

(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
2025年1月23日(23.01.2025)



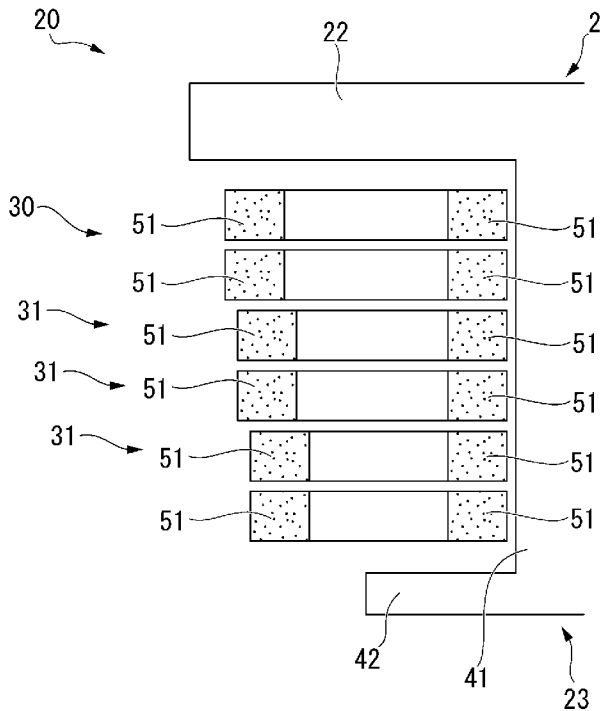
(10) 国際公開番号

WO 2025/017964 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/02 (2006.01) *H02K 3/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/010750
- (22) 国際出願日: 2024年3月19日(19.03.2024)
- (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 2023-116020 2023年7月14日(14.07.2023) JP
- (71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 池見 健 (IKEMI Takeshi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 栗田 聡 (KURITA Satoshi); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松沼 泰史, 外 (MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: COIL AND ROTARY ELECTRIC MACHINE

(54) 発明の名称: コイル、及び回転電機



(57) Abstract: This coil is used in a rotary electric machine comprising: a rotor that is rotatable about an axis; and a cylindrical stator that faces the rotor from the radial direction and is centered on the axis. The stator has: a stator core that has an annular yoke centered on the axis, and a plurality of teeth projecting radially inward from the inner peripheral surface of the yoke and aligned at intervals in the circumferential direction; and the coil that covers the periphery of the teeth. The coil has a plurality of unit coils that cover the teeth from the outer peripheral side and are layered in the radial

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

direction with respect to the axis. A section of each unit coil including end portions on both sides in the circumferential direction with respect to the axis is a high resistivity portion where the electrical resistivity is higher than the electrical resistivity of the remaining section.

(57) 要約：コイルは、軸線回りに回転可能なロータと、ロータと径方向から対向するとともに、軸線を中心とする筒状のステータと、を備える回転電機に用いられるコイルであって、ステータは、軸線を中心とする環状のヨーク、ヨークの内周面から径方向内側に突出するとともに周方向に間隔をあけて配列された複数のティースを有するステータコア、及びティースの周囲を覆うコイルを有し、コイルは、ティースを外周側から覆うとともに軸線に対する径方向に積層された複数の単位コイルを有し、単位コイルでは、軸線に対する周方向の両側の端部を含む部分が、電気抵抗率が残余の部分の電気抵抗率よりも高い高抵抗率部とされている。

明 細 書

発明の名称： コイル、及び回転電機

技術分野

[0001] 本開示は、コイル、及び回転電機に関する。

本願は、2023年7月14日に日本に出願された特願2023-116020号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 回転電機的一种である電動機は、軸線回りに回転可能なロータと、このロータコアを外周側から覆う筒状のステータと、を有する。ロータは、ロータコアと、永久磁石と、を有する。ステータは、ステータコアと、このステータコアに取り付けられた複数のコイルと、を有する。コイルに通電することによって永久磁石との間に電磁力が発生し、ロータが軸線回りに回転する。ここで、コイルを形成するに当たっては、銅線等をステータコアのティースに巻き回して環状に成型することが一般的であった。ところで、コイルを形成するに当たっては銅損低減のため、コイルの巻線同士を絶縁する必要がある。このため、下記特許文献1に係る技術では、導体の材料である銅粉末と絶縁層の材料であるセラミック粉末にレーザを照射して三次元積層造形によって絶縁被膜及びコイルを造形するとされている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-039662号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、銅の面積を増やして占積率を上げると、回転電機が高回転・高周波数で駆動する際に、銅の内部で大きな渦電流が発生するため、逆に銅損が増加してしまうという課題があった。

[0005] 本開示は、銅損がさらに低減されたコイル、及び回転電機を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係るコイルは、軸線回りに回転可能なロータと、該ロータと径方向から対向するとともに、前記軸線を中心とする筒状のステータと、を備える回転電機に用いられるコイルであって、前記ステータは、前記軸線を中心とする環状のヨーク、該ヨークの内周面から径方向内側に突出するとともに周方向に間隔をあけて配列された複数のティースを有するステータコア、及び前記ティースの周囲を覆う前記コイルを有し、前記コイルは、前記ティースを外周側から覆うとともに前記軸線に対する径方向に積層された複数の単位コイルを有し、該単位コイルでは、前記軸線に対する周方向の両側の端部を含む部分が、電気抵抗率が残余の部分の電気抵抗率よりも高い高抵抗率部とされている。

[0007] 本開示に係る回転電機は、前記ロータと、前記ステータコアと、該ステータコアに設けられた上記のコイルと、を備える。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、銅損がさらに低減されたコイル、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

- [0009] [図1]本開示の第一実施形態に係る回転電機の構成を示す断面図である。
[図2]本開示の第一実施形態に係るコイルの拡大断面図である。
[図3]本開示の第一実施形態に係るコイルを径方向から見た断面図である。
[図4]本開示の第一実施形態に係るコイルの変形例を示す要部拡大図である。
[図5]本開示の第二実施形態に係るコイルの拡大断面図である。
[図6]本開示の第二実施形態に係るコイルの変形例を示す拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] <第一実施形態>

[0011] 以下、本開示の実施形態に係るコイル30、及び電動機1（回転電機）について、図1から図3を参照して説明する。

[0012] (電動機 1 の構成)

図 1 に示すように、電動機 1 は、ロータ 10 と、ステータ 20 と、を備える。ロータ 10 は、軸線 X に沿って延びる柱状をなすとともに当該軸線 X 回りに回転可能に支持されている。詳しくは図示しないが、ロータ 10 は永久磁石を有する。ステータ 20 は、ロータ 10 を外周側から覆う筒状をなしている。つまり、ステータ 20 は、軸線 X を中心とする筒状をなしている。ステータ 20 は、ステータコア 21 と、コイル 30 と、を有する。

[0013] ステータコア 21 は、ヨーク 22 と、複数のティース 23 と、を有する。ヨーク 22 は、軸線 X を中心とする円環状をなしている。ヨーク 22 の内周面には、複数のティース 23 が設けられている。ティース 23 は、ヨーク 22 の内周面から軸線 X に対する径方向内側に向かって突出している。ヨーク 22 は、軸線 X に対する周方向に間隔をあけて複数設けられている。

[0014] ティース 23 は、ティース本体 41 と、つば部 42 と、を有する。ティース本体 41 は径方向に延びている。ティース本体 41 の周方向の寸法は、径方向における延在寸法全域で一定である。ティース本体 41 の周囲には、後述するコイル 30 が配置される。ティース本体 41 の先端部（つまり、径方向内側の端部）には、つば部 42 が設けられている。つば部 42 は、ティース本体 41 の先端から周方向両側に向かって突出している。つば部 42 は、後述するコイル 30 がティース本体 41 から脱落することを防ぐために設けられている。

[0015] (コイル 30 の構成)

コイル 30 は、上記のティース本体 41 に巻き回されるようにして設けられている。つまり、コイル 30 は、軸線 X に対する径方向を中心軸とする環状をなしている。図 2 に示すように、コイル 30 は、径方向に積層された複数の単位コイル 31 を有する。

[0016] 単位コイル 31 は、軸線 X に対する径方向を中心軸とする環状をなしている。単位コイル 31 は、軸線 X 方向から見て矩形の断面形状を有する。複数の単位コイル 31 は全体として螺旋状をなすようにしてティース本体 41 の

周囲を覆っている。つまり、単位コイル 3 1 同士が互いに電氣的に接続されることで一つのコイル 3 0 を形成している。また、図 2 の例では、径方向外側から内側に向かうに従って、単位コイル 3 1 の周方向の寸法が次第に小さくなっている。これは、周方向に隣り合う他のコイル 3 0 との物理的な干渉を避けるためである。

[0017] 周方向における単位コイル 3 1 の両端部を含む部分は、残余の部分（つまり、両端部を除く周方向における中央部）よりも電気抵抗率が高い高抵抗率部 5 1 とされている。高抵抗率部 5 1 と残余の部分との境界では、不連続に抵抗率が変化している。この高抵抗率部 5 1 は、例えば三次元積層造形装置でコイル 3 0 を製造する場合には、レーザの出力を残余の部分よりも低下させることで形成される。したがって、高抵抗率部 5 1 では、残余の部分よりも材料の充填率が低くなっている。言い換えれば、高抵抗率部 5 1 では、材料の空隙率が高くなっている。その結果として電流が流れにくくなっている。即ち、電気抵抗率が高くなっている。なお、コイル 3 0 を形成する材料としては銅が好適に用いられる。三次元積層造形を行うに当たっては、銅の粉末にレーザを照射することで当該粉末を溶融凝固させて所定のコイル 3 0 の形状を得ることができる。

[0018] さらに、図 3 中の破線で示すように、コイル 3 0 を径方向内側から見た場合、高抵抗率部 5 1 は、単位コイル 3 1 におけるティース 2 3 と重なる部分のみに設けられている。言い換えると、単位コイル 3 1 におけるティース 2 3 と重ならない部分、つまりコイルエンド 6 0 には、高抵抗率部 5 1 が設けられていない。このような単位コイル 3 1 の性状の分布も、上述した三次元積層造形によって実現可能である。

[0019] （作用効果）

次に、上記の電動機 1 の動作について説明する。電動機 1 を駆動するに当たっては、まず各コイル 3 0 に電流を供給する。すると、コイル 3 0 と、ロータ 1 0 の永久磁石との間で電磁力が発生する。この電磁力によってロータ 1 0 に回転力が与えられる。これにより、ロータ 1 0 は軸線 X 回りに回転す

る。ロータ 10 の回転力は軸端から取り出されて種々の利用に供される。

[0020] ここで、コイル 30 を形成するに当たっては、銅線等をステータコア 21 のティース 23 に巻き回して環状に成型することが一般的であった。また、コイル 30 を形成するに当たっては銅損低減のため、コイル 30 の巻線同士を絶縁する必要がある。このため、従来は、導体の材料である銅粉末と絶縁層の材料であるセラミック粉末にレーザを照射して三次元積層造形によって絶縁被膜及びコイル 30 を造形する場合があった。

[0021] しかしながら、銅の面積を増やして占積率を上げると、回転電機が高回転・高周波数で駆動する際に、銅の内部で大きな渦電流が発生するため、逆に銅損が増加してしまうという課題があった。そこで、本実施形態では上述の各構成を採用している。

[0022] ここで、単位コイル 31 の周方向両端部では、ロータ 10 の回転に伴って渦電流が多く流れる傾向にある。上記構成によれば、単位コイル 31 の周方向の両端部に高抵抗率部 51 が形成されていることから、渦電流が当該高抵抗率部 51 では流れにくくなる。具体的には、高抵抗率部 51 では、材料の充填率が相対的に低いことから電流に対する抵抗率が高くなっている。このため、渦電流が高抵抗率部 51 では阻止される傾向にある。その結果、コイル 30 全体として渦電流が減少し、コイル 30 の銅損を低減することが可能となる。したがって、さらに効率の高い電動機 1 を提供することができる。

[0023] ここで、単位コイル 31 におけるティース 23 と重ならない部分、つまりコイルエンド 60 では、コイル 30 の漏れ磁束が鎖交しないため、当該部分に高抵抗率部 51 を設けてしまうと、直流銅損が増えてしまう可能性がある。しかしながら、上記構成によれば、このようなコイルエンド 60 以外の部分に高抵抗率部 51 が設けられていることから、直流銅損の増加を最小限に抑えつつ、交流銅損を最大限に抑制することが可能となる。

[0024] また、上記構成によれば、材料の充填率を違えることのみによって、高抵抗率部 51 を容易かつ安価に構成することができる。特に、三次元積層造形を用いる場合には、レーザの出力を下げて材料の充填率をコントロールする

このみによって上記の高抵抗率部51を容易に形成することができる。これにより、コイル30の製造コストを大きく下げることが可能となる。

[0025] 以上、本開示の第一実施形態について説明した。なお、本開示の要旨を逸脱しない限りにおいて、上記の構成に種々の変更や改修を施すことが可能である。

[0026] 例えば、上記第一実施形態では、高抵抗率部51と残余の部分との境界では、不連続に抵抗率が変化している例について説明した。他方で、図4に変形例として示すように、高抵抗率部51と残余の部分との電気抵抗率が連続的に変化していく構成を採ることも可能である。言い換えると、周方向の中央部から両側の端部に向かうに従って電気抵抗率が次第に高くなっている。この構成によれば、局所的に抵抗率が大きく変化する部分が形成されない。このため、局所的な渦電流の増大箇所の発生を抑えることができる。これにより、コイル30全体としての銅損をさらに低減することが可能となる。

[0027] また、径方向外側から内側の単位コイル31になるに従って、周方向の中央部における領域の電気抵抗率が高くなるように構成されていてもよい。さらには、径方向外側から内側の単位コイル31になるに従って、周方向両側の高抵抗率部51の電気抵抗率が次第に高くなるように構成されていてもよい。具体的には、径方向外側から内側の単位コイル31になるに従って、高抵抗率部51の占有する体積を増加させる例が考えられる。

[0028] 上記構成によれば、特に渦電流の発生しやすい径方向内側の領域（つまり、ロータに近い領域）で電気抵抗率が高いことから、渦電流の発生を効果的に抑制することが可能となる。

[0029] <第二実施形態>

次に、本開示の第二実施形態について、図5を参照して説明する。なお、上記第一実施形態と同様の構成については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

[0030] 図5に示すように、本実施形態では、ロータ10に近接する側の単位コイル31のみに、高抵抗率部51が設けられている。具体的には、同図の例で

は、ロータ 10 が位置する径方向内側から数えて 2 つの単位コイル 31 のみに高抵抗率部 51 が形成されている。高抵抗率部 51 自体の構成や性状は第一実施形態で説明したものと同様である。

[0031] (作用効果)

ここで、コイル 30 全体では、ロータ 10 によって界磁されるため、当該ロータ 10 に近接する側の単位コイル 31 で特に渦電流が多く流れる傾向にある。上記構成によれば、ロータ 10 に近接する側の単位コイル 31 のみに高抵抗率部 51 が設けられていることから、より効率的かつ効果的に渦電流を抑制することができる。したがって、コイル 30 全体としての銅損をさらに低減することが可能となる。反対に、渦電流が生じにくい箇所まで高抵抗率部 51 を形成した場合には、直流銅損が増加してしまい、コイル 30 全体としての性能が低下してしまう可能性がある。上記構成によれば、このような可能性を回避しつつ、交流銅損を最小限に抑えることが可能となる。したがって、電動機 1 の効率をより一層向上させることができる。

[0032] 以上、本開示の第二実施形態について説明した。なお、本開示の要旨を逸脱しない限りにおいて、上記の構成に種々の変更や改修を施すことが可能である。

[0033] 例えば、上記第二実施形態では、ロータ 10 側から数えて 2 つの単位コイル 31 のみに高抵抗率部 51 が形成されている例について説明した。しかしながら、電動機 1 の寸法体格や設計、仕様によっては、図 6 に示すように、ロータ 10 側から数えて 1 つ目の単位コイル 31 のみに高抵抗率部 51 が形成されていてもよい。この構成によれば、残余の単位コイル 31 にも高抵抗率部 51 を設けた場合に比べて、渦電流をさらに効率的かつ効果的に抑制することができる。したがって、コイル 30 全体としての交流銅損をより一層低減することが可能となる。

[0034] (その他の実施形態)

以上、本開示の各実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施の形態に限られるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない

範囲の設計変更等も含まれる。

[0035] 例えば、上記実施形態で説明したコイル30の数や、ティース23の数は一例であって、設計や仕様に応じて適宜増減することが可能である。いずれの場合であっても、上述したものと同様の作用効果を得ることができる。

[0036] さらに、単位コイル31の数も一例であって、設計や仕様に応じて適宜変更することが可能である。いずれの場合であっても、上述したものと同様の作用効果を得ることができる。

[0037] なお、上記実施形態で説明したように、コイル30を得るに当たっては三次元積層造形を用いることが望ましい。しかしながら、造形が物理的に可能な限りにおいては、鋳造等の他の方法を用いることも可能である。

[0038] さらに、上記実施形態では、電動機1にコイル30を用いた例について説明した。しかしながら、コイル30の適用対象は電動機1に限定されず、回転電機の他の一種としての発電機に当該コイル30を用いることも可能である。この場合、ロータ10に回転力を与えることで、コイル30に誘導電流が発生し、交流電力を得ることが可能である。

[0039] また、電動機1の構成も上記実施形態によっては限定されない。即ち、上記の各実施形態では、ロータ10がステータ20の内周側に配置されている例について説明したが、ロータ10がステータ20の外周側に配置されている構成を採ることも可能である。この場合には、第二実施形態で説明したロータ10側の単位コイル31のみに高抵抗率部51を設けるに当たって、径方向外側の単位コイル31のみに高抵抗率部51が形成されることになる。この構成によっても、上述したものと同様の作用効果を得ることができる。

[0040] <付記>

各実施形態に記載のコイル30、及び回転電機は、例えば以下のように把握される。

[0041] (1) 第1の態様に係るコイル30は、軸線X回りに回転可能なロータ10と、該ロータ10と径方向から対向するとともに、前記軸線Xを中心とする筒状のステータ20と、を備える回転電機に用いられるコイル30であって、

前記ステータ 20 は、前記軸線 X を中心とする環状のヨーク 22、該ヨーク 22 の内周面から径方向内側に突出するとともに周方向に間隔をあけて配列された複数のティース 23 を有するステータコア 21、及び前記ティース 23 の周囲を覆う前記コイル 30 を有し、前記コイル 30 は、前記ティース 23 を外周側から覆うとともに前記軸線 X に対する径方向に積層された複数の単位コイル 31 を有し、該単位コイル 31 では、前記軸線 X に対する周方向の両側の端部を含む部分が、電気抵抗率が残余の部分の電気抵抗率よりも高い高抵抗率部 51 とされている。

[0042] ここで、単位コイル 31 の周方向両端部では、ロータ 10 の回転に伴って渦電流が多く流れる傾向にある。上記構成によれば、単位コイル 31 の周方向の両端部に高抵抗率部 51 が形成されていることから、渦電流が当該高い抵抗率によって阻害される。その結果、コイル 30 全体としての銅損を低減することが可能となる。

[0043] (2) 第2の態様に係るコイル 30 は、(1) のコイル 30 であって、前記単位コイル 31 では、前記周方向の中央部から前記両側の端部に向かうに従って電気抵抗率が次第に高くなっている。

[0044] 上記構成によれば、周方向の両端部に向かうに従って次第に電気抵抗率が高くなっていることから、局所的に抵抗率が変化する部分が形成されない。このため、局所的な渦電流の増大箇所の発生を抑えることができる。これにより、コイル 30 全体としての銅損をさらに低減することが可能となる。

[0045] (3) 第3の態様に係るコイル 30 は、(1) 又は (2) のコイル 30 であって、前記ロータ 10 に近接する側の前記単位コイル 31 のみに、前記高抵抗率部 51 が設けられている。

[0046] ここで、コイル 30 全体では、ロータ 10 によって界磁されるため、当該ロータ 10 に近接する側の単位コイル 31 で特に渦電流が多く流れる傾向にある。上記構成によれば、ロータ 10 に近接する側の単位コイル 31 のみに高抵抗率部 51 が設けられていることから、より効率的かつ効果的に渦電流を抑制することができる。したがって、コイル 30 全体としての銅損をさら

に低減することが可能となる。

[0047] (4) 第4の態様に係るコイル30は、(1)から(3)のいずれか一態様に係るコイル30であって、前記ロータ10から数えて1段目の前記単位コイル31のみに前記高抵抗率部51が設けられている。

[0048] 上記構成によれば、ロータ10から数えて1段目の単位コイル31のみに高抵抗率部51が設けられていることから、残余の単位コイル31にも高抵抗率部51を設けた場合に比べて、渦電流をさらに効率的かつ効果的に抑制することができる。したがって、コイル30全体としての銅損をより一層低減することが可能となる。

[0049] (5) 第5の態様に係るコイル30は、(1)から(4)のいずれか一態様に係るコイル30であって、前記高抵抗率部51は、径方向から見て、前記単位コイル31における前記ティース23と重なる部分のみに設けられている。

[0050] ここで、単位コイル31におけるティース23と重ならない部分、つまりコイルエンド60では、コイル30の漏れ磁束が鎖交しないため、当該部分に高抵抗率部51を設けてしまうと、直流銅損が増えてしまう可能性がある。しかしながら、上記構成によれば、このようなコイルエンド60以外の部分に高抵抗率部51が設けられていることから、直流銅損の増加を最小限に抑えつつ、交流銅損を最大限に抑制することが可能となる。

[0051] (6) 第6の態様に係るコイル30は、(1)から(5)のいずれか一態様に係るコイル30であって、前記高抵抗率部51は、前記残余の部分よりも材料の充填率が低いことで電気抵抗率が高くなるように構成されている。

[0052] 上記構成によれば、材料の充填率を違えることのみによって、高抵抗率部51を容易かつ安価に構成することができる。特に、三次元積層造形を用いる場合には、レーザの出力を下げることのみによって上記の高抵抗率部51を形成することができる。これにより、コイル30の製造コストを大きく下げることが可能となる。

[0053] (7) 第7の態様に係るコイル30は、(1)から(6)のいずれか一態様

に係るコイル30であって、径方向外側から内側の前記単位コイル31になるに従って、前記周方向の中央部における領域の電気抵抗率が高くなっている。

[0054] 上記構成によれば、特に渦電流の発生しやすい径方向内側の領域（つまり、ロータに近い領域）で電気抵抗率が高いことから、渦電流の発生を効果的に抑制することが可能となる。

[0055] (8) 第8の態様に係るコイル30は、(1)から(7)のいずれか一態様に係るコイル30であって、径方向外側から内側の前記単位コイル31になるに従って、前記周方向両側の前記高抵抗率部51の電気抵抗率が次第に高くなっている。

[0056] 上記構成によれば、特に渦電流の発生しやすい径方向内側の領域（つまり、ロータに近い領域）で電気抵抗率が高いことから、渦電流の発生を効果的に抑制することが可能となる。

[0057] (9) 第9の態様に係るコイル30は、(1)から(8)のいずれか一態様に係るコイル30であって、径方向外側から内側の前記単位コイル31になるに従って、前記周方向両側の前記高抵抗率部51の占有する体積が増加している。

[0058] 上記構成によれば、特に渦電流の発生しやすい径方向内側の領域（つまり、ロータに近い領域）で電気抵抗率が高いことから、渦電流の発生を効果的に抑制することが可能となる。

[0059] (10) 第10の態様に係る回転電機は、前記ロータ10と、前記ステータコア21と、該ステータコア21に設けられた(1)から(9)のいずれか一態様に係るコイル30と、を備える。

[0060] 上記構成によれば、銅損が低減され、効率が大きく向上した回転電機を提供することができる。

産業上の利用可能性

[0061] 本開示によれば、銅損がさらに低減されたコイル、及び回転電機を提供することができる。

符号の説明

- [0062] 1 …電動機
- 1 0 …ロータ
- 2 0 …ステータ
- 2 1 …ステータコア
- 2 2 …ヨーク
- 2 3 …ティース
- 3 0 …コイル
- 3 1 …単位コイル
- 4 1 …ティース本体
- 4 2 …つば部
- 5 1 …高抵抗率部
- 6 0 …コイルエンド
- X …軸線

請求の範囲

- [請求項1] 軸線回りに回転可能なロータと、
該ロータと径方向から対向するとともに、前記軸線を中心とする筒状のステータと、
を備える回転電機に用いられるコイルであって、
前記ステータは、
前記軸線を中心とする環状のヨーク、該ヨークの内周面から径方向内側に突出するとともに周方向に間隔をあけて配列された複数のティースを有するステータコア、及び前記ティースの周囲を覆う前記コイルを有し、
前記コイルは、
前記ティースを外周側から覆うとともに前記軸線に対する径方向に積層された複数の単位コイルを有し、
該単位コイルでは、前記軸線に対する周方向の両側の端部を含む部分が、電気抵抗率が残余の部分の電気抵抗率よりも高い高抵抗率部とされているコイル。
- [請求項2] 前記単位コイルでは、前記周方向の中央部から前記両側の端部に向かうに従って電気抵抗率が次第に高くなっている請求項1に記載のコイル。
- [請求項3] 前記ロータに近接する側の前記単位コイルのみに、前記高抵抗率部が設けられている請求項1又は2に記載のコイル。
- [請求項4] 前記ロータから数えて1段目の前記単位コイルのみに前記高抵抗率部が設けられている請求項1に記載のコイル。
- [請求項5] 前記高抵抗率部は、径方向から見て、前記単位コイルにおける前記ティースと重なる部分のみに設けられている請求項1に記載のコイル。
- [請求項6] 前記高抵抗率部は、前記残余の部分よりも材料の充填率が低いことで電気抵抗率が高くなるように構成されている請求項1に記載のコイ

ル。

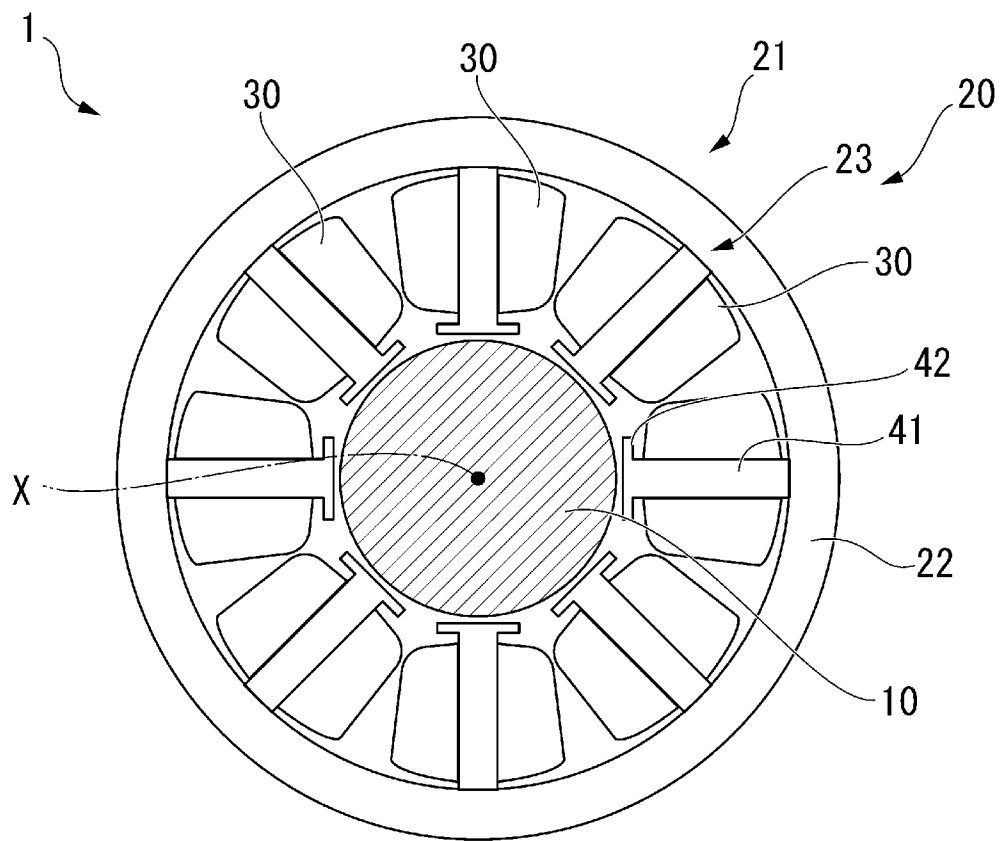
[請求項7] 径方向外側から内側の前記単位コイルになるに従って、前記周方向の中央部における領域の電気抵抗率が高くなっている請求項1に記載のコイル。

[請求項8] 径方向外側から内側の前記単位コイルになるに従って、前記周方向両側の前記高抵抗率部の電気抵抗率が次第に高くなっている請求項1に記載のコイル。

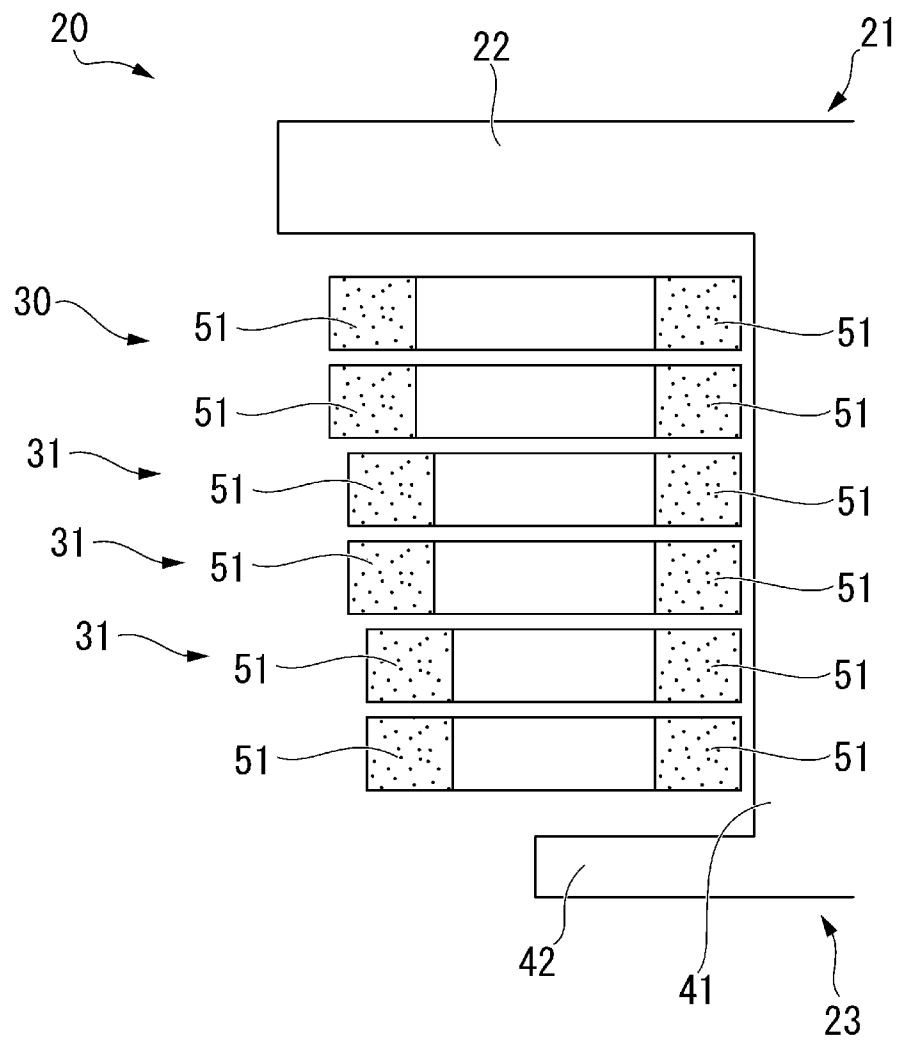
[請求項9] 径方向外側から内側の前記単位コイルになるに従って、前記周方向両側の前記高抵抗率部の占有する体積が増加している請求項1に記載のコイル。

[請求項10] 前記ロータと、
前記ステータコアと、
該ステータコアに設けられた請求項1に記載のコイルと、
を備える回転電機。

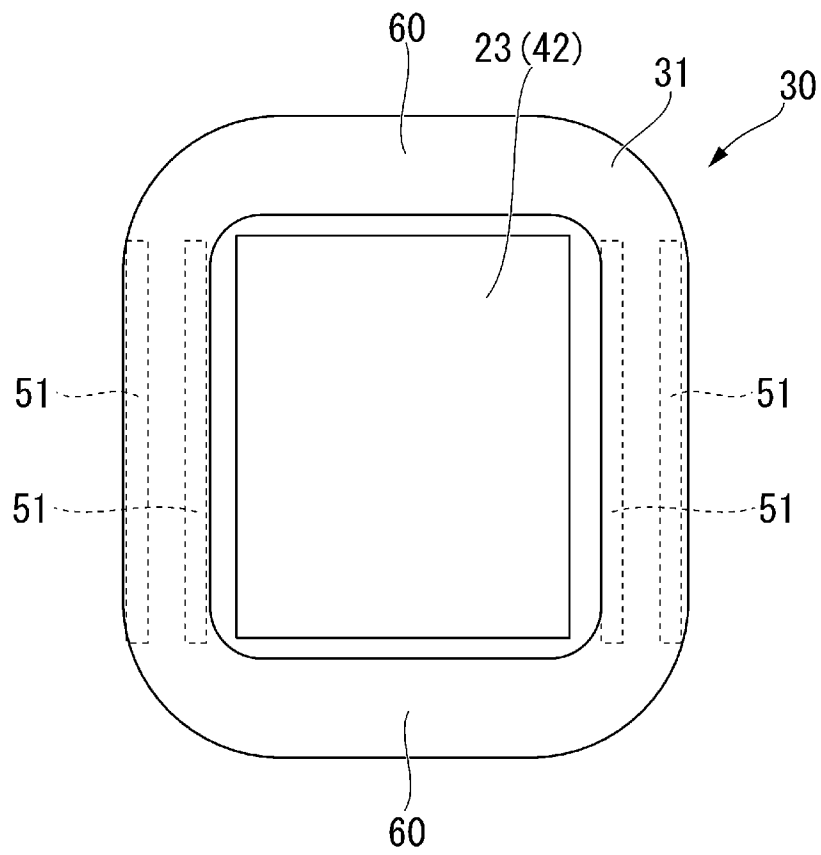
[図1]



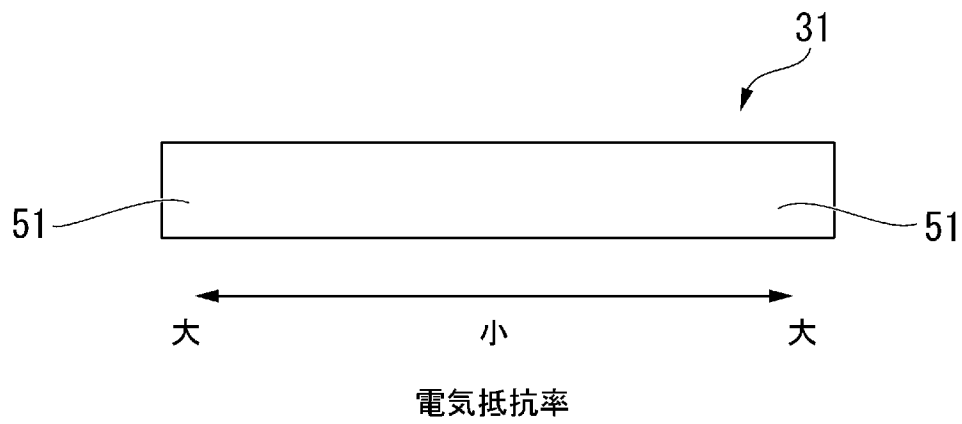
[図2]



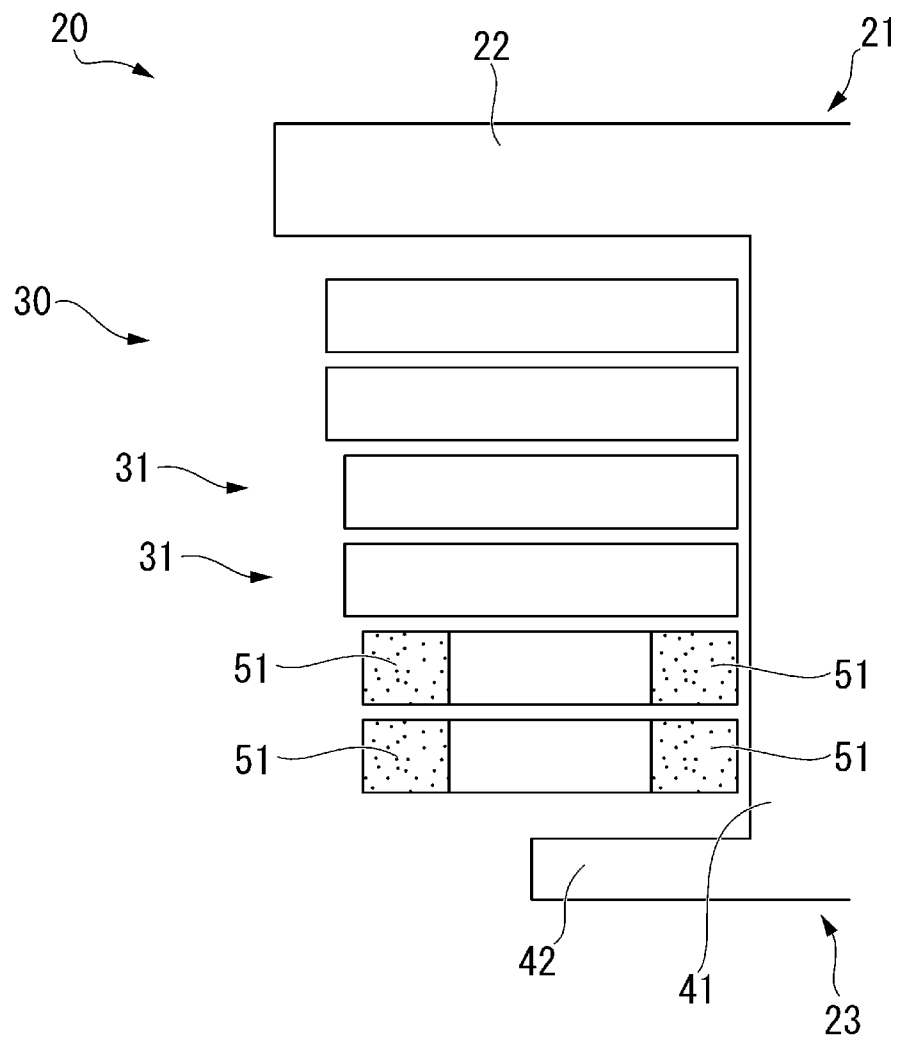
[図3]



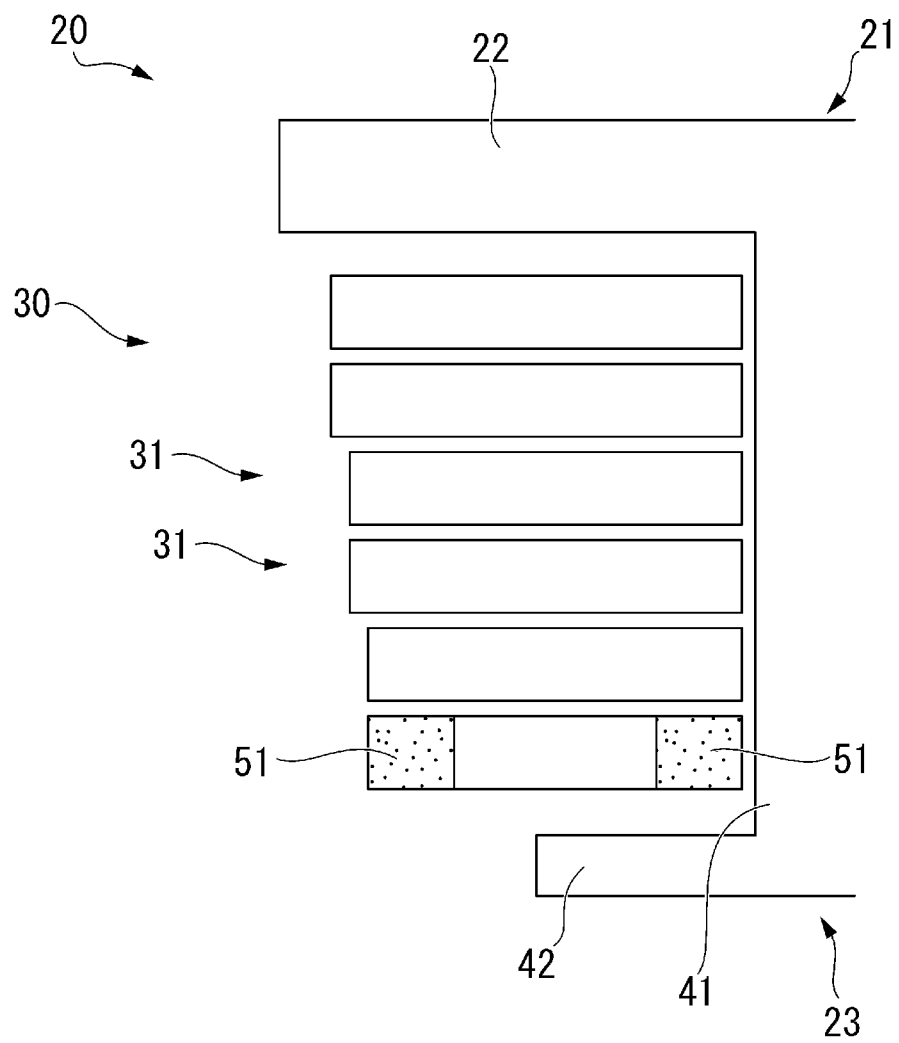
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/010750

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02K 3/02 (2006.01)i; H02K 3/18 (2006.01)i FI: H02K3/02; H02K3/18 P 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) H02K3/02; H02K3/18 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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.
A	JP 2016-39662 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 22 March 2016 (2016-03-22)	1-10
A	JP 2021-513748 A (EPROPELLED LIMITED) 27 May 2021 (2021-05-27)	1-10
P, A	JP 2023-140069 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 04 October 2023 (2023-10-04)	1-10
P, A	JP 2023-148698 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 13 October 2023 (2023-10-13)	1-10
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 09 May 2024		Date of mailing of the international search report 04 June 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/010750

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2016-39662	A	22 March 2016	(Family: none)			
JP	2021-513748	A	27 May 2021	US	2021/0013784	A1	
				EP	3753089	A1	
				CN	112075012	A	
				RU	2020129107	A	
JP	2023-140069	A	04 October 2023	US	2023/0327530	A1	
				DE	102023106597	A1	
JP	2023-148698	A	13 October 2023	US	2023/0318385	A1	
				DE	102023107335	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H02K 3/02(2006.01)i; H02K 3/18(2006.01)i
FI: H02K3/02; H02K3/18 P

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
H02K3/02; H02K3/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報

1922 - 1996年

日本国公開実用新案公報

1971 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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
A	JP 2016-39662 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）22.03.2016（2016 - 03 - 22）	1-10
A	JP 2021-513748 A（イープロペルド リミテッド）27.05.2021（2021 - 05 - 27）	1-10
P, A	JP 2023-140069 A（三菱重工業株式会社）04.10.2023（2023 - 10 - 04）	1-10
P, A	JP 2023-148698 A（三菱重工業株式会社）13.10.2023（2023 - 10 - 13）	1-10

☐ 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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

“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

09.05.2024

国際調査報告の発送日

04.06.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

三澤 哲也 3V 9827

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/010750

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2016-39662	A	22.03.2016	(ファミリーなし)			
JP	2021-513748	A	27.05.2021	US	2021/0013784	A1	
				EP	3753089	A1	
				CN	112075012	A	
				RU	2020129107	A	
JP	2023-140069	A	04.10.2023	US	2023/0327530	A1	
				DE	102023106597	A1	
JP	2023-148698	A	13.10.2023	US	2023/0318385	A1	
				DE	102023107335	A1	