

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-21534

(P2015-21534A)

(43) 公開日 平成27年2月2日(2015.2.2)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
F 1 6 D 27/10 (2006.01) F 1 6 D 27/10 3 7 1 A
H 0 1 F 7/20 (2006.01) H 0 1 F 7/20 Z

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2013-148848 (P2013-148848)
 (22) 出願日 平成25年7月17日 (2013.7.17)

(71) 出願人 592032636
 学校法人トヨタ学園
 愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地
 1
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

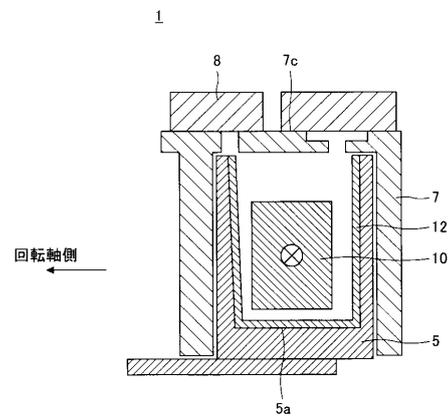
(54) 【発明の名称】 電磁コイル装置

(57) 【要約】

【課題】サージ電圧低減用のダイオードを設けることなく、電磁コイルに発生するサージ電圧を低減することが可能な電磁コイル装置を提供すること。

【解決手段】コイル線が巻かれた電磁コイルと、前記電磁コイルの周囲に設けられ、前記電磁コイルと電氣的に絶縁された第1の電気導電体と、前記第1の電気導電体に設けられ、又は、前記第1の電気導電体と前記電磁コイルとの間に設けられ、前記電磁コイルと電氣的に絶縁された第2の電気導電体であって、前記電磁コイルに流れる電流が変化した場合に渦電流が流れるように設けられた第2の電気導電体と、を備えることを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コイル線が巻かれた電磁コイルと、
前記電磁コイルの周囲に設けられ、前記電磁コイルと電氣的に絶縁された第 1 の電気導電体と、

前記第 1 の電気導電体に設けられ、又は、前記第 1 の電気導電体と前記電磁コイルとの間に設けられ、前記電磁コイルと電氣的に絶縁された第 2 の電気導電体であって、前記電磁コイルに流れる電流が変化した場合に渦電流が流れるように設けられた第 2 の電気導電体と、を備えることを特徴とする、

電磁コイル装置。

10

【請求項 2】

前記第 2 の電気導電体は、

前記第 1 の電気導電体よりも電気抵抗率が小さいことを特徴とする、

請求項 1 に記載の電磁コイル装置。

【請求項 3】

前記第 2 の電気導電体は、

前記第 1 の電気導電体よりも飽和磁化値が小さいことを特徴とする、

請求項 1 に記載の電磁コイル装置。

【請求項 4】

前記第 2 の電気導電体は、

少なくとも前記電磁コイルの内方に設けられることを特徴とする、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の電磁コイル装置。

20

【請求項 5】

前記第 2 の電気導電体は、

前記コイル線のうち、少なくとも 1 本を断面視で取り囲むように設けられたことを特徴とする、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の電磁コイル装置。

【請求項 6】

前記第 2 の電気導電体は、

前記電磁コイルと前記第 1 の電気導電体との間に、前記第 1 の電気導電体と隣接して設けられた金属膜であることを特徴とする、

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の電磁コイル装置。

30

【請求項 7】

前記金属膜は、

前記電磁コイルへの電力供給が遮断された場合に前記電磁コイルに流れる電流の周波数における表皮深さよりも厚いことを特徴とする、

請求項 6 に記載の電磁コイル装置。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は電磁コイル装置内の電磁コイルに流れる電流がステップ状に変化する際に発生するサージ電圧の低減技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電磁クラッチや電磁ブレーキ等、電磁コイルを備えた電磁コイル装置において、電磁コイルへの通電を遮断した場合、電磁コイルに流れる電流がステップ状に変化し、電磁コイルの両端に大きなサージ電圧（逆起電力）が発生する。そのため、該電磁コイル装置に接続された他の装置を損傷させる等の問題が生じうる。そこで、従来、該電磁コイル装置に

50

発生する上記サージ電圧を低減する技術が用いられている（例えば、特許文献１）。

【０００３】

特許文献１では、ダイオードを電磁コイルに対して並列接続することによりサージ電圧を低減する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開平１０－０３７９７８号公報

【特許文献２】特開２０１１－０６９４８９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかしながら、特許文献１のようにダイオードを追加で設ける場合、ダイオード追加分のコスト上昇に加え、特に、ダイオードを確実に配線する精度が要求される等に起因した製造コスト上昇等を招き、コスト面での問題が生じる場合がある。また、ダイオードを電磁コイルと並列接続するため、例えば、電磁クラッチ等の筐体内にダイオードを設ける場合、レイアウトスペースの不足や構造上の制約等の問題が生じる場合がある。

【０００６】

そこで、上記課題に鑑み、サージ電圧低減用のダイオードを設けることなく、電磁コイルに発生するサージ電圧を低減することが可能な電磁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】

【０００７】

上記目的を達成するため、一実施形態において、本電磁コイル装置は、コイル線が巻かれた電磁コイルと、

前記電磁コイルの周囲に設けられ、前記電磁コイルと電氣的に絶縁された第１の電気導電体と、

前記第１の電気導電体に設けられ、又は、前記第１の電気導電体と前記電磁コイルとの間に設けられ、前記電磁コイルと電氣的に絶縁された第２の電気導電体であって、前記電磁コイルに流れる電流が変化した場合に渦電流が流れるように設けられた第２の電気導電体と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【０００８】

本実施の形態によれば、サージ電圧低減用のダイオードを設けることなく、電磁コイルに発生するサージ電圧を低減することが可能な電磁コイル装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】第１の実施形態に係る電磁クラッチ１の概略断面図である。

【図２】第１の実施形態に係る電磁クラッチ１の電磁コイル１０周辺部分の詳細構造を示す断面図である。

【図３】第１の実施形態に係る電磁クラッチ１に発生する渦電流を説明する図である。

【図４】第１の実施形態に係る電磁クラッチ１の電磁コイル１０に発生するサージ電圧を示す図である。

【図５】銅膜１２の厚さと電磁コイル１０に発生するサージ電圧との関係を示す図である。

【図６】銅膜１２の配置と電磁コイル１０に発生するサージ電圧との関係を示す図である。

【図７】第１の実施形態の変形例１に係る電磁クラッチ１の電磁コイル１０及び銅膜１２の模式図である。

【図８】第１の実施形態の変形例２に係る電磁クラッチ１の電磁コイル１０及び銅膜１２

10

20

30

40

50

の模式図である。

【図 9】第 2 の実施形態に係る電磁クラッチ 1 の電磁コイル 10 周辺部分の詳細構造を示す断面図である。

【図 10】第 2 の実施形態の変形例に係る電磁コイル 10 及び銅膜 122 の模式図である。

【図 11】第 3 の実施形態に係る電磁クラッチ 1 の電磁コイル 10 周辺部分の詳細構造を示す断面図である。

【図 12】電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の電気抵抗率と電磁コイル 10 に発生するサージ電圧との関係を示す図である。

【図 13】電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の飽和磁化値と電磁コイル 10 に発生するサージ電圧との関係を示す図である。

【図 14】電磁コイル 10 の形状の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して発明を実施するための形態について説明する。

【0011】

[第 1 の実施形態]

図 1 は、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の構造を示す概略断面図である。

【0012】

図 1 を参照するに、本実施形態に係る電磁クラッチは、カーエアコン用コンプレッサ 2 に設けられたものである。エンジン（不図示）のクランクプリーからの動力がベルトを介してカーエアコン用コンプレッサ 2 に伝達され、回転駆動される。ここで、エアコンが使用される場合にのみ、伝達された回転動力をカーエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 に伝達するため、電磁クラッチ 1 は、回転動力の伝達及び該伝達を遮断する機能を有する。

【0013】

電磁クラッチ 1 は、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、クラッチ板 8、クラッチハブ 9、電磁コイル 10、絶縁部材 11 等を備える。

【0014】

電磁コイル筐体 5 は、カーエアコン用コンプレッサ 2 のハウジング 4 に固定されている。電磁コイル筐体 5 は、全体が円環状に形成されており、カーエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 と同一軸線上に配置される。また、電磁コイル筐体 5 は、後述するロータ 7 に設けられた環状の溝部 7 a の内部に内挿されている。また、電磁コイル筐体 5 は、環状の溝部 5 a を有し、溝部 5 a の内部に後述する電磁コイル 10 が挿入されている。電磁コイル筐体 5 は、例えば、SPCC (Steel Plate Cold Commercial) 等を用いてプレス加工等により製造される。なお、SPCC は、JIS (Japanese Industrial Standards; 日本工業規格) により定められる一般用の冷間圧延鋼板である。

【0015】

ロータ 7 は、カーエアコン用コンプレッサ 2 のハウジング 4 の円筒部 4 a に軸受 6 を介して回転自在に支持されている。ロータ 7 は、外周部にプリー溝 7 b が設けられており、該プリー溝 7 b にベルトが巻きつけられ、該ベルトが同様に巻きつけられたエンジンのクランクプリーの回転動力が伝達される。ロータ 7 は、上述のとおり、溝部 7 a の内部に電磁コイル筐体 5 が挿入されており、溝部 7 a の内部に電磁コイル筐体 5 が挿入された状態で回転する。また、ロータ 7 の回転軸方向の一端面には、クラッチ板 8 と対向する摩擦面 7 c が設けられている。ロータ 7 は、例えば、SPCC 等を用いてプレス加工等により製造される。

【0016】

クラッチ板 8 は、クラッチハブ 9 に固定されている。クラッチ板 8 と上述したロータ 7 の摩擦面 7 c とが接している場合に、発生する摩擦力によりロータ 7 に伝達された回転動力がクラッチハブ 9 を介してカーエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 に伝達可能とされ

10

20

30

40

50

ている。クラッチ板 8 は、S P C C 等を用いてプレス加工等により製造される。

【 0 0 1 7 】

クラッチハブ 9 には、カーエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 が挿通され、ナット 3 a により抜け止め固定されている。上述のとおり、クラッチ板 8 とロータ 7 の摩擦面 7 c とが接している場合に、クラッチハブ 9 は、クラッチハブ 9 に固定されたクラッチ板 8 を介して、ロータ 7 に伝達された回転動力をエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 に伝達する。

【 0 0 1 8 】

電磁コイル 1 0 は、所定軸（以下、電磁コイル軸と呼ぶ）を中心として円環状にコイル線 1 0 a が巻かれて形成され、電磁コイル筐体 5 に設けられた環状の溝部 5 a の内部に挿入されている。なお、本実施形態において、電磁コイル軸は、上記カーエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 と略同じである。電磁コイル 1 0 は、例えば、ポリエチレン樹脂等の絶縁部材 1 1 により、電磁コイル筐体 5（後述する銅膜 1 2）と電氣的に絶縁された状態で固定される。電磁コイル 1 0 には、車両に搭載されたバッテリー（不図示）からの直流電力供給が行われ、電流が流れる。バッテリーからの電力供給が行われることにより、電磁コイル 1 0 が電磁石として作用し、一体に設けられたクラッチ板 8 及びクラッチハブ 9 がロータ 7 に吸着される。これにより、ロータ 7 に伝達された回転動力がクラッチ板 8 及びクラッチハブ 9 を介して、カーエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 に伝達される。また、電磁コイル 1 0 への電力供給が遮断されることにより、一体に設けられたクラッチ板 8 及びクラッチハブ 9 がクラッチダンパー（不図示）の反力によりロータ 7 から離間し、ロータ 7 からの回転動力の伝達は遮断される。

【 0 0 1 9 】

また、電磁クラッチ 1 は、電磁コイル筐体 5 に設けられた銅膜 1 2 を含む。

【 0 0 2 0 】

ここで、図 2 は、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の電磁コイル 1 0 周辺部分の詳細構造を示す断面図である。なお、図中左方にロータ 7 の回転軸があるものとする。また、ロータ 7 のプリー溝 7 b、及び絶縁部材 1 1 は、簡単のため、図示を省略している。

【 0 0 2 1 】

図 2 を参照するに、電磁コイル筐体 5 の溝部 5 a の 2 つの側壁面と底面に所定の厚みを有する銅により形成された銅膜 1 2 が設けられている。銅膜 1 2 と電磁コイル 1 0 とは、絶縁部材 1 1 を介して電氣的に絶縁されている。銅膜 1 2 は、電磁コイル筐体 5（S P C C）の内面に対して、銅メッキ処理を施すことにより形成してよい。

【 0 0 2 2 】

次に、本実施形態に係る電磁クラッチ 1、特に銅膜 1 2 による作用を説明する。

【 0 0 2 3 】

ここで、電磁コイル 1 0 への電力供給の O N / O F F に伴い電磁コイル筐体 5、ロータ 7、クラッチ板 8、銅膜 1 2 等に発生する渦電流について説明をする。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、第 1 の実施形態に係る電磁クラッチ 1 に発生する渦電流を説明する図である。図 3（a）は、電磁コイル 1 0 に電力供給されている場合に、電磁コイル 1 0 に流れる電流と発生する磁束とを示した図である。図 3（b）は、電磁コイル 1 0 への電力供給が遮断された場合に、電磁コイル 1 0 に流れる電流と、電磁コイル筐体 5（、銅膜 1 2）、ロータ 7 及びクラッチ板 8 に発生する渦電流と、発生する磁界とを示した図である。図 3（c）は、発生する渦電流の流れる方向を模式的に示す図である。なお、図 3（c）において、説明のため、電磁コイル 1 0 は簡略的に描画し、電磁コイル筐体 5 は、溝部 5 c の一方の側壁面のみを描画している。

【 0 0 2 5 】

図 3（a）を参照するに、電磁コイル 1 0 に電力供給が行われている場合、電磁コイル 1 0 には、点線矢印で模式的に示した一定の直流電流が流れる。よって、電磁コイル 1 0 に流れる直流電流によって静磁界が生成され、図中の太い実線矢印で示す一定の磁束が発

10

20

30

40

50

生する。これにより、クラッチ板 8 は、ロータ 7 に吸着され、電磁クラッチ 1 は、ロータ 7 に伝達された回転動力をカーエアコン用コンプレッサ 2 の回転軸 3 に伝達することができる。

【0026】

これに対して、図 3 (b) を参照するに、電磁コイル 10 への電力供給が遮断された場合、電磁コイル 10 に流れる電流は時間と共に急激に減少する。これにより、電磁コイル 10 に電流が流れることにより発生していた磁束は急激に減少する (図中の太い点線矢印) ため、ファラデーの電磁誘導法則に基づき、逆起電力 (サージ電圧) が発生する。また、電磁コイル 10 周囲の導体である電磁コイル筐体 5 (、銅膜 12)、ロータ 7、クラッチ板 8 には、上述した電磁コイル 10 に電流が流れることにより発生していた磁束の減少に伴う各導体を貫く磁束の変化に応じて渦電流が発生する。レンツの法則に基づき、電磁コイル筐体 5 (、銅膜 12)、ロータ 7、クラッチ板 8 に発生する渦電流は、各導体を貫く磁束の変化を妨げる方向に流れる。よって、図 3 (c) に示すように、該渦電流 (図中太い実線矢印) は、電磁コイル 10 に流れる電流 (図中太い点線矢印) と同じ軸 (電磁コイル軸) を中心とした円周方向に流れる。これにより、図 3 (b) において、実線矢印で示す磁束が該渦電流により発生するため、上述した電磁コイル 10 に電流が流れることにより発生していた磁束の減少を緩やかにすることが可能である。すなわち、該渦電流に応じて発生する磁束により電磁コイル 10 に発生するサージ電圧を低減することが可能である。

10

【0027】

ここで、図 4 は、第 1 の実施形態に係る電磁クラッチ 1 に発生するサージ電圧を示す図であり、電磁コイル 10 への電力供給が遮断された後の時間経過に対する電磁コイル 10 に発生する電圧の変化を表している。グラフ中の実線は、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 に発生する電圧 (銅膜 12 を設けた場合) を示し、点線は、仮に銅膜 12 を設けない場合の電圧を示す。本図において、負の電圧がサージ電圧であり、以下、参照する同様のグラフにおいても同じである。

20

【0028】

図 4 を参照するに、銅膜 12 を設けない場合のサージ電圧は、約 300 V であるのに対し、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 に発生するサージ電圧は、100 V 以下まで低減されていることが分かる。

30

【0029】

電磁コイル 10 への電力供給が遮断された場合に、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、クラッチ板 8 にも渦電流は流れる。しかし、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、クラッチ板 8 (特に、ロータ 7 とクラッチ板 8) には、電磁クラッチ 1 の本来機能である電磁連結機能を確保するため、強磁性体である S P C C 等の鉄が材料に用いられている。ここで、鉄は、電気抵抗率が高い (例えば、本実施形態に係る S P C C は、 1.340×10^{-7} / m) ため、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、クラッチ板 8 にあまり大きな渦電流を発生させることができない。

【0030】

これに対して、銅膜 12 は、電気抵抗率が S P C C の約 1 / 10 であり (例えば、本実施形態に係る銅膜 12 は、 1.673×10^{-8} / m)、S P C C よりも大きな渦電流を発生させることができる。このため、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 では、銅膜 12 を電磁コイル筐体 5 の環状の溝部 5 a の内面に設けることにより、サージ電圧を大きく低減することができる。

40

【0031】

上記作用により本実施形態に係る電磁クラッチ 1 においては、従来のようにサージ電圧低減用のダイオードを設けることなくサージ電圧の低減が可能であるため、コスト面での問題を解消することが可能である。また、ダイオードを電磁クラッチ 1 の電磁コイル筐体 5 内に設ける場合におけるレイアウトスペース不足や構造上の制約等の問題も解消することができる。なお、銅膜 12 を形成する分のコスト上昇よりもダイオードを省略するコス

50

ト低減効果の方が大きい。

【 0 0 3 2 】

また、銅膜 1 2 は、電磁コイル 1 0 に一定の直流電流が流れている状態（電磁コイル 1 0 が電磁石として動作している状態）では、何の作用も及ぼさない。そのため、電磁コイル筐体 5 の形状が同じである限り、電磁クラッチ 1 の性能を維持しつつ、電磁コイル 1 0 に発生するサージ電圧の低減を図ることが可能となる。

【 0 0 3 3 】

また、上記において銅膜 1 2 の厚さについては、具体的に言及しなかったが、銅膜 1 2 の厚さによっても渦電流の大きさが変わり、それに伴いサージ電圧の低減効果が異なる。

【 0 0 3 4 】

ここで、図 5 は、銅膜 1 2 の厚さと電磁コイル 1 0 に発生するサージ電圧との関係を示す図である。図 5 (a) は、電磁コイル 1 0 への電力供給が遮断された後の時間経過に対する電磁コイル 1 0 に発生する電圧の変化を示している。銅膜 1 2 の厚さを d [mm] とし、実線は、 $d = 1$ mm の場合、一点鎖線は、 $d = 0.5$ mm の場合、二点鎖線は、 $d = 0.1$ mm の場合、点線は、仮に電磁コイル筐体 5 全体を銅とした場合をそれぞれ示している。図 5 (b) は、銅膜 1 2 の厚さと銅膜 1 2 に流れる渦電流量を示す図であり、縦軸を電流密度、横軸を銅膜 1 2 の裏面（電磁コイル筐体 5 と密着している側）からの距離としたグラフである。図 5 (a) と同様に、実線は、 $d = 1$ mm の場合、一点鎖線は、 $d = 0.5$ mm の場合、二点鎖線は、 $d = 0.1$ mm の場合をそれぞれ示し、各グラフを積分した値（各グラフより下の部分と電流密度 0 のラインとで囲まれた範囲の面積）が流れる渦電流量を表している。

【 0 0 3 5 】

ここで、図 5 (a) を参照するに、 $d = 0.5$ mm の場合や $d = 1$ mm の場合の方が $d = 0.1$ mm の場合よりもサージ電圧が低くなっているのが分かる。また、これに対応して、図 5 (b) を参照するに、 $d = 0.5$ mm の場合や $d = 1$ mm の場合に、銅膜 1 2 に流れる渦電流量は、 $d = 0.1$ mm の場合に銅膜 1 2 に流れる渦電流量よりも大きいことが分かる。

【 0 0 3 6 】

また、図 5 (a) を参照するに、 $d = 0.5$ mm の場合と $d = 1$ mm の場合とでは、サージ電圧に大きな差異はない。また、これに対応して、図 5 (b) を参照するに、 $d = 0.5$ mm の場合と $d = 1$ mm の場合とでは、銅膜 1 2 に流れる渦電流量もほぼ同程度である。さらに、図 5 (a) を参照するに、電磁コイル筐体 5 全体を銅とした場合のサージ電圧は、 $d = 0.5$ mm の場合や $d = 1$ mm の場合よりもやや大きく、電気抵抗率が低い銅の部分を増やすにつれて、サージ電圧低減の効果が高くなるということではないことが分かる。

【 0 0 3 7 】

図 5 (a) に示すとおり、電磁コイル 1 0 への電力供給が遮断された後に発生するサージ電圧に起因して電磁コイル 1 0 に流れる電流は、高周波電流である。よって、該電流に対応して銅膜 1 2 にも略同じ周波数の高周波の渦電流が流れる。電気導電体に流れる高周波電流の大半は、電気導電体の表面付近の所定領域に集中する性質があり、高周波電流が集中する該所定領域の電気導電体表面からの厚さは、電気導電体に流れる高周波電流の周波数における表皮深さにより表される。なお、表皮深さは、電気導電体の透磁率 (μ)、導電率 (σ)、及び電流の周波数 (f) により求められる ($1 / \sqrt{f \mu \sigma}$)。すなわち、電気導電体の種類と電流の周波数により決まる値である。ここで、銅膜 1 2 に流れる高周波電流は、図 5 (a) を参照するに、約 10 kHz 程度である。銅の周波数 10 kHz における表皮深さは約 0.65 mm であるので、銅膜 1 2 の厚さが 0.65 mm の前後の値である $d = 0.5$ mm の場合や $d = 1$ mm の場合に大きな渦電流が流れ、電磁コイル 1 0 に発生するサージ電圧をより低減することができるものと考えられる。

【 0 0 3 8 】

また、本実施形態において、銅膜 1 2 は、電磁コイル筐体 5 の溝部 5 a 内面に接して（

10

20

30

40

50

通電して)設けられる。そのため、銅膜12の厚さが表皮深さより小さい場合、電磁コイル筐体5の部分にも渦電流が発生することになる。電磁コイル筐体5の材質は電気抵抗率が大きいSPCCであるため、上述のとおり、銅膜12部分よりも渦電流量が少なくなる。

【0039】

よって、銅膜12の厚さは、電磁コイル10への電力供給を遮断された場合に電磁コイル10に流れる高周波電流の周波数における表皮深さ以上の厚さを有することが好ましい。なお、上述のとおり、高周波電流は、電気導電体の表面付近に集中して流れるため、電磁コイル筐体5全体を銅にしても更なる効果はないと考えられる。また、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合に電磁コイル10に流れる高周波電流の周波数の帯域は、

10

【0040】

また、上述のとおり、本実施形態においては、電磁コイル筐体5の溝部5a内面全てに銅膜12を設けたが、例えば、電磁コイル筐体5の溝部5aの2つの側壁面及び底面のうち、1つの面に銅膜12を設けてもよいし、2つの面に銅膜12を設けてもよい。また、電磁コイル筐体5の溝部5aに蓋部を設け、該蓋部の内面に銅膜12を設けてもよい。また、該蓋部の内面に設けた銅膜12と本実施形態の銅膜12と組み合わせて、電磁コイル10の内面、外面、及び2つの側面の全てを取り囲むように電気導電体である銅膜12を配置してもよい。

【0041】

ここで、図6は、銅膜12の配置と電磁コイル10に発生するサージ電圧との関係を示す図であり、電磁コイル10への電力供給が遮断された後の時間経過に対する電磁コイル10に発生する電圧の変化を示している。実線は、電磁コイル10内方の溝部5a側壁面に銅膜12を設けた場合を示す。また、一点鎖線は、電磁コイル10外方の溝部5a側壁面に銅膜12を設けた場合を示す。また、二点鎖線は、電磁コイル10側方の溝部5a底面に銅膜12を設けた場合を示す。また、点線は、溝部5aに蓋部を設けた場合であって、電磁コイル10側方の蓋部内面に銅膜12を設けた場合を示す。なお、銅膜12の厚さは、それぞれ0.7mmである。また、電磁コイル10の内方とは、円環状の電磁コイル10の電磁コイル軸側を意味し、電磁コイル10の外方とは、その逆に電磁コイル10を境にして電磁コイル軸から離れる側を意味する。

20

30

【0042】

図6を参照するに、電磁コイル10内方の溝部5a側壁面に銅膜12を設けた場合が最もサージ電圧が小さくなることが分かる。よって、電磁コイル10の周囲に銅膜12を設ける場合には、少なくとも電磁コイル10の内方に設けるのが好ましい。

【0043】

また、銅膜12は、上述したとおり電磁コイル10に流れる電流と同じ軸(電磁コイル軸)を中心とした渦電流が流れることが可能に設けられればよい。例えば、電磁コイル筐体5の環状の溝部5aの2つの側壁面と底面のうち、少なくとも1つの面の銅膜12が溝部5aの周方向に繋がっていれば(導通していれば)、他の面の銅膜12が該周方向で分断される部分を有していてもよい。

40

【0044】

ここで、図7は、本実施形態の変形例1に係る電磁クラッチ1の電磁コイル10及び銅膜12の模式図を示している。

【0045】

図7(a)に示す例では、電磁コイル10側方の環状の溝部5a底面と溝部5aに蓋部を設けた場合の環状の蓋部内面とに設けられた銅膜12は、周方向に導通して形成されており、電磁コイル10の内方、外方の環状の溝部5a側壁面に形成された銅膜12は周方向の一部において分断されるように形成されている。また、図7(b)に示す例では、電磁コイル筐体5の溝部5a内面(3面)と溝部5aに蓋部を設けた場合の蓋部内面に銅膜12を設け、溝部5aの側壁面の一方の銅膜12に周方向のスリットを設けている。

50

【0046】

このように、電磁コイル筐体5の溝部5a内面や溝部5aに蓋部を設けた場合における蓋部内面に設けた銅膜12が一部分断される部分を有していても少なくとも銅膜12が電磁コイル10の軸を中心とした周方向に繋がっている部分を有していればよい。これにより、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合に、銅膜12に渦電流を発生させることが可能であり、上述したとおり、電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減することができる。

【0047】

また、同様に、例えば、電磁コイル筐体5の環状の溝部5aのうち、周方向の一部に銅膜12が形成されていない部分があっても、別の手段によって、電磁コイル10の軸を中心とした周方向に導通可能であればよい。

10

【0048】

ここで、図8は、本実施形態の変形例2に係る電磁クラッチ1の電磁コイル10及び銅膜12の模式図を示している。

【0049】

図8(a)に示す例は、電磁コイル筐体5の溝部5a内面(3面)と溝部5aに蓋部を設けた場合の蓋部内面とに銅膜12が設けられており、環状の溝部5aと蓋部の周方向の一部に銅膜12が全く設けられない部分(分断部分)を有している。そして、該分断部分は、スイッチによって通電可能となっている。また、図8(b)に示す例は、図8(a)に示す例における分断部分の数を増やした例(図中では6つの分断部分)であり、図8(a)と同様に、該分断部分は、スイッチによって通電可能となっている。例えば、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合に、上記スイッチがONとなる制御が行われるようにすれば、上述したように、銅膜12に渦電流を発生させることができる。

20

【0050】

このように、電磁コイル筐体5の溝部5a内面や溝部5aに蓋部を設けた場合における蓋部内面に設けた銅膜12が電磁コイル10の軸を中心とした周方向に分断される部分を有していてもスイッチ等により該周方向に通電可能になっていればよい。これにより、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合に、銅膜12に渦電流を発生させることが可能であり、上述したとおり、電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減することができる。

30

【0051】

[第2の実施形態]

次いで、第2の実施形態について説明をする。

【0052】

第1の実施形態において、電気導電体(銅膜12)は、電磁コイル筐体5の溝部5a内面に設けられていたが、電磁コイル筐体5から離間して配置されて(電氣的に絶縁されて)もよい。

【0053】

そこで、本実施形態に係る電磁クラッチ1は、銅膜122(電気導電体)が電磁コイル筐体5から離間して配置される(電氣的に絶縁されている)点において第1の実施形態と主に異なる。以下、第1の実施形態と同様の構成要素については同一の符号を付して、異なる部分を中心に説明をする。

40

【0054】

本実施形態に係る電磁クラッチ1の構造を示す概略断面図は、第1の実施形態と同様に、図1で表されるため、電磁クラッチ1全体の構造についての詳細な説明は省略する。

【0055】

図9は、本実施形態に係る電磁クラッチ1の電磁コイル10周辺部分の詳細構造を示す断面図である。なお、図中左方にロータ7の回転軸があるものとする。また、ロータ7のプリー溝7b、及び絶縁部材11は、簡単のため、図示を省略している。

【0056】

50

図9を参照するに、銅膜122は、電磁コイル10の四面から所定間隔離間して、電磁コイル10の四方（内方、外方、二側方）を取り囲むように設けられる。銅膜122と電磁コイル10の間も電氣的に絶縁されており、絶縁部材11が設けられる。また、銅膜122は、電磁コイル筐体5の溝部5a内面からも離間しており、絶縁部材11を介して電氣的に絶縁されている。銅膜122は、電磁コイル10に絶縁部材11をコーティングしたものに、銅膜テープを巻きつける等により形成されてよい。

【0057】

本実施形態に係る銅膜122は、電磁コイル10と同じ軸（電磁コイル軸）を中心として円環状に設けられる。よって、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合に、第1の実施形態と同様、電磁コイル10に流れる電流と同じ軸（電磁コイル軸）を中心とした円周方向に流れる渦電流を銅膜122に発生させることができる。よって、本実施形態に係る電磁クラッチ1のように、電磁コイル筐体5と離間して銅膜122を設けた場合も電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減することが可能となる。すなわち、第1の実施形態と同様の作用・効果を奏する。

10

【0058】

なお、第1の実施形態と同様、例えば、電磁コイル10の内方、外方、二側方のうち、一方向に銅膜122を設けてもよいし、二方向に銅膜122を設けてもよいし、三方向に銅膜122を設けても良い。また、この場合、第1の実施形態において説明したとおり、銅膜122は少なくとも電磁コイル10の内方に設けるのが好ましい。また、第1の実施形態の変形例1と同様に、例えば、電磁コイル10の四方に設けられた銅膜122のうち、少なくとも一方向の銅膜122が電磁コイル10の軸を中心とした周方向に繋がってれば（導通していれば）、他方向の銅膜122が該周方向で分断される部分を有していてもよい。また、第1の実施形態の変形例2と同様に、電磁コイル10の四方に設けられた銅膜122のうち、電磁コイル10の軸を中心とした周方向の一部に銅膜122が形成されていない部分があっても、別の手段によって、該周方向に導通可能であればよい。

20

【0059】

また、銅膜122は、電磁コイル10に含まれるコイル線10aの少なくとも1本を断面視で取り囲むように設けられてもよい。

【0060】

ここで、図10は、本実施形態の変形例に係る電磁クラッチ1の電磁コイル10及び銅膜122の模式図を示している。

30

【0061】

図10(a)の例は、電磁コイル10に含まれるコイル線10aの1本ずつを断面視で取り囲むように銅膜122を設けたものである。なお、コイル線10aの周りには、絶縁体、例えば、ポリエチレン樹脂等がコーティングされている。該コイル線10aは、絶縁コーティングされた上で、例えば、銅箔等を巻きつけることにより形成してよい。また、図10(b)の例は、電磁コイル10に含まれるコイル線10aの複数本を断面視で取り囲むように銅膜122を設けたものである。図10(a)の場合と同様に、コイル線10aの周りには、絶縁コーティングがされた上で、例えば、銅箔等を巻きつけることにより形成してよい。

40

【0062】

このように、電磁コイル10に含まれるコイル線10aを取り囲むように銅膜122が設けられた場合も、銅膜122は、電磁コイル10の電磁コイル軸を中心とした円周方向に通電可能に設けられていればよい。これにより、該コイル線10aに流れる電流と同じ軸（電磁コイル軸）を中心とした渦電流を発生させることができ、上述したとおり、電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減することができる。

【0063】

[第3の実施形態]

次いで、第3の実施形態について説明をする。

【0064】

50

本実施形態に係る電磁クラッチ 1 は、銅膜 12 が設けられていない点、電磁コイル筐体 5 の材質を電気抵抗率の低いものに変更した点が第 1 の実施形態と異なる。以下、第 1 の実施形態と同様の構成要素については同一の符号を付して、異なる部分を中心に説明をする。

【0065】

本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の構造を示す概略断面図は、第 1 の実施形態と同様に、図 1 で表されるため、電磁クラッチ 1 全体の構造についての詳細な説明は省略する。

【0066】

図 11 は、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の電磁コイル 10 周辺部分の詳細構造を示す断面図である。なお、図中左方にロータ 7 の回転軸があるものとする。また、ロータ 7 のプリー溝 7b、及び絶縁部材 11 は、簡単のため、図示を省略している。

10

【0067】

図 11 を参照するに、第 1 の実施形態とは異なり、銅膜 12 は設けられていない。つまり、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 は、ステータである電磁コイル 10 を内挿された電磁コイル筐体 5 と、ロータ 7 と、クラッチ板 8 等を含む、通常のものである。第 1 の実施形態に係る電磁クラッチ 1 と異なる点は、上述のとおり、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の材質を電気抵抗率の低いもの（透磁率は S P C C と同じ B - H 特性を持ったまま）に変更した点である。本実施形態に係る電磁コイル筐体 5、ロータ 7 及びクラッチ板 8 の電気抵抗率は、 $1.673 \times 10^{-8} / \text{m}$ である（第 1 の実施形態に係る電磁コイル 5、ロータ 7 及びクラッチ板 8 の S P C C の電気抵抗率は、 $1.340 \times 10^{-7} / \text{m}$ ）。

20

【0068】

ここで、図 12 は、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の電気抵抗率と電磁コイル 10 に発生するサージ電圧との関係を示す図であり、電磁コイル 10 への電力供給を遮断した後の時間経過に対する電磁コイル 10 に発生する電圧の変化を表している。実線は、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の場合を示し、図中付記にて、「電気抵抗率：小」と表記している。また、一点鎖線は、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 に電気抵抗率が $8.000 \times 10^{-8} / \text{m}$ である S P C C を用いた場合を示し、図中付記にて、「電気抵抗率：中」と表記している。また、点線は、第 1 の実施形態に係る電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 と同じ S P C C（電気抵抗率 $1.340 \times 10^{-7} / \text{m}$ ）を用いた場合を示し、図中付記にて、「電気抵抗率：大（標準）」と表記している。

30

【0069】

図 12 を参照するに、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の電気抵抗率を小さくすることにより、電磁コイル 10 に発生するサージ電圧が低減されることが分かる。具体的には、第 1 の実施形態に係る電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の S P C C（点線）では、約 300 V 近いサージ電圧が発生しているのに対して、本実施形態に係る電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8（実線）では、約 200 V 以下までサージ電圧を低減することができることが分かる。

【0070】

第 1 の実施形態において述べたとおり、電磁コイル 10 周辺の電気導電体である電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 には、電磁コイル 10 に流れる電流と同じ軸（電磁コイル軸）を中心とした円周方向に流れる渦電流を発生させることができる。本実施形態では、渦電流が発生する電気導電体（電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8）の電気抵抗率を小さくすることにより、電磁コイル 10 への電力供給が遮断された場合に発生する渦電流量を大きくすることができる。これにより、第 1 の実施形態と同様、電磁コイル 10 に電流が流れることにより発生していた磁束の減少を緩やかにすることが可能である。すなわち、該渦電流に応じて発生する磁束により電磁コイル 10 に発生するサージ電圧を低減することが可能である。

40

【0071】

50

[第 4 の実施形態]

次いで、第 4 の実施形態について説明をする。

【 0 0 7 2 】

本実施形態に係る電磁クラッチ 1 は、銅膜 1 2 が設けられていない点、電磁コイル筐体 5 の材質を S P C C よりも飽和磁化値が小さいものに変更した点が第 1 の実施形態と主に異なる。以下、第 1 の実施形態と同様の構成要素については同一の符号を付して、異なる部分を中心に説明をする。

【 0 0 7 3 】

本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の構造を示す概略断面図は、第 1 の実施形態と同様に、図 1 で表されるため、電磁クラッチ 1 全体の構造についての詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 は、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の電磁コイル 1 0 周辺部分の詳細構造を示す断面図であり、上述した第 3 実施形態と同様であるため、詳細の説明は省略する。

【 0 0 7 5 】

本実施形態においては、上述したとおり、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の材質を S P C C よりも飽和磁化値の低い S U S 4 3 0 に変更している。なお、S U S 4 3 0 は、J I S により定められるフェライト系ステンレス鋼である。

【 0 0 7 6 】

ここで、図 1 3 は、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の飽和磁化値と電磁コイル 1 0 に発生するサージ電圧との関係を示す図であり、電磁コイル 1 0 への電力供給が遮断された後の時間経過に対する電磁コイル 1 0 に発生する電圧の変化を表している。実線は、本実施形態に係る電磁クラッチ 1 の場合を示し、図中付記にて、「飽和磁化値：小」と表記している。また、一点鎖線は、第 1 の実施形態における電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の S P C C を用いた場合を示し、図中付記にて、「飽和磁化値：中」と表記している。また、点線は、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 に S P C C よりも飽和磁化値が高い S U Y - 1 を用いた場合を示し、図中付記にて、「飽和磁化値：大」と表記している。なお、S U Y - 1 は、J I S により定められる電磁軟鉄板である。また、図 1 0 中のグラフは、S P C C、S U S 4 3 0、S U Y - 1 の電気抵抗率はいずれも同じ ($1.34 \times 10^{-7} / m$) である条件下でのものである。

【 0 0 7 7 】

図 1 3 を参照するに、電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 の飽和磁化値が小さくなるにつれて、電磁コイル 1 0 に発生するサージ電圧が小さくなることわかる。具体的には、飽和磁化値が最も小さい S U S 4 3 0 を電磁コイル筐体 5、ロータ 7、及びクラッチ板 8 に用いた本実施形態に係る電磁クラッチ 1 (実線) の場合、電磁コイル 1 0 に発生するサージ電圧が約 2 5 0 V と最も小さくなる。

【 0 0 7 8 】

本実施形態のように、飽和磁化が小さい材料を用いた場合、渦電流の流れやすさに変化はないが、直流電流遮断時 (電磁コイル 1 0 への電力供給が遮断された時) における電磁コイル 1 0 を貫く磁束 (初期磁束) が小さくなる。これにより、第 1 の実施形態と同様、電磁コイル 1 0 に電流が流れることにより発生していた磁束の減少を緩やかにすることが可能である。すなわち、該渦電流に応じて発生する磁束により電磁コイル 1 0 に発生するサージ電圧を低減することが可能である。

【 0 0 7 9 】

なお、本実施形態においては、電磁コイル筐体 5 の材質を通常用いられる S P C C よりも飽和磁化値が低い S U S 4 3 0 に変更したが、第 1、2 の実施形態に係る銅膜 1 2、1 2 2 を電磁コイル筐体 5 (S P C C) よりも飽和磁化値の小さい電気導電体に置き換えてもよい。この場合においても、本実施形態と同様の作用・効果を奏する。

【 0 0 8 0 】

以上、本発明を実施するための形態について詳述したが、本発明はかかる特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内におい

10

20

30

40

50

て、種々の変形・変更が可能である。

【0081】

上述した第1の実施形態において、電磁コイル筐体5の溝部5a内面に設けた金属膜は、銅膜12であったが、電磁コイル筐体5等の材質であるSPCCよりも電気抵抗率の小さい電気導電体であれば、どのような金属を用いてもよい。これにより、銅膜12の場合と同様に、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合に、金属膜に流れる渦電流の量を大きくすることができ、電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減することができる。金属膜としては、例えば、アルミニウム等を用いてよい。

【0082】

また、同様に、上述した第2の実施形態において、電磁コイル10を取り囲むように設けた金属膜は銅膜122であったが、電磁コイル筐体5等の材質であるSPCCよりも電気抵抗率の小さい電気導電体であれば、どのような金属を用いてもよい。これにより、銅膜122の場合と同様に、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合に、金属膜に流れる渦電流の量を大きくすることができ、電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減することができる。例えば、アルミニウムによる金属膜を用いてよく、絶縁部材11により絶縁コーティングされた電磁コイル10にアルミ箔を巻きつける等により生成してよい。

10

【0083】

また、上述した各実施形態において、電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減する技術について、電磁クラッチ1に適用した場合で説明を行ったが、当該技術は、任意の電磁コイル装置に用いられてよい。例えば、電磁ブレーキのような他の電磁連結装置に用いられてもよいし、ソレノイドバルブ等の電磁連結装置以外の電磁コイル装置に用いられてよい。

20

【0084】

また、上述した各実施形態において、電磁コイル10の形状は円環状であったが、電磁コイル装置の動作等を妨げない限り、例えば、図14に示す四角型コイルや瓢箪型コイル等、電磁コイル10の形状は変形してよい。

【0085】

また、上述した各実施形態において、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合を例示して、電磁コイル10のサージ電圧を低減させる作用・効果を説明したが、電磁コイル10への電力供給が遮断された場合を含む、電磁コイル10に流れる電流に急峻な変動が生じた場合において、同様の作用・効果を奏する。すなわち、上述した各実施形態において、電磁コイル10に流れる電流が変化した場合に渦電流が流れるように電気導電体（銅膜12、122、電磁コイル筐体5、ロータ7、クラッチ板8）が設けられる。これにより、電磁コイル10に流れる電流が急峻に変化した場合において電磁コイル10に発生するサージ電圧を低減することができる。

30

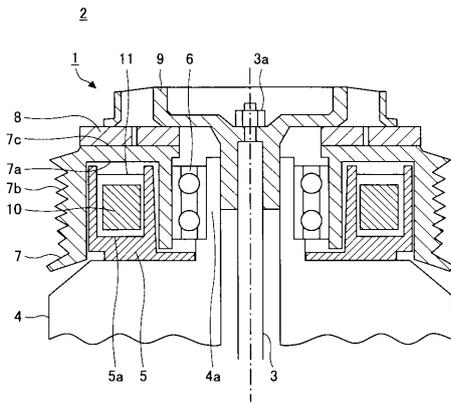
【符号の説明】

【0086】

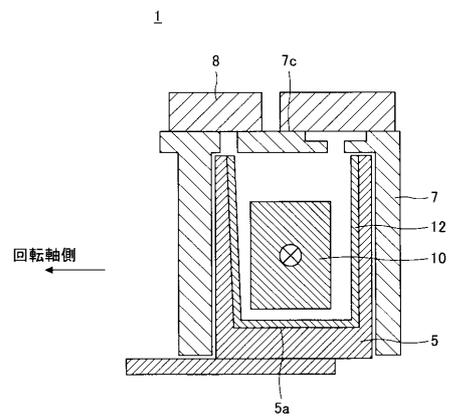
- 1 電磁クラッチ（電磁コイル装置）
- 5 電磁コイル筐体（第1の電気導電体）
- 7 ロータ（第1の電気導電体）
- 8 クラッチ板（第1の電気導電体）
- 10 電磁コイル
- 10a コイル線
- 12、122 銅膜（第2の電気導電体、金属膜）

40

【 図 1 】

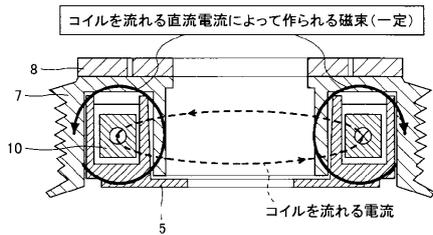


【 図 2 】

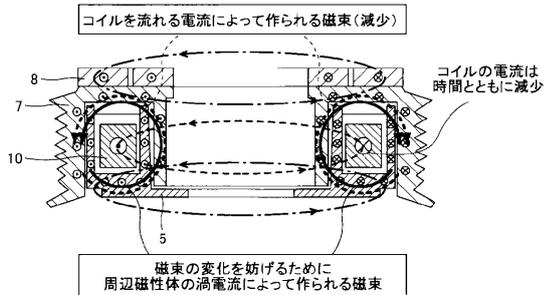


【 図 3 】

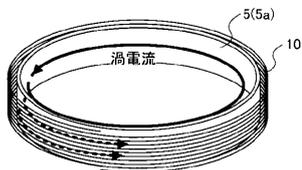
(a) 電力供給時の電磁クラッチの電流と磁束



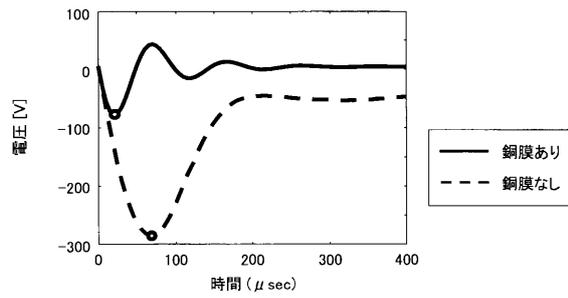
(b) 電力供給遮断時の電磁クラッチの電流と磁束



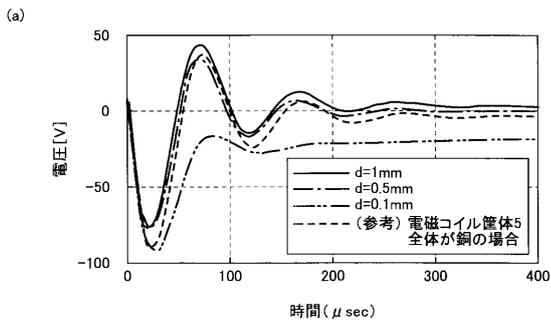
(c)



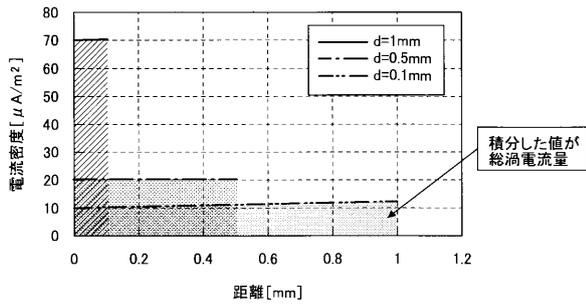
【 図 4 】



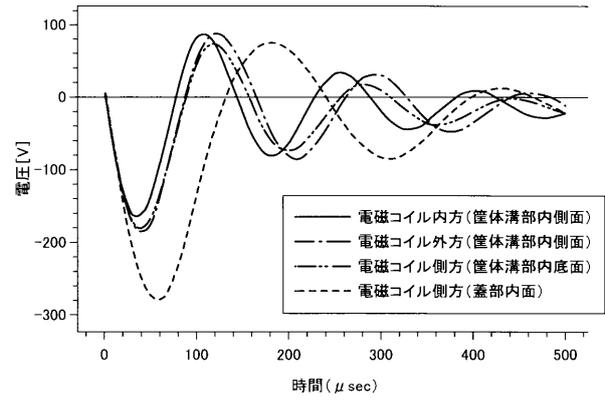
【 図 5 】



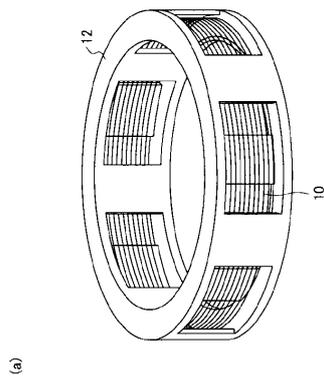
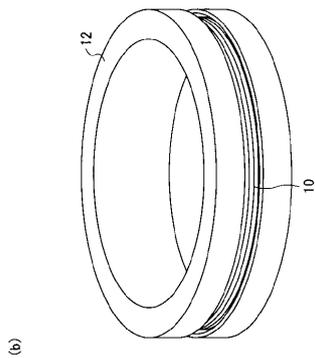
(b)



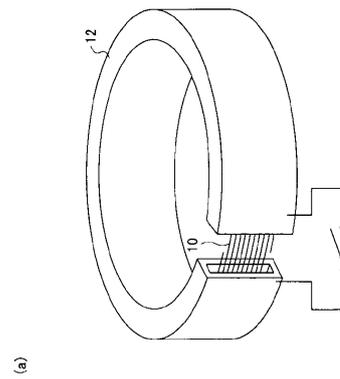
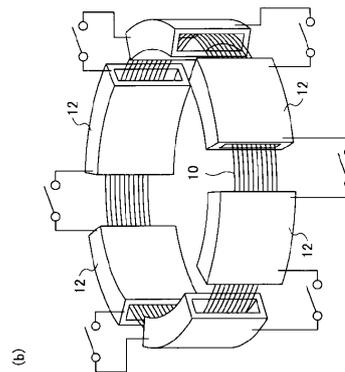
【 図 6 】



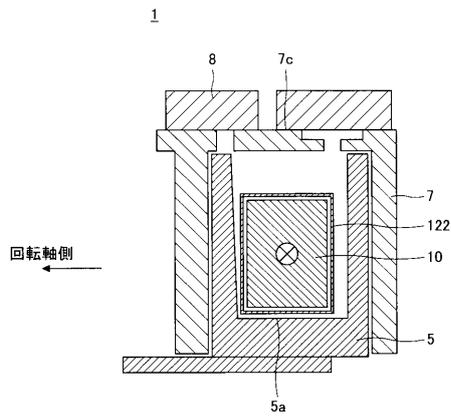
【 図 7 】



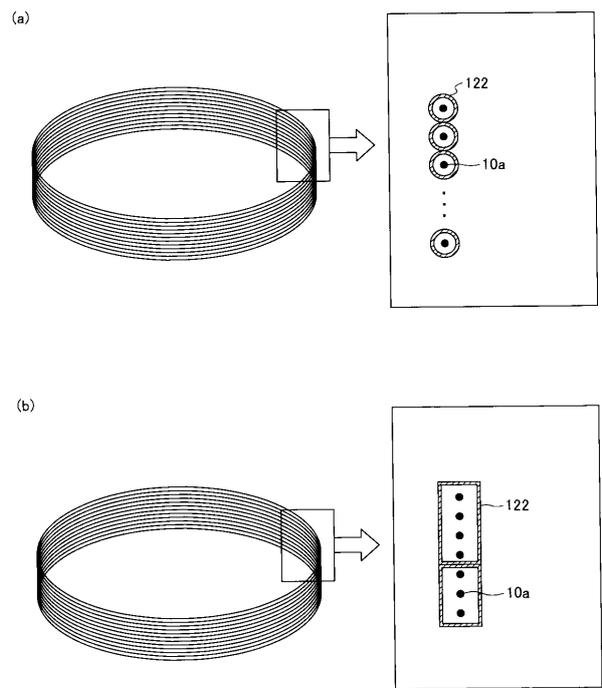
【 図 8 】



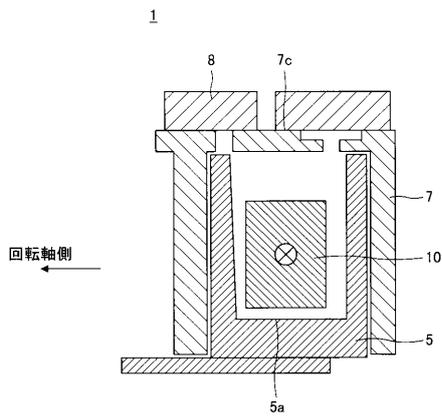
【 図 9 】



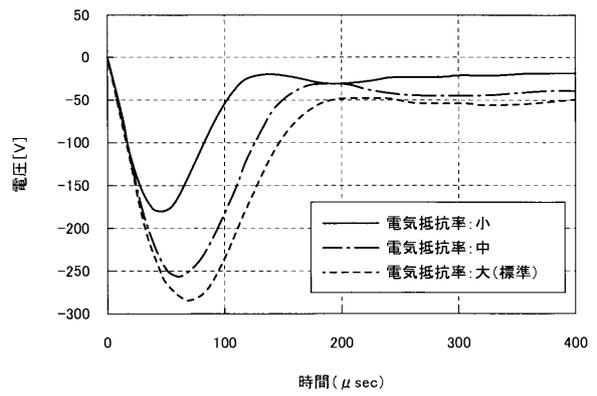
【 図 10 】



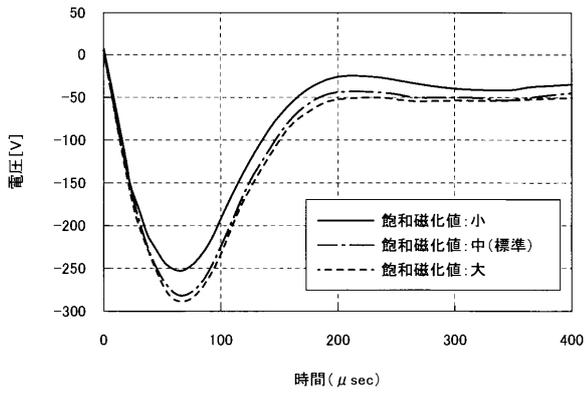
【 図 11 】



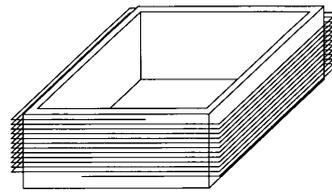
【 図 12 】



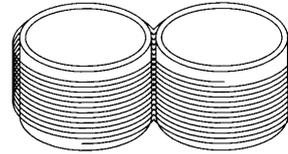
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



四角型コイル



環型コイル

フロントページの続き

(72)発明者 藤崎 敬介

愛知県名古屋市天白区久方2丁目1番地1 学校法人 トヨタ学園 豊田工業大学内