(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)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/203801 A1

(51) 国際特許分類:
H05B 6/10 (2006.01) *H05B 6/02* (2006.01)
F03D 9/22 (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/059691

(22) 国際出願日: 2016 年 3 月 25 日(25.03.2016)

(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 2015-123353 2015 年 6 月 18 日(18.06.2015) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒 5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 岡崎 徹 (OKAZAKI, Toru); 〒 5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 山野 宏 (YAMANO, Hiroshi); 〒 5320011 大阪府大阪市淀川区西中島六丁目１番３号 アストロ新大阪第２ビル１０階 啓明特許事務所 Osaka (JP).

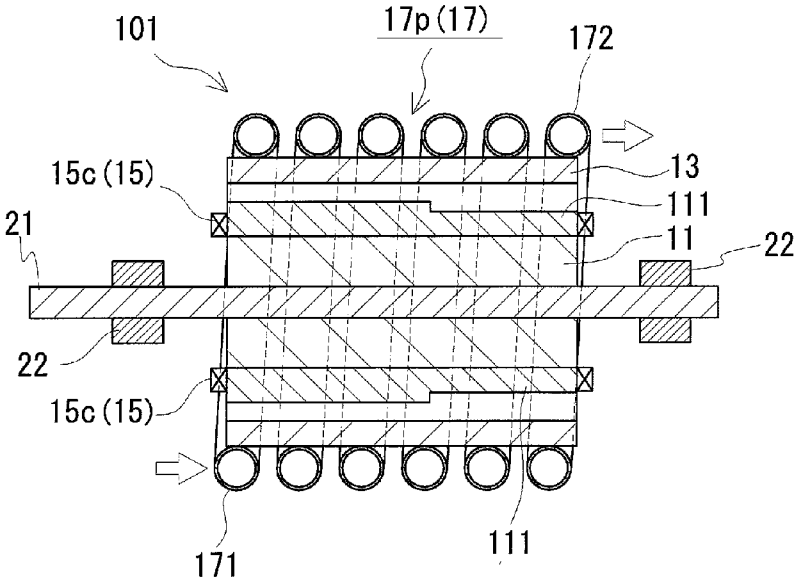
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: INDUCTION HEATING DEVICE, AND POWER GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称 : 誘導加熱装置、及び発電システム



(57) **Abstract**: Provided are: an induction heating device allowing an efficient transfer of heat generated in a heating part to a heating medium flowing through a flow passage; and a power generation system equipped with same. The induction heating device for heating a heating medium comprises: a rotating body having a rotating axis; a heating part disposed so as to face the rotating body with a gap therebetween; a magnetic flux generating part, provided on the rotating body, for generating magnetic flux toward the heating part; and a flow passage, provided along the heating part, wherethrough the heating medium flows. The flow passage has an inlet part for supplying the heating medium on one of the sides in the direction along the heating part, and an outlet part for discharging the heating medium on the other side. The gap between the magnetic flux generating part and the heating part is larger on the outlet part side of the flow passage than on the inlet part side.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/203801 A1

加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱できる誘導加熱装置、及びそれを備える発電システムを提供する。熱媒体を加熱する誘導加熱装置であって、回転軸を有する回転体と、前記回転体と間隔をあけて対向して配置される加熱部と、前記回転体に設けられ、前記加熱部に対して磁束を発生する磁束発生部と、前記加熱部に沿って設けられ、前記熱媒体が流通する流通路と、を備え、前記流通路は、前記加熱部に沿う方向の一方側に前記熱媒体を供給する入口部と、その他方側に前記熱媒体を排出する出口部と、を有し、前記磁束発生部と前記加熱部との間の間隔が、前記流通路の前記入口部側よりも前記出口部側の方が大きい誘導加熱装置。

明　細　書

発明の名称 ： 誘導加熱装置、及び発電システム

技術分野

[0001] 本発明は、誘導加熱を利用して熱媒体を加熱する誘導加熱装置、及びそれを備える発電システムに関する。特に、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱できる誘導加熱装置に関する。

背景技術

[0002] 水を加熱する装置として、誘導加熱（渦電流）を利用した加熱装置が提案されている（例えば、特許文献１参照）。特許文献１に記載の渦電流加熱装置は、外周に永久磁石が配置された回転可能なロータと、このロータの外側に固定して設けられ、内部に水を流通させる流通路が形成された導電材料の加熱部とを備える。そして、ロータが回転することにより、ロータ外周の永久磁石による磁力線（磁束）が加熱部を貫通して移動することで、加熱部に渦電流が発生して、加熱部が発熱する。その結果、加熱部で発生した熱が内部の流通路を流通する水に伝達され、水が加熱される。

[0003] 上記の技術は風力などのエネルギーを利用して給湯を行うことを主目的としたものである。最近では、誘導加熱装置により加熱した熱媒体の熱を電気エネルギーに変換する発電システムが提案されている（例えば、特許文献２，３参照）。特許文献２，３には、回転体と、回転体の外周に設けられて回転体の径方向に磁束を発生する磁束発生部と、回転体の外側に回転体と間隔をあけて配置される筒状の加熱部と、加熱部に設けられ、熱媒体が流通する流通路（配管）とを備える誘導加熱装置が開示されている。特許文献２，３では、加熱部の軸方向に沿って複数の流通路を形成し、流通路の一端側から熱媒体を供給し、他端側から排出する構成とすることが例示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００５－１７４８０１号公報

特許文献2：特開２０１１－１５９５９５号公報

特許文献3：特開２０１２－２５６５０７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 誘導加熱装置において、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱することが望まれる。

[0006] 例えば、回転体の外周に磁束発生部が設けられ、回転体の外側に加熱部が配置された従来の誘導加熱装置において、加熱部の軸方向の一方側から他方側へ熱媒体が流通するように流通路を構成することが挙げられる。また、従来の誘導加熱装置では、一般に、磁束発生部と加熱部との間の間隔が軸方向に実質的に一定であり、誘導加熱によって加熱部が軸方向に均一に発熱するように構成されている。即ち、加熱部の軸方向における単位長さあたりの発熱量が実質的に等しくなっている。熱媒体は、加熱部から熱を順次受け取りながら流通路を流れることにより、徐々に加熱される。よって、熱媒体の温度は、流通路の入口部側（入口部又はその近傍）よりも出口部側の方が高く、出口部側（出口部又はその近傍）では加熱部の温度に近付く又は等しくなる。

[0007] ここで、加熱部と熱媒体との間の熱伝達率ｈ（Ｗ／ｍ^2・Ｋ）は、次式で定義される。

ｈ＝Ｑ／［Ａ（Ｔｗ－Ｔａ）］＝Ｊ／（Ｔｗ－Ｔａ）

Ｑ：熱移動量（Ｗ）

Ｊ：熱流束密度（Ｗ／ｍ^2）

Ａ：伝熱面積（ｍ^2）

Ｔｗ：加熱部表面の温度（Ｋ）

Ｔａ：熱媒体の温度（Ｋ）

但し、Ｔｗ＞Ｔａとする。

[0008] 上記式から、加熱部と熱媒体との間の熱移動量Ｑは、加熱部と熱媒体との温度差（Ｔｗ－Ｔａ）を大きくしたり、伝熱面積Ａを大きくするほど増大す

ることが分かる。そのため、流通路の入口部側では、熱媒体の温度が低く、加熱部と流通路に流れる熱媒体との温度差が大きいことから、熱移動量が大きくなる。一方、出口部側では、熱媒体の温度が高く、加熱部と熱媒体との温度差が小さいので、熱移動量が小さくなる。つまり、流通路の入口部側では、熱移動量が大きく、加熱部から熱媒体へ十分に伝熱されるが、流通路の出口部側では、熱移動量が小さくなるため、加熱部から熱媒体へ十分に伝熱されない場合がある。よって、誘導加熱によって加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱できないことが考えられる。また、出口部側の加熱部で発生した熱を熱媒体によって十分に抜熱できず、最悪の場合、出口部側の加熱部が過熱により溶解するなど損傷することも考えられる。

[0009] そこで、加熱部に設けられた流通路の径を大きくするなど、全体的に伝熱面積を大きくすることで、加熱部と熱媒体との間の熱移動量を増やすことが考えられるが、その場合、装置の大型化やコストアップを招く。

[0010] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、本発明の目的の一つは、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱できる誘導加熱装置を提供することにある。また、本発明の別の目的は、上記誘導加熱装置を備える発電システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の一態様に係る誘導加熱装置は、熱媒体を加熱する誘導加熱装置であって、回転軸を有する回転体と、前記回転体と間隔をあけて対向して配置される加熱部と、前記回転体に設けられ、前記加熱部に対して磁束を発生する磁束発生部と、前記加熱部に沿って設けられ、前記熱媒体が流通する流通路と、を備える。前記流通路は、前記加熱部に沿う方向の一方側に前記熱媒体を供給する入口部と、その他方側に前記熱媒体を排出する出口部と、を有する。そして、前記磁束発生部と前記加熱部との間の間隔が、前記流通路の前記入口部側よりも前記出口部側の方が大きい。

[0012] 本発明の一態様に係る発電システムは、上記本発明の一態様に係る誘導加

熱装置と、前記誘導加熱装置により加熱した前記熱媒体の熱を電気エネルギーに変換する発電部と、を備える。

発明の効果

[0013] 上記誘導加熱装置は、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱できる。上記発電システムは、誘導加熱装置における熱媒体への熱交換効率を改善でき、発電効率の向上を図ることが可能である。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]実施形態１に係る誘導加熱装置の構成を示す概略縦断面図である。

[図2]実施形態１に係る誘導加熱装置の構成を示す概略正面図である。

[図3]実施形態１に係る誘導加熱装置において加熱部に断熱材を配置した一例を示す概略縦断面図である。

[図4]実施形態１に係る誘導加熱装置における流通路の変形例を示す概略縦断面図である。

[図5]変形例１－１に係る誘導加熱装置の構成を示す概略縦断面図である。

[図6]実施形態１に係る誘導加熱装置における回転体及び加熱部の変形例を示す概略縦断面図である。

[図7]実施形態２に係る誘導加熱装置の構成を示す概略縦断面図である。

[図8]実施形態２に係る誘導加熱装置における磁束発生部の構成を示す概略平面図である。

[図9]実施形態２に係る誘導加熱装置における流通路の構成を示す概略平面図である。

[図10]実施形態２に係る誘導加熱装置において加熱部に断熱材を配置した一例を示す概略縦断面図である。

[図11]変形例２－１に係る誘導加熱装置の構成を示す概略図である。

[図12]変形例２－１に係る誘導加熱装置における流通路の変形例を示す概略平面図である。

[図13]本発明の実施形態に係る発電システムの全体構成の一例を示す概略図である。

[図14]付記１に係る誘導加熱装置の構成例を示す概略縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] ［本発明の実施形態の説明］

最初に、本発明の実施態様を列記して説明する。

[0016] （１）本発明の一態様に係る誘導加熱装置は、熱媒体を加熱する誘導加熱装置であって、回転軸を有する回転体と、前記回転体と間隔をあけて対向して配置される加熱部と、前記回転体に設けられ、前記加熱部に対して磁束を発生する磁束発生部と、前記加熱部に沿って設けられ、前記熱媒体が流通する流通路と、を備える。前記流通路は、前記加熱部に沿う方向の一方側に前記熱媒体を供給する入口部と、その他方側に前記熱媒体を排出する出口部と、を有する。そして、前記磁束発生部と前記加熱部との間の間隔が、前記流通路の前記入口部側よりも前記出口部側の方が大きい。

[0017] 上記誘導加熱装置によれば、流通路の入口部側よりも出口部側の方が磁束発生部と加熱部との間の間隔が大きくなるように構成されている。誘導加熱（渦電流）による発熱量は磁場強度の２乗に比例し、磁場強度は距離によって減衰することから、磁束発生部との間の間隔が大きい部分では加熱部の発熱量が小さくなる。そのため、流通路の出口部側において、加熱部の発熱量が小さくなることから、加熱部と熱媒体との温度差を大きくでき、伝熱効率を高めることができる。したがって、出口部側の加熱部で発生した熱を熱媒体へ十分に伝熱させることができ、出口部側の加熱部からの熱ロスを低減して、熱媒体の加熱効率（熱交換効率）を向上できる。よって、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱することができ、熱媒体への熱交換効率の向上により、誘導加熱装置の小型軽量化を図ることが可能である。また、誘導加熱装置の大型化やコストアップを招くことなく、出口部側の加熱部で発生した熱を熱媒体によって十分に抜熱でき、過熱による加熱部の損傷を抑制できる。

[0018] （２）上記誘導加熱装置の一形態として、上記流通路は、上記入口部側よりも上記出口部側の方が、上記加熱部との接触面積が大きくなるように形成

されていることが挙げられる。

[0019] 上記形態によれば、流通路の入口部側よりも出口部側の方が加熱部との接触面積が大きくなるように流通路が構成されている。つまり、加熱部において、熱媒体の流通方向における単位長さあたりの流通路との接触面積が、入口部側よりも出口部側の方が大きい。これにより、流通路の出口部側において、加熱部との接触面積が増え、加熱部から熱媒体への熱の移動量を増やすことができる。したがって、出口部側の加熱部で発生した熱を熱媒体へ十分に伝熱させることができ、熱媒体への熱交換効率をより向上できる。よって、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に更に効率よく伝熱することができる。また、誘導加熱装置の大型化やコストアップを招くことなく、出口部側の加熱部で発生した熱を熱媒体によってより十分に抜熱でき、過熱による加熱部の損傷をより抑制できる。

[0020] （３）上記誘導加熱装置の一形態として、上記加熱部は、上記回転体の外周側に設けられる筒状の部材であり、上記磁束発生部は、上記回転体の径方向に上記磁束を発生する。そして、上記流通路は、上記加熱部の軸方向に螺旋状に設けられると共に、上記加熱部の軸方向の一方側に上記入口部が、その他方側に上記出口部が設けられていることが挙げられる。

[0021] 上記形態は、回転体（磁束発生部）と加熱部とが径方向に間隔をあけて対向して配置された、所謂ラジアルギャップ型の構造である。上記形態によれば、流通路を螺旋状とすることで、１つの流通路で、加熱部全体からの発熱を熱媒体に伝熱できる。

[0022] （４）上記（３）に記載の誘導加熱装置の一形態として、上記流通路は、上記入口部側よりも上記出口部側の方が隣り合う上記流通路間の間隔が小さくなるように形成されていることが挙げられる。

[0023] 上記形態によれば、流通路が加熱部の軸方向に螺旋状に設けられ、その流通路の入口部側よりも出口部側の方が流通路間の間隔が小さくなるように形成されていることから、流通路の入口部側よりも出口部側の方が加熱部との接触面積が大きくなる。そのため、流通路の出口部側において、加熱部との

接触面積が増え、加熱部から熱媒体への熱の移動量を増やすことができる。

[0024] （５）上記誘導加熱装置の一形態として、上記回転軸が風車に接続されていることが挙げられる。

[0025] 回転体（回転軸）を回転させる動力には、電動機やエンジンなどの内燃機関を用いることも可能であるが、風力、水力、波力などの再生可能エネルギーを利用することが好ましい。再生可能エネルギーを利用すれば、CO_2の発生を抑制できる。回転軸を風車に接続することで、回転体の動力に風力を利用することができる。

[0026] （６）本発明の一態様に係る発電システムは、上記（１）～（５）のいずれか１つに記載の誘導加熱装置と、上記誘導加熱装置により加熱した上記熱媒体の熱を電気エネルギーに変換する発電部と、を備える。

[0027] 上記発電システムによれば、本発明の一態様に係る上記誘導加熱装置を備えることから、誘導加熱装置において、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱することができる。そのため、誘導加熱装置における熱媒体への熱交換効率を改善でき、発電効率の向上を図ることが可能である。

[0028] 上記発電システムは、上記誘導加熱装置により加熱した熱媒体の熱を利用して発電するものである。例えば誘導加熱装置の回転軸に風車を接続し、回転体の動力に風力を利用すれば、風のエネルギーを回転エネルギー→熱エネルギーに変換して、電気エネルギーとして取り出すことができる。一例としては、熱媒体の水を加熱して高温高圧蒸気を生成し、その蒸気を利用して蒸気タービンにより発電機を回転させて発電することが挙げられる。また、熱を電気エネルギーに変換する構成としたことで、蓄熱器を用いて熱としてエネルギーを蓄えることにより、安定した発電システムを実現できる。

[0029] ［本発明の実施形態の詳細］

本発明の実施形態に係る誘導加熱装置、及び発電システムの具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。図中の同一符号は同一又は相当部分を示す。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲

によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0030] 〈誘導加熱装置〉

［実施形態１］

図１，図２を参照して、実施形態１に係る誘導加熱装置１０１について説明する。誘導加熱装置１０１は、回転体１１と、加熱部１３と、磁束発生部１５と、流通路１７とを備える。誘導加熱装置１０１は、磁束発生部１５と加熱部１３とが回転体１１の径方向に間隔をあけて対向して配置された、所謂ラジアルギャップ型の構造である。以下、誘導加熱装置１０１の構成を詳しく説明する。

[0031] （回転体）

回転体１１は、回転軸２１を有し、回転軸２１の一端側に連結された筒状又は柱状の部材である。この例では、円柱状の回転体１１の中心軸に貫通孔が形成されており、その貫通孔に回転軸２１が挿通され、回転軸２１に回転体１１が固定されている。回転軸２１は、回転体１１の両端側に設けられた軸受２２により回転可能に支持されている（図１を参照）。回転体１１の外周には、径方向に突出する複数の凸部１１１が形成されている（図２を参照）。この例では、６つの凸部１１１を有し、各凸部１１１が周方向に等間隔に形成されている。また、回転体１１の外周には、後述する磁束発生部１５（この例ではコイル１５ｃ）が設けられている。ここでは、回転体１１が反時計方向に回転するものとする（図２中の矢印は回転方向を示す）。回転体１１の動力には、例えば回転軸２１に風車（図示せず）を接続し、風力を利用することが挙げられる。

[0032] 回転体１１の形成材料としては、磁性材料、非磁性材料を問わず、機械的強度を有し、磁束発生部１５を支持可能な材料であればよく、構造強度と長期耐久性（耐候性及び耐食性）に優れる材料が好ましい。例えば、構造用材料に使用される鉄、鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金などの金属や、ＧＦＲＰ（ガラス繊維強化プラスチック）やＣＦＲＰ（炭

素繊維強化プラスチック）などの複合材料が挙げられる。

[0033] この例では、回転体１１（凸部１１１を含む）が磁性材料で形成されている。磁束発生部１５（コイル１５ｃ）に常電導コイルを用いる場合は、回転体１１を磁性材料で形成することが好ましい。一方、超電導コイルを用いる場合は、回転体１１は磁性材料、非磁性材料のいずれで形成してもよい。超電導コイルを用いる場合、回転体１１の磁束飽和のために発生磁場が限定されてしまう虞があることから、回転体１１を非磁性材料で形成することが好ましい場合もある。

[0034] （加熱部）

加熱部１３は、回転体１１と間隔をあけて対向して配置され、回転体１１の外周側に設けられた筒状の部材である。加熱部１３は、回転体１１に対して径方向に間隔をあけて対向して配置され、回転しないようにケーシング（図示せず）に固定されている。加熱部１３には、磁束発生部１５による磁束が通過し、後述するように渦電流が生じ、誘導加熱によって加熱部１３が発熱する。加熱部１３は、導電材料からなり、例えば、鉄やアルミニウム、銅などの金属又はそれらの合金で形成されている。

[0035] （磁束発生部）

磁束発生部１５は、回転体１１に設けられ、加熱部１３に対して磁束を発生する。この例では、加熱部１３に対向するように回転体１１の外周に磁束発生部１５が設けられており、回転体１１の径方向（加熱部１３の方向）に磁束を発生する。具体的には、磁束発生部１５としてコイル１５ｃを用いており、回転体１１の各凸部１１１にコイル１５ｃ（計６個）が巻回され取り付けられている。凸部１１１が磁性材料で形成されている場合、コイル１５ｃと凸部１１１とで磁束発生部１５が構成される。また、回転体１１における各凸部１１１の外径が軸方向の一方側よりも他方側が一段小さくなっており、後述するように、磁束発生部１５を構成する凸部１１１の先端面と加熱部１３との間の間隔が軸方向で異なり、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が間隔が大きくなっている（図１を参照）。各コイル１

５ｃには、直流電源（図示せず）が接続され、各コイル１５ｃに通電する電流の向きを制御して、発生させる磁場（磁束）の方向を決定しており、隣り合うコイル１５ｃの極性が互いに異なっている（図２を参照）。コイル１５ｃには、例えばスリップリングを介して外部の電源と接続し、電流を供給することが挙げられる。

[0036] 磁束発生部１５としては、コイル（電磁石）の他、永久磁石を用いることも可能である。コイルとしては、銅線などの常電導コイルや超電導線材を用いた超電導コイルが挙げられる。コイルの場合、コイルに通電する電流を大きくすることで、強い磁場を発生させることができ、通電電流を制御することで磁場の強さを調整することも可能である。誘導加熱（渦電流）による発熱量は磁場強度の２乗に比例することから、コイルは永久磁石に比較して発熱量の向上を図り易い。また、コイルであれば、永久磁石に比べて、温度上昇による磁気特性の低下や、経時的な磁気特性の劣化が起こり難い。したがって、磁束発生部１５にコイルを用いた場合、通電電流を大きくして十分な磁場強度を維持し易く、熱媒体を発電に適した所定の温度（例えば、１００℃～６００℃、好ましくは２００℃～３５０℃）まで加熱するのに十分な性能（熱エネルギー）を得易い。なお、コイルには直流電流を流し、直流磁場を発生させることが挙げられる。さらに、コイルに直流電流を流し、直流磁場を発生させる場合、超電導コイルであれば、電気抵抗がゼロであり、大電流を流してもコイルに発熱（損失）が実質的に生じない。そのため、常電導コイルに比較して、大電流を流すことによるコイルの発熱（損失）を抑制することができ、電力損失なしで極めて強い磁場を維持することができる。この例では、各コイル１５ｃは、超電導コイルであり、周囲を冷却用ジャケット（図示せず）で覆い、冷却することによって超電導状態に保持されている。勿論、コイル１５ｃには常電導コイルを用いてもよく、コイル１５ｃに代えて永久磁石を用いてもよい。

[0037] （流通路）

加熱部１３には、熱媒体が流通する流通路１７が設けられている（図１を

参照）。流通路１７は、加熱部１３に沿って設けられ、加熱部１３に沿う方向の一方側に熱媒体を供給する入口部１７１と、その他方側に熱媒体を排出する出口部１７２とを有し、加熱部１３に沿う方向の一方側から他方側へ熱媒体が流通する。この例では、加熱部１３の軸方向の一方側に入口部１７１が、その軸方向の他方側に出口部１７２が設けられており、加熱部１３の軸方向の一方側から他方側（図１では左側から右側）へ熱媒体が流通する（図１中の白抜き矢印は熱媒体の供給・排出方向を示す）。

[0038] 流通路１７は、加熱部１３の軸方向に螺旋状に設けられている。この例では、流通路１７は配管１７ｐによって構成されており、配管１７ｐを加熱部１３の外周に螺旋状に巻き付けて配置している。加熱部１３と流通路１７（配管１７ｐ）とは熱的に接続されている。また、流通路１７（配管１７ｐ）は、隣り合う流通路１７（配管１７ｐ）間の間隔が等しくなるように形成されている。具体的には、流通路１７（配管１７ｐ）は、加熱部１３の軸方向（熱媒体の流通方向）に略等しいピッチで螺旋状に設けられており、入口部１７１側から出口部１７２側に亘って螺旋のピッチが実質的に一定である。したがって、流通路１７の入口部１７１側から出口部１７２側に亘って加熱部１３との接触面積が略等しくなっており、加熱部１３において、軸方向（熱媒体の流通方向）における単位長さあたりの流通路１７との接触面積が入口部１７１側から出口部１７２側に亘って略等しい。配管１７ｐは、例えば、鉄やアルミニウム、銅などの金属又はそれらの合金で形成されている。熱媒体としては、例えば、水、水蒸気、油、液体金属（Ｎａ、Ｐｂなど）、溶融塩などの液体並びに気体が挙げられる。

[0039] 次に、誘導加熱装置１０１における熱媒体が加熱されるメカニズムについて説明する。

[0040] 誘導加熱装置１０１では、磁束発生部１５（コイル１５ｃ）から回転体１１の径方向に磁束が発生し、加熱部１３に磁束が通過する。磁束発生部１５が対向して、磁束発生部１５の磁束が鎖交する加熱部１３の領域では、多くの磁束が通過し、磁場が強くなる。一方、磁束発生部１５と対向せず、磁束

発生部１５の磁束が鎖交しない加熱部１３の領域では、通過する磁束が減少し、磁場が弱くなる。そして、回転体１１と共に磁束発生部１５が回転することにより、加熱部１３に対して磁束発生部１５が相対的に移動することで、加熱部１３の全周にわたって通過する磁束が変化し、加熱部１３に印加される磁場が周期的に変化する。その結果、加熱部１３に渦電流が発生することで、加熱部１３が発熱し、その熱が流通路１７（配管１７ｐ）に流れる熱媒体に伝熱され、熱媒体が加熱される。この例では、各凸部１１１の外径が流通路１７の出口部１７２側で一段小さくなっており、磁束発生部１５を構成する凸部１１１と加熱部１３との間の間隔が流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が大きくなっている。そのため、加熱部１３の磁束発生部１５との間の間隔が大きい部分、即ち出口部１７２側における発熱量が小さい。つまり、加熱部１３において、熱媒体の流通方向における単位長さあたりの発熱量が、入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が小さい。

[0041] また、誘導加熱装置１０１では、隣り合う磁束発生部１５（コイル１５ｃ）の極性が互いに異なることから、Ｎ極の磁束発生部１５に対向する場合とＳ極の磁束発生部１５に対向する場合とでは、磁束（磁場）の方向が異なる。Ｎ極の磁束発生部１５が対向するときは、磁束（磁場）の方向が、加熱部１３の内周側から外周側方向（径方向の＋方向）となる。一方、Ｓ極の磁束発生部１５に対向するときは、磁束（磁場）の方向が、加熱部１３の外周側から内周側方向（径方向の－方向）となる。つまり、回転体１１と共に磁束発生部１５が回転することにより、磁束（磁場）の方向が周期的に逆転しながら変化する。

[0042] ここで、誘導加熱装置１０１において、各磁束発生部１５（コイル１５ｃ）の極性が全て同じ（例えばＮ極）場合であっても、上述したように、磁束発生部１５に対向する加熱部１３の一部分では、磁場が強くなり、隣り合う磁束発生部１５の間に対向する加熱部１３の別部分では、磁場が弱くなる。そのため、回転体１１と共に磁束発生部１５が回転することにより、磁場の

強さが周期的に変化することから、加熱部１３に渦電流が発生し、加熱部１３が誘導加熱される。但し、この場合は磁場の方向が逆転しない。隣り合う磁束発生部１５の極性が互いに異なる場合、磁場の方向が逆転することから、加熱部１３に印加される磁場の振幅（変化）が大きくなるため、より大きな渦電流を発生させることができ、発熱量を増やすことができる。

[0043] また、磁束発生部１５（コイル１５ｃ）の数は、適宜設定することができる。ここで、磁束発生部１５の数をある程度増やすことで、磁場の周期を短くすることができる。誘導加熱による発熱量は磁場の周波数に比例することから、磁場の周期を短くすることで、発熱量の向上が期待できる。磁束発生部１５の数は、例えば４個以上が好ましく、６個以上、更に８個以上がより好ましい。

[0044] {作用効果}

実施形態１の誘導加熱装置１０１は、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔が大きくなるように流通路１７が構成されている。これにより、磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔が大きい流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３の発熱量を抑えることができる。そのため、磁束発生部１５を構成する凸部１１１の先端面と加熱部１３との間隔が軸方向に一様な場合に比べて、流通路１７の出口部１７２側で加熱部１３と熱媒体との温度差を大きくできる。したがって、加熱部１３から熱媒体への熱の移動量が小さくなる流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３で発生した熱を熱媒体へ十分に伝熱させることができる。よって、加熱部１３で発生した熱を、流通路１７を流通する熱媒体に効率よく伝熱することができ、出口部１７２側の加熱部１３からの熱ロスが小さく、加熱効率（熱交換効率）を改善できる。加えて、装置の大型化やコストアップを招くことなく、出口部１７２側の加熱部１３で発生した熱を熱媒体によって十分に抜熱でき、過熱による加熱部１３の損傷を抑制できる。

[0045] また、筒状の加熱部１３に対して流通路１７を螺旋状に設けたことで、１

つの流通路１７で加熱部１３全体からの発熱を熱媒体に伝熱できる。

[0046] ［変形例］

実施形態１の誘導加熱装置１０１では、回転体１１に設けられた各凸部１１１に軸方向に段差を設けることで、流通路１７の出口部１７２側で凸部１１１の先端面と加熱部１３との間の間隔を大きくする形態を説明した。磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔を大きくするその他の手段としては、例えば、回転体１１（磁束発生部１５）に対向する加熱部１３の対向面（ここでは内周面）に段差を設けることが挙げられる。具体的には、各凸部１１１の外径を軸方向に実質的に一定にすると共に、出口部１７２側の加熱部１３の内径が入口部１７１側のそれよりも大きくなるように、加熱部１３の内周面に軸方向に段差を設ける。これにより、出口部１７２側において、磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔を大きくすることができる。段差ではなく傾斜を設けてもよく、磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔は、流通路１７の入口部１７１側から出口部１７２側に向かって段差を設けて段階的に大きくする他、傾斜を設けて連続的に大きくすることも可能である。

[0047] （断熱材）

実施形態１の誘導加熱装置１０１において、図３に例示するように、加熱部１３や配管１７ｐの周囲に断熱材１９を配置してもよい。断熱材は、例えば、加熱部１３の内周面及び端面や、配管１７ｐの外側に設けることが挙げられる。断熱材には、例えば、ロックウール、グラスウール、発砲プラスチック、レンガ、セラミックスなどを用いることができる。加熱部１３や配管１７ｐの周囲に断熱材を設けることで、加熱部１３や配管１７ｐからの熱ロスを抑制でき、熱媒体への熱交換効率を向上できる。また、図３に示すように、回転体１１（磁束発生部１５）に対向する加熱部１３の対向面（ここでは内周面）に断熱材１９を配置することで、回転体１１（磁束発生部１５）に対する加熱部１３からの熱の影響を低減できる。回転体１１（磁束発生部１５）の加熱部１３に対向する対向面（ここでは外周面）に断熱材を配置してもよく、これによっても加熱部１３からの熱の影響を低減できる。

[0048] 特に、実施形態１の誘導加熱装置１０１では、流通路１７の出口部１７２側において凸部１１１と加熱部１３との間の間隔が大きくなっているため、その間隔が大きい部分に断熱材１９（図３を参照）を配置したり、配置する断熱材１９の厚さを厚くすることが容易である。流通路１７の出口部１７２側では、熱媒体の温度が高く、加熱部１３の温度も高くなる傾向があるため、熱ロスが生じ易いが、流通路１７の出口部１７２側に断熱材１９を配置したり、断熱材１９を厚くすることによって、熱ロスを効果的に抑制できる。

[0049] 実施形態１の誘導加熱装置１０１では、流通路１７を配管１７ｐによって構成し、加熱部１３の外部に流通路１７を設ける形態を説明したが、流通路１７は加熱部１３に形成することも可能である。例えば、図４に示すように、加熱部１３の外周面に、軸方向に螺旋状の溝１７ｇを形成し、この溝１７ｇを流通路１７に利用することが挙げられる。そして、溝１７ｇを形成した加熱部１３の外周面を覆うようにシート状や筒状のカバー材１３ｃを被せることで、溝１７ｇの内周面とカバー材１３ｃの内周面とにより囲まれた空間によって流通路１７を形成できる。

[0050] 実施形態１の誘導加熱装置１０１では、流通路１７を加熱部１３の軸方向に螺旋状に設ける形態を説明したが、流通路１７は加熱部１３の軸方向に沿って直線状に設けることも可能である。この場合、加熱部１３の周方向に間隔をあけて複数の流通路１７を設けることが挙げられる。

[0051] ［変形例１－１］

上述した実施形態１では、図１や図４に示すように、流通路１７の螺旋のピッチが一定であり、流通路１７が入口部１７１側から出口部１７２側に亘って加熱部１３との接触面積が等しくなるように形成されている形態を説明した。変形例１－１では、図５を参照して、流通路１７が加熱部１３の軸方向に螺旋状に設けられると共に、入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が加熱部１３との接触面積が大きくなるように形成されている形態を説明する。図５の上図は、図１と同様に、流通路１７を配管１７ｐによって構成した場合、下図は、図４と同様に、流通路１７を加熱部１３に形成した溝１７

ｇによって構成した場合を示している。

[0052] 図５に例示する変形例１－１に係る誘導加熱装置１０１では、流通路１７（配管１７ｐ又は溝１７ｇ）は、入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が隣り合う流通路１７間の間隔が小さくなるように形成されている。具体的には、流通路１７の入口部１７１側から出口部１７２側に向かうほど、流通路１７の螺旋のピッチが小さくなっており、加熱部１３に対して流通路１７が密に設けられている。したがって、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が加熱部１３との接触面積が大きくなっており、加熱部１３において、軸方向における単位長さあたりの流通路１７との接触面積が入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が大きい。

[0053] 変形例１－１の誘導加熱装置１０１は、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が加熱部１３との接触面積が大きくなるように流通路１７が構成されている。これにより、流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３から流通路１７に流れる熱媒体への熱の移動量を増やすことができる。したがって、流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３で発生した熱を熱媒体へ十分に伝熱させることができ、熱交換効率をより向上できる。よって、加熱部１３で発生した熱を、流通路１７を流通する熱媒体に更に効率よく伝熱することができる。

[0054] 実施形態１の誘導加熱装置１０１では、回転体１１が円柱状で、かつ、加熱部１３が円筒状である形態を説明したが、回転体１１及び加熱部１３の形状はこれに限定されない。例えば、図６に示すように、回転体１１の外周面が円錐面を有し、これに対向する加熱部１３の内周面も円錐面を有する形態が挙げられる。具体的には、回転体１１は、軸方向の一方側から他方側（図６では左側から右側）に向かって外径が小さくなる円錐台状であり、円錐状の外周面を有している。また、回転体１１における各凸部１１１の外径も軸方向の一方側から他方側に向かって小さくなっている。一方、加熱部１３は、軸方向の一方側から他方側に向かって内径が小さくなる円錐台筒状であり、回転体１１の外周面に対応した円錐状の内周面を有している。回転体１１

の外周面と加熱部１３の内周面とは略同じ傾斜角度を有し、図１に示す誘導加熱装置１０１と同様、磁束発生部１５（凸部１１１）と加熱部１３との間の間隔が流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が大きくなっている。加熱部１３は、回転体１１に対して軸方向の長さが長くなるように形成されている。

[0055] 更に、図６に例示する誘導加熱装置１０１は、回転体１１と加熱部１３の少なくとも一方を軸方向に移動させる軸方向移動機構１２を備える。この例では、軸方向移動機構１２は、回転体１１を加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動させる。軸方向移動機構１２の駆動源としては、電動モータや電動アクチュエータを用いたり、油圧シリンダ等を用いることが可能である。その他、磁束発生部１５（凸部１１１）と加熱部１３とを一定の間隔に保持する間隔保持部材（例、ベアリング）１４が回転体１１と加熱部１３との間に周方向に亘って介在されている。

[0056] 誘導加熱によって加熱部１３が発熱して高温になると、加熱部１３が径方向外側に熱膨張することがある。そのため、熱膨張によって加熱部１３の内径が拡大し、磁束発生部１５（凸部１１１）と加熱部１３との間隔が拡がることがある。誘導加熱による発熱量は磁場強度に比例し、磁場強度は距離によって減衰することから、熱膨張によって加熱部１３の内径が拡大すると、磁束発生部１５との間隔が大きくなり、加熱部１３全体の発熱量が小さくなる。

[0057] 図６の上図は、加熱部１３が熱膨張していない状態を示し、下図は、加熱部１３が熱膨張した状態を示す。図６の下図において、移動前の回転体１１及び熱膨張前の加熱部１３をそれぞれ二点鎖線で示している。図６に例示する誘導加熱装置１０１は、加熱部１３が熱膨張していない状態では、上図に示すように、回転体１１が加熱部１３に対して軸方向の中央側に位置しており、磁束発生部１５と加熱部１３とが所定の間隔となるように構成されている。そして、加熱部１３が熱膨張して内径が拡大した場合は、図６の下図に示すように、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔が小さくなる方向に、回

転体１１を加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動させる。具体的には、軸方向移動機構１２により回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の他方側（図６の右側）に移動させる。これにより、加熱部１３が熱膨張しても、磁束発生部１５と加熱部１３とが所定の間隔となるように調整できる。したがって、加熱部１３の熱膨張前と後とで、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を一定にすることができ、熱膨張による加熱部１３全体の発熱量の低下を抑制できる。加熱部１３の熱膨張の程度が小さくなった場合、例えば、回転体１１の回転数が低下するなどして加熱部１３の発熱量が低下した場合などは、軸方向移動機構１２により回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の一方側（図６の左側）に移動させる。これにより、間隔保持部材１４に過度の圧縮応力が作用することを抑制できる。

[0058] その他、図６に例示する誘導加熱装置１０１によれば、軸方向移動機構１２によって回転体１１が加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動可能であり、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を任意に調整することが可能である。そのため、加熱部１３の熱膨張前と後とで、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を一定にする以外に、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を積極的に変更して、加熱部１３全体の発熱量を調整することも可能である。例えば、図６の上図に示す状態から、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔が大きくなる方向、即ち、回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の一方側（図６の左側）に移動させることで、加熱部１３全体の発熱量を小さくできる。一方、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔が小さくなる方向、即ち、回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の他方側（図６の右側）に移動させることで、加熱部１３全体の発熱量を大きくできる。したがって、図６に例示する誘導加熱装置１０１によれば、回転体１１を加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動させることで、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を任意に調整することが可能であり、加熱部１３全体の発熱量を調整することも可能である。磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を積極的に変更する場合、間隔保持部材１４によって回転体１１の軸方向の他方側への移動量が規制さ

れることがあるため、この場合は、間隔保持部材１４を省略してもよい。

[0059] ［実施形態２］

上述した実施形態１では、磁束発生部１５と加熱部１３とが回転体１１の径方向に間隔をあけて対向して配置された、所謂ラジアルギャップ型の構造である形態を説明した。実施形態２では、磁束発生部１５と加熱部１３とが回転体１１の軸方向に間隔をあけて対向して配置された、所謂アキシャルギャップ型の構造である形態を説明する。以下、図７～図９を参照して、実施形態２に係る誘導加熱装置１０２について、実施形態１との相違点を中心に説明する。

[0060] （回転体及び加熱部）

回転体１１と加熱部１３は板状（ここでは円板状）であり、互いの面が対向するように間隔をあけて配置されている（図７を参照）。回転体１１は、軸受２２により回転可能に支持された回転軸２１の一端側に連結されている。加熱部１３は、回転体１１に対して軸方向に間隔をあけて対向して配置され、回転しないようにケーシング（図示せず）に固定されている。

[0061] （磁束発生部）

回転体１１の加熱部１３に対向する対向面に、回転体１１の軸方向（加熱部１３の方向）に磁束を発生する磁束発生部１５が設けられている。この例では、磁束発生部１５が永久磁石１５ｍであり、図８に示すように、回転体１１の対向面に複数の扇形状の磁石１５ｍが円形状に並べて配置され、隣り合う磁石１５ｍの極性が互いに異なっている。また、各磁石１５ｍは、径方向の内側が外側よりも一段凹んでおり、後述するように、各磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔が径方向で異なり、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が間隔が大きくなっている（図７を参照）。図８では、磁束発生部１５（磁石１５ｍ）の数が６個の場合を例示しているが、磁束発生部１５（磁石１５ｍ）の数はこれに限定されず、適宜設定することができる。磁束発生部１５の数は、例えば４個以上が好ましく、６個以上、更に８個以上がより好ましい。磁束発生部１５には、コイルを用いることも

可能である。

[0062] （流通路）

加熱部１３の回転体１１に対向する対向面とは反対側の反対面に、熱媒体が流通する流通路１７が設けられている。この例では、流通路１７は、図９に示すように、加熱部１３の径方向に渦巻状に設けられている。そして、加熱部１３の径方向の一方側（ここでは外側）に入口部１７１が、その径方向の他方側（ここでは内側）に出口部１７２が設けられており、加熱部１３の径方向の外側から内側へ熱媒体が流通する（図７中の白抜き矢印は熱媒体の供給・排出方向を示す）。また、流通路１７は、配管１７ｐによって構成されており、配管１７ｐを加熱部１３の反対面に渦巻状に配置している。流通路１７（配管１７ｐ）は、隣り合う流通路１７（配管１７ｐ）間の間隔が等しくなるように形成されている。具体的には、流通路１７（配管１７ｐ）は、加熱部１３の径方向（熱媒体の流通方向）に略等しいピッチで渦巻状に設けられており、入口部１７１側から出口部１７２側に亘って渦巻のピッチ（流通路１７を構成する渦巻の隣り合う曲線の間隔）が実質的に一定である。したがって、流通路１７の入口部１７１側から出口部１７２側に亘って加熱部１３との接触面積が略等しくなっており、加熱部１３において、径方向（熱媒体の流通方向）における単位長さあたりの流通路１７との接触面積が入口部１７１側から出口部１７２側に亘って略等しい。

[0063] 誘導加熱装置１０２における熱媒体が加熱されるメカニズムについて説明する。誘導加熱装置１０２の場合、磁束発生部１５（磁石１５ｍ）から回転体１１の軸方向に磁束が発生し、加熱部１３に磁束が通過する。具体的には、加熱部１３におけるＮ極の磁束発生部１５に対向する部分では、磁束（磁場）が加熱部１３の対向面側から反対面側の方向に通過し、Ｓ極の磁束発生部１５に対向する部分では、磁束（磁場）が加熱部１３の反対面側から対向面側の方向に通過する。そして、回転体１１と共に磁束発生部１５が回転することにより、加熱部１３に対して磁束発生部１５が相対的に移動することで、加熱部１３における磁束発生部１５に対向する部分において通過する磁

束が変化し、印加される磁場が周期的に変化する。その結果、加熱部１３に渦電流が発生することで、加熱部１３が発熱し、その熱が流通路１７（配管１７ｐ）に流れる熱媒体に伝熱され、熱媒体が加熱される。この例では、各磁束発生部１５を構成する各磁石１５ｍが流通路１７の出口部１７２側で一段凹んでおり、各磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔が流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が大きくなっている。

[0064] {作用効果}

実施形態２の誘導加熱装置１０２は、実施形態１の誘導加熱装置１０１と同様に、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔が大きくなるように流通路１７が構成されている。そのため、流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３の発熱量を抑えることができ、磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔が径方向に一様な場合に比べて、流通路１７の出口部１７２側で加熱部１３と熱媒体との温度差を大きくできる。したがって、流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３で発生した熱を熱媒体へ十分に伝熱させることができる。よって、実施形態１と同じように、加熱部１３で発生した熱を、流通路１７を流通する熱媒体に効率よく伝熱することができ、熱交換効率を改善できる。

[0065] また、板状の加熱部１３に対して流通路１７を渦巻状に設けたことで、１つの流通路１７で加熱部１３全体からの発熱を熱媒体に伝熱できる。

[0066] ［変形例］

実施形態２の誘導加熱装置１０２では、回転体１１に設けられた各磁束発生部１５（磁石１５ｍ）に径方向に段差を設けることで、流通路１７の出口部１７２側で磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔を大きくする形態を説明した。磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔を大きくするその他の手段としては、例えば、回転体１１に対向する加熱部１３の対向面に段差を設けることが挙げられる。具体的には、各磁石１５ｍの厚さを径方向に実質的に一定にすると共に、回転体１１（磁束発生部１５）と加熱部１３との対

向距離が入口部１７１側よりも出口部１７２側が大きくなるように、加熱部１３の対向面に径方向に段差を設ける。これにより、出口部１７２側において、磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔を大きくすることができる。段差ではなく傾斜を設けてもよく、磁束発生部１５と加熱部１３との間の間隔は、流通路１７の入口部１７１側から出口部１７２側に向かって段差を設けて段階的に大きくする他、傾斜を設けて連続的に大きくすることも可能である。

[0067] （断熱材）

実施形態２の誘導加熱装置１０２においても、図１０に例示するように、実施形態１と同様、加熱部１３や配管１７ｐの周囲に断熱材１９を配置してもよい。断熱材は、例えば、加熱部１３の対向面及び周面や、配管１７ｐの外側に断熱材を設けることが挙げられる。図１０では、加熱部１３の対向面のうち、磁束発生部１５との間の間隔が大きい部分、即ち流通路１７の出口部１７２側に断熱材１９を配置する場合を示す。また、回転体１１（磁束発生部１５）の加熱部１３に対向する対向面に断熱材を配置してもよい。

[0068] 実施形態２の誘導加熱装置１０２では、流通路１７を配管１７ｐによって構成し、加熱部１３の外部に流通路１７を設ける形態を説明したが、実施形態１と同様、流通路１７は加熱部１３に形成することも可能である。例えば、加熱部１３の対向面又は反対面に径方向に渦巻状の溝を形成し、この溝を流通路に利用することが挙げられる。そして、溝を形成した加熱部の面を覆うように、流通路の入口部及び出口部に対応する位置に開口が形成された板状のカバー材を被せることで、溝の内周面とカバー材の表面とにより囲まれた空間によって流通路を形成できる。

[0069] ［変形例２－１］

上述した実施形態２では、図７及び図９に示すように、流通路１７の渦巻のピッチが一定であり、流通路１７が入口部１７１側から出口部１７２側に亘って加熱部１３との接触面積が等しくなるように形成されている形態を説明した。変形例２－１では、図１１を参照して、流通路１７が加熱部１３の

径方向に螺旋状に設けられると共に、入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が加熱部１３との接触面積が大きくなるように形成されている形態を説明する。図１１の上図は、図７と同様に、誘導加熱装置の概略縦断面図であり、下図は、図９と同様に、流通路の概略平面図である。

[0070] 図１１に例示する変形例２－１に係る誘導加熱装置１０２では、流通路１７（配管１７ｐ）は、入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が隣り合う流通路１７（配管１７ｐ）間の間隔が小さくなるように形成されている。具体的には、流通路１７の入口部１７１側から出口部１７２側に向かうほど、流通路１７の渦巻のピッチが小さくなっており、加熱部１３に対して流通路１７が密に設けられている。したがって、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が加熱部１３との接触面積が大きくなっており、加熱部１３において、径方向における単位長さあたりの流通路１７との接触面積が入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が大きい。

[0071] 変形例２－１の誘導加熱装置１０２は、図５に例示する変形例１－１の誘導加熱装置１０１と同様に、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が加熱部１３との接触面積が大きくなるように流通路１７が構成されている。したがって、流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３から流通路１７に流れる熱媒体への熱の移動量を増やすことができ、流通路１７の出口部１７２側において、加熱部１３で発生した熱を熱媒体へ十分に伝熱させることができる。よって、変形例１－１と同じように、加熱部１３で発生した熱を、流通路１７を流通する熱媒体に更に効率よく伝熱することができ、熱交換効率をより向上できる。

[0072] 変形例２－１の誘導加熱装置１０２では、加熱部１３に対して渦巻状の流通路１７を１つ設ける形態を説明したが、複数の流通路を設けることも可能である。例えば、図１２に示すように、加熱部１３の径方向に放射状に複数の流通路１７を設けることが挙げられる。各流通路１７は、加熱部１３の径方向の外側から内側に向かって直線状に設けられ、加熱部１３の径方向の外側に入口部１７１が、その径方向の内側に出口部１７２が設けられている。

この例では、各流通路１７は、配管１７ｐによって構成されており、各配管１７ｐを加熱部１３の反対面に配置している。この場合であっても、流通路１７（配管１７ｐ）の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が隣り合う流通路１７（配管１７ｐ）間の間隔が小さくなるため、流通路１７の入口部１７１側よりも出口部１７２側の方が加熱部１３との接触面積が大きくなる。図１２では、流通路１７（配管１７ｐ）の数が８個の場合を例示しているが、流通路１７（配管１７ｐ）の数はこれに限定されず、適宜設定することができる。流通路１７の数は、加熱部１３との接触面積を確保する観点から、例えば４個以上、８個以上、更に１２個以上とすることが挙げられる。また、図１２では、加熱部１３を平面視した場合に、流通路１７（配管１７ｐ）が加熱部１３の径方向に直線状に設けられているが、流通路１７（配管１７ｐ）は波線状に設けることも可能である。

[0073] ［その他］

上述した実施形態１や実施形態２の誘導加熱装置１０１，１０２において、装置の構成部品である加熱部１３や回転体１１、磁束発生部１５などは、それぞれ一体物であってもよいし、その周方向や径方向、或いは軸方向に分割されていてもよい。例えば、図１に例示するようなラジアルギャップ型の誘導加熱装置１０１の場合、加熱部１３や回転体１１を周方向や軸方向に分割したり、磁束発生部１５を軸方向に分割して配置することが挙げられる。また、例えば、図７に例示するようなアキシャルギャップ型の誘導加熱装置１０２の場合、加熱部１３や回転体１１、磁束発生部１５を周方向や径方向に分割することが挙げられる。加熱部１３、回転体１１及び磁束発生部１５が、周方向、径方向又は軸方向に複数に分割されていることで、例えば、装置を分割して作製したり、装置を分割して輸送を容易にすることができる。特に、後述するような発電システムに利用される誘導加熱装置では、装置が大型化することから、上記構成部品のサイズも大きく、回転体１１の回転数も低くなる。大型の誘導加熱装置の場合、上記構成部品が分割されていることで、各構成部品を製造し易く、構成部品の製造コストを低減したり、装置

の組み立て性を向上させることが可能であり、装置の製造コストを低減できるなどの効果が期待できる。また、発電システムにおいて誘導加熱装置の回転体１１の回転数が低ければ、回転体１１としての精度に裕度が大きく、回転体１１を分割式とすることが許容され易い。

[0074] 〈発電システム〉

図１３を参照して、本発明の実施形態に係る発電システムの一例を説明する。図１３に示す発電システムＰは、誘導加熱装置１０と、風車２０と、蓄熱器５０と、発電部６０とを備える。塔９１の上部に設置されたナセル９２に風車２０が取り付けられ、ナセル９２内に誘導加熱装置１０が格納されている。また、塔９１の下部（土台）に建てられた建屋９３に蓄熱器５０及び発電部６０が設置されている。以下、発電システムＰの構成を詳しく説明する。

[0075] 誘導加熱装置１０は、本発明の実施形態に係る誘導加熱装置であり、例えば、上述した実施形態１や変形例１－１、実施形態２や変形例２－１に係る誘導加熱装置１０１，１０２を利用することができる。また、回転軸２１の他端側が後述する風車２０に直結され、回転体を回転させる動力に風力を利用している。なお、ここでは、熱媒体が水である場合を例に説明する。

[0076] 風車２０は、水平方向に延びる回転軸２１を中心に、３枚の翼２０１を回転軸２１に放射状に取り付けた構造である。出力が５ＭＷを超える風力発電システムの場合、直径が１２０ｍ以上、回転数が１０～２０ｒｐｍ程度である。

[0077] 誘導加熱装置１０の流通路（配管）には、誘導加熱装置１０に水を供給する給水管７３と、誘導加熱装置１０により加熱した水を蓄熱器５０に送る輸送管５１とが接続されている。そして、誘導加熱装置１０は、回転体に設けられた磁束発生部から磁束が発生し、回転体の回転により、回転体と間隔をあけて配置された加熱部を通過する磁束が変化することで、加熱部に渦電流が発生し、加熱部が発熱して流通路内の水を加熱する。誘導加熱装置１０は、熱媒体である水を例えば１００℃～６００℃といった高温に加熱する。ま

た、誘導加熱装置１０は、加熱部（流通路）が回転しない構造であるので、流通路と輸送管５１及び給水管７３との接続に回転継手を用いる必要がなく、例えば溶接などを用いて、簡易な構成で、堅牢な接続を実現できる。

[0078] この発電システムＰは、誘導加熱装置１０により水を発電に適した温度（例えば２００℃～３５０℃）まで加熱し、高温高圧水を発生させる。高温高圧水は、誘導加熱装置１０と蓄熱器５０とを連結する輸送管５１を通って蓄熱器５０に送られる。蓄熱器５０は、輸送管５１を通って送られてきた高温高圧水の熱を蓄え、また、熱交換器を用いて発電に必要な蒸気を発電部６０に供給する。なお、誘導加熱装置１０により蒸気を発生させてもよい。

[0079] 蓄熱器５０としては、例えば、蒸気アキュムレーターや、溶融塩や油などを用いた顕熱型、或いは、融点の高い溶融塩の相変化を利用した潜熱型の蓄熱器を利用することができる。潜熱型の蓄熱方式は蓄熱材の相変化温度で蓄熱を行うため、一般に、顕熱型の蓄熱方式に比べて蓄熱温度域が狭帯域であり、蓄熱密度が高い。

[0080] 発電部６０は、蒸気タービン６１と発電機６２とを組み合わせた構造であり、蓄熱器５０から供給された蒸気によって蒸気タービン６１が回転し、発電機６２を駆動して発電する。

[0081] 蓄熱器５０に送られた高温高圧水又は蒸気は、復水器７１で冷却され水に戻される。その後、ポンプ７２に送られ、高圧水にして給水管７３を通って誘導加熱装置１０に送られることで循環する。

[0082] この発電システムＰによれば、本発明の実施形態に係る誘導加熱装置１０を備えることから、誘導加熱装置１０において、加熱部で発生した熱を、流通路を流通する熱媒体に効率よく伝熱することができる。よって、誘導加熱装置１０における熱媒体への熱交換効率を改善でき、発電効率の向上を図ることができる。その他、誘導加熱装置１０により加熱した熱媒体の熱を蓄熱器５０に蓄熱して発電することで、高価な蓄電池を用いなくても、需要に応じた安定的な発電を実現できる。また、風車２０と誘導加熱装置１０の回転軸２１とを直結することにより、増速機（ギアボックス）のトラブルを回避

することが可能である。さらに、熱媒体の熱を輸送管５１により例えば塔９１の下部（土台）に設置された発電部６０に供給することで、ナセル９２に発電部６０を格納する必要がなく、塔９１の上部に設置されるナセル９２を小型・軽量化することができる。

[0083] 上記した発電システムＰでは、熱媒体に水を用いた場合を例に説明したが、水よりも熱伝導率の高い液体金属を熱媒体に用いてもよい。このような液体金属としては、例えば液体金属ナトリウムが挙げられる。液体金属を熱媒体に用いる場合は、例えば、加熱部から熱を受け取る一次熱媒体に液体金属を用い、輸送管を通って送られてきた液体金属の熱で熱交換器を介して二次熱媒体（水）を加熱し、蒸気を発生させることが考えられる。

[0084] また、常圧で１００℃超の沸点を有する例えば油、液体金属、溶融塩などを熱媒体に用いた場合は、水に比較して、所定の温度まで加熱したときに、流通路内の熱媒体の気化による内圧上昇を抑制し易い。

[0085] 以上説明した本発明の実施形態に関連して、更に以下の付記を開示する。

[0086] ［付記１］

熱媒体を加熱する誘導加熱装置であって、

回転軸を有する回転体と、

前記回転体の外周側に設けられ、前記回転体に対して径方向に間隔をあけて対向して配置される筒状の加熱部と、

前記回転体の外周に設けられ、前記回転体の径方向に磁束を発生する磁束発生部と、

前記加熱部に沿って設けられ、前記熱媒体が流通する流通路と、

前記回転体を前記加熱部に対して相対的に軸方向に移動させる軸方向移動機構と、を備え、

前記回転体は、円錐状の外周面を有すると共に、前記加熱部は、前記回転体の外周面に対応した円錐状の内周面を有する誘導加熱装置。

[0087] 付記１に係る誘導加熱装置は、回転体を加熱部に対して相対的に軸方向に移動させることで、磁束発生部と加熱部との間隔を調整することが可能であ

る。誘導加熱による発熱量は磁場強度に比例し、磁場強度は距離に依存することから、磁束発生部と加熱部との間隔を変更することで、加熱部全体の発熱量を調整することが可能である。

[0088] また、誘導加熱によって加熱部が発熱して高温になった場合、加熱部が径方向外側に熱膨張することがある。そのため、熱膨張によって加熱部の内径が拡大し、磁束発生部と加熱部との間隔が拡がることがある。熱膨張によって加熱部の内径が拡大すると、磁束発生部との間隔が大きくなり、加熱部全体の発熱量が小さくなる。付記１に係る誘導加熱装置によれば、加熱部が熱膨張しても、回転体を加熱部に対して相対的に軸方向に移動させることで、磁束発生部と加熱部とが所定の間隔となるように調整できる。したがって、熱膨張による加熱部全体の発熱量の低下を抑制できる。

[0089] ［付記２］

付記１に記載の誘導加熱装置と、

前記誘導加熱装置により加熱した前記熱媒体の熱を電気エネルギーに変換する発電部と、を備える発電システム。

[0090] 付記２に係る発電システムによれば、付記１に係る上記誘導加熱装置を備えることから、誘導加熱装置において、回転体を加熱部に対して相対的に軸方向に移動させることによって、磁束発生部と加熱部との間隔を調整することが可能である。そのため、磁束発生部と加熱部との間隔を変更することで、加熱部全体の発熱量を調整することが可能である。例えば、加熱部が熱膨張して内径が拡大した場合であっても、磁束発生部と加熱部とが所定の間隔となるように調整することで、熱膨張による加熱部全体の発熱量の低下を抑制できる。

[0091] 付記２に係る発電システムは、上記誘導加熱装置により加熱した熱媒体の熱を利用して発電するものである。例えば誘導加熱装置の回転軸に風車を接続し、回転体の動力に風力を利用すれば、風のエネルギーを回転エネルギー→熱エネルギーに変換して、電気エネルギーとして取り出すことができる。一例としては、熱媒体の水を加熱して高温高圧蒸気を生成し、その蒸気を利

用して蒸気タービンにより発電機を回転させて発電することが挙げられる。また、熱を電気エネルギーに変換する構成としたことで、蓄熱器を用いて熱としてエネルギーを蓄えることにより、安定した発電システムを実現できる。

[0092] 付記１に係る誘導加熱装置の具体例を、以下に図１４を参照しつつ説明する。誘導加熱装置１１０は、回転体１１と、加熱部１３と、磁束発生部１５と、流通路１７とを備える。誘導加熱装置１１０は、磁束発生部１５と加熱部１３とが回転体１１の径方向に間隔をあけて対向して配置された、所謂ラジアルギャップ型の構造である。誘導加熱装置１１０の基本的な構成は、図１，図２を参照して説明した上述の実施形態１に係る誘導加熱装置１０１の構成と同様である。以下では、実施形態１で説明した構成と同様の構成については同一符号を付して詳細な説明を省略し、実施形態１との相違点を中心に説明する。

[0093] （回転体）

回転体１１は、円錐状の外周面を有する。この例では、回転体１１は、軸方向の一方側から他方側（図１４では左側から右側）に向かって外径が小さくなる円錐台状であり、外周面が円錐面を有している。また、回転体１１における各凸部１１１の外径も軸方向の一方側から他方側に向かって小さくなっている。

[0094] （加熱部）

加熱部１３は、回転体１１の外周面に対応した円錐状の内周面を有する。具体的には、軸方向の一方側から他方側に向かって内径が小さくなる円錐台筒状であり、内周面が回転体１１の外周面に対応した円錐面を有している。回転体１１の外周面と加熱部１３の内周面とは略同じ傾斜角度を有し、回転体１１（凸部１１１）と加熱部１３とが所定の間隔となるように構成されている。この例では、加熱部１３は、回転体１１に対して軸方向の長さが長くなるように形成されている。

[0095] （磁束発生部）

磁束発生部１５は、回転体１１の外周に設けられており、回転体１１の径方向（加熱部１３の方向）に磁束を発生する。つまり、磁束発生部１５は、加熱部１３に対して磁束を発生する。この例では、磁束発生部１５としてコイル１５ｃを用いており、回転体１１の外周に形成された各凸部１１１にコイル１５ｃが巻回され取り付けられている。凸部１１１は磁性材料で形成されており、コイル１５ｃと凸部１１１とで磁束発生部１５が構成される。磁束発生部１５を構成する凸部１１１の先端面と加熱部１３との間の間隔が軸方向に一定又は略一定である。

[0096] （流通路）

流通路１７は、加熱部１３の軸方向に設けられている。流通路１７は、加熱部１３の軸方向の一方側に熱媒体を供給する入口部１７１と、その軸方向の他方側に熱媒体を排出する出口部１７２とを有し、加熱部１３の軸方向の一方側から他方側へ熱媒体が流通する（図１４中の白抜き矢印は熱媒体の供給・排出方向を示す）。この例では、流通路１７は加熱部１３の軸方向に螺旋状に設けられており、配管１７ｐによって構成されている。また、流通路１７（配管１７ｐ）は、隣り合う流通路１７（配管１７ｐ）間の間隔が等しくなるように形成されている。具体的には、流通路１７（配管１７ｐ）は、加熱部１３の軸方向（熱媒体の流通方向）に略等しいピッチで螺旋状に設けられており、入口部１７１側から出口部１７２側に亘って螺旋のピッチが実質的に一定である。

[0097] 流通路１７は、加熱部１３に螺旋状に設ける他、例えば、加熱部１３の軸方向に沿って直線状に設けることも可能である。この場合、加熱部１３の周方向に間隔をあけて複数の流通路１７を設けることが挙げられる。

[0098] （軸方向移動機構）

更に、誘導加熱装置１１０は、回転体１１と加熱部１３の少なくとも一方を軸方向に移動させる軸方向移動機構１２を備え、軸方向移動機構１２は、回転体１１を加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動させる。軸方向移動機構１２の駆動源としては、電動モータや電動アクチュエータを用いたり、

油圧シリンダ等を用いることが可能である。

[0099] その他、磁束発生部１５（凸部１１１）と加熱部１３とを一定の間隔に保持する間隔保持部材（例、ベアリング）１４が回転体１１と加熱部１３との間に周方向に亘って介在されている。

[0100] 図１４に例示する誘導加熱装置１１０の作用効果について、図面を参照しつつ説明する。図１４の上図は、加熱部１３が熱膨張していない状態を示し、下図は、加熱部１３が熱膨張した状態を示す。図１４の下図において、移動前の回転体１１及び熱膨張前の加熱部１３をそれぞれ二点鎖線で示している。

[0101] 誘導加熱装置１１０において、誘導加熱によって加熱部１３が発熱して高温になると、加熱部１３が径方向外側に熱膨張することがある。そのため、熱膨張によって加熱部１３の内径が拡大し、磁束発生部１５（凸部１１１）と加熱部１３との間隔が拡がることがある。誘導加熱による発熱量は磁場強度に比例し、磁場強度は距離によって減衰することから、熱膨張によって加熱部１３の内径が拡大すると、磁束発生部１５との間隔が大きくなり、加熱部１３全体の発熱量が小さくなる。

[0102] 誘導加熱装置１１０は、加熱部１３が熱膨張していない状態では、図１４の上図に示すように、回転体１１が加熱部１３に対して軸方向の中央側に位置しており、磁束発生部１５と加熱部１３とが所定の間隔となるように構成されている。そして、加熱部１３が熱膨張して内径が拡大した場合は、図１４の下図に示すように、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔が小さくなる方向に、回転体１１を加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動させる。具体的には、軸方向移動機構１２により回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の他方側（図１４の右側）に移動させる。これにより、加熱部１３が熱膨張しても、磁束発生部１５と加熱部１３とが所定の間隔となるように調整できる。したがって、加熱部１３の熱膨張前と後とで、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を一定にすることができ、熱膨張による加熱部１３全体の発熱量の低下を抑制できる。加熱部１３の熱膨張の程度が小さくなった場合、

例えば、回転体１１の回転数が低下するなどして加熱部１３の発熱量が低下した場合などは、軸方向移動機構１２により回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の一方側（図１４の左側）に移動させる。これにより、間隔保持部材１４に過度の圧縮応力が作用することを抑制できる。

[0103] また、誘導加熱装置１１０によれば、軸方向移動機構１２によって回転体１１が加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動可能であり、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を任意に調整することが可能である。そのため、加熱部１３の熱膨張前と後とで、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を一定にする以外に、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を積極的に変更して、加熱部１３全体の発熱量を調整することも可能である。例えば、図１４の上図に示す状態から、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔が大きくなる方向、即ち、回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の一方側（図１４の左側）に移動させることで、加熱部１３全体の発熱量を小さくできる。一方、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔が小さくなる方向、即ち、回転体１１を加熱部１３に対して軸方向の他方側（図１４の右側）に移動させることで、加熱部１３全体の発熱量を大きくできる。したがって、誘導加熱装置１１０によれば、回転体１１を加熱部１３に対して相対的に軸方向に移動させることで、磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を任意に調整することが可能であり、加熱部１３全体の発熱量を調整することも可能である。磁束発生部１５と加熱部１３との間隔を積極的に変更する場合、間隔保持部材１４によって回転体１１の軸方向の他方側への移動量が規制されることがあるため、この場合は、間隔保持部材１４を省略してもよい。

[0104] 付記２に係る発電システムの構成は、付記１に係る誘導加熱装置を備える点が図１３を参照して説明した上述の発電システムＰと異なり、その他の構成は、図１３の発電システムＰと同様の構成を採用できるので、ここでは詳細な説明を省略する。

産業上の利用可能性

[0105] 本発明の誘導加熱装置は、再生可能エネルギー（例、風力）を利用した発

電システムに利用する他、例えば給湯システムや暖房システムに利用することも可能である。また、本発明の発電システムは、再生可能エネルギーを利用した発電の分野に好適に利用可能である。

符号の説明

[0106] １０、１０１～１０２、１１０　誘導加熱装置　　Ｐ　発電システム

１１　回転体　　１１１　凸部

１２　軸方向移動機構

１３　加熱部　　１３ｃ　カバー材

１４　間隔保持部材

１５　磁束発生部

１５ｃ　コイル　　１５ｍ　永久磁石

１７　流通路

１７ｐ　配管　　１７ｇ　溝

１７１　入口部　　１７２　出口部

１９　断熱材

２１　回転軸　　２２　軸受

２０　風車　　２０１　翼

５０　蓄熱器　　５１　輸送管

６０　発電部　　６１　蒸気タービン　　６２　発電機

７１　復水器　　７２　ポンプ　　７３　給水管

９１　塔　　９２　ナセル　　９３　建屋

請求の範囲

[請求項1] 熱媒体を加熱する誘導加熱装置であって、

回転軸を有する回転体と、

前記回転体と間隔をあけて対向して配置される加熱部と、

前記回転体に設けられ、前記加熱部に対して磁束を発生する磁束発生部と、

前記加熱部に沿って設けられ、前記熱媒体が流通する流通路と、を備え、

前記流通路は、前記加熱部に沿う方向の一方側に前記熱媒体を供給する入口部と、その他方側に前記熱媒体を排出する出口部と、を有し、

前記磁束発生部と前記加熱部との間の間隔が、前記流通路の前記入口部側よりも前記出口部側の方が大きい誘導加熱装置。

[請求項2] 前記流通路は、前記入口部側よりも前記出口部側の方が、前記加熱部との接触面積が大きくなるように形成されている請求項１に記載の誘導加熱装置。

[請求項3] 前記加熱部は、前記回転体の外周側に設けられる筒状の部材であり、

前記磁束発生部は、前記回転体の径方向に前記磁束を発生し、

前記流通路は、前記加熱部の軸方向に螺旋状に設けられると共に、前記加熱部の軸方向の一方側に前記入口部が、その他方側に前記出口部が設けられている請求項１又は請求項２に記載の誘導加熱装置。

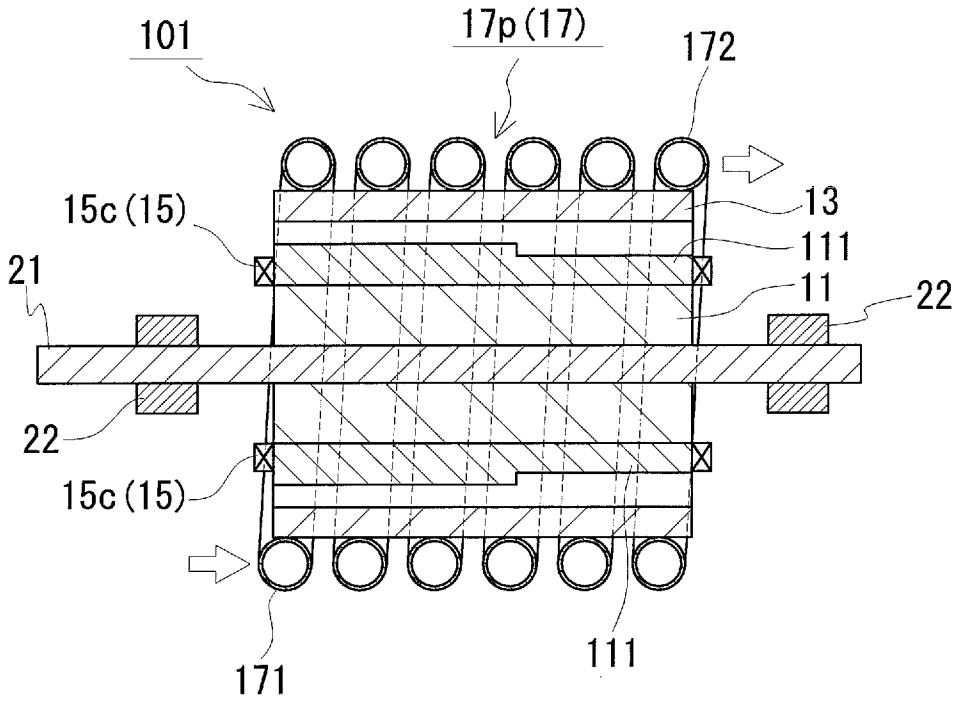
[請求項4] 前記流通路は、前記入口部側よりも前記出口部側の方が隣り合う前記流通路間の間隔が小さくなるように形成されている請求項３に記載の誘導加熱装置。

[請求項5] 前記回転軸が風車に接続されている請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の誘導加熱装置。

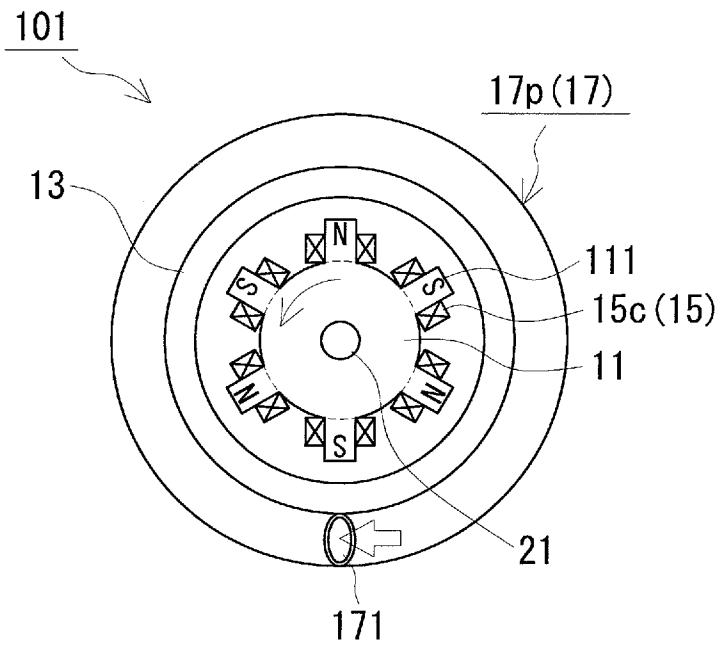
[請求項6] 請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の誘導加熱装置と、

前記誘導加熱装置により加熱した前記熱媒体の熱を電気エネルギーに変換する発電部と、を備える発電システム。

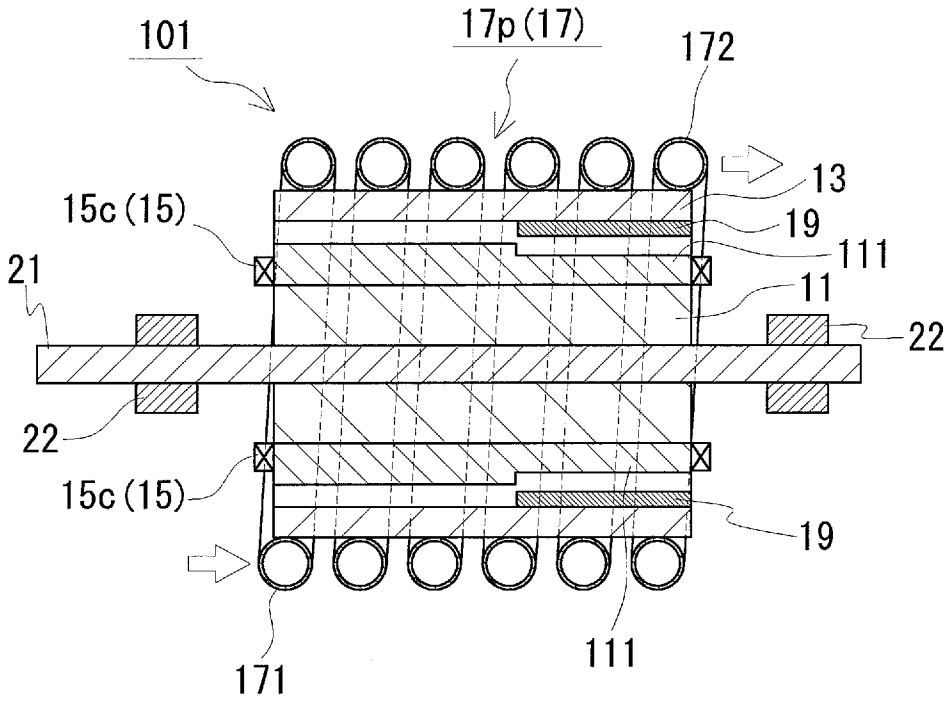
[図1]


101
17p (17)
172
13
15c (15)
111
21
11
22
22
15c (15)
171
111

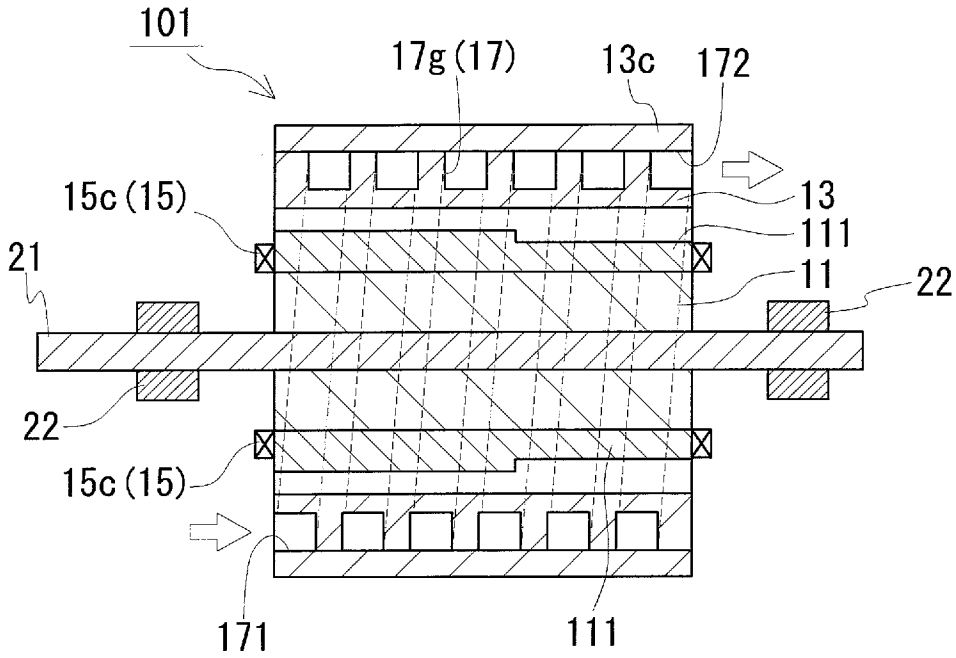
[図2]


101
17p (17)
13
111
15c (15)
11
21
171
N
S
S
N
N
S

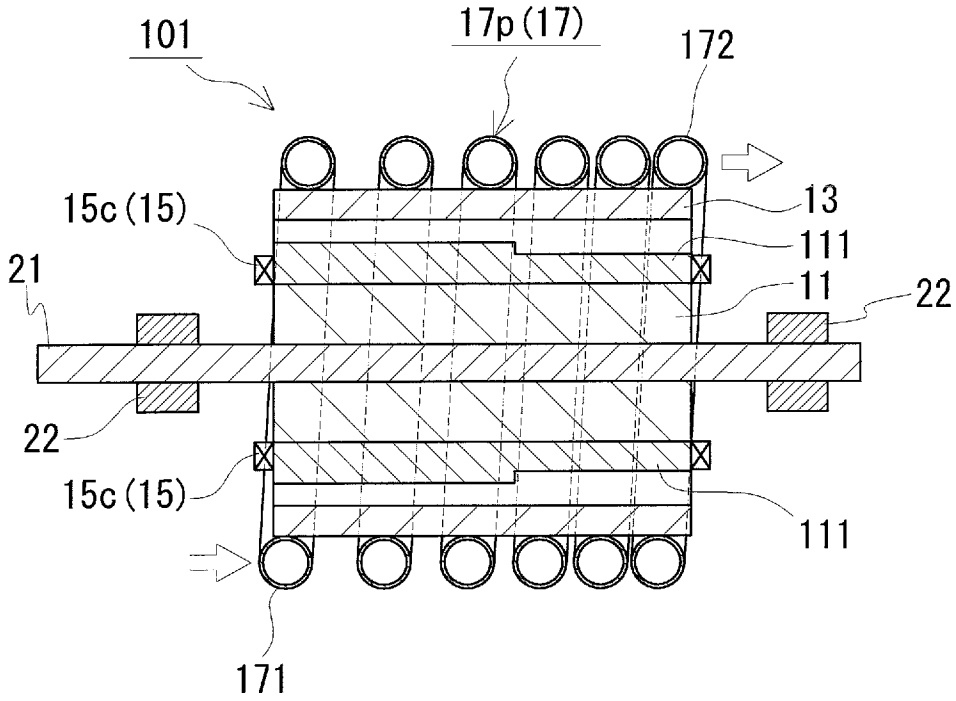
[図3]

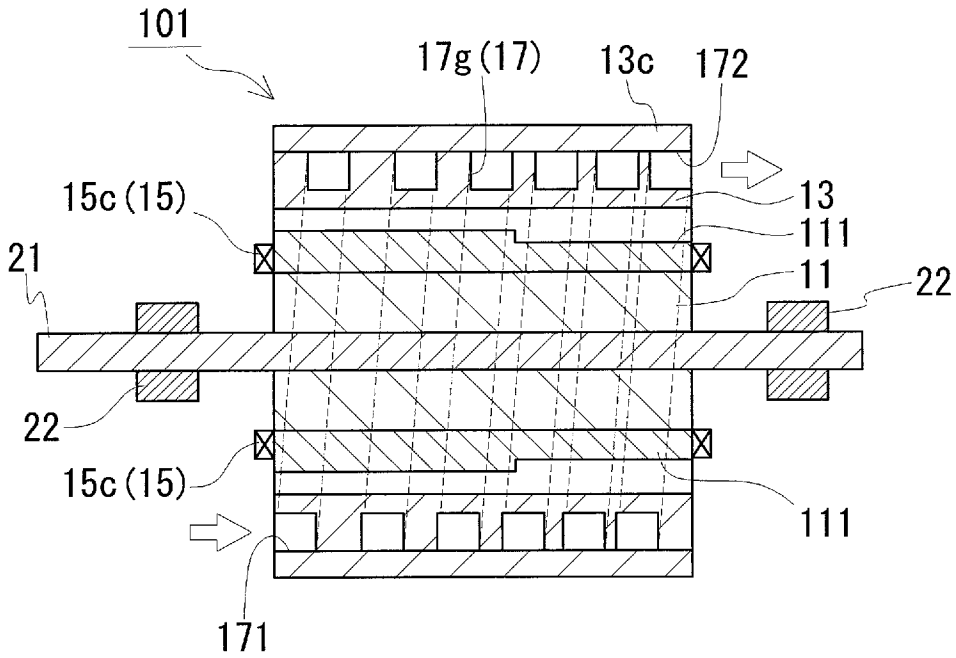

101
17p (17)
172
13
15c (15)
19
111
21
11
22
22
15c (15)
19
171
111

[図4]

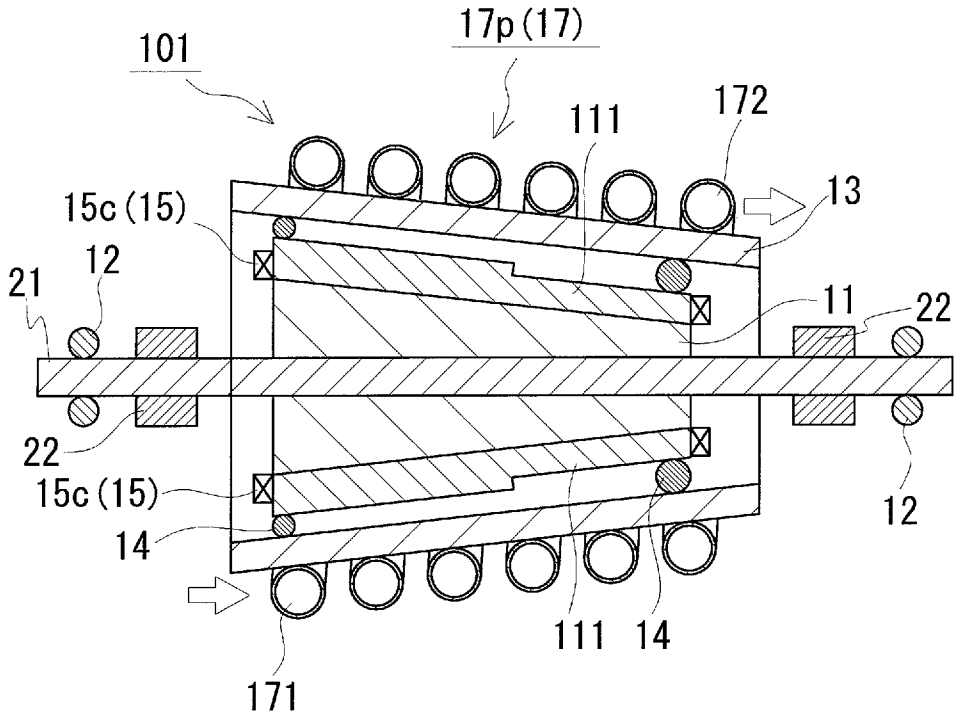

101
17g (17)
13c
172
15c (15)
13
111
21
11
22
22
15c (15)
171
111

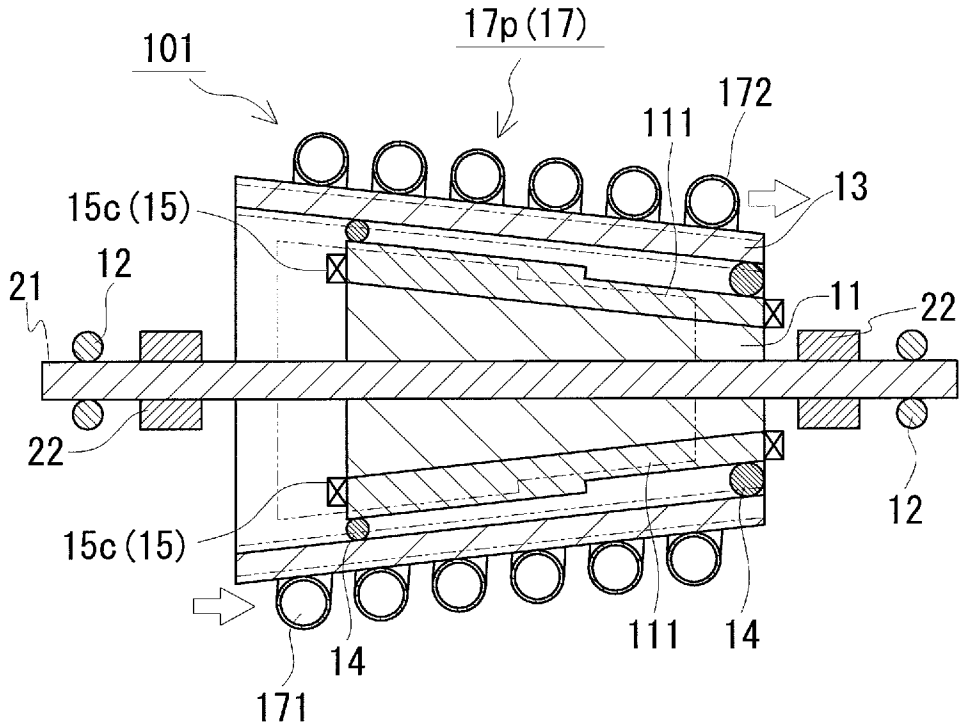
[図5]


101
17p (17)
172
15c (15)
13
111
21
11
22
22
15c (15)
111
171

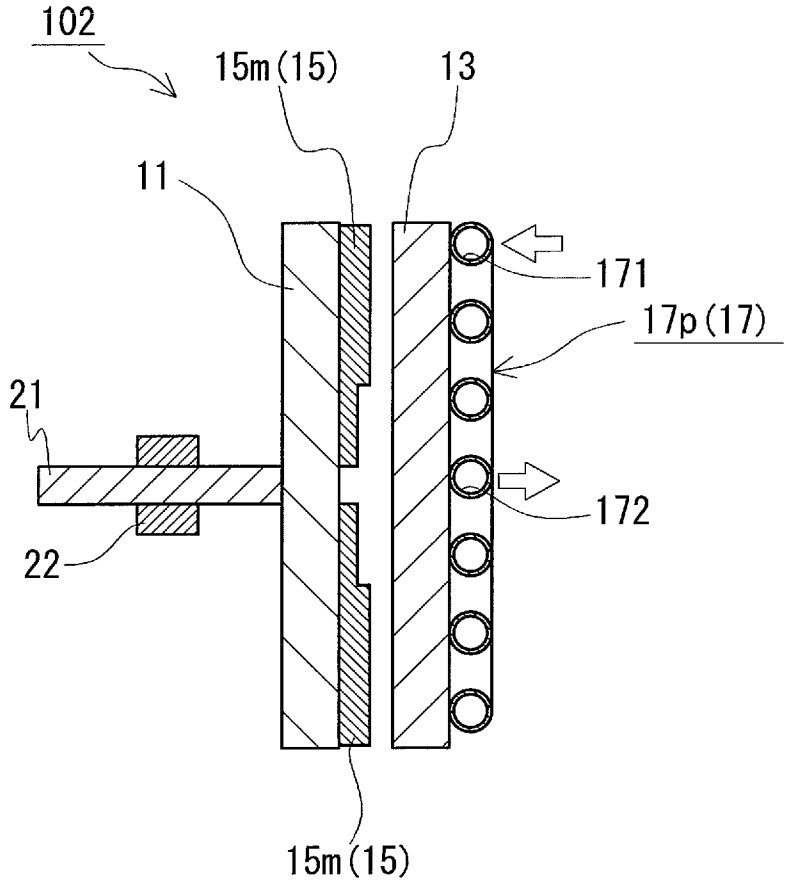

101
17g (17)
13c
172
15c (15)
13
111
21
11
22
22
15c (15)
111
171

[図6]

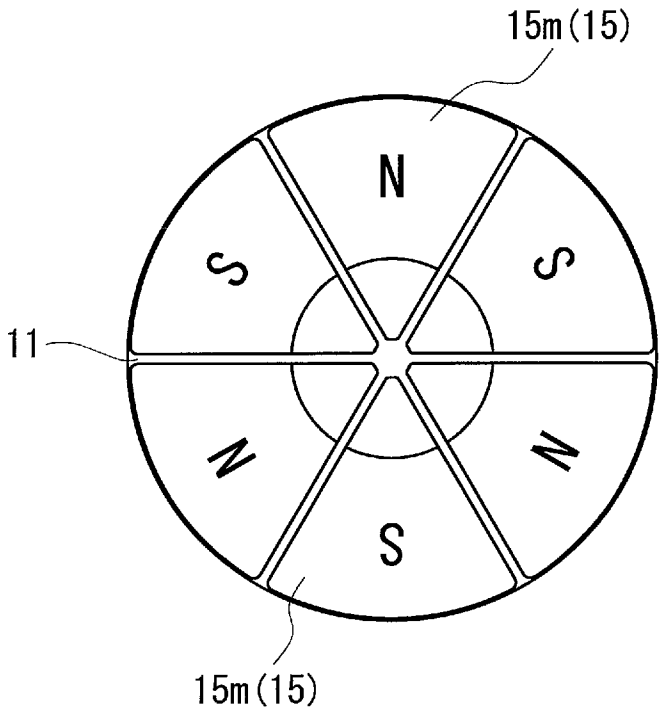

101
17p (17)
111
172
13
15c (15)
12
21
11
22
22
15c (15)
14
12
111
14
171


101
17p (17)
111
172
13
15c (15)
12
21
11
22
22
15c (15)
12
111
14
14
171

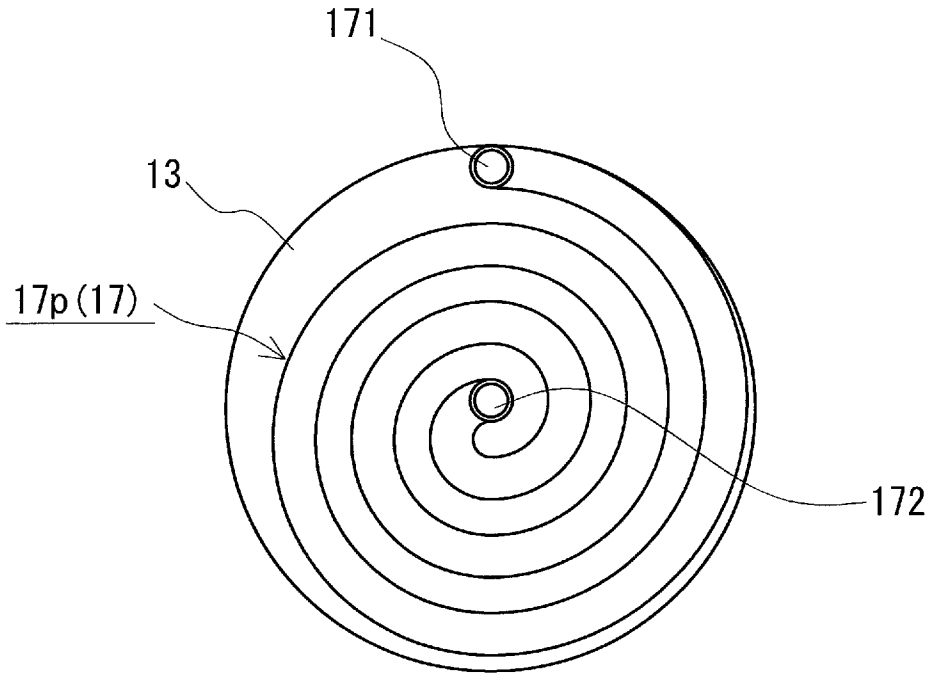
[図7]


102
15m(15)
13
11
171
17p(17)
21
172
22
15m(15)

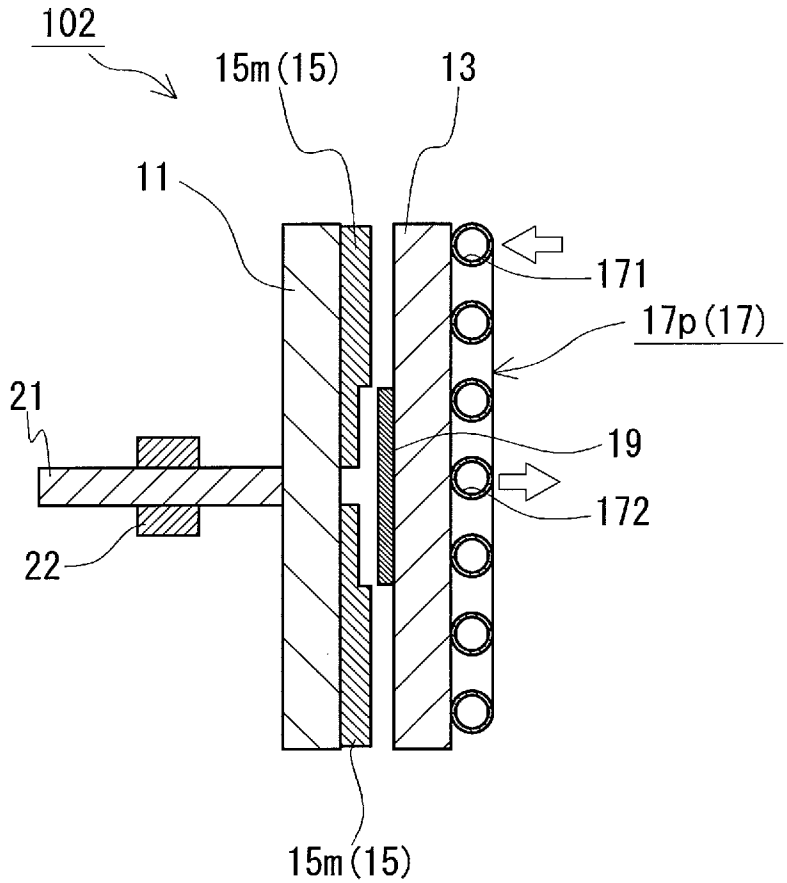
[図8]


15m(15)
N
S
S
11
N
N
S
15m(15)

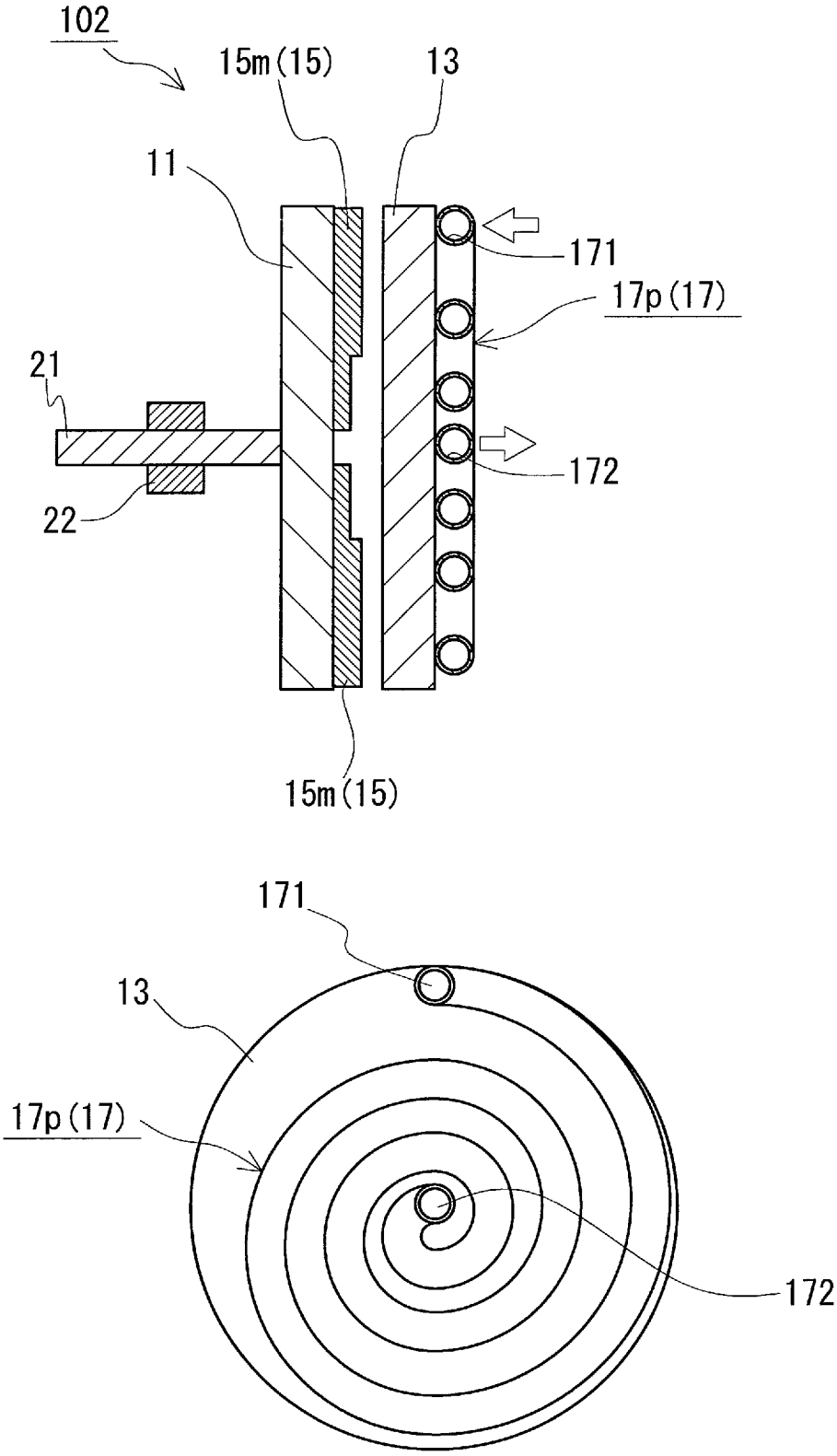
[図9]



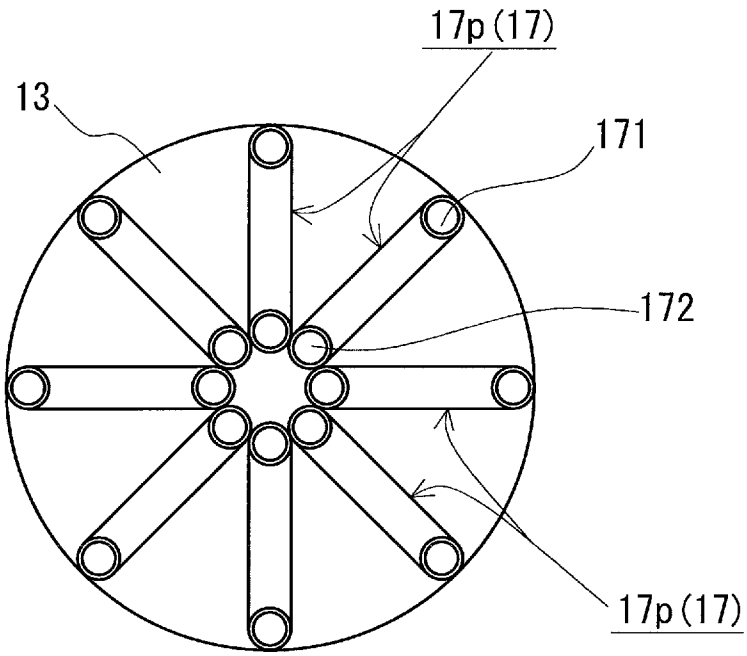
[図10]



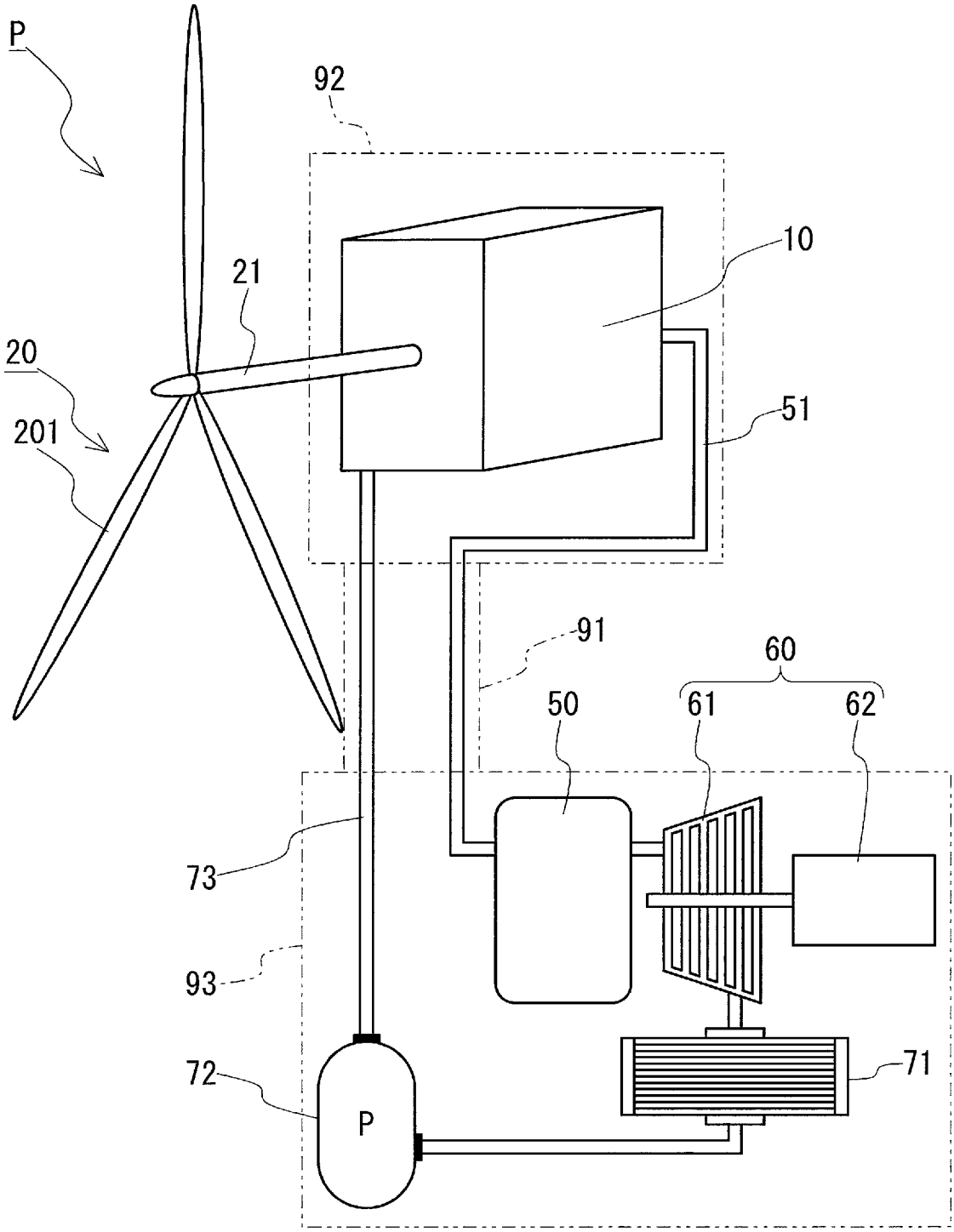
[図11]



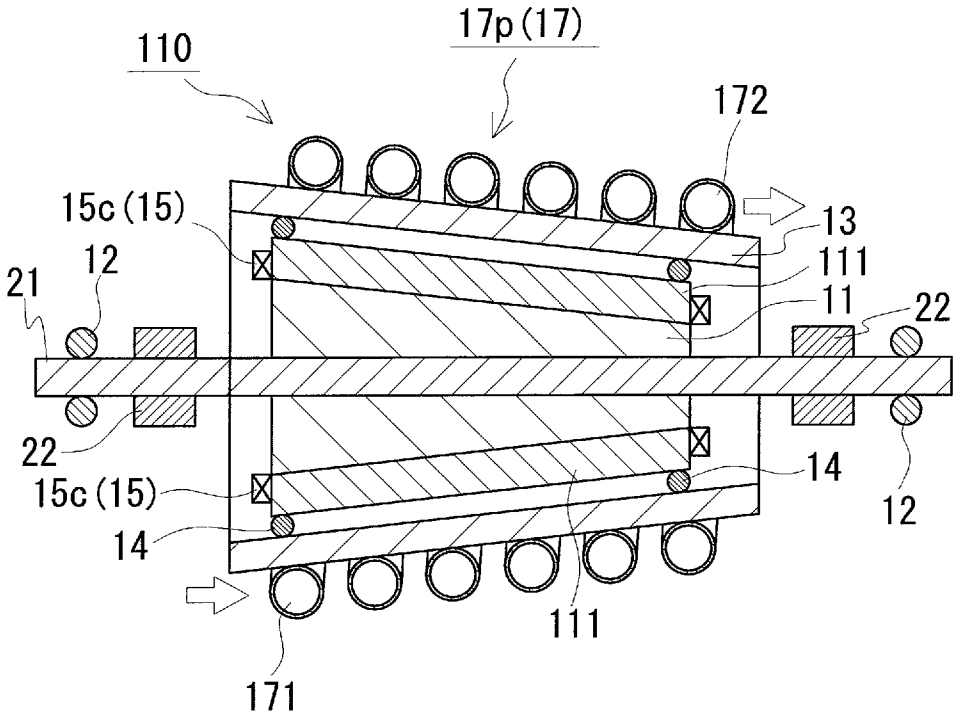
[図12]

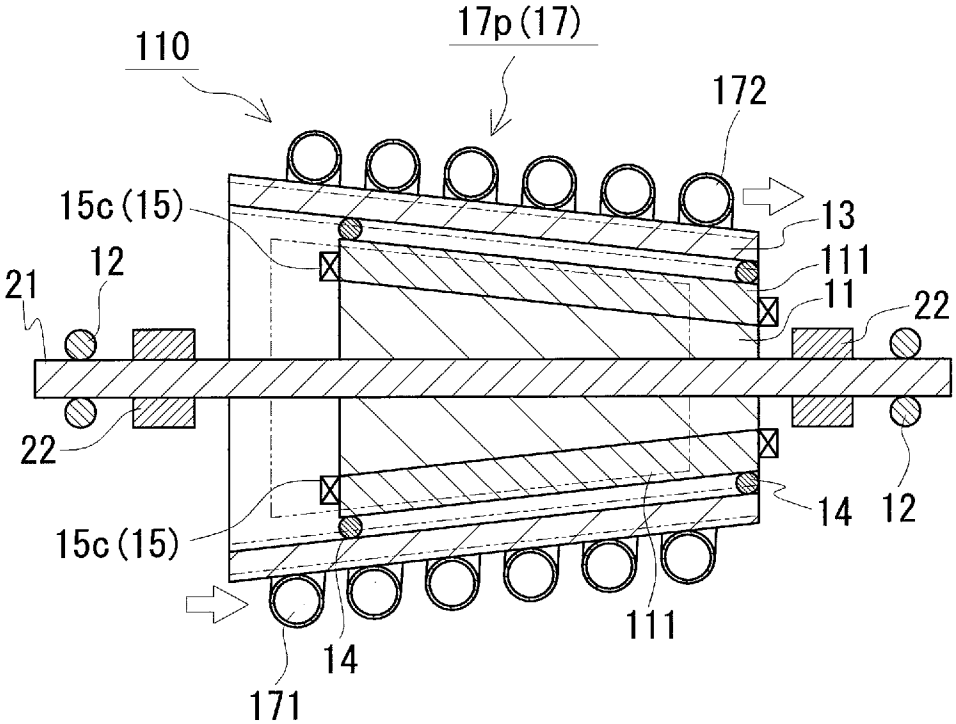


[図13]



[図14]


110
17p (17)
172
15c (15)
12
21
13
111
11
22
22
15c (15)
14
14
12
111
171


110
17p (17)
172
15c (15)
12
21
13
111
11
22
22
14
12
15c (15)
111
14
171

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/059691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H05B6/10(2006.01)i, *F03D9/22*(2016.01)i, *H05B6/02*(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)
H05B6/10, F03D9/22, H05B6/02

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.
X Y A	JP 2011-210656 A (Tok Engineering Co., Ltd.), 20 October 2011 (20.10.2011), paragraphs [0008] to [0009], [0016] to [0033], [0049] to [0051]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-2,5 3,6 4
Y A	JP 58-127558 A (La Material Magnetique), 29 July 1983 (29.07.1983), entire text; all drawings & US 4486638 A entire text; all drawings & EP 77702 A2 & DE 3268690 D & FR 2514966 A1 & CA 1198483 A	3,6 4

☒ 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
07 June 2016 (07.06.16)	21 June 2016 (21.06.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/059691

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2000-123962 A (Usui Kokusai Sangyo Kaisha, Ltd.), 28 April 2000 (28.04.2000), paragraphs [0030] to [0031]; fig. 8 (Family: none)	3,6 4
Y A	JP 2011-159595 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 18 August 2011 (18.08.2011), claim 1; fig. 9 & WO 2011/093192 A1 & TW 201200729 A	6 4
Y A	JP 2012-256507 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 27 December 2012 (27.12.2012), claim 7; fig. 6 & US 2014/0110938 A1 claim 7; fig. 6 & WO 2012/169398 A1 & TW 201320828 A & CN 103621176 A & RU 2013158830 A	6 4
A	JP 2012-104223 A (CREW Kenkyusho Co., Ltd.), 31 May 2012 (31.05.2012), entire text; all drawings & WO 2010/114180 A1	1-6
A	JP 2000-105036 A (Toyo Radiator Co., Ltd.), 11 April 2000 (11.04.2000), claim 1; fig. 1 to 4 (Family: none)	4

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０５９６９１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H05B6/10(2006.01)i, F03D9/22(2016.01)i, H05B6/02(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.　H05B6/10, F03D9/22, H05B6/02

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
X Y A	JP 2011-210656 A (トック・エンジニアリング株式会社) 2011.10.20, 段落 [0008] - [0009], [0016] - [0033], [0049] - [0051], 図 1-4 (ファミリーなし)	1-2,5 3,6 4
Y A	JP 58-127558 A (ル・マテリアル・マグネテイク) 1983.07.29, 全文、全図 & US 4486638 A(全文,全図) & EP 77702 A2 & DE 3268690 D & FR 2514966 A1 & CA 1198483 A	3,6 4

☑　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
０７．０６．２０１６	２１．０６．２０１６

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）　３Ｌ　７７１９
長浜　義憲
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３３７

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 2000-123962 A (臼井国際産業株式会社)	3,6
A	2000.04.28, 段落［0030］－［0031］,図８	4
	(ファミリーなし)	
Y	JP 2011-159595 A (住友電気工業株式会社)	6
A	2011.08.18, 請求項1,図９	4
	& WO 2011/093192 A1 & TW 201200729 A	
Y	JP 2012-256507 A (住友電気工業株式会社)	6
A	2012.12.27, 請求項7,図６ & US 2014/0110938 A1(請求項7,図6)	4
	& WO 2012/169398 A1 & TW 201320828 A & CN 103621176 A & RU 2013158830 A	
A	JP 2012-104223 A (株式会社ＣＲＥＷ研究所)	1-6
	2012.05.31, 全文,全図	
	& WO 2010/114180 A1	
A	JP 2000-105036 A (東洋ラジエーター株式会社)	4
	2000.04.11, 請求項1,図1-4	
	(ファミリーなし)	