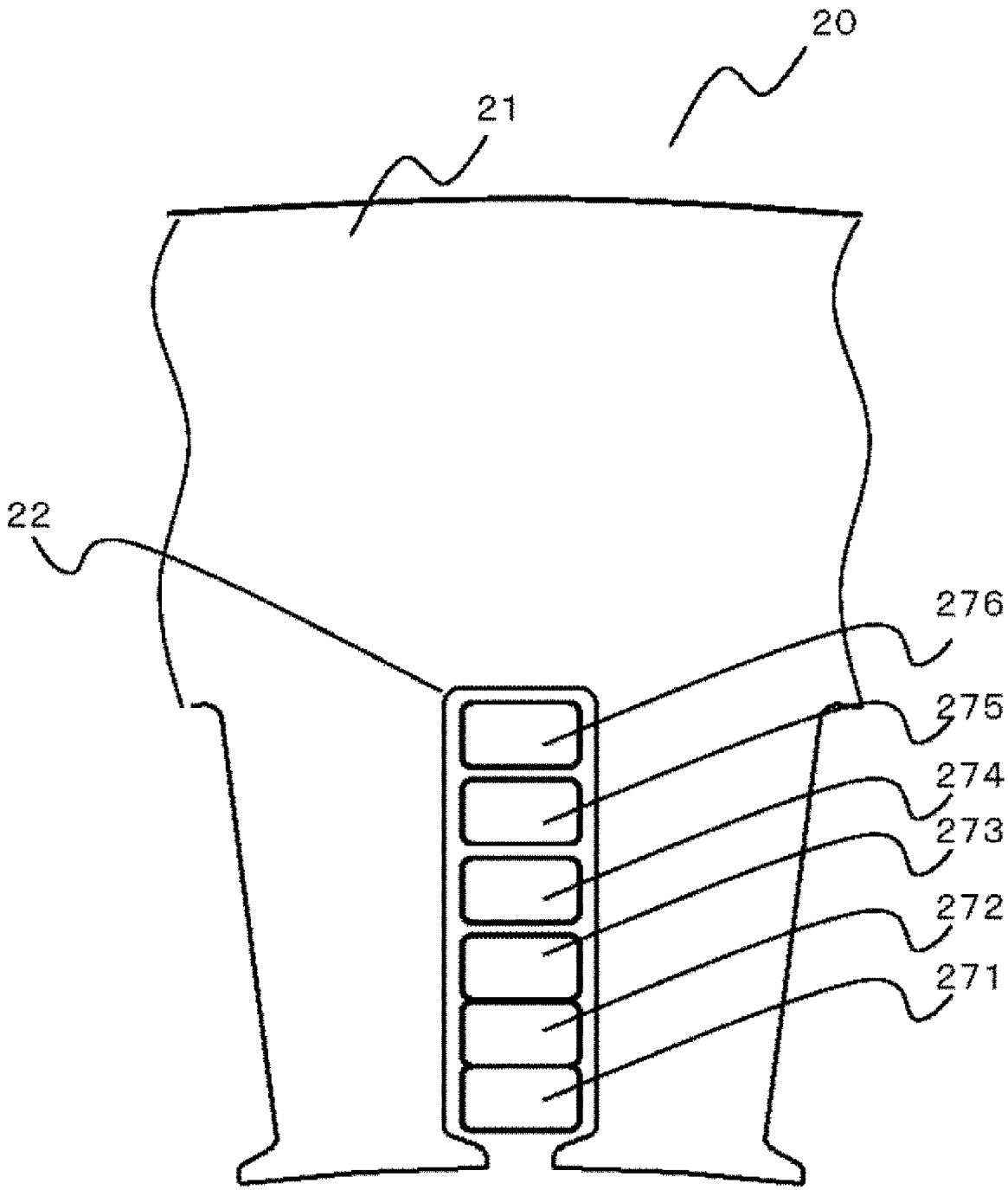
[図5]

図 5



[図6]

図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/063124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02K3/04(2006.01)i, *H02K3/28*(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)
H02K3/04, H02K3/28

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y	JP 2014-100037 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.), 29 May 2014 (29.05.2014), paragraphs [0009] to [0022], [0033] to [0035]; fig. 1 to 4, 11 (Family: none)	1-8
Y	JP 2005-287109 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 October 2005 (13.10.2005), paragraphs [0015] to [0028]; fig. 1 to 6 & US 2005/0212372 A1 paragraphs [0028] to [0041]; fig. 1 to 6	1-8

☒ 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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 August 2016 (10.08.16)	23 August 2016 (23.08.16)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/063124

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 11-346448 A (Denso Corp.), 14 December 1999 (14.12.1999), paragraph [0077]; fig. 17 & US 5982068 A column 9, line 66 to column 10, line 9; fig. 17 & EP 0881746 A2 & EP 1026810 A1	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６３１２４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02K3/04(2006.01)i, H02K3/28(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.　H02K3/04, H02K3/28

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	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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
Y	JP 2014-100037 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）2014.05.29, 段落[0009]-[0022], [0033]-[0035], 図 1-4, 11（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2005-287109 A（三菱電機株式会社）2005.10.13, 段落[0015]-[0028], 図 1-6 & US 2005/0212372 A1, 段落[0028]-[0041], 図 1-6	1-8

☑　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の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	国際調査報告の発送日
１０．０８．２０１６	２３．０８．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　９１５０
安池　一貴
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７

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 11-346448 A (株式会社デンソー) 1999.12.14, 段落[0077], 図 17 & US 5982068 A, 9 欄 66 行-10 欄 9 行, 図 17 & EP 0881746 A2 & EP 1026810 A1	1-8