

(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
2018年7月12日(12.07.2018)



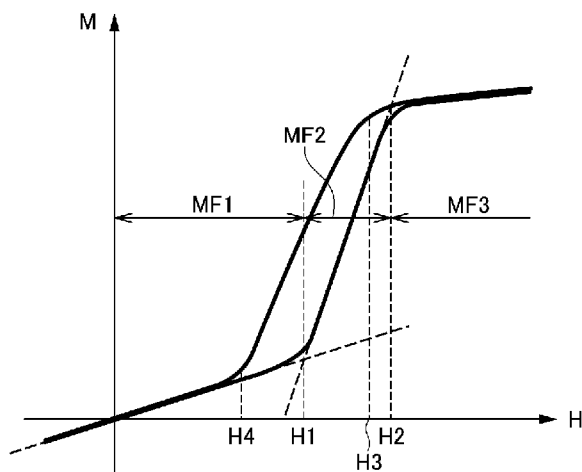
(10) 国際公開番号

WO 2018/128149 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 3/00 (2006.01) H01F 38/02 (2006.01)
H01F 7/16 (2006.01) H02H 9/02 (2006.01)
H01F 27/24 (2006.01) H02K 1/02 (2006.01)
H01F 37/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/046982
- (22) 国際出願日: 2017年12月27日(27.12.2017)
- (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 2017-000361 2017年1月5日(05.01.2017) JP
- (71) 出願人: T D K 株式会社(TDK CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080023 東京都港区芝浦三丁目
9番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 卓(SATO H Suguru); 〒1080023 東
京都港区芝浦三丁目9番1号 T D K 株式会
社内 Tokyo (JP). 松浦 研(MATSUURA Ken);
〒1080023 東京都港区芝浦三丁目9番1号
T D K 株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 鷲頭 光宏, 外(WASHIZU Mitsuhiro et
al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目5番
1号第三太陽ビル7F 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,

(54) Title: CORE, AND REACTOR, CURRENT LIMITER, ELECTROMAGNETIC ACTUATOR AND MOTOR USING SAID CORE

(54) 発明の名称: 磁心並びにこれを用いたリアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータ



(57) Abstract: [Problem] To provide a core that can be widely applied, e.g., in a reactor, current limiter, electromagnetic actuator, motor, etc. [Solution] The magnetic characteristics of this core 11 are such that, in a first quadrant of a graph with the magnetic field as the first axis and magnetic flux density or magnetization as the second axis, in a first magnetic field region MF1 with an intensity less than or equal to a first magnetic field intensity H1, the differential value of the magnetic flux density or magnetization with respect to the magnetic field is a first value, and in a second magnetic field region MF2 with an intensity greater than the first magnetic field intensity H1, the differential value of the magnetic flux density or magnetization with respect to the magnetic field is a second value greater than the first value. According to the present invention, a smaller magnetization is obtained in the first magnetic field region with the lower magnetic field intensity, and a greater magnetization is obtained in the second magnetic field region with the high magnetic field intensity. For this reason, if the magnetic field intensity changes from the first magnetic field region to the second magnetic field region, since magnetization increases rapidly, the core can be applied to various devices that utilize this phenomenon, such as a

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

reactor, a current limiter, an electromagnetic actuator or a motor.

(57) 要約: 【課題】リアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータなどに幅広く応用可能な磁心を提供する。【解決手段】磁心11の磁気特性は、第1軸を磁場とし第2軸を磁束密度又は磁化としたグラフの第1象限において、第1の磁場強度H1以下の第1の磁場領域MF1では、磁場に対する磁束密度又は磁化の微分値が第1の値であり、前記第1の磁場強度H1よりも強い第2の磁場領域MF2では、磁場に対する磁束密度又は磁化の微分値が第1の値よりも大きい第2の値である。本発明によれば、磁場強度の低い第1の磁場領域では小さな磁化が得られ、磁場強度の高い第2の磁場領域では大きな磁化が得られる。このため、磁場強度が第1の磁場領域から第2の磁場領域に変化した場合、磁化が急激に増大することから、この現象を利用したリアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータなど種々のデバイスに応用することが可能となる。

明 細 書

発明の名称：

磁心並びにこれを用いたリアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータ

技術分野

[0001] 本発明は、磁心並びにこれを用いたリアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータに関する。

背景技術

[0002] 磁心にコイルが巻回されてなるリアクトルは、限流器など様々な用途に使用されている。また、磁心は、電磁アクチュエータやモータなどにも広く利用されている。以下、限流器について説明する。

[0003] 電力系統や電気回路において短絡事故が発生すると、短絡箇所において瞬時に大電流が流れ、この電流によって系統機器や回路素子が損傷したり、場合によっては火災が発生したりすることもある。短絡事故発生時におけるこのような大電流を抑制するための機器として、従来から限流器が知られている。限流器は、近年における電力容量の増加や分散型電源の普及に伴って、今後ますます需要が高まるものと予想される。

[0004] 限流器の具体的な構成は、例えば特許文献1～4に記載されている。特許文献1及び2に記載された限流器は、サイリスタとダイオードとからなるブリッジ回路にリアクトルを接続した構成を有している。また、特許文献3に記載された限流器は、直列共振回路と並列共振回路を組み合わせた構成を有している。さらに、特許文献4に記載された限流器は、直流電源を用いて可飽和直流リアクトルに磁気バイアスをかける構成を有している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭49-50448号公報

特許文献2：特開平9-285012号公報

特許文献3：特開2010-17016号公報

特許文献4：特開2002-291150号公報

特許文献5：特許第6109453号公報

特許文献6：特開2015-220797号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1～4に記載された限流器は素子数が多く、装置構成が複雑である。特に、特許文献3に記載された限流器は、ノイズを抑えるためのフィルタ回路を別途設ける必要があることから、さらに回路構成が複雑となる。また、特許文献4に記載された限流器は、磁気バイアスをかけるための直流電源が常に必要であり、直流電源が失われると限流器として機能しないという問題があった。

[0007] このように、従来の限流器は装置構成が複雑であることから、信頼性の確保が難しいばかりでなく、保守負担も大きいという問題があった。しかも、装置構成の複雑さに起因して、十分な応答速度を得ることも困難であった。

[0008] また、特許文献5には、大電流が発生した場合に電流経路を遮断する電磁アクチュエータが開示されている。特許文献5に記載された電磁アクチュエータは、可動鉄心及び固定鉄心と、主回路電流が流れる引外し導体（コイル）とを備え、可動鉄心の末端を復帰ばねで固定することにより、大電流発生時にのみ遮断動作を行うよう構成されている。しかしながら、特許文献5に記載された電磁アクチュエータは、遮断動作を行う応答電流がばね特性によって決定されることから、応答速度が遅いだけでなく、ばねの経年劣化による信頼性に問題があった。

[0009] さらに、コイルを用いた電磁アクチュエータではないが、特許文献6にはメタ磁性材料を用いたアクチュエータが開示されている。しかしながら、特許文献6に記載されたアクチュエータは、温度による磁気相転移を利用して、急速な加熱や冷却が必要であり、応用範囲が非常に限られるという問題があった。

[0010] また、ロータ又はステータに軟磁性材料を用いた一般的なモータには、コギングトルクが生じるという問題があった。

[0011] したがって、本発明の一つの目的は、リアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータなどに幅広く応用可能な磁心を提供することである。

[0012] また、本発明の他の目的は、単純な装置構成を有する信頼性の高いリアクタンス型の限流器を提供することである。

[0013] 本発明のさらに他の目的は、応答速度が速く、且つ、信頼性の高い電磁アクチュエータを提供することである。

[0014] 本発明のさらに他の目的は、コギングトルクが低減されたモータを提供することである。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明による磁心は、磁気特性が、第1軸を磁場とし第2軸を磁束密度又は磁化としたグラフの第1象限において、第1の磁場強度以下の第1の磁場領域では、磁場に対する磁束密度又は磁化の微分値が第1の値であり、前記第1の磁場強度よりも強い第2の磁場領域では、磁場に対する磁束密度又は磁化の微分値が前記第1の値よりも大きい第2の値であることを特徴とする。

[0016] 本発明によれば、磁場強度の低い第1の磁場領域では磁化を持たない非磁性体として振る舞い、磁場強度の高い第2の磁場領域では磁化を持つ強磁性体として振る舞う。このため、磁場強度が第1の磁場領域から第2の磁場領域に変化した場合、磁化が急激に増大することから、この現象を利用したリアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータなど種々のデバイスに応用することが可能となる。

[0017] 例えば、本発明による磁心にコイルを巻回することによってリアクトルを構成し、これを限流器に応用すれば、コイルを流れる電流が所定値以下である場合には第1の磁場領域で動作することからリアクタンスが小さい一方、コイルを流れる電流が所定値を超えると第2の磁場領域で動作することからリアクタンスが増大する。これにより、電流が所定値以下である場合には、

電力系統や電気回路に対して実質的に負荷となることなく、電流が所定値を超えた場合に限流動作を行うことができる。しかも、磁心にコイルを巻回したシンプルな装置構成であることから、低コストで信頼性の高い限流器を提供することが可能となる。

[0018] また、本発明による磁心は、電磁アクチュエータに応用することも可能である。この場合、固定磁心と、可動磁心と、前記固定磁心及び前記可動磁心の少なくとも一方に巻回されたコイルとを備え、前記固定磁心及び前記可動磁心の前記少なくとも一方に本発明による磁心を用いれば良い。これによれば、応答速度が速く、且つ、信頼性の高い電磁アクチュエータを提供することが可能となる。

[0019] さらに、本発明による磁心は、モータに応用することも可能である。この場合、ロータとステータとを備え、前記ロータ及び前記ステータの少なくとも一方に本発明による磁心を用いれば良い。これによれば、コギングトルクが低減されたモータを提供することが可能となる。

[0020] 本発明において、前記磁心の磁気特性は、前記第2の磁場強度よりも強い第3の磁場領域では、磁場に対する磁束密度また磁化の微分値が前記第2の値よりも小さい第3の値であっても構わない。このような磁気特性を有する磁心を例えば限流器に用いる場合であっても、コイルを流れる電流が所定値を超えると大きなリアクタンスが発生することから、限流器として正しく機能する。このような磁気特性を示す材料としては、メタ磁性材料、パーミンバー特性材料及び合成反強磁性材料が挙げられる。特に、メタ磁性材料を用いる場合、磁場強度によって反強磁性から強磁性に転移する反強磁性強磁性転移型材料を用いることが好ましい。これによれば、常温を含む広い温度領域で使用することが可能となる。

[0021] 本発明において、前記磁心の磁気特性を示す特性曲線は、実質的に前記グラフの原点を通ることが好ましい。このようなヒステリシスの無い、或いは、ヒステリシスの非常に小さい材料を用いれば、例えば限流器や電磁アクチュエータなどを複数回に亘って安定して動作させることが可能となる。

発明の効果

[0022] このように、本発明によれば、リアクトル、限流器、電磁アクチュエータ及びモータなどに幅広く応用可能な磁心を提供することが可能となる。

[0023] また、本発明によれば、単純な装置構成を有する信頼性の高いリアクタンス型の限流器や、応答速度が速く、且つ、信頼性の高い電磁アクチュエータや、コギングトルクが低減されたモータを提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態による限流器10を用いた電気回路の回路図である。

[図2]図2は、限流器10を用いた電気回路の別の回路図である。

[図3]図3は、限流器10を用いた電気回路のさらに別の回路図である。

[図4]図4は、限流器10の具体的構成の一例を示す図である。

[図5]図5は、磁心11に用いられる磁性材料の磁気特性を示すグラフである。

[図6]図6は、磁心11に用いられる磁性材料の磁気特性を示すグラフであり、第1象限(I)のみを示している。

[図7]図7は、限流器10のコイル12に流れる電流IとインダクタンスLとの関係を示すグラフである。

[図8]図8は、コイル12にかかる電圧Vとコイル12に流れる電流Iとの関係を示すグラフである。

[図9]図9は、磁心11に用いられる磁性材料の磁気特性を示す別のグラフである。

[図10]図10は、図9に示す特性の微分値を示すグラフである。

[図11]図11は、図9に示す特性の二回微分値を示すグラフである。

[図12]図12は、コイル12に流れる電流IとB/Hの値との関係を示すグラフである。

[図13]図13は、本発明の第2の実施形態による電磁アクチュエータ60の構成を説明するための模式図である。

[図14]図 1 4 は、本発明の第 3 の実施形態によるモータ 7 0 の構成を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態について詳細に説明する。

[0026] 図 1 は、本発明の第 1 の実施形態による限流器 1 0 を用いた電気回路の回路図である。

[0027] 図 1 に示す電気回路は、交流電源 2 0 に直列に接続された限流器 1 0 及び負荷 3 0 からなる。交流電源 2 0 は例えば商用電源であり、負荷 3 0 は交流電源 2 0 から供給される電力によって動作する各種電気機器である。本実施形態による限流器 1 0 は、交流電源 2 0 と負荷 3 0 との間に直列に接続され、負荷 3 0 が短絡事故を起こした場合に流れる大電流を抑制する役割を果たす。図 2 に示すように、負荷 3 0 に対して遮断器 4 0 を直列に接続しても構わない。遮断器 4 0 を用いれば、負荷 3 0 が短絡事故を起こした場合、限流器 1 0 によって大電流が抑制された状態で遮断器 4 0 による遮断動作を行うことができる。

[0028] 図 1 及び図 2 に示すように、本実施形態による限流器 1 0 は単純なリアクトルである。詳細については後述するが、限流器 1 0 のリアクタンスは、電流 I が所定値以下である通常動作時においては十分に小さく、これにより電気回路に与えるインピーダンスは非常に小さい。これに対し、電流 I が所定値を超えた異常時においては、限流器 1 0 のリアクタンスが大幅に上昇する。これにより、交流電源 2 0 に対して大きなインピーダンスとして働くことから、電流 I の増加が抑制される。このようなリアクタンスの変化はリアクトルの磁心に印加される磁場の変化（電磁誘導の原理）によるものであり、電流 I の変化に対して自発的に生じることから、電流値を検出するための素子などは不要である。

[0029] 尚、通常動作時のリアクタンス成分に起因した電圧降下をより低減させるためには、図 3 に示すように、限流器 1 0 と共振するコンデンサ 5 0 を直列

に接続すればよい。そして、限流器 10 とコンデンサ 50 からなる共振回路の共振周波数を交流電源 20 の周波数と一致させれば、通常動作時における限流器 10 のインピーダンスを大幅に低減することが可能となる。

[0030] 尚、本実施形態による限流器 10 はリアクトル型であることから、交流回路への応用が好適である。しかしながら、リアクタンスには電流増加を遅延させる作用があるため、大電流を遮断する遮断器 40 を用いることを前提とすれば、本実施形態による限流器 10 を直流回路に使用した場合であっても、遮断器 40 の遮断容量（遮断可能な最大電力値）を超えるリスクを軽減することが可能となる。したがって、本実施形態による限流器 10 は、直流回路に使用することも可能である。

[0031] 図 4 は、本実施形態による限流器 10 の具体的構成の一例を示す図である。

[0032] 図 4 に示す限流器 10 は、トロイダル型の磁心 11 と、磁心 11 に巻回されたコイル 12 によって構成されている。コイル 12 は、抵抗値の低い銅（Cu）を芯材に用いた被覆導線などを用いることが好ましい。トロイダル型の磁心 11 は閉磁路を構成しており、磁心 11 に巻回されたコイル 12 に電流 I が流れると、トロイダル型の磁心 11 を周回する磁束が発生する。しかしながら、電流 I が所定値以下である通常動作時には磁心 11 の透磁率が十分に低く、このため発生するリアクタンスも小さい。そして、電流 I が所定値を超えた異常時には磁心 11 の透磁率が急激に増加し、これによりリアクタンスも急激に増加する。

[0033] このような現象を発現させるべく、本実施形態においては、磁心 11 の材料として以下に詳述する磁性材料を用いている。

[0034] 図 5 は、磁心 11 に用いられる磁性材料の磁気特性を示すグラフであり、第 1 軸である横軸（X 軸）は磁場 H を示し、第 2 軸である縦軸（Y 軸）は磁化 M を示している。図 5 において、符号 A は磁心 11 の磁気特性を示し、符号 SM は一般的な軟磁性材料の磁気特性を示し、符号 HM は一般的な硬磁性材料の磁気特性を示している。

[0035] 図5において符号SMで示すように、一般的な軟磁性材料は、低磁場領域においては透磁率が高く容易に磁化される一方、磁場強度が所定値を超えると磁気飽和を起し、それ以上はほとんど磁化されないという特性を示す。言い換えれば、磁気飽和しない磁場領域では、磁場Hに対する磁化Mの微分値が大きく、磁気飽和する磁場領域では、磁場Hに対する磁化Mの微分値が小さくなる。また、一般的な軟磁性材料は、ヒステリシスが無い、或いは、ヒステリシスが非常に小さいことから、符号SMで示す特性曲線は、グラフの原点又はその近傍を通る。したがって、符号SMで示す特性曲線は、グラフの第1象限（Ⅰ）及び第3象限（ⅢⅢ）に現れ、第2象限（ⅡⅡ）及び第4象限（ⅣⅣ）には実質的に現れない。

[0036] 図5において符号HMで示すように、一般的な硬磁性材料は大きなヒステリシスを有しており、磁場がゼロであっても磁化された状態が維持される。このため、符号HMで示す特性曲線は、グラフの第1象限（Ⅰ）～第4象限（ⅣⅣ）の全てに現れる。

[0037] これらの一般的な強磁性材料に対し、本実施形態において磁心11に用いる磁性材料は、グラフの第1象限（Ⅰ）及び第3象限（ⅢⅢ）において符号Aで示すように、低磁場領域においては透磁率が低いためほとんど磁化されず、中磁場領域においては透磁率が高くなって容易に磁化され、さらに、強磁場領域になると磁気飽和を起し、それ以上はほとんど磁化されないという特性を示す。選択する材料によっては、第1象限（Ⅰ）及び第3象限（ⅢⅢ）内において僅かにヒステリシスが存在するが、残留磁化はゼロ又は非常に小さいため、符号Aで示す特性曲線は実質的にグラフの原点を通る。符号Aで示す特性曲線が厳密にグラフの原点を通らない場合であっても、横軸又は縦軸の原点近傍を通ることになる。このことは、当該磁性材料が初期状態であるか、或いは、繰り返し磁場を印加した後の状態であるかにかかわらず、同じ磁気特性が得られることを意味する。このため、当該磁性材料を用いた限流器10は繰り返し使用することができ、且つ、限流動作が完了した後、自動復旧する。

[0038] 図6は、磁心11に用いられる磁性材料の磁気特性を示すグラフであり、第1象限(Ⅰ)のみを示している。

[0039] 図6を用いて磁心11の磁気特性についてより具体的に説明すると、磁場Hが無い状態から磁場を高めていくと、第1の磁場強度H1までの領域(第1の磁場領域MF1)においては透磁率が低く、このため磁化Mの増加は僅かである。グラフの傾き、つまり、磁場Hに対する磁化Mの微分値は透磁率に連動する。第1の磁場領域MF1における透磁率は非磁性材料の透磁率と同程度であり、したがって、第1の磁場領域MF1においては実質的に非磁性材料として振る舞う。

[0040] 一方、第1の磁場強度H1から第2の磁場強度H2までの領域(第2の磁場領域MF2)においては透磁率が急激に高くなり、磁化Mの値は大幅に増加する。つまり、磁場を高めていくと、第1の磁場強度H1を境として透磁率が急激に増加する。第2の磁場領域MF2における透磁率は軟磁性材料の透磁率に近く、したがって、第2の磁場領域MF2においては軟磁性的に振る舞う。

[0041] さらに磁場を高めることによって第2の磁場強度H2を超えると(第3の磁場領域MF3)、磁気飽和を起こし、グラフの傾き、つまり透磁率は再び低下する。

[0042] 逆に、第3の磁場領域MF3から磁場を弱めていき、第3の磁場強度H3を下回ると、第4の磁場強度H4までの領域で再び透磁率が高くなる。そして、第4の磁場強度H4を下回ると透磁率が低下し、再び非磁性材料として振る舞う。このように、第1象限(Ⅰ)内においてはヒステリシスを有しているものの、残留磁化はほとんど存在しないため、磁場Hを一旦ゼロ近辺に戻せば、再び上述した特性と同じ特性が得られる。

[0043] 磁心11を構成する磁性材料としては、上述した磁気特性を有する磁性材料であれば特に限定されないが、一例として、メタ磁性材料、パーミンバー特性材料及び合成反強磁性材料を挙げることができる。磁心11を構成する磁性材料は、メタ磁性材料、パーミンバー特性材料又は合成反強磁性材料の

単体であっても構わないし、これらの組み合わせでも構わないし、磁心 11 の一部が強磁性材料によって構成されていても構わない。

[0044] 磁心 11 をこのような磁性材料によって構成すれば、限流器 10 のコイル 12 に流れる電流 I の大きさによってインダクタンスを大きく変化させることが可能となる。ここで、磁心 11 に与えられる磁場 H は、コイル 12 の構造及びコイル 12 に流れる電流 I によって決まり、磁路長を ML 、コイル 12 の巻数を N とした場合、

$$H = N \times I / ML$$

で定義される。

[0045] 図 7 は、限流器 10 のコイル 12 に流れる電流 I とインダクタンス L との関係を示すグラフである。ここで、図 7 に示す電流値 I_1 は、磁心 11 に与えられる磁場 H が第 1 の磁場強度 H_1 となる電流値である。また、図 7 に示す電流値 I_2 は、磁心 11 に与えられる磁場 H が第 2 の磁場強度 H_2 となる電流値である。

[0046] 図 7 に示すように、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I_1 以下であれば、限流器 10 のインダクタンスの値は L_1 であり、十分に低い。これは、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I_1 以下である場合、磁心 11 が第 1 の磁場領域 MF_1 にあり、透磁率が十分に低いからである。これにより、限流器 10 は電気回路に対してほとんど負荷とならない。ここで、第 1 の磁場領域 MF_1 における磁心 11 の透磁率を μ_1 、磁心 11 の断面積を S とした場合、第 1 の磁場領域 MF_1 におけるインダクタンス L_1 は、

$$L_1 = \mu_1 \times N^2 \times S / ML$$

で定義される。

[0047] これに対し、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I_1 を超えると、限流器 10 のインダクタンスの値は L_2 ($> L_1$) へ急激に増加する。これは、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I_1 を超えると、磁心 11 が第 2 の磁場領域 MF_2 となるため、透磁率が急激に増加するからである。第 1 の電流値 I_1 は限流器 10 の動作開始点であり、コイル 12 に流れる電流

I が第 1 の電流値 I₁ を超えると、限流器 10 のインダクタンスが急激に増加する。これにより、電気回路に第 1 の電流値 I₁ を超える電流が流れると、限流器 10 は自発的に限流動作を開始することになる。ここで、第 2 の磁場領域 MF 2 における磁心 11 の透磁率を μ_2 とした場合、第 2 の磁場領域 MF 2 におけるインダクタンス L₂ は、

$$L_2 = \mu_2 \times N^2 \times S / ML$$

で定義される。

[0048] そして、コイル 12 に流れる電流 I が第 2 の電流値 I₂ を超えると、限流器 10 のインダクタンスの値は L₃ (< L₂) へ急激に減少する。これは、コイル 12 に流れる電流 I が第 2 の電流値 I₂ を超えると、磁心 11 が第 3 の磁場領域 MF 3 となるからである。

[0049] 図 8 は、コイル 12 にかかる電圧 V とコイル 12 に流れる電流 I との関係を示すグラフである。図 8 に示すグラフは、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I₁ 以下である場合にはグラフの傾きが示すインピーダンス Z₁ が低く、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I₁ を超えると、インピーダンス Z₂ が増加することを示している。

[0050] このように、本実施形態による限流器 10 は、磁心 11 が図 5 及び図 6 に示す磁気特性を有していることから、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I₁ 以下である場合にはほとんど負荷とならない一方、コイル 12 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I₁ を超えると、インダクタンスの急激な増加によって限流動作を行うことが可能となる。尚、図 5 及び図 6 に示したグラフは縦軸が磁化 M であるが、縦軸を磁束密度 B に置き換えても、同様の関係が成り立つ。

[0051] 図 9 は、磁心 11 に用いられる磁性材料の磁気特性を示す別のグラフであり、第 1 軸である横軸は磁場 H を示し、第 2 軸である縦軸は磁束密度 B を示している。

[0052] 図 9 に示すように、縦軸を磁束密度 B に置き換えた場合であっても、磁心 11 の磁気特性は、グラフの第 1 象限 (I) において同様の特性曲線を描く

。つまり、低磁場である第1の磁場領域MF1においては傾きが小さく、中磁場である第2の磁場領域MF2においては傾きが急激に大きくなり、強磁場である第3の磁場領域MF3においては傾きが再び小さくなる。また、図9に示すグラフにおいても、磁心11の磁気特性を示す特性曲線は実質的に原点を通り、厳密にグラフの原点を通らない場合であっても、横軸又は縦軸の原点近傍を通る。

[0053] 図10は図9に示す特性の微分値を示すグラフであり、図11は図9に示す特性の二回微分値を示すグラフである。図10に示す特性は、磁心11を構成する磁性材料の微分透磁率に相当する。

[0054] 図10に示すように、図9に示す特性を一回微分すると、第2の磁場領域MF2において微分値が極大となる。第1の磁場領域MF1及び第3の磁場領域MF3では、微分値は小さい値のままである。そして、図11に示すように、図9に示す特性を二回微分すると、第2の磁場領域MF2において二回微分値が正の値から負の値に反転する。第1の磁場領域MF1及び第3の磁場領域MF3では、二回微分値はほぼゼロである。このように、磁心11に用いられる磁性材料は、磁場Hに対して磁束密度Bを二回微分すると、二回微分値が正の値から負の値に反転するという特徴を有している。

[0055] 図12は、コイル12に流れる電流Iと B/H の値との関係を示すグラフである。 B/H の値は平均透磁率に相当する。

[0056] 図12に示すように、コイル12に流れる電流Iが第1の電流値I1以下である場合には、 B/H の値（平均透磁率）は低く、その変化もほとんど無いことから、電気回路に与える影響は僅かである。これに対し、コイル12に流れる電流Iが第1の電流値I1を超えると、 B/H の値（平均透磁率）が急激に増加する。その後、コイル12に流れる電流Iが第2の電流値I2を超えると、 B/H の値（平均透磁率）が徐々に減少する。これは、第3の磁場領域MF3においては磁心11が磁気飽和するからである。

[0057] 既に説明した通り、磁心11を構成する磁性材料としては、メタ磁性材料、パーミンバー特性材料及び合成反強磁性材料を挙げることができる。どの

磁性材料を使用するかは、限流器 10 に求められる諸特性（主に、第 1 の磁場強度 H_1 の値）に応じて適宜選択すればよい。

[0058] メタ磁性材料とは、磁場により常磁性（PM: Paramagnetic）もしくは反強磁性（AFM: Anti-Ferromagnetic）から強磁性（FM: Ferromagnetic）に一次相転移する材料を指す。磁場による一次相転移とは、磁場に関する磁化の変化が不連続になる点をもつことを指す。メタ磁性材料において一次相転移が生じる磁場は、通常 1 ~ 10 T と比較的大きな磁場であるため、これを磁心 11 の材料として用いる限流器 10 としては、電力系統、大容量コンデンサ回路、電力用トランス回路といった大電流用の用途が好適である。尚、一部の反強磁性材料も、磁場 H を著しく高めれば磁束密度 B が急激に増加する特性が得られるが、そのような変化をもたらす磁場強度（つまり、第 1 の磁場強度 H_1 ）は 10 ~ 100 T と極めて強く、限流器 10 のコイル 12 によってそのような磁場を作ることは現実的に不可能である。このため、磁心 11 の材料として反強磁性材料を用いても、事実上、限流器として機能させることは困難である。

[0059] メタ磁性材料は、磁場により常磁性から強磁性に転移する常磁性強磁性転移型（PM-FM 転移型）と、反強磁性から強磁性に転移する反強磁性強磁性転移型（AFM-FM 転移型）に分類される。PM-FM 転移型は、キュリー温度の近傍でのみ一次相転移が生じることから、限流器 10 の動作温度もキュリー温度付近に限られる。これに対し、AFM-FM 転移型は、反強磁性状態が消失するネール温度以下であれば一次相転移が生じるため、より幅広い温度で限流器 10 を動作させることが可能となる。

[0060] メタ磁性材料の具体例としては、 $\text{La}(\text{FeSi})_{13}$ 系、 $\text{La}(\text{FeSi})_{13}\text{H}$ 系、 MnAs 系、 $\text{Mn}(\text{AsSb})$ 系、 MnAl 系、 FeRh 系、 NiMnIn 系、 Mn_3GaC 系、 Mn_3SnC 系、 Mn_3SnB 系材料が挙げられる。特に、室温近傍において一次相転移が生じる $\text{La}(\text{FeSi})_{13}\text{H}$ 系、 MnAs 系、 $\text{Mn}(\text{AsSb})$ 系、 MnAl 系材料が好ましく、最も好ましいのは、AFM-FM 転移型メタ磁性材料である MnAl 系材料である。

室温近傍において一次相転移が生じない材料を使用する場合は、ヒーターもしくは冷却装置を用いて、一次相転移が生じる温度帯に維持すればよい。

[0061] 次に、パーミンバー特性材料とは、パーミンバーと呼ばれる $\text{Ni}_{45}\text{wt}\% \text{Co}_{25}\text{wt}\% \text{Fe}$ 残で確認された特殊な $B-H$ 特性を示す材料である。具体的には、パーミンバー、 Mo パーミンバー、超パーミンバー、イソパーム、センパームなどが挙げられる。また、 Ni-Zn フェライトや Co-B 系アモルファス材料もパーミンバー特性材料として挙げられる。

[0062] パーミンバー特性材料は、比較的低い磁場ではヒステリシスがなく、且つ、傾きの小さい直線的な $B-H$ 特性を示し、ある磁場（第1の磁場強度 H_1 ）を超えると、傾きの大きな $B-H$ 特性を示す。パーミンバー特性材料を用いた場合、第1の磁場強度 H_1 は、メタ磁性材料の $1/100 \sim 1/1000$ であるため、これを磁心11の材料として用いれば、小電力用の限流器を構成することが可能となる。

[0063] また、パーミンバー特性材料は、強磁性が保たれるキュリー温度以下であれば、磁場強度に応じた透磁率の変化が生じるため、室温を含めた幅広い温度での動作が可能である。さらに、パーミンバー特性材料は、磁場印加による磁歪が小さいため、磁心11として用いた場合に高い耐久性を得ることも可能となる。しかも、パーミンバー特性材料を構成する組成は、多くが遷移金属であるため、白金族元素や希土類元素を含んだメタ磁性材料と比較して、材料コストが安いという利点もある。

[0064] 尚、パーミンバー特性材料は、通常動作時（つまり、第1の磁場領域 MF_1 ）における透磁率がメタ磁性材料と比較して $10 \sim 100$ 倍以上の値を持つことから、磁心11の材料としてパーミンバー特性材料を用いた限流器10は、通常動作時にはリアクトルとして利用することも可能である。

[0065] 次に、合成反強磁性材料とは、強磁性相と強磁性相が反強磁性的に結合することで、反強磁性的な特性を示す材料を指す。合成反強磁性材料は、反強磁性材料とは異なり、反強磁性結合強度が小さいため、ある磁場（第1の磁場強度 H_1 ）を超えると、強磁性的な磁化配列となる。具体的な材料として

は、 $\text{FeCo}/\text{Ru}/\text{FeCo}$ 薄膜が挙げられる。合成反強磁性材料を用いた場合、第1の磁場強度 H_1 は、メタ磁性材料の $1/10 \sim 1/100$ であるため、これを磁心11の材料として用いれば、中電力用の限流器を構成することが可能となる。

[0066] 以上説明したように、本実施形態による限流器10は、上述した特性を有する磁性材料からなる磁心11にコイル12を巻回したものであり、非常にシンプルな構成を有している。これにより、ダイオード及びサイリスタなどの能動素子や、直流電源などを用いることなく、自発的かつ高速に限流動作を行うことができることから、低コスト化及び信頼性の向上を実現することが可能となる。

[0067] 図13は、本発明の第2の実施形態による電磁アクチュエータ60の構成を説明するための模式図である。

[0068] 図13に示す電磁アクチュエータ60は、可動磁心61と、固定磁心62と、可動磁心61に巻回されたコイル63とを備えている。固定磁心62は鉄などの強磁性材料からなり、可動磁心61は図5及び図6に示した特性を有する磁性材料からなる。これにより、図7を用いて説明したように、コイル63に流れる電流 I が第1の電流値 I_1 以下である場合には、可動磁心61が実質的に非磁性材料として振る舞うことから、可動磁心61と固定磁心62が分離した状態が保たれる。そして、コイル63に流れる電流 I が第1の電流値 I_1 を超えると、磁化の急激な増加によって、可動磁心61と固定磁心62の間に吸引力が生じ、両者が密着する。

[0069] このように、本実施形態による電磁アクチュエータ60は、可動磁心61の材料として図5及び図6に示した特性を有する磁性材料を用いていることから、大電流の発生時に電流経路を遮断する回路遮断器に応用することが好適である。この場合、遮断動作を行う応答電流が可動磁心61の材料特性によって決まるため、高い応答速度を実現することができるとともに、ばねの経年劣化などによる信頼性の低下が生じない。

[0070] 尚、図13に示した例では、図5及び図6に示した特性を有する磁性材料

を可動磁心 6 1 に用いているが、これに変えて、図 5 及び図 6 に示した特性を有する磁性材料を固定磁心 6 2 に用いても構わない。この場合、可動磁心 6 1 の材料として鉄などの強磁性材料を用いれば良い。さらに、可動磁心 6 1 及び固定磁心 6 2 の両方に図 5 及び図 6 に示した特性を有する磁性材料を用い、両者にコイル 6 3 を巻回しても構わない。

[0071] 図 1 4 は、本発明の第 3 の実施形態によるモータ 7 0 の構成を説明するための模式図である。

[0072] 図 1 4 に示すモータ 7 0 は、ステータ 7 1 とロータ 7 4 を備える。ステータ 7 1 の内周壁には、ステータ 7 1 の一部である複数のステータ磁極 7 2 が周期的に配置されており、各ステータ磁極 7 2 にはコイル 7 3 が巻回されている。また、ロータ 7 4 の外周壁には、ステータ磁極 7 2 と対向するよう、ステータ磁極 7 2 と同数の永久磁石 7 5 が配置されている。

[0073] そして、本実施形態においては、ステータ磁極 7 2 の材料として、図 5 及び図 6 に示した特性を有する磁性材料が用いられている。ステータ磁極 7 2 だけでなく、ステータ 7 1 の全体を当該磁性材料によって構成しても構わない。これにより、図 7 を用いて説明したように、コイル 7 3 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I_1 以下である場合には、ステータ磁極 7 2 が実質的に非磁性材料として振る舞うことから、コギングトルクはほとんど発生しない。そして、コイル 7 3 に流れる電流 I が第 1 の電流値 I_1 を超えると、ステータ磁極 7 2 が軟磁性的に振る舞うことから、ロータ 7 4 を回転させることが可能となる。このように、実施形態によるモータ 7 0 はコギングトルクが低減されていることから、電流に対するトルクが大きくなり、高い回転効率を得ることが可能となる。

[0074] 尚、図 1 4 に示した例では、図 5 及び図 6 に示した特性を有する磁性材料をステータ 7 1 側（ステータ磁極 7 2）に用いているが、これに変えて、ロータ 7 4 側に用いても構わない。さらに、図 1 4 には回転型のモータを例示したが、リニアモータに適用することも可能である。

[0075] 以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、上記の

実施形態に限定されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

[0076] 例えば、第1の実施形態による限流器10は、トロイダル型の磁心11にコイル12を巻回した構成を有しているが、本発明による限流器がこれに限定されるものではない。したがって、磁心の形状としてはトロイダル型以外のE型、U型、I型形状であっても構わない。また、磁心11には磁気ギャップが設けられていても構わない。コイル12についても、銅(Cu)を芯材に用いた被覆導線に限定されず、超伝導体を用いても構わない。

符号の説明

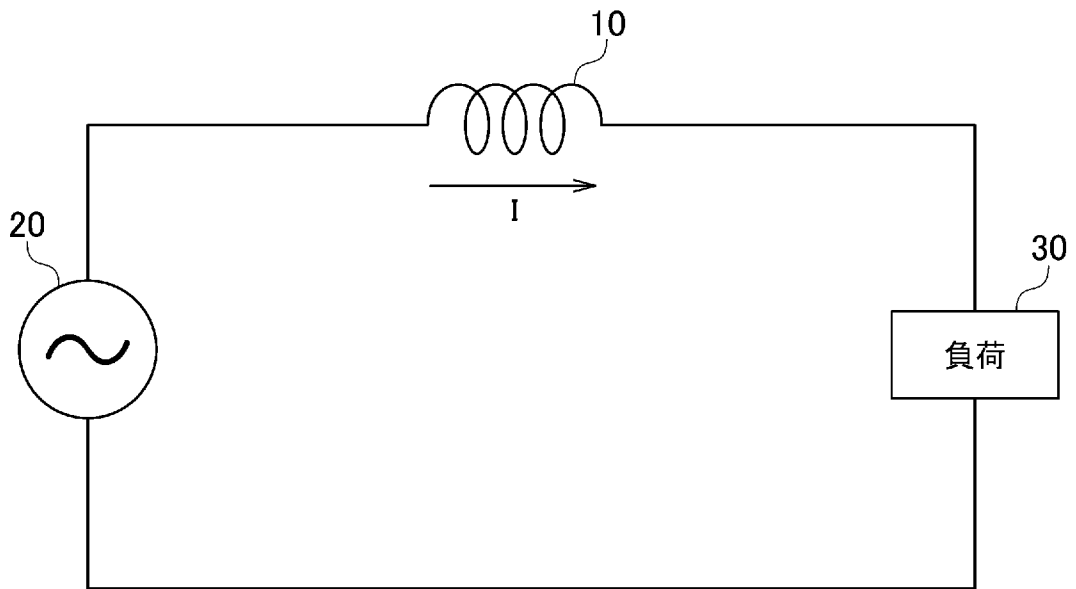
[0077]	10	限流器
	11	磁心
	12	コイル
	20	交流電源
	30	負荷
	40	遮断器
	50	コンデンサ
	60	電磁アクチュエータ
	61	可動磁心
	62	固定磁心
	63	コイル
	70	モータ
	71	ステータ
	72	ステータ磁極
	73	コイル
	74	ロータ
	75	永久磁石

請求の範囲

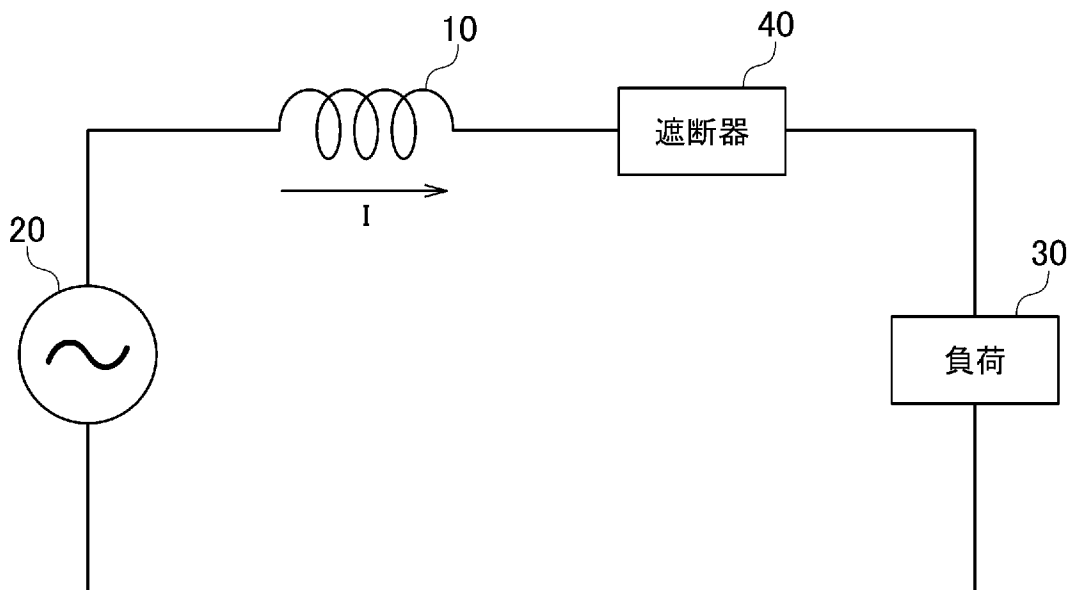
- [請求項1] 磁気特性が、第1軸を磁場とし第2軸を磁束密度又は磁化としたグラフの第1象限において、第1の磁場強度以下の第1の磁場領域では、磁場に対する磁束密度又は磁化の微分値が第1の値であり、前記第1の磁場強度よりも強い第2の磁場領域では、磁場に対する磁束密度又は磁化の微分値が前記第1の値よりも大きい第2の値であることを特徴とする磁心。
- [請求項2] 前記磁気特性が、前記第2の磁場強度よりも強い第3の磁場領域では、磁場に対する磁束密度又は磁化の微分値が前記第2の値よりも小さい第3の値であることを特徴とする請求項1に記載の磁心。
- [請求項3] 前記磁気特性を示す特性曲線は、実質的に前記グラフの原点を通ることを特徴とする請求項1又は2に記載の磁心。
- [請求項4] メタ磁性材料を含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の磁心。
- [請求項5] 前記メタ磁性材料は、磁場強度によって反強磁性から強磁性に転移する反強磁性強磁性転移型材料であることを特徴とする請求項4に記載の磁心。
- [請求項6] パーミンバー特性材料を含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の磁心。
- [請求項7] 合成反強磁性材料を含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の磁心。
- [請求項8] 請求項1乃至7のいずれか一項に記載の磁心と、前記磁心に巻回されたコイルとを備えることを特徴とするリアクトル。
- [請求項9] 請求項8に記載のリアクトルを備える限流器。
- [請求項10] 固定磁心と、可動磁心と、前記固定磁心及び前記可動磁心の少なくとも一方に巻回されたコイルとを備え、前記固定磁心及び前記可動磁心の前記少なくとも一方は、請求項1乃至7のいずれか一項に記載の磁心を含むことを特徴とする電磁アクチュエータ。

[請求項11] ロータとステータとを備え、前記ロータ及び前記ステータの少なくとも一方は、請求項1乃至7のいずれか一項に記載の磁心を含むことを特徴とするモータ。

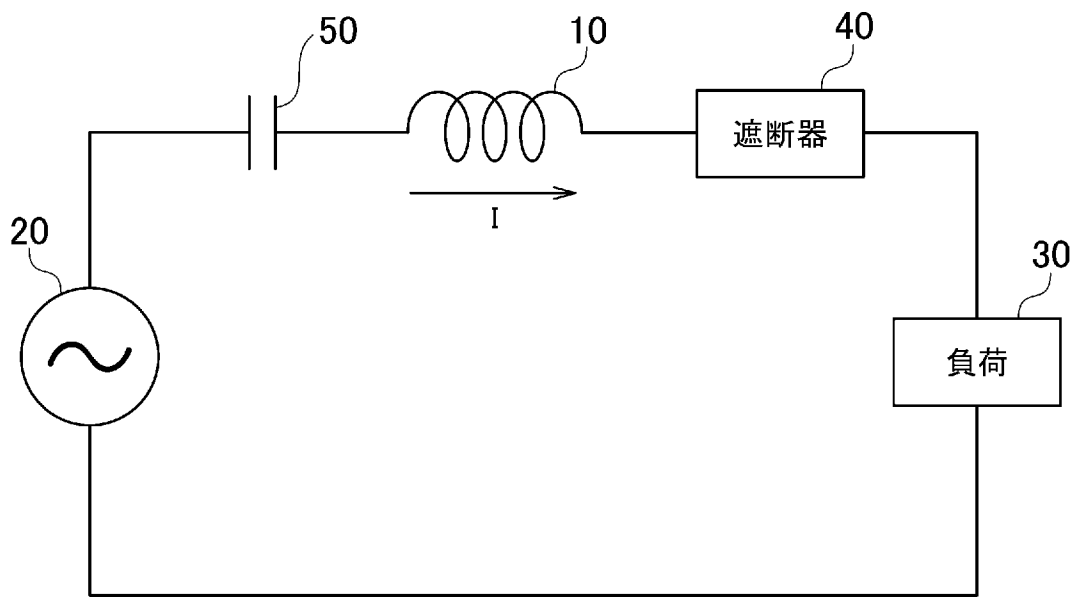
[図1]



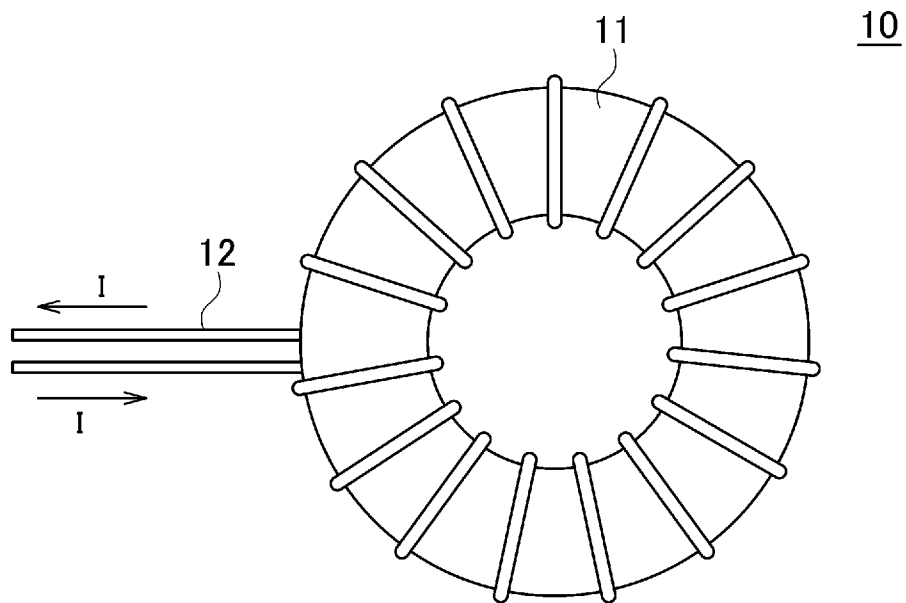
[図2]



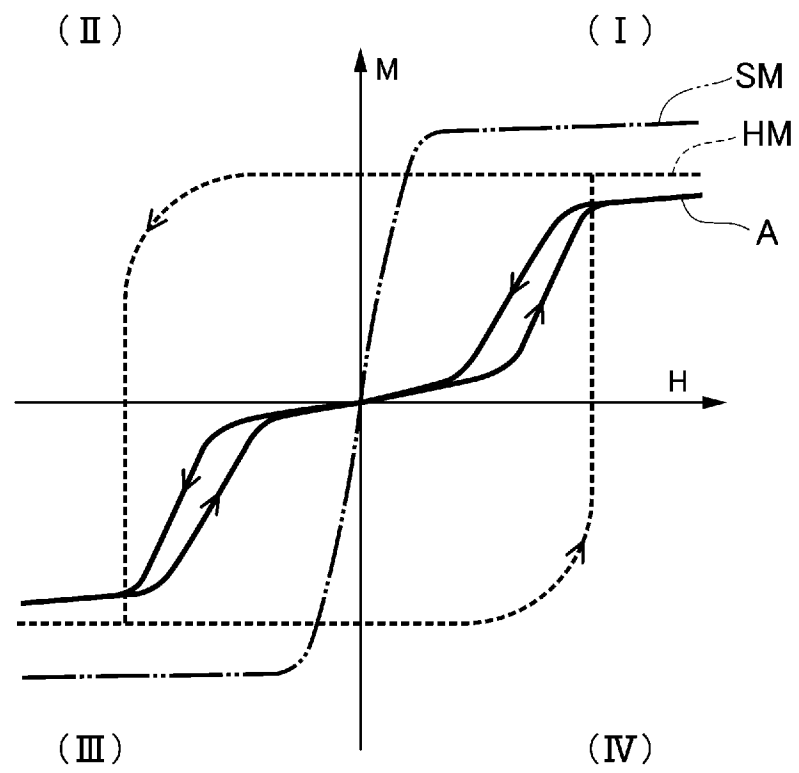
[図3]



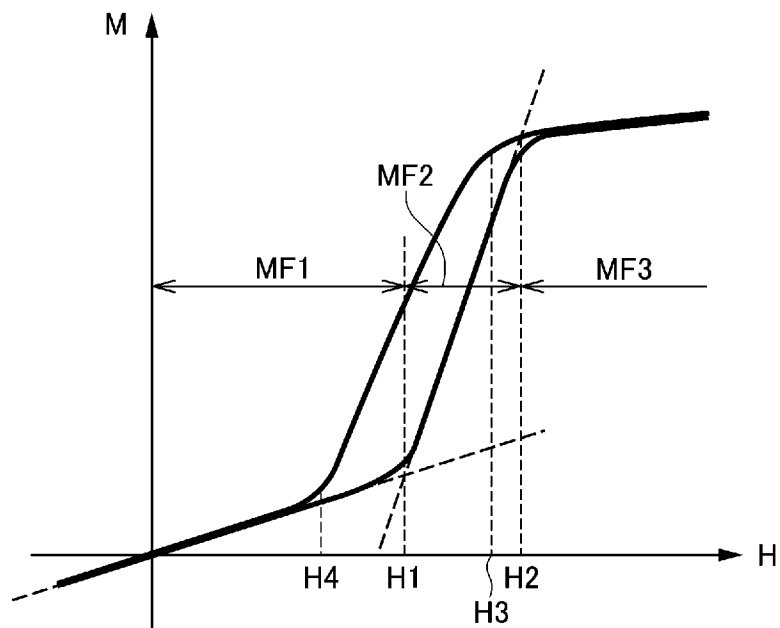
[図4]



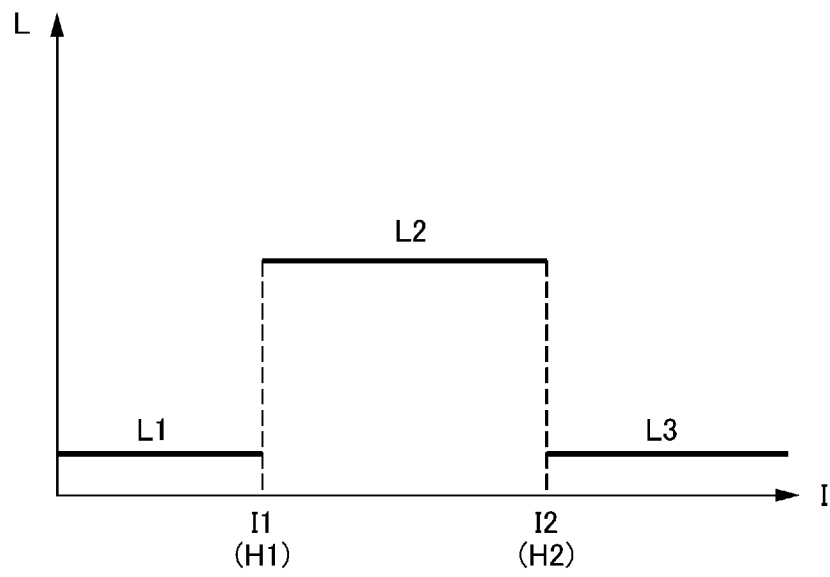
[図5]



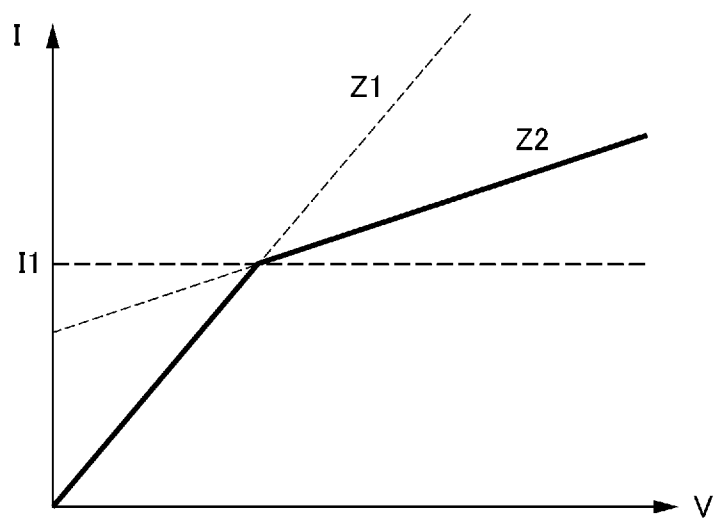
[図6]



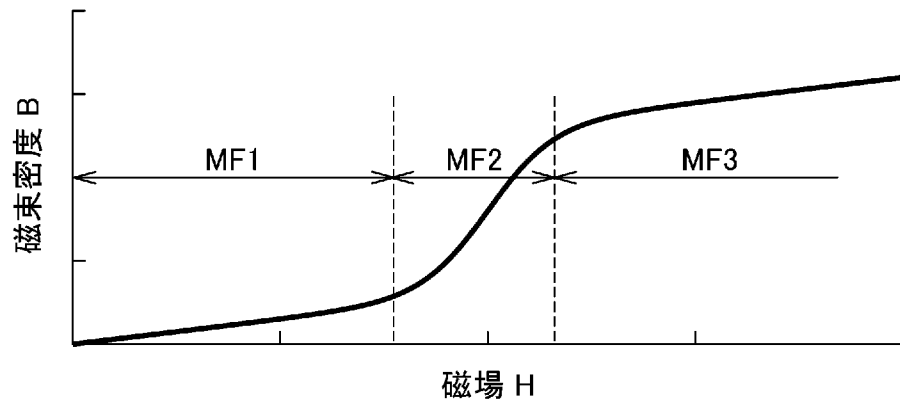
[図7]



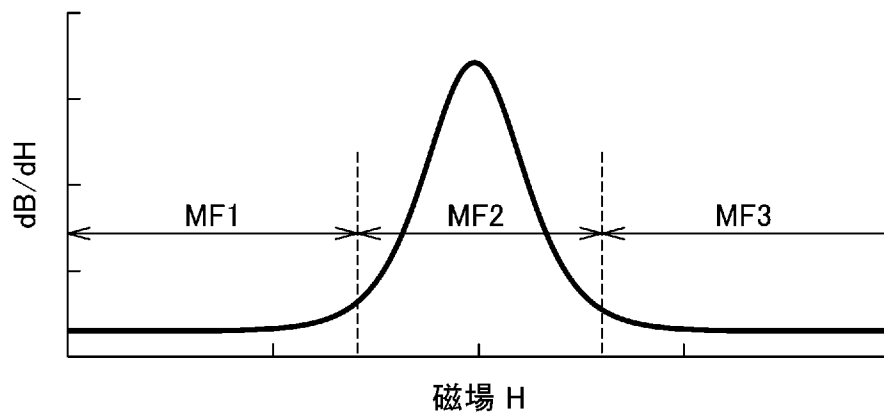
[図8]



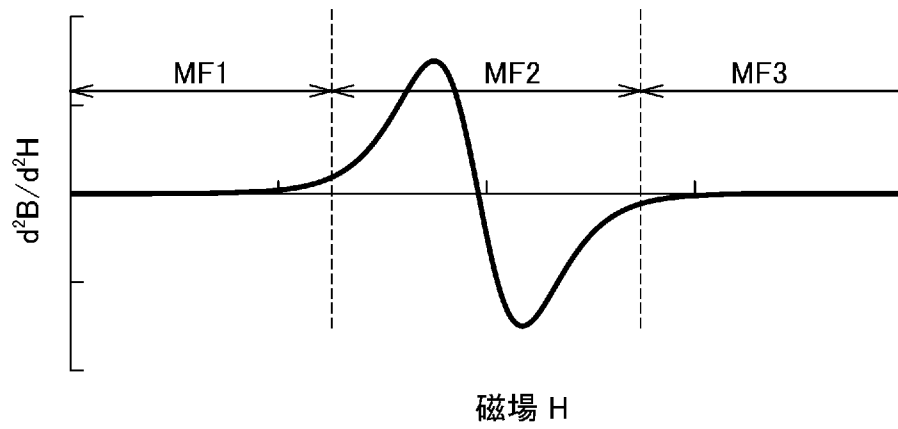
[図9]



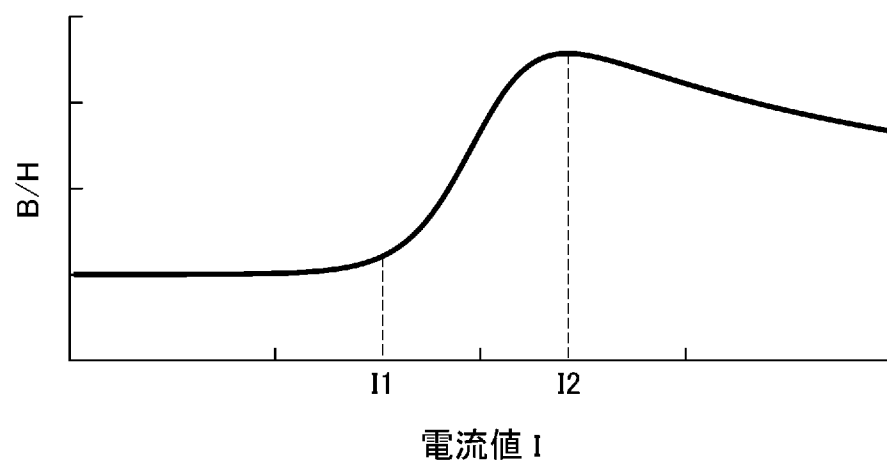
[図10]



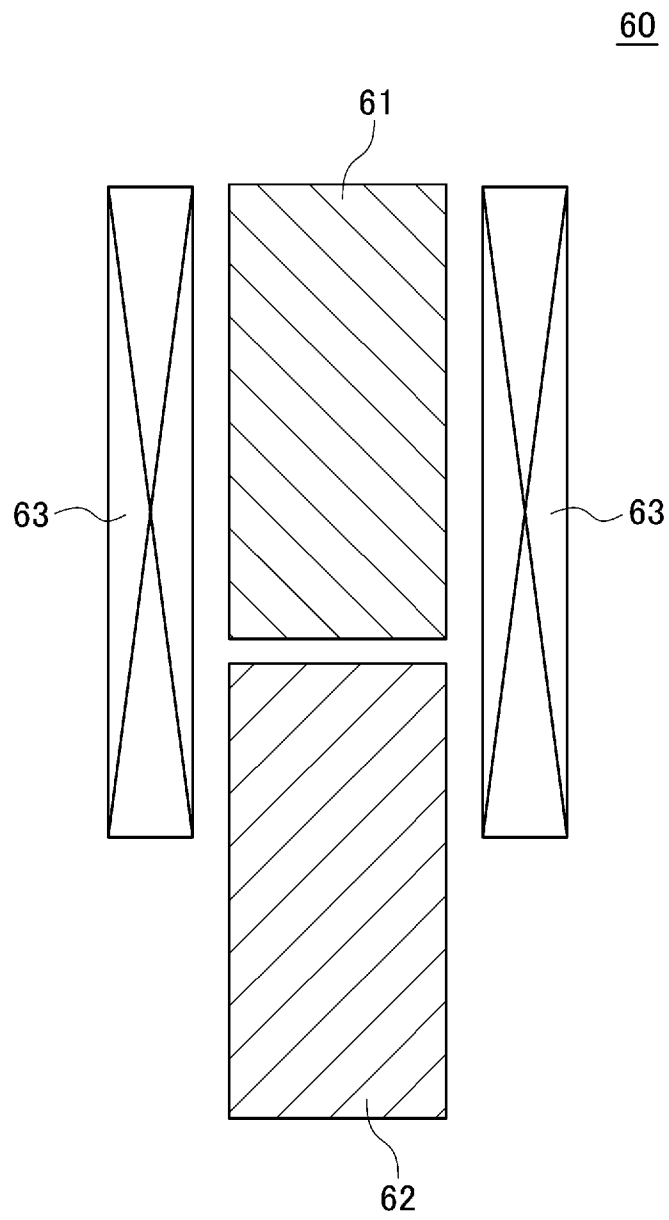
[図11]



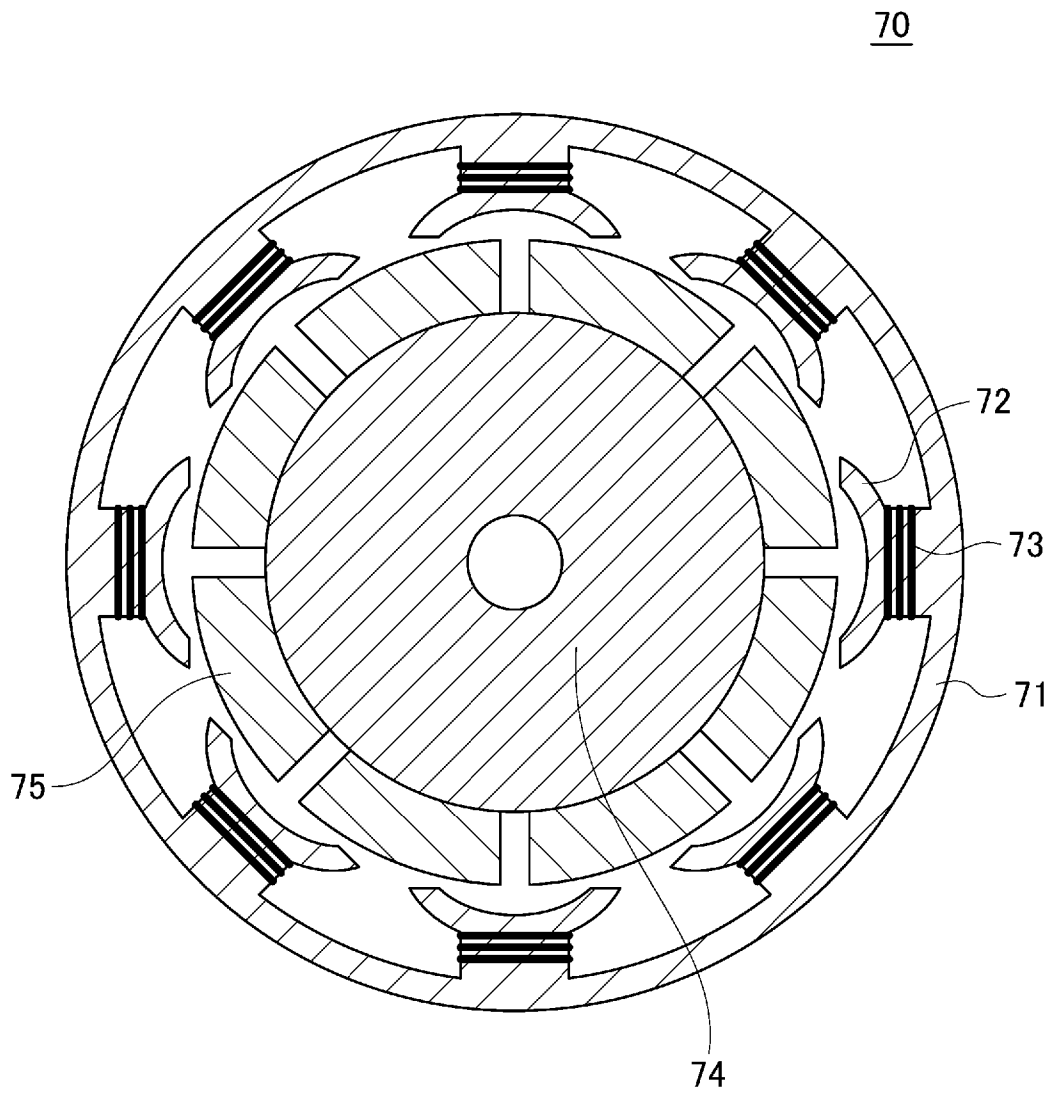
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/046982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01F3/00 (2006.01) i, H01F7/16 (2006.01) i, H01F27/24 (2006.01) i,
H01F37/00 (2006.01) i, H01F38/02 (2006.01) i, H02H9/02 (2006.01) i, H02K1/02 (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)

Int.Cl. H01F3/00, H01F7/16, H01F27/24, H01F37/00, H01F38/02, H02H9/02, H02K1/02, H01H50/16

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 48-443 B1 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 09 January 1973, column 2, line 26 to column 4, line 12, fig. 1-4 (Family: none)	1-5, 11
Y		4-7
A		10
X	WO 1997/28545 A1 (JOSHI, Chandrashekhar, H.) 07 August 1997, page 2, line 13 to page 9, line 28, fig. 1-5 (Family: none)	1-3, 8-9
Y		4-7
A		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
28 March 2018 (28.03.2018)

Date of mailing of the international search report
10 April 2018 (10.04.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/046982

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 62-170446 A (ALLIED CORPORATION) 27 July 1987, page 6, upper left column, lines 1-14, fig. 1 & US 4938267 A, column 5, line 56 to column 6, line 2, fig. 1 & EP 240600 A1	6 10
Y A	JP 2015-115088 A (SEAGATE TECHNOLOGY LLC) 22 June 2015, paragraph [0042], fig. 6 & US 2015/0170686 A1, paragraph [0047], fig. 6 & CN 104715765 A & KR 10-2015-0069527 A	7 10
A	US 2010/0194510 A1 (PRUEGL, Klemens) 05 August 2010, paragraphs [0027]-[0065], fig. 1A-5B (Family: none)	1-11
A	JP 2001-505277 A (ROBERT BOSCH GMBH) 17 April 2001, page 8, line 8 to page 9, line 7, fig. 1-2 & US 6042082 A, column 3, line 44 to column 4, line 21, fig. 1-2 & WO 1999/013211 A1 & EP 937200 A1 & DE 19739324 A1	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01F3/00(2006.01)i, H01F7/16(2006.01)i, H01F27/24(2006.01)i, H01F37/00(2006.01)i,
H01F38/02(2006.01)i, H02H9/02(2006.01)i, H02K1/02(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（I P C））

Int.Cl. H01F3/00, H01F7/16, H01F27/24, H01F37/00, H01F38/02, H02H9/02, H02K1/02, H01H50/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 8 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 48-443 B1（東京芝浦電気株式会社）1973.01.09, 第2欄第26行-第4欄第12行, 第1-4図（ファミリーなし）	1-5, 11 4-7 10
X Y A	W0 1997/28545 A1（JOSHI, Chandrashekhar, H.）1997.08.07, 第2頁第13行-第9頁第28行, 図1-5（ファミリーなし）	1-3, 8-9 4-7 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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

2 8 . 0 3 . 2 0 1 8

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 4 . 2 0 1 8

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

久保田 昌晴

5 D

4 2 3 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1

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 A	JP 62-170446 A (アライド・コーポレーション) 1987.07.27, 第6 頁左上欄第1-14行, 第1図 & US 4938267 A, 第5欄第56行-第6欄 第2行, 図1 & EP 240600 A1	6 10
Y A	JP 2015-115088 A (シーゲイト テクノロジー エルエルシー) 2015.06.22, 段落[0042], 図6 & US 2015/0170686 A1, 段落[0047], 図6 & CN 104715765 A & KR 10-2015-0069527 A	7 10
A	US 2010/0194510 A1 (PRUEGL Klemens) 2010.08.05, 段落[0027]- [0065], 図1A-5B (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2001-505277 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミット ベ シュレンクテル ハフツング) 2001.04.17, 第8頁第8行-第9頁第7 行, 図1-2 & US 6042082 A, 第3欄第44行-第4欄第21行, 図1-2 & WO 1999/013211 A1 & EP 937200 A1 & DE 19739324 A1	1-11