

(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8月18日(18.08.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/129525 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/053529
- (22) 国際出願日: 2016年2月5日(05.02.2016)
- (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 2015-023554 2015年2月9日(09.02.2015) JP
特願 2016-020470 2016年2月5日(05.02.2016) JP
- (71) 出願人: 住友精化株式会社(SUMITOMO SEIKA CHEMICALS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6750145 兵庫県加古郡播磨町宮西346番地の1 Hyogo (JP). 国立研究開発法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 林坂 徳之(HAYASHIZAKA Noriyuki); 〒6750145 兵庫県加古郡播磨町宮西346番地の1

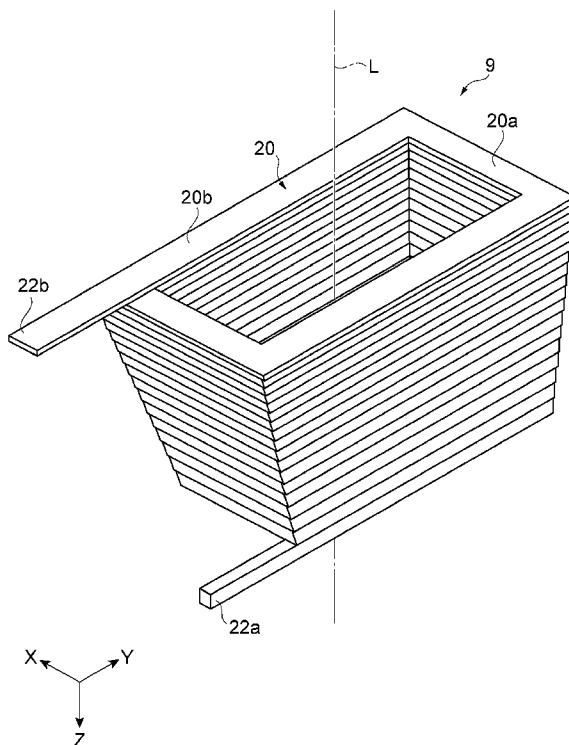
1 住友精化株式会社内 Hyogo (JP). 見正 大祐(MISHOU Daisuke); 〒6750145 兵庫県加古郡播磨町宮西346番地の1 住友精化株式会社内 Hyogo (JP). 蛭名 武雄(EBINA Takeo); 〒9838551 宮城県仙台市宮城野区苦竹4-2-1 国立研究開発法人産業技術総合研究所 東北センター内 Miyagi (JP). 服部 知美(HATTORI Satomi); 〒4378555 静岡県袋井市豊沢2200-2 学校法人静岡理科大学内 Shizuoka (JP). 石田 隆弘(ISHIDA Takahiro); 〒4378555 静岡県袋井市豊沢2200-2 学校法人静岡理科大学内 Shizuoka (JP).

- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 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,

[続葉有]

(54) Title: ROTATING ELECTRIC MACHINE, COIL, AND COIL DEVICE

(54) 発明の名称: 回転電機、コイル及びコイル装置



(57) Abstract: Provided are a rotating electric machine and a coil and coil device used in the rotating electric machine that are capable of enhancing performance. A rotating electric machine 1 is provided with: a stator 3 having an iron core part 7 having a main body part 10 having a round outer shape and a plurality of cores 12 that are provided along the circumferential direction of the circumferential surface 10a of the main body part 10 at a prescribed interval and protrude from the same, and coils 9 provided on the cores 12; and a rotor 5 provided so as to be freely rotatable. The coils 9 are each provided with a coil part 20 formed in a spiral shape from a conductive member 21 having conductivity and terminal parts 22a, 22b that are connected to both ends of the coil part 20. The width of the coil part 20 continuously increases from one side to the other side in the direction of an axis L of the coil part 20, and an electrically insulating insulation layer 24 is provided on the surface 21a of the conductive member 21 of the coil part 20.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/129525 A1



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

ロシア (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))

性能の向上を図ることができる回転電機、回転電機に用いられるコイル及びコイル装置を提供する。回転電機 1 は、外形が円形状を呈する本体部 10、及び、本体部 10 の周面 10a から突出すると共に周面 10a の周方向に沿って所定の間隔をあけて設けられた複数のコア 12 を有する鉄心部 7 と、コア 12 に配設されたコイル 9 と、を有するステータ 3 と、回転自在に設けられたロータ 5 と、を備え、コイル 9 は、導電性を有する導電部材 21 により螺旋状に形成されたコイル部 20 と、コイル部 20 における両端部のそれぞれに接続された端子部 22a、22b と、を備え、コイル部 20 は、コイル部 20 の軸 L 方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっており、コイル部 20 の導電部材 21 の表面 21a には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜 24 が設けられている。

明 細 書

発明の名称： 回転電機、コイル及びコイル装置

技術分野

[0001] 本発明は、回転電機、コイル及びコイル装置に関する。

背景技術

[0002] 従来の回転電機として、コアを有する鉄心部及びコアに配設されたコイルを有するステータと、ステータに対して回転するロータと、を備えるものが知られている（例えば、特許文献１－４、非特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００６－１０１６０６号公報

特許文献２：特開２００６－２５４６３８号公報

特許文献３：特開２００３－１１６２３６号公報

特許文献４：特開２００８－１７２８６６号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献１：牧田真治、外３名、「高巻線係数と高占積率を両立する新しい巻線構造を持つ永久磁石同期モータ」、電気学会論文誌Ｄ（産業応用部門誌）、IEEE Transactions on Industry Applications、２０１４年６月、Vol.134、No.12、p1031-1037

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献１に記載の回転電機では、エナメル線を集中巻きして形成されたコイルが用いられている。集中巻きのコイルを用いた回転電機では、回転磁界が矩形波となり易く、高調波成分によってトルクリップルが発生する。これにより、回転が不均一となり、振動や騒音が大きくなるおそれがある。この回転の不均一さは、モータの回転により発生する誘導起電力の波形の歪みを見ることで測定することができる。そこで、特許文献１に記載の回転電機

では、隣接するコアの間に画成される空間の形状を特定の形状とすることで、トルクリップルの問題解決を図っている。しかしながら、特許文献 1 に記載の回転電機では、誘導起電力の波形に依然として歪みが生じ得る。

[0006] また、上記誘導起電力の波形の歪みを解決する方法として、特許文献 2 に記載の回転電機では、エナメル線を分布巻きしている。しかしながら、分布巻きの場合、コイルの端部が集中巻きに比べて長くなるため、エナメル線の長さが長くなり、巻線抵抗が大きくなるという問題が生じる。また、トルク変動を抑えるためにフライホイールを設け、且つ重くするという構成があるが、この構成では、回転電機の回転数応答性が低下するという問題がある。

[0007] また、誘導起電力の波形を正弦波に近づけるために、特許文献 3 に記載の回転電機では、ロータの磁極方向に延びる軸を d 軸、磁極中心方向と電気角で 90 度ずれている磁極間方向に延びる軸を q 軸としたとき、回転子鉄心の中心から回転子外周までの径方向の距離が d 軸から q 軸に近づくにしたがい短くなるように回転子鉄心の外周面を構成している。しかしながら、このような鉄心を製造するためには高度な技術を要し、製造コストが高くなるばかりか、コイルを巻くために専用の特種な巻き線機を必要とする。また、特許文献 4 では、回転電機に流す電流を制御することにより、トルクリップルの低減を図っている。しかしながら、これらの回転電機を制御する方法では、トルクリップルの根本的な解決法とはならず、回転電機自体の性能向上を図ることができない。

[0008] 更に、非特許文献 1 のモータは、その製造方法が極めて煩雑であり、量産化の実現が難しい。また、このモータは、分布巻きと集中巻きとの中間的な巻き方を採用しているため、コイル端部が長くなり、巻線抵抗が大きくなるという問題が生じる。

[0009] これらトルクリップル等による回転の不均一さや巻線抵抗の増大は、モータ効率の低下として現れ、総合的なモータ性能の低下を引き起こすおそれがある。したがって、総合的なモータ性能は、モータ効率を測定することでも評価することができる。

[0010] 本発明は、性能の向上を図ることができる回転電機、回転電機に用いられるコイル及びコイル装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明の一側面に係る回転電機は、円形状の周面を有する本体部、及び、当該本体部の周面から本体部の径方向に沿って突出すると共に周面の周方向に沿って所定の間隔をあけて設けられた複数のコアを有する鉄心部と、コアに配設されたコイルと、を有するステータと、ステータに対して回転するロータと、を備える回転電機であって、コイルは、導電性を有する導電部材により螺旋状に形成されたコイル部と、コイル部における両端部のそれぞれに接続された端子部と、を備え、コイル部は、当該コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっており、コイル部の導電部材の表面には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている。

[0012] この回転電機では、コアは、本体部の周面から本体部の径方向に沿って突出して設けられている。この構成では、隣接するコアの間に、扇形の空間が画成されている。この構成において、コイル部は、コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっている。このような構成により、コイルをコアに配設したときに、コアにより画成される扇形の空間におけるコイル部の占積率を高めることができる。また、コイル部の導電部材の表面には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている。そのため、導電部材間において沿面放電等が発生することが抑制されている。このコイルを備える回転電機では、回転により発生する誘導起電力の波形の歪みを抑制できる。したがって、回転電機では、トルクリップルの発生を抑制でき、ロータの回転の均一化を図れる。その結果、回転電機では、性能の向上を図ることができる。なお、この性能の向上は、回転電機の効率を測定することで評価できる。

[0013] 一実施形態においては、回転により発生する誘導起電力の波形が正弦波又は略正弦波であってもよい。

[0014] 一実施形態においては、インナーロータ型の三相モータであってもよい。

[0015] 本発明の一側面に係るコイルは、コアに配設されるコイルであって、導電性を有する導電部材により螺旋状に形成されたコイル部と、コイル部における両端部のそれぞれに接続された端子部と、を備え、コイル部は、当該コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっており、コイル部の導電部材の表面には、電氣的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている。

[0016] このコイルでは、コイル部は、コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっている。これにより、例えば、コアが周方向に沿って複数配置されている構成において、そのコアに対してコイル部の一方側がコアの基端部側に位置するようにコイルをコアに配設することにより、コアとコアとの間に画成される扇形の空間におけるコイル部の占積率を高めることが可能となる。また、コイルでは、コイル部の導電部材の表面に、電氣的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けている。これにより、導電部材間の電気絶縁性を確保できる。その結果、導電部材間において沿面放電等が発生することを抑制し得る。このコイルを用いた回転電機では、回転により発生する誘導起電力の波形の歪みを抑制できる。したがって、当該コイルを用いた回転電機では、トルクリップルの発生を抑制でき、ロータの回転の均一化を図れる。その結果、当該コイルを用いた回転電機では、性能の向上を図ることができる。なお、この性能の向上は、回転電機の効率を測定することで評価できる。

[0017] 一実施形態においては、絶縁被膜は、ディップコーティング又は電着塗装により形成されていてもよい。これにより、導電部材の表面に絶縁被膜を良好に形成することができる。

[0018] 一実施形態においては、導電部材は、角部が面取りされていてもよい。導電部材の角部が略直角である場合、角部に絶縁被膜が形成され難いと共に、角部において絶縁被膜が剥離し易い。そこで、導電部材の角部を面取りすることで、絶縁被膜を角部においても形成することができる。したがって、コ

イル部における絶縁性をより一層確保することができる。

[0019] 一実施形態においては、コイル部は、複数の導電部材を接合して形成されていてもよい。これにより、所望するコイル部の形状を容易に形成することが可能となる。また、このように複数の導電部材を接合してコイル部を形成することにより、コイル部の内側の形状を所望する形状とすることができる。そのため、コアにコイルが配設されたときに、コアとコイル部との間に隙間が形成されることを抑制できる。その結果、コイル部の占積率を高めることが可能となる。

[0020] 一実施形態においては、導電部材は、延在方向に直交する面における断面積がコイル部の全周に亘って同等であってもよい。これにより、コイル部において電気抵抗値が一定となる。そのため、コイルとしての性能の向上を図ることができる。

[0021] 一実施形態においては、絶縁被膜は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚みを有していてもよい。これにより、コイル部において導電部材同士の絶縁性を確保でき、沿面放電を抑制できる。

[0022] 本発明の一側面に係るコイル装置は、円形状の周面を有する本体部と、当該本体部の周面から本体部の径方向に沿って突出すると共に周面の周方向に沿って所定の間隔をあけて設けられた複数のコアと、を有する鉄心部と、コアに配設されたコイルと、を備えるコイル装置であって、コイルは、導電性を有する導電部材により螺旋状に形成されたコイル部と、コイル部における両端部のそれぞれに接続された端子部と、を備え、コイル部は、当該コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっており、コイル部の導電部材の表面には、電氣的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている。

[0023] このコイル装置では、コアは、本体部の周面から本体部の径方向に沿って突出して設けられている。この構成では、隣接するコアの間に、扇形の空間が画成されている。この構成において、コイル部は、コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっている。この

ような構成により、コイルをコアに配設したときに、コアにより画成される扇形の空間におけるコイル部の占積率を高めることができる。また、コイル部の導電部材の表面には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている。そのため、導電部材間において沿面放電等が発生することが抑制されている。このコイルを備えるコイル装置を用いた回転電機では、回転により発生する誘導起電力の波形の歪みを抑制できる。したがって、コイル装置を用いた回転電機では、トルクリップルの発生を抑制でき、ロータの回転の均一化を図れる。その結果、コイル装置を用いた回転電機では、性能の向上を図ることができる。なお、この性能の向上は、回転電機の効率を測定することで評価できる。

発明の効果

[0024] 本発明によれば、性能の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は、一実施形態に係るモータを示す図である。

[図2]図2は、図1に示すモータの一部を拡大して示す断面図である。

[図3]図3は、コイルを示す斜視図である。

[図4]図4は、図3に示すコイルを上から見た図である。

[図5]図5は、図4におけるV-V線に沿った断面図である。

[図6]図6は、本実施形態に係るモータの誘導起電力の波形を示す図である。

[図7]図7は、比較例に係るモータの誘導起電力の波形を示す図である。

[図8]図8は、モータの変形例を示す図である。

[図9]図9は、歪率を説明するための図である。

[図10]図10は、本実施形態に係るモータの回転数とトルクに対するモータ効率の関係を示す図である。

[図11]図11は、比較例に係るモータの回転数とトルクに対するモータ効率の関係を示す図である。

[図12]図12は、モータ効率と割合とを示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において同一又は相当要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

[0027] 図1は、一実施形態に係るモータを示す図である。図1に示されるように、モータ（回転電機）1は、例えば、アウターロータ型のブラシレスモータ（三相モータ）である。モータ1は、ステータ（コイル装置）3と、ロータ5と、を備えている。

[0028] ステータ3は、鉄心部7と、コイル9と、を有している。鉄心部7は、円環状を呈する円環部（本体部）10と、コア12と、を有している。円環部10とコア12とは、例えば、一体に形成されている。円環部10及びコア12は、例えば、電磁鋼板が複数積層されて形成されている。

[0029] 図2に示されるように、コア12は、円環部10の外周面10aから、この円環部10の径方向に沿って外側に突出して設けられている。コア12は、円環部10の外周面10aの周方向において、所定の間隔をあけて複数配置されている。コア12は、例えば、角柱状を呈している。隣接する2つのコア12の間には、当該2つのコア12によって、扇形の空間Sが画成される。

[0030] コア12は、本体部12aと、鏑部12bと、を有している。本体部12aは、円環部10の径方向に沿って延在しており、基端部側が円環部10に接続されている。鏑部12bは、本体部12aの長手方向（延在方向）の先端部に設けられている。鏑部12bは、本体部12aよりも幅方向において外側に張り出している。

[0031] 図3は、コイルを示す斜視図である。図4は、図3に示すコイルを上から見た図である。図5は、図4におけるV-V線に沿った断面図である。図3～図5に示されるように、コイル9は、コイル部20と、端子部22a, 22bと、を備えている。コイル部20と端子部22a, 22bとは、電氣的に接続されている。コイル部20及び端子部22a, 22bは、導電性を有する導電部材21（図5参照）により形成されている。導電部材21の材料

としては、特に限定されるものではないが、例えば、銅（Cu）を用いることができる。

[0032] コイル部20は、螺旋状に巻回されて形成されている。コイル部20は、図2及び図3に示されるように、コイル部20の軸L方向における一方側から他方側（図3における下方向から上方向）に向かって幅寸法が連続的に大きくなっている。すなわち、コイル部20は、軸L方向に直交する面に沿った方向から見たときに、略台形状を呈している。コイル部20において、導電部材21は、当該導電部材21の延在方向に直交する面における断面積がコイル部20の全周に亘って同等である。

[0033] コイル部20の内側の形状は、コア12の外形に応じた形状を呈している。本実施形態では、コア12は、外形が矩形状（長形状）を呈しており、これに合わせて、コイル部20の内側の形状は、図4に示されるように、コイル部20の軸L方向から見て、矩形状（長方形）を呈している。コイル部20の内側の形状は、コア12の外形に応じて適宜設定されればよい。

[0034] 上記構成を有するコイル部20は、複数の導電部材21を接合することにより形成されている。具体的には、コイル部20は、例えば、図3及び図4においてX方向に延在する直線状の第1部分20aと、Y方向に延在する直線状の第2部分20bとを、接合することにより形成されている。第1部分20aと第2部分20bとの接合には、冷間圧接、電気溶接、高周波溶接、ろう付け等の方法を採用することができる。

[0035] 図5に示されるように、コイル部20の導電部材21の表面21a全体には、絶縁被膜24が設けられている。絶縁被膜24は、電氣的に絶縁性を有する膜（部分）である。絶縁被膜24は、電氣的に絶縁性を有する合成樹脂であり、当該合成樹脂としては、ポリエステル樹脂、ポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、エステルイミド樹脂等が好ましい。特に耐熱性の観点でポリイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、エステルイミド樹脂が好ましく、ポリイミド樹脂が更に好ましい。また、部分放電耐性を向上させるために、絶縁被膜24には、フィラーを混合させ

ていることが更に好ましい。フィラーとしては、特に限定されないが、シリカもしくはアルミナ、ベーマイトアルミナ等の無機酸化物、スメクタイト類等の膨潤性粘土、又は、タルクもしくはマイカ等の非膨潤性粘土、ハイドロタルサイト等の層状複水酸化物等を用いることができる。

[0036] 絶縁被膜24を形成する方法としては、例えば、ディップコーティング、又は、電着塗装等を用いることができる。絶縁被膜24は、コイル部20を形成した後に、コイル部20の導電部材21に対して形成される。詳細には、絶縁被膜24は、第1部分20a及び第2部分20bを接合してコイル部20を構成した後に形成される。

[0037] 絶縁被膜24は、その厚み寸法が10 μ m以上であることが好ましく、より好ましくは10 μ m以上50 μ m以下であることが好ましい。絶縁被膜24の厚みは、コイル部20の設計に応じて適宜設定されればよい。また、絶縁被膜24は、コイル部20の全周に亘って厚みが一定であってもよいし、コイル部20の部分によって厚みが異なってもよい。絶縁被膜24の絶縁破壊電圧（耐電圧）は、例えば厚み寸法が10 μ mである場合には1kV以上であることが好ましく、厚み寸法が50 μ mである場合には4kV以上であることが好ましい。なお、絶縁被膜24は、耐熱性を有していることが更に好ましい。

[0038] 図5に示されるように、コイル部20において、絶縁被膜24が形成されている導電部材21の角部21bは、面取りされている。本実施形態では、角部21bは、湾曲している。角部21bを湾曲させる方法としては、例えば、角部21bを機械的、化学的又は電気的方法により研磨する方法を用いることができる。なお、導電部材21の角部21bは、湾曲している形状に限らず、角部21bを角面等の形状としてもよい。要は、導電部材21の角部21bは、当該角部21bを形成する面が略直角に交差する形状でなければよい。

[0039] 端子部22a, 22bは、コイル部20における両端部のそれぞれに接続されている。端子部22a, 22bのそれぞれは、コイル部20の両端部の

導電部材 21 が延長されることにより形成されている。なお、端子部 22a, 22b は、コイル部 20 の両端部に他の部材が接合されることにより形成されていてもよい。

[0040] 図 2 に示されるように、コイル 9 は、ボビン 14 によりコア 12 に取り付けられている。ボビン 14 は、筒状を呈している。ボビン 14 は、電氣的に絶縁性を有する部材であり、例えば、ナイロン、ガラス繊維入ナイロン、ポリブチレンテレフタレート樹脂ポリエチレンテレフタレート樹脂、ABS 樹脂、ポリアミド樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂、液晶ポリエステル樹脂等により形成されている。ボビン 14 は、コア 12 に外装され、上端部がコア 12 の鰐部 12b に係止される。これにより、ボビン 14 は、コア 12 から抜けることが防止されている。

[0041] 図 2 に示されるように、コイル 9 のコイル部 20 は、幅寸法の小さい一方側がコア 12 の基端部側に位置するように、コア 12 に対して取り付けられている。すなわち、コイル部 20 は、コア 12 の先端部側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっている。これにより、ステータ 3 においては、コア 12 により形成される扇形の空間 S におけるコイル部 20 の占積率を高めることができる。本実施形態では、占積率は、例えば、90%以上である。

[0042] ロータ 5 は、回転自在に設けられている。ロータ 5 は、モータケース 30 と、複数の磁石 32 と、を有している。モータケース 30 は、円筒状を呈している。磁石 32 は、モータケース 30 の内側に配置されている。具体的には、磁石 32 は、モータケース 30 の内周面に図示しないヨークを介して設けられており、モータケース 30 の周方向に沿って配置されている。より詳細には、モータケース 30 の内周面には、極性の異なる磁石 32 が交互に配置されている。

[0043] 上記構成を有するモータ 1 は、コイル 9 に電流が流されることにより、電流値に応じて、ロータ 5 が回転する。

[0044] 以上説明したように、本実施形態に係るモータ 1 では、コア 12 は、円環部 10 の外周面 10a から円環部 10 の径方向に沿って突出して設けられて

いる。この構成では、隣接するコア 12 の間に、扇形の空間 S が画成されている。この構成において、コイル部 20 は、コイル部 20 の軸 L 方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっている。そして、コイル部 20 の一方側がコア 12 の基端部側に位置するようにコア 12 に配設されている。このような構成により、コイル部 20 は、コア 12 の先端部側に向かって幅が広がるようにコアに配設されるため、コア 12 により画成される扇形の空間 S におけるコイル部 20 の占積率を高めることができる。また、コイル部 20 の導電部材 21 の表面 21 a には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜 24 が設けられている。そのため、導電部材 21, 21 間において沿面放電等が発生することが抑制されている。このコイル 9 を備えるモータ 1 では、回転により発生する誘導起電力の波形の歪みを抑制できる。したがって、モータ 1 では、トルクリップルの発生を抑制でき、ロータ 5 の回転の均一化を図れる。その結果、モータ 1 では、性能の向上を図ることができる。

[0045] モータ 1 の性能について、具体的に説明する。図 6 は、本実施形態に係るモータの誘導起電力の波形を示す図である。図 7 は、比較例に係るモータの誘導起電力の波形を示す図である。図 6 に示される誘導起電力の波形は、図 8 に示されるモータ 1 A の波形である。

[0046] 最初に、モータ 1 A について説明する。図 8 は、モータの変形例を示す図である。図 8 に示されるように、モータ 1 A は、インナーロータ型の三相モータである。モータ 1 A は、ステータ 3 A と、ロータ 5 A と、を備えている。ステータ 3 A は、鉄心部 7 A と、コイル 9 と、を有している。鉄心部 7 A は、円環状を呈する円環部 10 A と、コア 12 A と、を有している。

[0047] コア 12 A は、円環部 10 A の内周面 10 A a から、この円環部 10 A の径方向に沿って内側に突出して設けられている。コア 12 A は、円環部 10 A の内周面 10 A a の周方向において、所定の間隔をあけて複数配置されている。コア 12 A は、例えば、角柱状を呈している。隣接する 2 つのコア 12 A の間には、当該 2 つのコア 12 A によって、扇形の空間 S が画成される

。コイル 9 は、図示しないボビンにより、コア 1 2 A に配設されている。コイル 9 は、コイル部 2 0 の幅寸法の大きい一方側がコア 1 2 A の基端部側に位置するように、コア 1 2 A に対して取り付けられている。コイル 9 は、コイル部 2 0 の巻回数が「3 8」とされている。

[0048] ロータ 5 A は、回転体 3 0 A と、複数の磁石 3 2 A と、を有している。回転体 3 0 A は、円柱状を呈している。磁石 3 2 A は、回転体 3 0 A の外側に配置されている。具体的には、磁石 3 2 A は、回転体 3 0 A の外周面に図示しないヨークを介して設けられており、回転体 3 0 A の周方向に沿って配置されている。より詳細には、回転体 3 0 A の外周面には、極性の異なる磁石 3 2 A が交互に配置されている。

[0049] 図 7 に示される誘導起電力の波形は、丸エナメル線を集中巻きして形成したコイルを備える比較例のモータの波形である。比較例のモータは、コイルの構成がモータ 1 A と異なっており、その他の構成（コア、ロータ等）はモータ 1 A と同様である。比較例のモータは、コアに丸エナメル線が 8 0 回巻き付けられてコイルが形成されている。

[0050] 図 6 及び図 7 において、(a) は、1 0 0 r p m で回転させたときの誘導起電力の波形を示しており、(b) は、2 5 0 r p m で回転させたときの誘導起電力の波形を示している。また、下記の表 1 に、モータ 1 A 及び比較例のモータにおいて、回転数を変化させたときの歪率を示す。

[表1]

モータの回転数 [rpm]	モータ 1 A	比較例のモータ
	歪率[%]	
100	4.6	14.8
150	4.7	10.9
250	3.0	5.2

[0051] 図 6 及び図 7 に示されるように、モータ 1 A 及び比較例のモータの誘導起電力の波形、すなわち、モータを回転させたときに発生する誘導起電力の波形は、略正弦波である。ここで、正弦波とは、後述する歪率が 0 % である波

形（図9において実線で示す波形）であり、略正弦波とは、正弦波に極めて近い波形、或いは正弦波と見なせる波形である。表1に示されるように、モータ1Aの誘導起電力の波形は、比較例のモータの誘導起電力の波形に比べて、コイルにおける巻回数が1/2以下であるにもかかわらず、100rpm、150rpm及び250rpmのいずれにおいても、正弦波からの歪率が小さい。ここで、正弦波からの歪率について、図9を参照して説明する。

[0052] 本実施形態では、歪率は、誘導起電力の起電力波形のピーク点での基本波成分振幅に対する高調波成分振幅の割合を示している。図9に示されるように、基本波成分振幅は、基本波（歪みのない正弦波）での振幅である。高調波成分振幅は、基本波に対して、その整数倍の高次の周波数成分の振幅である。歪率は、以下の式により求められる。なお、表1においては、三相全ての歪率を下記式に基づいて計算し、それを平均して歪率を算出した。

$$\text{歪率} = \left(\text{高調波成分振幅} / \text{基本波成分振幅} \right) \times 100$$

[%]

[0053] 表1に示されるように、比較例のモータの誘導起電力の波形では、100rpmにおいて、正弦波からの歪率が14.8%であるのに対し、モータ1Aの誘導起電力の波形では、正弦波からの歪率が4.6%である。すなわち、100rpmにおいて、モータ1Aの誘導起電力の波形における正弦波からの歪率は、比較例のモータの誘導起電力の波形における正弦波からの歪率の約1/3となっている。また、250rpmにおいても、モータ1Aの誘導起電力の波形における正弦波からの歪率（3.0%）の方が、比較例のモータの誘導起電力の波形における正弦波からの歪率（5.2%）よりも小さくなっている。すなわち、本実施形態に係るモータ1Aは、比較例のモータに比べて、回転数が低い場合から回転数が高い場合の広範囲にわたって歪率が小さくなる。

[0054] 本実施形態に係るモータ1Aでは、回転数100rpmにおける歪率は、10%以下が好ましく、より好ましくは5%以下である。また、モータ1Aでは、回転数150rpmにおける歪率は、10%以下が好ましく、よ

り好ましくは5%以下である。また、モータ1Aでは、回転数250rpm
おいての歪率は、5%以下が好ましく、より好ましくは3%以下である。

[0055] 一般的に、モータは、歪率が大きい（高調波成分の割合が大きく正弦波が歪んでいる）場合よりも、歪率が小さい（高調波成分の割合が小さく正弦波の歪みが小さい）場合の方が、トルクリップルが少なくなる。そのため、モータ1Aでは、エナメル線の集中巻きにより構成されたコイルに比べて、トルクリップルによるトルク変動が少なく、回転がスムーズであることが確認された。これにより、低回転域においても、ロータ5Aがスムーズに回転する。このような結果は、モータ1（アウターロータ型）においても同様に得られる。

[0056] 図10は、本実施形態に係るモータ1Aの回転数とトルクに対するモータ効率の関係（以下、「効率マップ」と称する。）を示す図である。図11は、比較例に係るモータの効率マップを示した図である。図10及び図11に示す効率マップは、モータに減速機が接続されて測定されている。そのため、図10及び図11に示す効率マップでは、モータの回転数が1/4倍でトルクが4倍となる。図10（a）及び図11（a）は、室温時に測定した場合の効率マップを示している。図10（b）及び図11（b）は、高温時（60℃）に測定した場合の効率マップを示している。

[0057] 図12は、モータ効率と割合とを示す図である。図12では、図10及び図11の効率マップを定量的に評価するために、モータ効率の値を2%刻みとし、全測定範囲に対する割合として示している。図12（a）は、モータ1Aの結果を示しており、図12（b）は、比較例のモータの結果を示している。また、表2に、モータ効率が90%以上の全駆動範囲に対する割合と最大効率とを示す。

[表2]

	モータ効率が 90%以上の全駆動範囲に対する割合[%]		最大効率[%]	
	室温時	高温時	室温時	高温時
モータ 1A	13.6	7.6	92.0	91.6
比較例のモータ	0.1	0	90.6	85.6

[0058] 図 10、図 11、図 12 及び表 2 に示されるように、モータ 1A は、広い駆動範囲において比較例のモータより効率が高い。さらに、モータ 1A では、高温時におけるモータ効率が 90%以上の全駆動範囲に対する割合、及び、最大効率についても、比較例のモータより高い。

[0059] 一般的に、モータは、最大効率が高いことのみならず、広い駆動範囲で効率が高いことが求められている。図 10、図 11、図 12 及び表 2 に示される結果から、モータ 1A は、比較例のモータに比して性能が高いことが確認された。

[0060] 本実施形態では、絶縁被膜 24 は、ディップコーティング又は電着塗装により形成されている。これにより、導電部材 21 の表面 21a に絶縁被膜 24 を良好に形成することができる。

[0061] 本実施形態では、導電部材 21 は、角部 21b が面取りされている。導電部材 21 の角部 21b が略直角である場合、角部 21b に絶縁被膜 24 が形成され難いと共に、角部 21b において絶縁被膜 24 が剥離し易い。そこで、導電部材 21 の角部 21b を面取りすることで、絶縁被膜 24 を角部 21b においても良好に形成することができる。したがって、コイル部 20 における絶縁性をより一層確保することができる。

[0062] 本実施形態では、コイル部 20 は、複数の導電部材 21 を接合して形成されている。これにより、所望するコイル部 20 の形状を容易に形成することが可能となる。そのため、コア 12 とコイル部 20 との間に隙間が形成され

ることを抑制できる。その結果、コイル 9 の占積率を高めることができる。

[0063] 本実施形態では、導電部材 21 は、延在方向に直交する面における断面積がコイル部 20 の全周に亘って同等である。これにより、コイル部 20 において電気抵抗値が一定となる。そのため、コイル 9 としての性能の向上を図ることができる。

[0064] 本実施形態では、絶縁被膜 24 は、 $10\mu\text{m}$ 以上の厚みを有している。これにより、コイル部 20 において導電部材 21 同士の絶縁性を確保でき、沿面放電を抑制できる。

[0065] 本発明は、上記実施形態に限定されない。例えば、上記実施形態では、回転電機としてモータ 1（モータ 1A）を一例に説明したが、回転電機としては、例えば、発電機等であってもよい。

[0066] 上記実施形態では、導電部材 21 の断面積がコイル部 20 の全体に亘って同等とされている形態を一例に説明したが、導電部材 21 の断面積は、必ずしも全体に亘って同等でなくてもよい。

[0067] 上記実施形態では、モータ 1，1A は、図 1 又は図 8 に示される形態を一例に説明したが、コア 12，12A の数（コイル 9 の数）及び磁石 32，32A の数は設計に応じて適宜設定されればよい。

[0068] 上記実施形態では、複数の導電部材 21 を接合することによりコイル 9 を形成する形態を一例に説明したが、コイル 9 の形成方法はこれに限定されない。

[0069] 上記実施形態では、コイル部 20 を、直線状の第 1 部分 20a と直線状の第 2 部分 20b とを接合することにより形成する形態を一例に説明した。しかし、コイル部 20 の形成は、直線状の第 1 部分 20a 及び第 2 部分 20b の接合に限定されない。コイル部 20 は、他の形状を呈する第 1 部分と第 2 部分とが接合されて形成されてもよい。

[0070] 上記実施形態では、鉄心部 7 が円環状の円環部 10 を有する形態を一例に説明したが、本体部は、外形が円形状を呈していればよく、例えば、円盤状であってもよい。

[0071] 上記実施形態では、絶縁被膜 24 をディップコーティング又は電着塗装により形成する形態を一例に説明したが、絶縁被膜 24 の形成方法はこれに限定されない。

[0072] 上記実施形態では、コイル 9 がボビン 14 に取り付けられている形態を一例に説明したが、ボビン 14 は設けられなくてもよい。この場合、コイル 9 は、絶縁被膜 24 の外側を、樹脂により覆って一体にモールド成形される。これにより、ボビン 14 を省略することができ、コイル装置を簡略化することができる。コイル 9 をモールド成形するために使用する樹脂は、ボビン 14 と同様の樹脂を用いることができる。上述のボビン 14 の材料の他に、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂類、又は熱可塑性樹脂類を用いてもよい。コイル 9 をモールド成形する方法としては、射出成型法、又は、粉体流動浸漬法を用いてもよい。

符号の説明

[0073] 1, 1A…モータ（回転電機、コイル装置）、7, 7A…鉄心部、9…コイル、10, 10A…円環部（本体部）、10a…外周面（周面）、10Aa…内周面（周面）、12, 12A…コア、20…コイル部、21…導電部材、21a…表面、21b…角部、22a, 22b…端子部、24…絶縁被膜、L…軸。

請求の範囲

- [請求項1] 円形状の周面を有する本体部、及び、当該本体部の前記周面から前記本体部の径方向に沿って突出すると共に前記周面の周方向に沿って所定の間隔をあけて設けられた複数のコアを有する鉄心部と、前記コアに配設されたコイルと、を有するステータと、
- 前記ステータに対して回転するロータと、を備える回転電機であって、
- 前記コイルは、
- 導電性を有する導電部材により螺旋状に形成されたコイル部と、
- 前記コイル部における両端部のそれぞれに接続された端子部と、を備え、
- 前記コイル部は、当該コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっており、
- 前記コイル部の前記導電部材の表面には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている、回転電機。
- [請求項2] 回転により発生する誘導起電力の波形が正弦波又は略正弦波である、請求項1に記載の回転電機。
- [請求項3] インナーロータ型の三相モータである、請求項1又は2に記載の回転電機。
- [請求項4] コアに配設されるコイルであって、
- 導電性を有する導電部材により螺旋状に形成されたコイル部と、
- 前記コイル部における両端部のそれぞれに接続された端子部と、を備え、
- 前記コイル部は、当該コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっており、
- 前記コイル部の前記導電部材の表面には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている、コイル。
- [請求項5] 前記絶縁被膜は、ディップコーティング又は電着塗装により形成さ

れている、請求項4に記載のコイル。

[請求項6] 前記導電部材は、角部が面取りされている、請求項4又は5に記載のコイル。

[請求項7] 前記コイル部は、複数の前記導電部材を接合して形成されている、請求項4～6のいずれか一項に記載のコイル。

[請求項8] 前記導電部材は、当該導電部材の延在方向に直交する面における断面積が前記コイル部の全周に亘って同等である、請求項4～7のいずれか一項に記載のコイル。

[請求項9] 前記絶縁被膜は、 $10\mu\text{m}$ 以上の厚みを有する、請求項4～8のいずれか一項に記載のコイル。

[請求項10] 円形状の周面を有する本体部と、当該本体部の前記周面から前記本体部の径方向に沿って突出すると共に前記周面の周方向に沿って所定の間隔をあけて設けられた複数のコアと、を有する鉄心部と、

前記コアに配設されたコイルと、を備えるコイル装置であって、
前記コイルは、

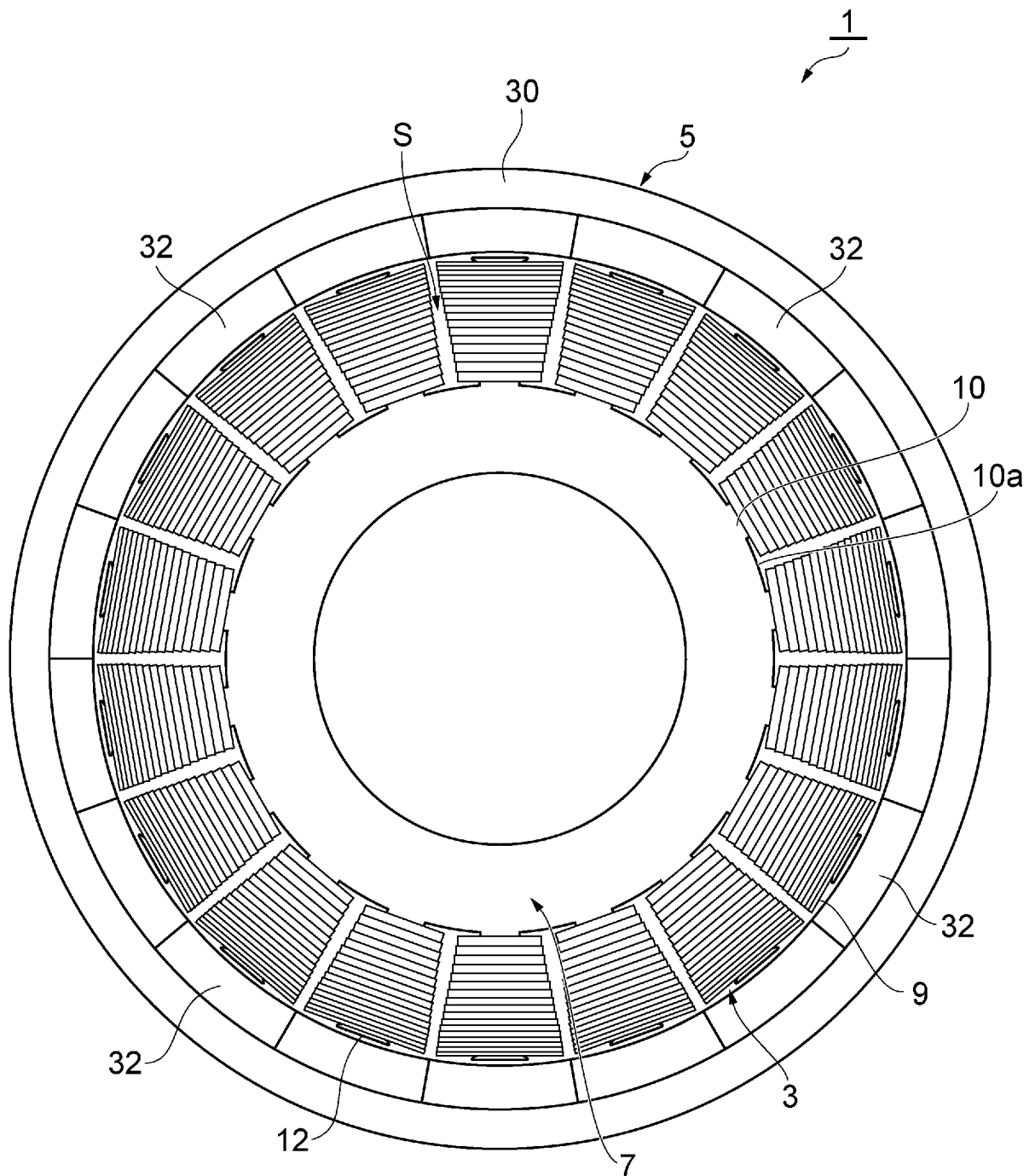
導電性を有する導電部材により螺旋状に形成されたコイル部と、

前記コイル部における両端部のそれぞれに接続された端子部と、
を備え、

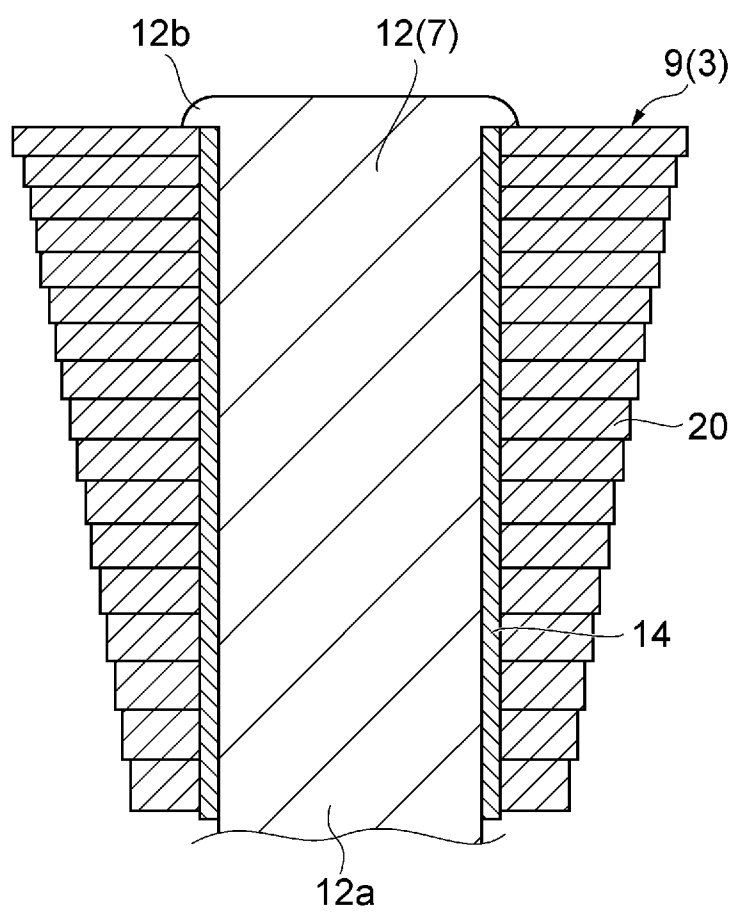
前記コイル部は、当該コイル部の軸方向における一方側から他方側に向かって幅寸法が連続的に大きくなっており、

前記コイル部の前記導電部材の表面には、電気的な絶縁性を有する絶縁被膜が設けられている、コイル装置。

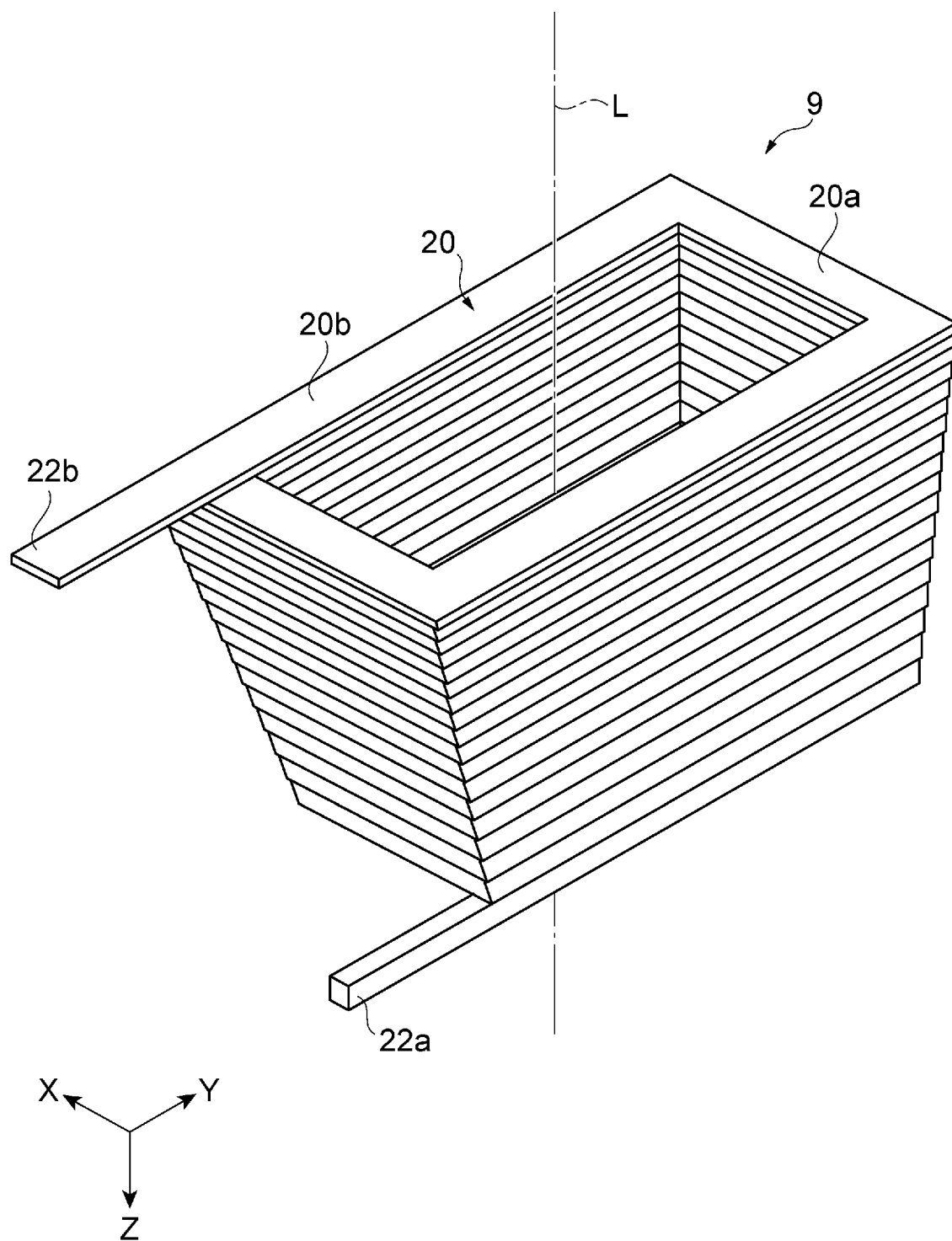
[図1]



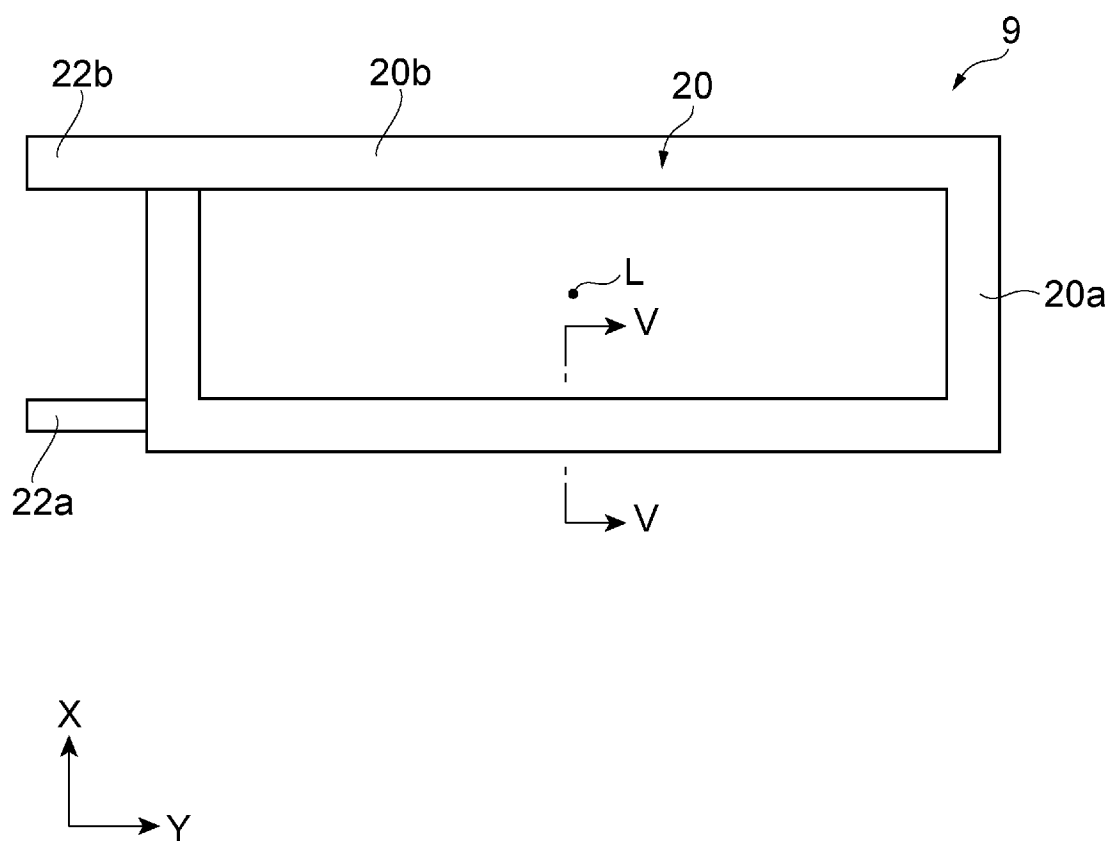
[図2]



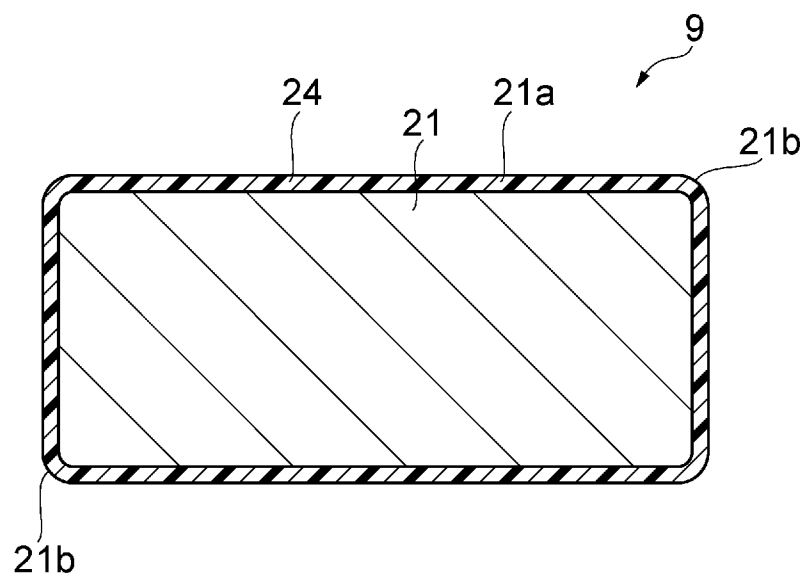
[図3]



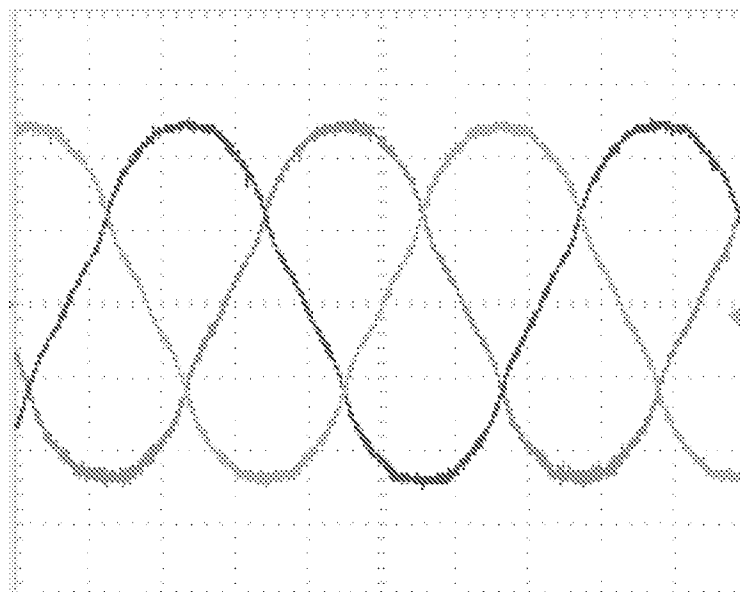
[図4]



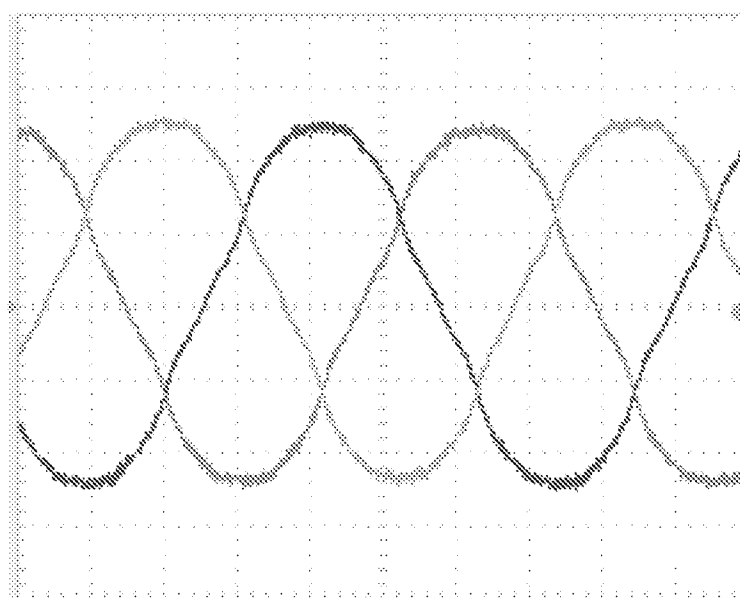
[図5]



[図6]

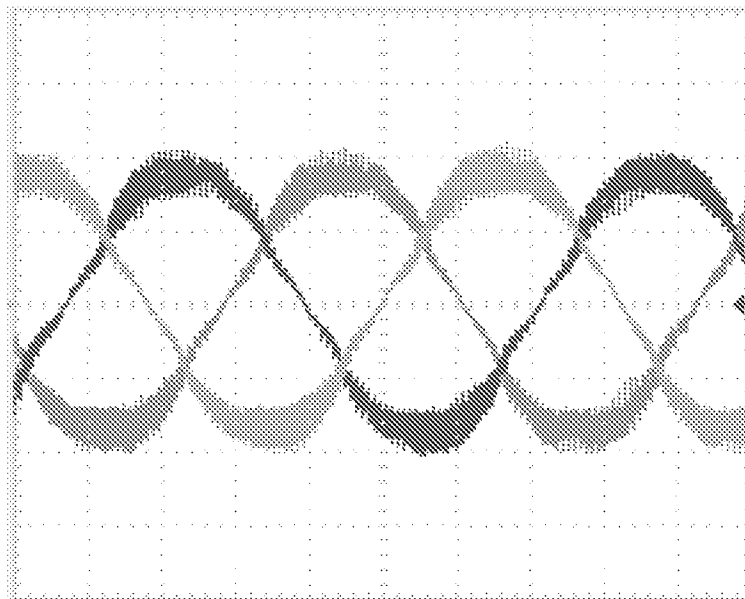


(a)

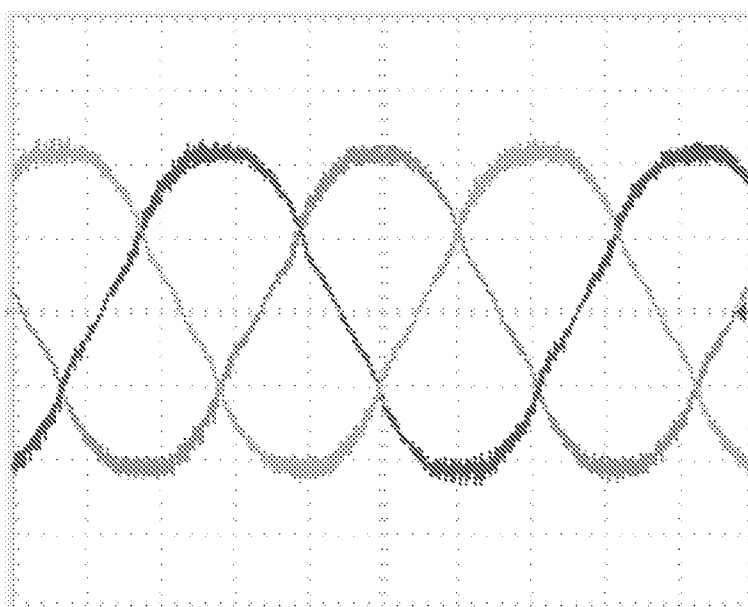


(b)

[図7]

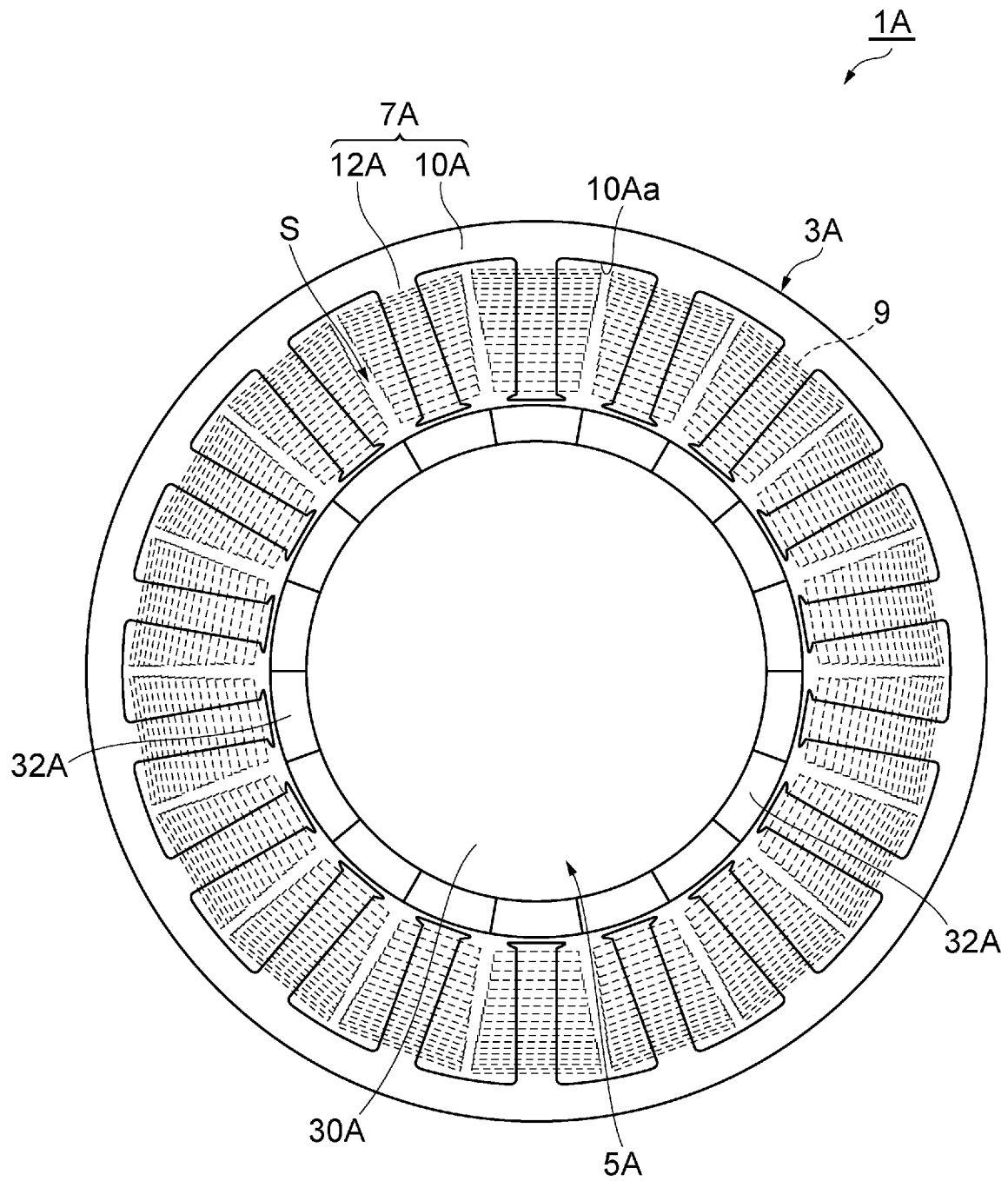


(a)

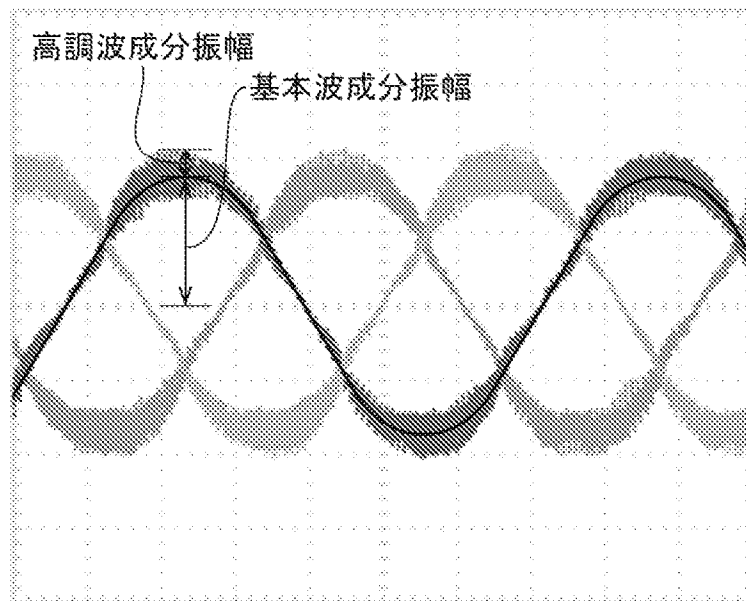


(b)

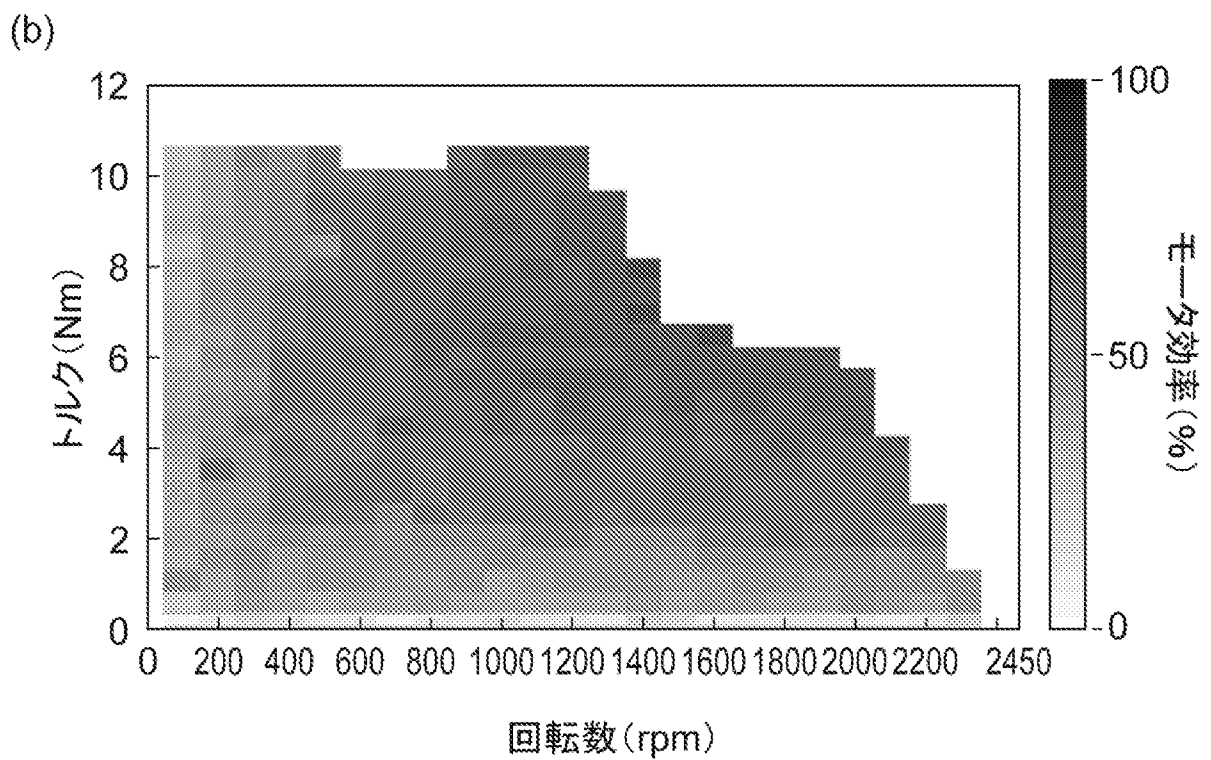
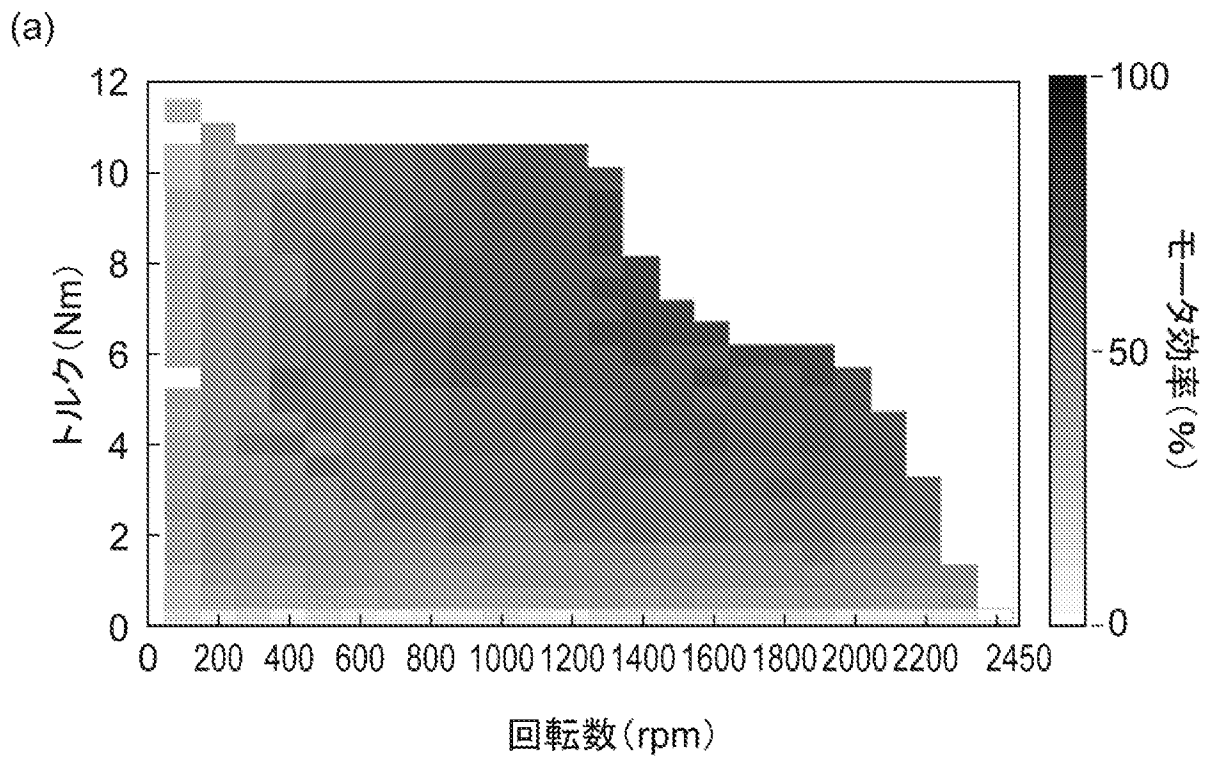
[図8]



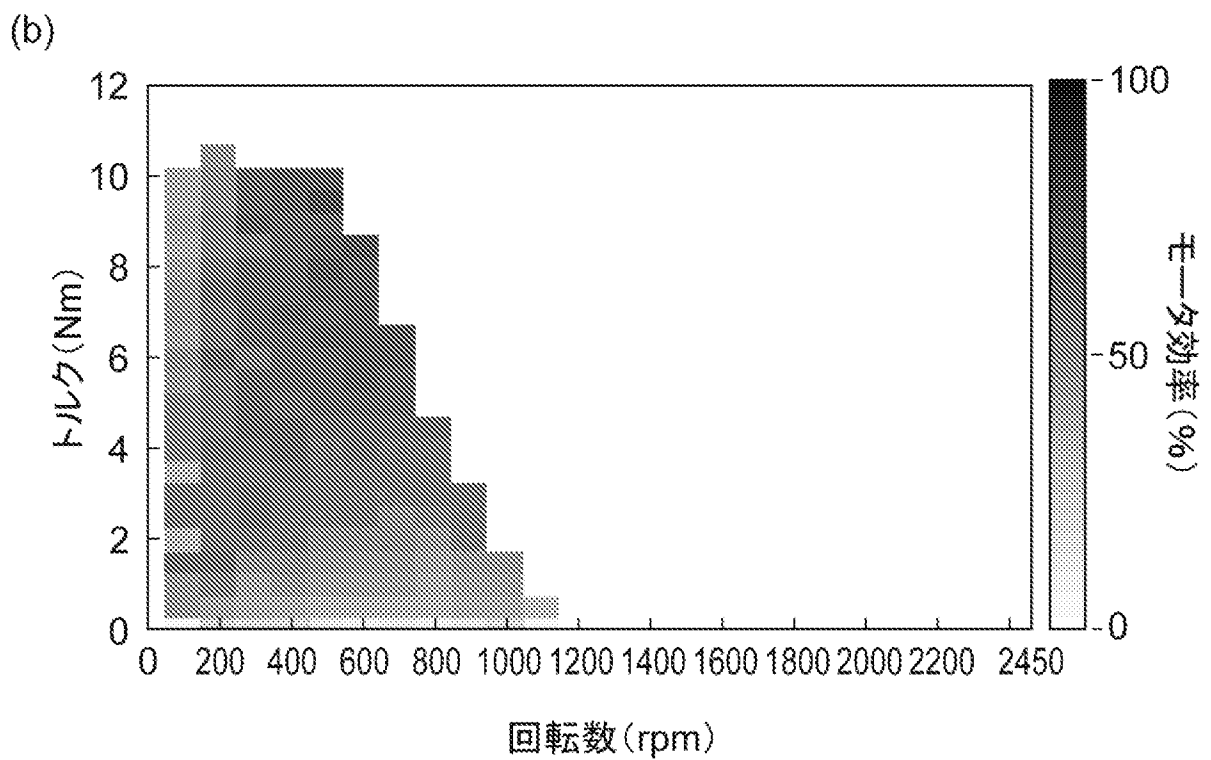
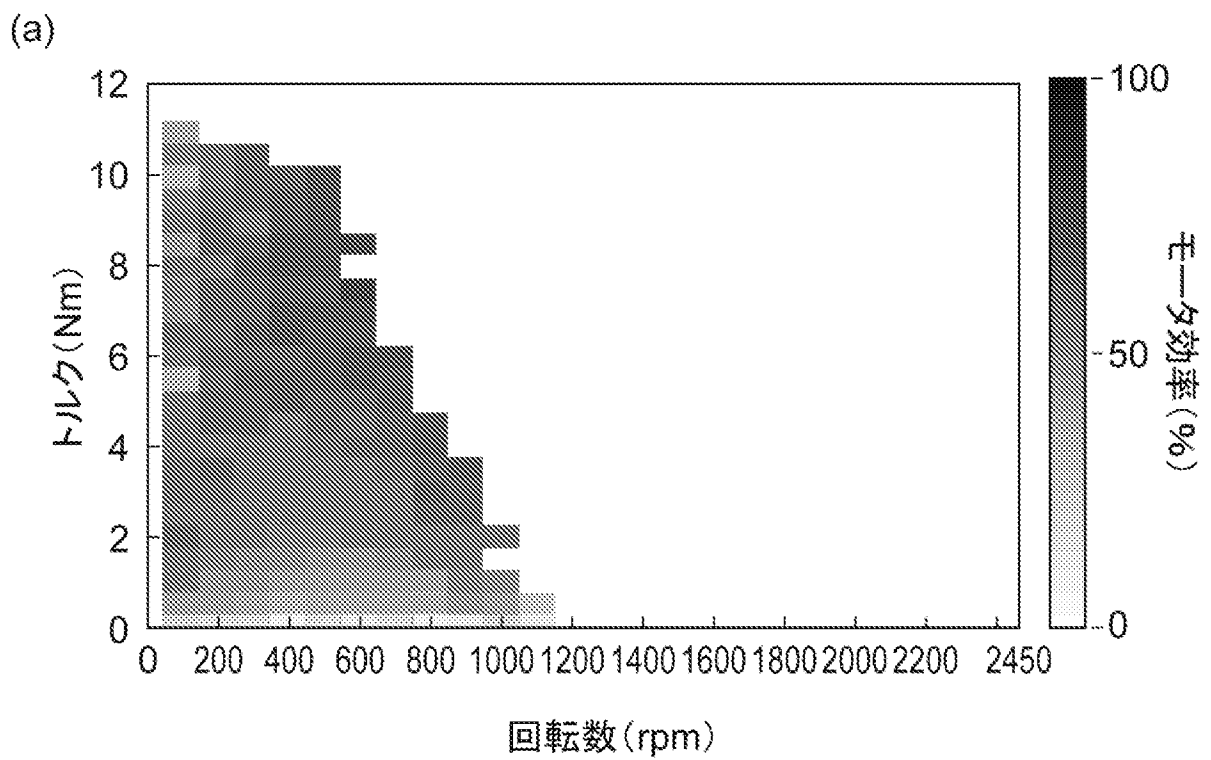
[図9]



[図10]

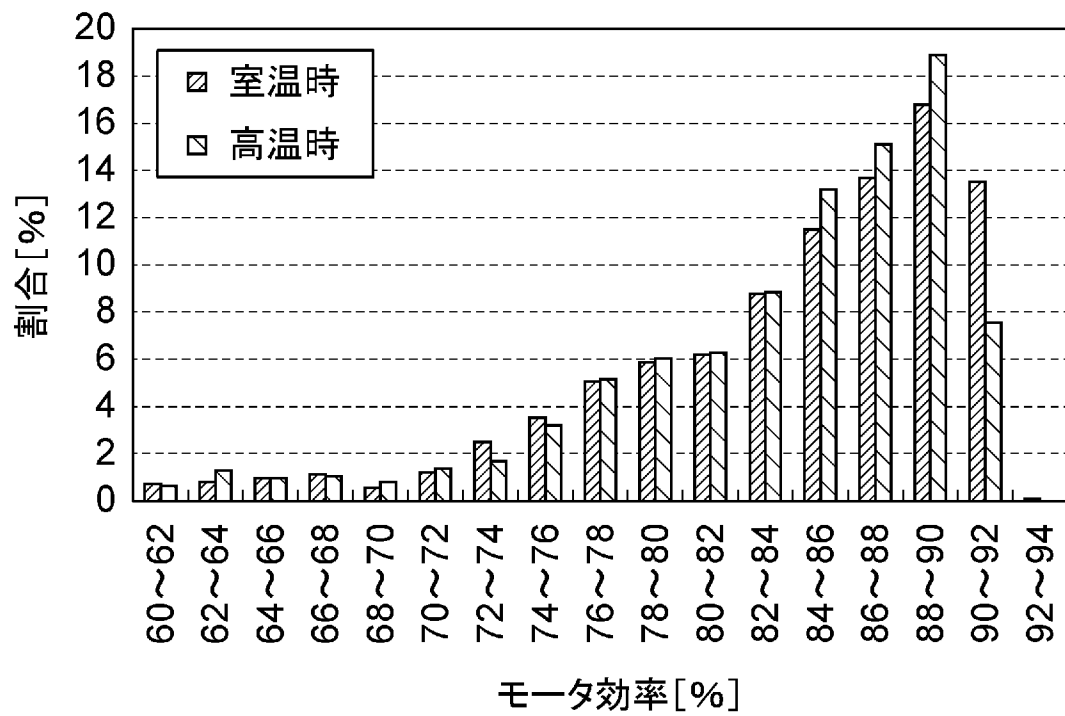


[図11]

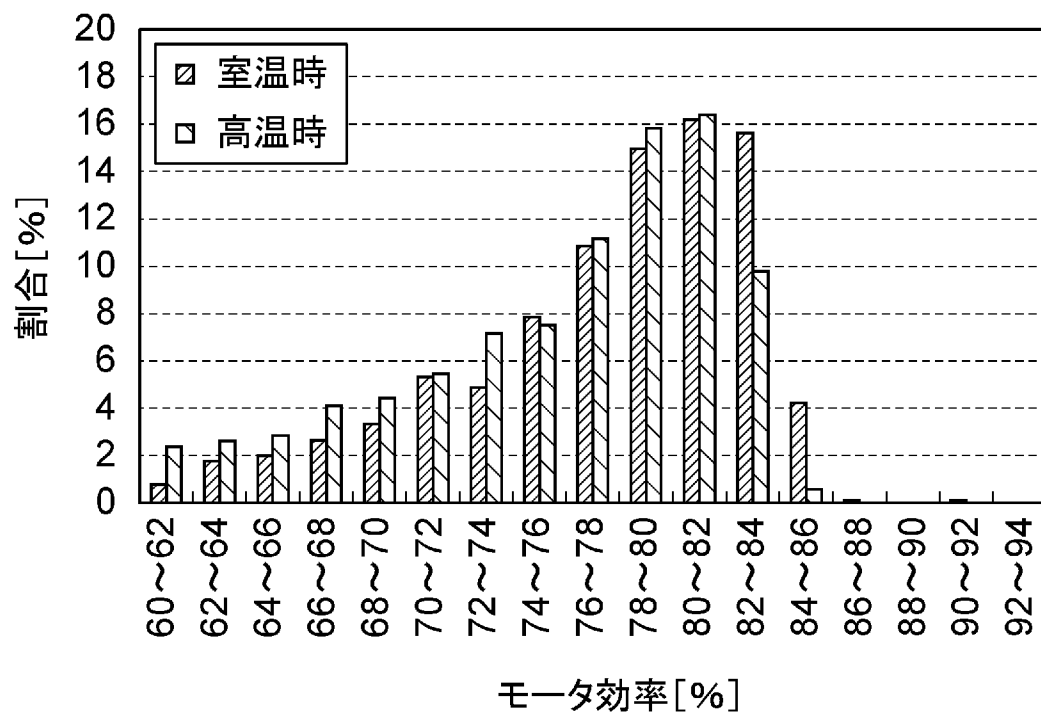


[図12]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053529

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K3/18(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)

H02K3/18

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	JP 2007-317636 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 06 December 2007 (06.12.2007), claims; fig. 1 to 5 & JP 2013-9593 A & US 2009/0102309 A1 claims; fig. 1 to 5 & US 2011/0163626 A1 & US 2011/0174042 A1 & US 2011/0162423 A1 & WO 2007/125838 A1 & EP 2017854 A1	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
 "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
18 April 2016 (18.04.16)

Date of mailing of the international search report
26 April 2016 (26.04.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K3/18(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（I P C））

Int.Cl. 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	1971-2016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	JP 2007-317636 A（三菱電線工業株式会社）2007.12.06, 特許請求の範囲, 図1-5 & JP 2013-9593 A & US 2009/0102309 A1, 特許請求の範囲, 図1-5 & US 2011/0163626 A1 & US 2011/0174042 A1 & US 2011/0162423 A1 & WO 2007/125838 A1 & EP 2017854 A1	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

18.04.2016

国際調査報告の発送日

26.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

小林 紀和

3 V

4240

電話番号 03-3581-1101 内線 3357