

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7239284号  
(P7239284)

(45)発行日 令和5年3月14日(2023.3.14)

(24)登録日 令和5年3月6日(2023.3.6)

(51)国際特許分類

F I

H 0 2 K 3/34 (2006.01) H 0 2 K 3/34 C

H 0 2 K 1/04 (2006.01) H 0 2 K 1/04 A

請求項の数 2 (全10頁)

|          |                             |          |                         |
|----------|-----------------------------|----------|-------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2018-150741(P2018-150741) | (73)特許権者 | 000004695               |
| (22)出願日  | 平成30年8月9日(2018.8.9)         |          | 株式会社 S O K E N          |
| (65)公開番号 | 特開2020-28153(P2020-28153A)  |          | 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 |
| (43)公開日  | 令和2年2月20日(2020.2.20)        |          | 0                       |
| 審査請求日    | 令和3年3月12日(2021.3.12)        | (73)特許権者 | 000003207               |
|          |                             |          | トヨタ自動車株式会社              |
|          |                             |          | 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地         |
|          |                             | (74)代理人  | 110001210               |
|          |                             |          | 弁理士法人 Y K I 国際特許事務所     |
|          |                             | (72)発明者  | 後藤 友幸                   |
|          |                             |          | 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 |
|          |                             |          | 0 株式会社 S O K E N 内      |
|          |                             | (72)発明者  | 百武 哲也                   |
|          |                             |          | 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 |
|          |                             |          | 0 株式会社 S O K E N 内      |
|          |                             |          | 最終頁に続く                  |

(54)【発明の名称】 回転電機のステータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼板を積層して構成されるステータコアであって、円環状のヨークの内周面から径方向内側へ突出する複数のティース及び前記各ティース間に形成されるスロットを有するステータコアと、

前記ステータコアの前記スロットを通して前記ティースに巻回されたコイルと、

前記ステータコアの前記スロットの内壁面と前記コイルとの間に設けられた絶縁シートと、を備える回転電機のステータであって、

前記絶縁シートは、前記スロットの内壁面側と前記コイル側とに接着層を有し、

前記絶縁シートの前記接着層は、前記スロットの軸方向の両端部と、前記スロットの軸方向の両端部の間の中央部とを含む、前記スロットの軸方向の一部に設けられており、前記中央部は、前記スロットの軸方向における前記スロットの中央位置を含む部分であり、

前記スロットの内壁面と前記コイルとが前記絶縁シートを介して前記接着層により接着されており、

前記絶縁シートの前記接着層が設けられた部分は、接着領域であり、

前記スロットの軸方向の両端部それぞれの前記接着領域と、前記中央部の前記接着領域は、前記スロットの軸方向における長さが同じとなるように設けられており、

複数の前記接着領域は、前記スロットの軸方向に間隔をあけて3箇所以上設けられており、

複数の前記接着領域の前記スロットの軸方向に沿った長さの合計は、前記スロットの軸

10

20

方向の全体の長さの 4 / 5 以下となっている、  
ことを特徴とする回転電機のステータ。

【請求項 2】

前記絶縁シートは、2つのフィルム層と、2つの前記フィルム層の間に設けられた感熱発泡層とを有し、

前記絶縁シートの前記接着層は、2つの前記フィルム層のそれぞれの外側面に設けられている、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の回転電機のステータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、回転電機のステータに係り、特に、鋼板を積層して構成されるステータコアを備える回転電機のステータに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、鋼板を積層して構成されるステータコアであって、円環状のヨークの内周面から径方向内側へ突出する複数のティース及び各ティース間に形成されるスロットを有するステータコアと、ステータコアのスロットを通してティースに巻回されたコイルと、を備える回転電機のステータが知られている。回転電機のステータには、ステータコアのスロットの内壁面とコイルとの間に絶縁シートが設けられるものがある。

20

【0003】

特許文献 1 には、ステータコアのスロットの内壁面とコイルとの間に、加熱により膨張する絶縁性の膨張シートを配置することが開示されている。膨張シートにより、スロットの内壁面とコイルとの間に生じる空隙を、スロットの軸方向の全長に亘って消失または低減させることができ、スロット内のコイルの固定性が向上するとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2013 - 236468 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 のように、スロットの軸方向の全長に亘ってコイルをスロットの内壁面に固定した場合、回転電機のロータ回転時に、スロットの軸方向の全長に亘って積層された各鋼板の半径及び周方向の動きが規制され、各鋼板の微小振動による鋼板間の摩擦減衰が発生しない、或いは、非常に小さくなる。それにより、回転電機の振動騒音性能が悪化する虞がある。

【0006】

本発明の目的は、鋼板を積層して構成されるステータコアを備え、ステータコアのスロットの内壁面とコイルとの間に絶縁シートが設けられる回転電機のステータにおいて、振動騒音性能を向上することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の回転電機のステータは、鋼板を積層して構成されるステータコアであって、円環状のヨークの内周面から径方向内側へ突出する複数のティース及び前記各ティース間に形成されるスロットを有するステータコアと、前記ステータコアの前記スロットを通して前記ティースに巻回されたコイルと、前記ステータコアの前記スロットの内壁面と前記コイルとの間に設けられた絶縁シートと、を備える回転電機のステータであって、前記絶縁シートは、前記スロットの内壁面側と前記コイル側とに接着層を有し、前記絶縁シートの前記接着層は、前記スロットの軸方向の両端部と、前記スロットの軸方向の両端部の間の

50

中央部とを含む、前記スロットの軸方向の一部に設けられており、前記中央部は、前記スロットの軸方向における前記スロットの中央位置を含む部分であり、前記スロットの内壁面と前記コイルとが前記絶縁シートを介して前記接着層により接着されており、前記絶縁シートの前記接着層が設けられた部分は、接着領域であり、前記スロットの軸方向の両端部それぞれの前記接着領域と、前記中央部の前記接着領域は、前記スロットの軸方向における長さが同じとなるように設けられており、複数の前記接着領域は、前記スロットの軸方向に間隔をあけて3箇所以上設けられており、複数の前記接着領域の前記スロットの軸方向に沿った長さの合計は、前記スロットの軸方向の全体の長さの4/5以下となっている、ことを特徴とする。

本発明の回転電機のステータにおいて、前記絶縁シートは、2つのフィルム層と、2つの前記フィルム層の間に設けられた感熱発泡層とを有し、前記絶縁シートの前記接着層は、2つの前記フィルム層のそれぞれの外側面に設けられている、としてもよい。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明の回転電機のステータによれば、回転電機のロータ回転時に、スロット内のコイルと未接着の範囲にある鋼板間で微小振動が可能となり、鋼板間の摩擦減衰が増大するため、振動騒音を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施形態に係る回転電機のステータの斜視図である。

20

【図2】実施形態に係るステータコアの断面図である。

【図3】実施形態に係る回転電機のステータのスロット部分の断面図である。

【図4】図3のA-A線における断面図(A)と、B-B線における断面図(B)である。

【図5】実施形態に係る絶縁シートの未接着領域の部分断面図(A)と、接着領域の部分断面図(B)である。

【図6】実施形態に係る回転電機のステータの微小振動について説明するための図である。

【図7】実施形態に係る回転電機のステータの振動騒音特性を、従来技術の回転電機のステータの振動騒音特性と比較した図である。

【図8】別の実施形態に係る回転電機のステータのスロット部分の断面図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0010】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。以下では、車両に搭載される回転電機に用いられるステータを述べるが、これは、説明のための例示であって、車両搭載用以外の回転電機に用いられても構わない。以下では、コイルの巻回方法として分布巻を述べるが、これは説明のための例示であって、集中巻等であってもよい。また、コイルとして、導体セグメントを用いるものを述べるが、これは説明のための例示であって、連続した導体線を巻回して形成されるコイルであってもよい。

【0011】

以下で述べる形状、材質等は、説明のための例示であって、回転電機のステータの仕様に合わせ、適宜変更が可能である。以下では、全ての図面において同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

40

【0012】

図1は、車両に搭載される回転電機に用いられる回転電機のステータ10を示す斜視図である。車両に搭載される回転電機は、モータケース（不図示）の中にロータ（不図示）とステータ10を含んで構成され、車両が力行するときは電動機として機能し、車両が制動時にあるときは発電機として機能するモータ・ジェネレータで、三相同期型の回転電機である。

【0013】

図1に、軸方向と径方向と周方向とを示す。軸方向は、ステータ10の中心軸CLに沿った方向である。軸方向の2方向を区別するときは、三相動力線POが引き出される側が

50

リード側の方向であり、その反対側が反リード側の方向である。図 1 の例では、紙面の上方側がリード側の方向、下方側が反リード側の方向である。径方向は、軸方向に垂直な面内で中心軸 C L を通る放射状の方向である。周方向は、中心軸 C L を中心として円周方向に沿った方向である。

【 0 0 1 4 】

ステータ 1 0 は、ロータの外周側に所定の間隔を隔てて配置される固定子である。ステータ 1 0 は、円環状の形状を有し、円環状の外周側に複数の取付穴 5 6 が設けられる。取付穴 5 6 は、ステータ 1 0 をモータケースに取り付けるために用いられ、モータケースはケース取付穴等によって車両に固定される。

【 0 0 1 5 】

ステータ 1 0 は、ステータコア 1 2 と、コイル 1 4 (ステータコイル) とを含む。図 2 は、ステータ 1 0 の軸方向に垂直な面で切断したステータコア 1 2 の断面図である。図 2 に示すように、ステータコア 1 2 は、ロータが配置される中心穴を有する磁性体部品であり、環状のヨーク 1 8 と、このヨーク 1 8 の内周面から径方向内方へ突出し、周方向に間隔をあけて設けられた複数のティース 2 0 とを備えている。各ティース 2 0 間には、スロット 2 2 が形成されている。

【 0 0 1 6 】

かかるステータコア 1 2 は、ヨーク 1 8 と、ティース 2 0 と、スロット 2 2 とが形成される円環状の磁性体薄板を軸方向に積み重ねた積層体である。磁性体薄板の材質としては、珪素鋼板の一種である電磁鋼板を用いることができる。以下、この磁性体薄板を鋼板と言う。鋼板の 1 枚 1 枚がカシメられて軸方向に積み重ねられて、図 1 のようなステータコア 1 2 が形成される。

【 0 0 1 7 】

コイル 1 4 は、三相の分布巻線線で、1つの相巻線が複数のティースに跨って巻回されて形成される。各相巻線の形成には、複数の導体セグメント 3 2 を用いる。導体セグメント 3 2 は、両端部を除く導体線の周囲に絶縁皮膜を被覆し、略 U 字形に成形された絶縁皮膜付き導体線であり、略矩形状の断面形状を有する。

【 0 0 1 8 】

導体セグメント 3 2 の略 U 字形のうち、山形に折り曲げて成形された部分から真直ぐに延びる 2 つのストレート部分が、ステータコア 1 2 において所定のスロット間隔だけ離れた 2 つのスロットにそれぞれ挿入される部分である。導体セグメント 3 2 を山形に折り曲げて成形された部分をステータコア 1 2 の反リード側として、2 つのストレート部分をスロットに挿入すると、ストレート部分の先端の絶縁皮膜が剥離されたリード部がステータコア 1 2 のリード側に突き出す。突き出たリード部は、ステータコア 1 2 のリード側の軸方向端面の外側で折り曲げ成形され、他の導体セグメント 3 2 のリード部に接合されて、ステータ 1 0 のリード側におけるコイルエンド部 3 4 を形成する。山形に折り曲げて成形された部分は、ステータ 1 0 の反リード側におけるコイルエンド部 3 6 を形成する。

【 0 0 1 9 】

ステータ 1 0 のリード側におけるコイルエンド部 3 4 では、複数の導体セグメント 3 2 のリード部が、所定の接続方法で互いに接続され、各相巻線が形成される。なお、本実施形態では、ステータコア 1 2 の 1 つのスロットには同一相 (例えば U 相) の巻線が挿通され、隣り合うスロットには他の相 (例えば V 相または W 相) の巻線が挿通されることになる。リード側のコイルエンド部 3 4 において形成された各相巻線のそれぞれの両端子は、一方側の端子が互いに接続されて中性点を形成し、他方側の端子はそれぞれステータコア 1 2 の外側に引き出され、ステータ 1 0 の三相動力線 P O となる。

【 0 0 2 0 】

上記では、コイル 1 4 の形成に略 U 字形の導体セグメント 3 2 を用いることを述べたが、これは説明のための例示である。略 U 字形以外の異形セグメントコイルを用いてもよく、場合によっては、導体セグメント 3 2 を用いずに連続巻線でコイル 1 4 を形成してもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

ステータ 1 0 は、図 4 に示すように、ステータコア 1 2 のスロット 2 2 の内壁面 4 0 とコイル 1 4 との間に設けられた絶縁シート 2 3 を含む。絶縁シート 2 3 は、各相のコイル間を絶縁する相間絶縁シートである。本実施形態では、絶縁シート 2 3 が、スロット 2 2 の軸方向の両端部のみに接着層を有し、その部分でコイル 1 4 とスロット 2 2 の内壁面 4 0 とが絶縁シート 2 3 を介して接着されている特徴を有する。以下、本特徴について詳しく説明する。

## 【 0 0 2 2 】

図 3 は、ステータ 1 0 の軸方向に平行な面で切断したスロット 2 2 部分の断面図である。図 4 ( A ) は、図 3 の A - A 線 ( 未接着領域 ) における断面図であり、図 4 ( B ) は、図 3 の B - B 線 ( 接着領域 ) における断面図である。図 3 に示すように、絶縁シート 2 3 は、スロット 2 2 の軸方向の全長に亘って存在するが、前述したように、接着層 2 7 , 2 8 は、スロット 2 2 の軸方向の両端部のみに存在する。これにより、スロット 2 2 の軸方向において、絶縁シート 2 3 を介してコイル 1 4 とスロット 2 2 の内壁面 4 0 とが接着される接着領域 5 0 と、コイル 1 4 とスロット 2 2 の内壁面 4 0 とが接着されない未接着領域 5 2 とが設けられる。

## 【 0 0 2 3 】

ここで、絶縁シート 2 3 の構造について説明する。図 5 ( A ) は、未接着領域 5 2 の絶縁シート 2 3 の部分断面図であり、図 5 ( B ) は、接着領域 5 0 の絶縁シート 2 3 の部分断面図である。図 5 ( A ) に示すように、絶縁シート 2 3 は、2 つのフィルム層 2 5 , 2 6 と、それらの間に設けられた感熱発泡層 2 4 とを有する。さらに、図 5 ( B ) に示すように、接着領域 5 0 では、絶縁シート 2 3 は、フィルム層 2 5 , 2 6 のそれぞれの外側の面に設けられた接着層 2 7 , 2 8 を有する。感熱発泡層 2 4 は、加熱されることによって発泡を生じ、その厚みを増大させる層であり、電気絶縁性を有する。接着層 2 7 , 2 8 は、熱硬化性の接着剤である。

## 【 0 0 2 4 】

絶縁シート 2 3 を、図 4 に示すようにコ字状にしてステータコア 1 2 のスロット 2 2 に收容する。そして、スロット 2 2 内に導体セグメント ( コイル 1 4 ) を挿通した後、絶縁シート 2 3 を加熱する。それにより、絶縁シート 2 3 の感熱発泡層 2 4 が膨張する。図 4 ( A ) に示すように、未接着領域 5 2 では、接着層 2 7 , 2 8 が無いため、感熱発泡層 2 4 が膨張しても、コイル 1 4 とスロット 2 2 の内壁面 4 0 とは絶縁シート 2 3 を介して接着されない。一方、図 4 ( B ) に示すように、接着領域 5 0 では、感熱発泡層 2 4 の膨張により、接着層 2 7 , 2 8 のそれぞれがコイル 1 4 とスロット 2 2 の内壁面 4 0 とに押し付けられた状態になり、絶縁シート 2 3 への加熱によって接着層 2 7 , 2 8 が軟化する。そして、接着層 2 7 がコイル 1 4 へ付着し、接着層 2 8 がスロット 2 2 の内壁面 4 0 へ付着して、絶縁シート 2 3 へのさらなる加熱によって接着層 2 7 , 2 8 が硬化する。これにより、コイル 1 4 とスロット 2 2 の内壁面 4 0 とが絶縁シート 2 3 を介して接着された状態になる。

## 【 0 0 2 5 】

図 3 に示すように、未接着領域 5 2 では、各鋼板 4 2 とコイル 1 4 とは未接着であり、接着領域 5 0 では、各鋼板 4 2 とコイル 1 4 とが接着された状態になる。各接着領域 5 0 の軸方向の長さ  $L 2 1$  ,  $L 2 2$  を合計した ( $L 2 1 + L 2 2$ ) は、スロット 2 2 の軸方向の寸法  $L 1$  の  $4 / 5$  以下の長さとなっている。

## 【 0 0 2 6 】

次に、本実施形態の回転電機のステータ 1 0 の作用効果について説明する。本実施形態の回転電機のステータ 1 0 は、回転電機として組み立て、回転電機のロータを回転させた際に、スロット 2 2 内のコイル 1 4 と未接着の範囲 ( 未接着領域 5 2 ) にある鋼板 4 2 間で微小振動が発生する。図 3 に示すように、未接着領域 5 2 にある鋼板 4 2 間で径方向に微小振動 7 0 が起こる。また、図 6 に示すように、未接着領域 5 2 にある鋼板 4 2 間で周方向に微小振動 7 0 が起こる。これにより、鋼板 4 2 間の摩擦減衰が増大するため、回転

10

20

30

40

50

電機の振動騒音を抑制することができる。

【 0 0 2 7 】

図 7 は、本実施形態のステータ 1 0 と、従来技術のステータとについて、回転電機に組み立てて、それぞれの回転電機を動作させて振動騒音の音圧レベルを比較した図である。図 7 の測定では、本実施形態のステータ 1 0 として、図 3 に示した 2 つの接着領域 5 0 の長さ L 2 1 , L 2 2 をほぼ同じ長さとし、それらの合計 ( L 2 1 + L 2 2 ) をスロット 2 2 の軸方向の寸法 L 1 の略 1 / 2 の長さとしたステータ 1 0 を用いた。また、従来技術のステータとして、スロット 2 2 の軸方向の全長に亘って絶縁シート 2 3 に接着層 2 7 , 2 8 を設け、全部を接着領域 5 0 としたステータを用いた。図 7 において、横軸は回転電機の毎分あたりの回転数 ( R P M ) であり、縦軸は音圧レベルである。淡色線は、本実施形態のステータ 1 0 を有する回転電機の振動騒音特性 6 0 で、濃色線は、従来技術のステータを有する回転電機の振動騒音特性 6 2 である。淡色線と濃色線との間が塗り潰されている部分は、本実施形態のステータ 1 0 を有する回転電機が従来技術のステータを有する回転電機に比べて、特に、音圧レベルが低減されている部分である。図 7 に示すように、本実施形態のステータ 1 0 を有する回転電機は、従来技術のステータを有する回転電機に比べて、1 5 0 0 r p m ~ 3 0 0 0 r p m の範囲で数 d B ~ 1 0 d B 程度の音圧レベルの低減効果がある。従来技術のステータを有する回転電機は、積層された鋼板が一体化し、ロータの回転方向のバネ性が増加し、その結果ステータコアに回転方向の共振が発生するため、振動騒音性能が悪化していると考えられる。

【 0 0 2 8 】

以上説明した回転電機のステータ 1 0 は、スロット 2 2 の軸方向の両端部を接着領域 5 0 としたが、それに加えて、さらに接着領域 5 0 が設けられてもよい。図 8 は、別の実施形態の回転電機のステータ 1 0 におけるスロット 2 2 部分の断面図である。図 8 に示すように、両端部の L 2 1 , L 2 2 の長さを有する接着領域 5 0 に加えて、中心付近に L 2 3 の長さを有する接着領域 5 0 を設けて、接着領域 5 0 を 3 箇所としている。このように、接着領域 5 0 を 3 箇所以上としてもよい。ただし、各接着領域 5 0 の軸方向の寸法 L 2 i ( i = 1 ~ n , n は接着領域 5 0 の数 ) の合計は、スロット 2 2 の軸方向の寸法 L 1 の 4 / 5 以下となるようにする。すなわち、以下の ( 数 1 ) 式が満たされるようにする。

【 0 0 2 9 】

【 数 1 】

$$\sum_{i=1}^n L 2 i \leq \frac{4}{5} \times L 1$$

・・・ ( 数 1 )

【 0 0 3 0 】

なお、接着領域 5 0 は等間隔で配置しなくてもよく、不等間隔で配置してもよい。

【 0 0 3 1 】

以上説明した絶縁シート 2 3 は、感熱発泡層 2 4 を有するものであったが、絶縁シート 2 3 は、コイル 1 4 とスロット 2 2 の内壁面 4 0 とを絶縁シート 2 3 を介して接着できる限り、感熱発泡層 2 4 を有しないものであってもよい。また、接着層 2 7 , 2 8 は、熱硬化性の接着剤に限らず、例えば、熱可塑性の接着剤であってもよい。

【 0 0 3 2 】

また、以上説明した回転電機のステータコア 1 2 は、鋼板 4 2 の 1 枚 1 枚がカシメられた構造としたが、その構造に限定されるものではない。鋼板 4 2 が積層された構造のステータコア 1 2 であれば、本発明が適用可能である。

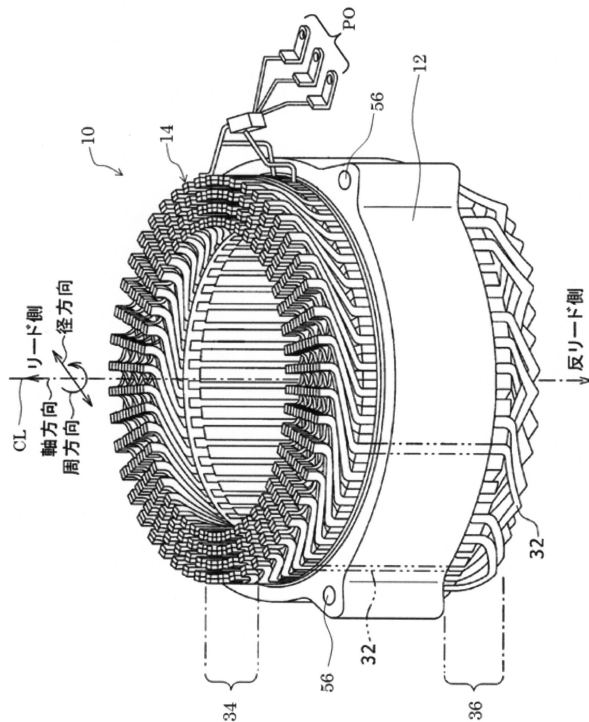
【 符号の説明 】

【 0 0 3 3 】

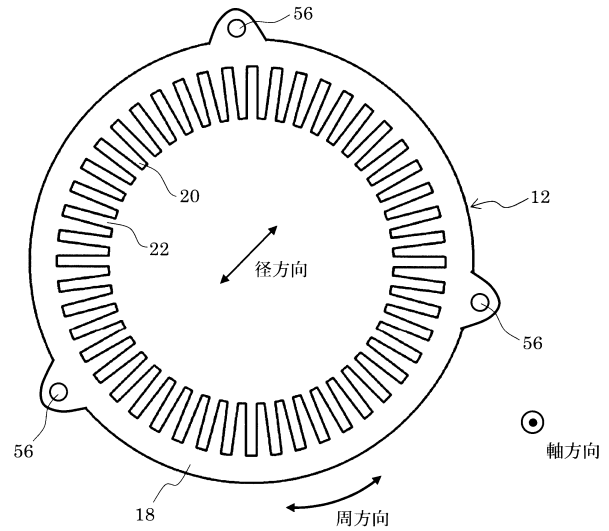
10 ステータ、12 ステータコア、14 コイル、18 ヨーク、20 ティース、  
22 スロット、23 絶縁シート、24 感熱発泡層、25, 26 フィルム層、27,  
28 接着層、32 導体セグメント、34, 36 コイルエンド部、40 内壁面、42  
鋼板、50 接着領域、52 未接着領域、56 取付穴、60, 62 振動騒音特性、7  
0 微小振動。

【図面】

【図1】



【図2】



10

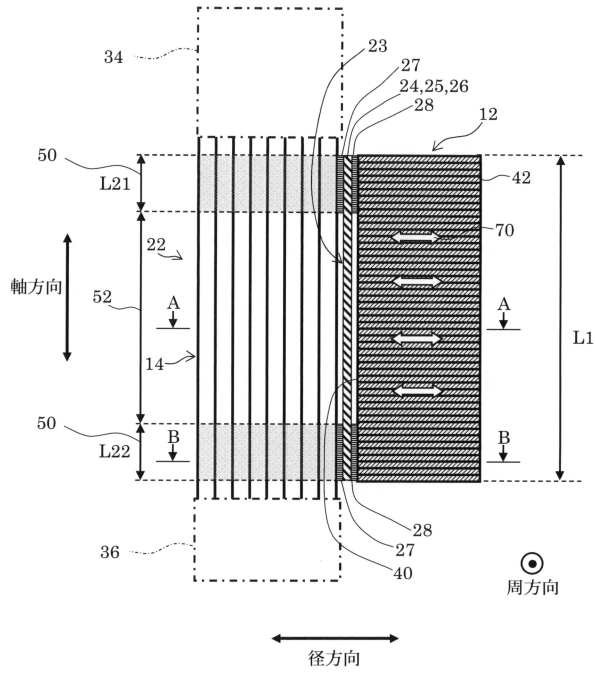
20

30

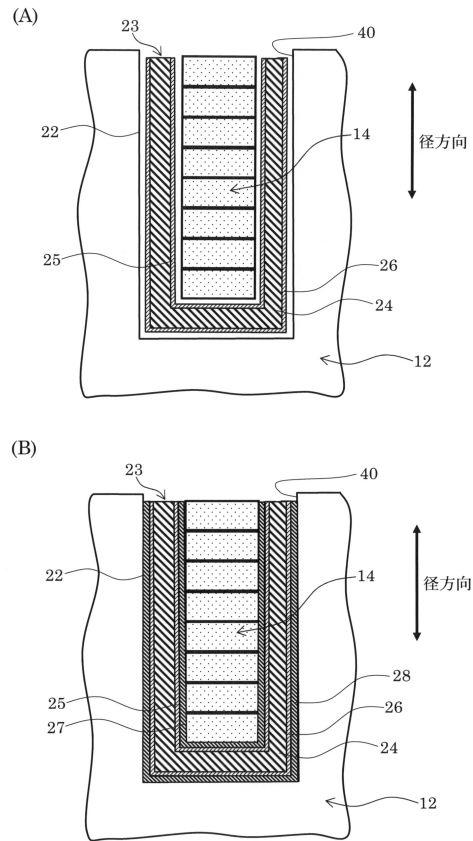
40

50

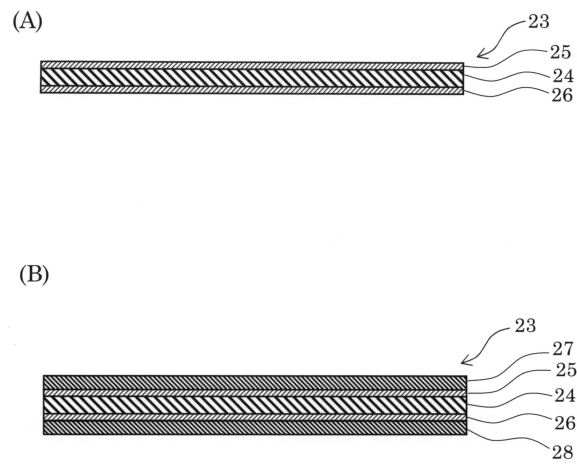
【 図 3 】



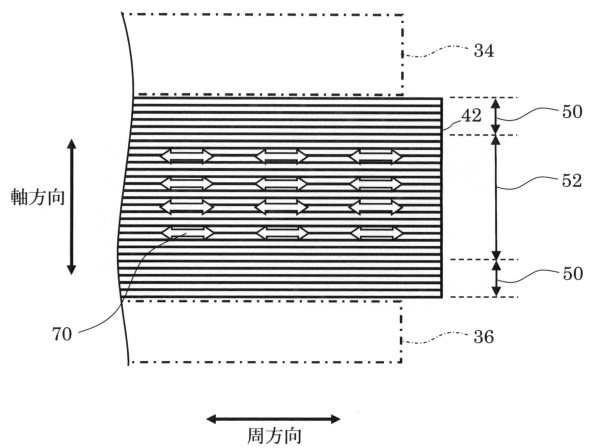
【 図 4 】



【 図 5 】

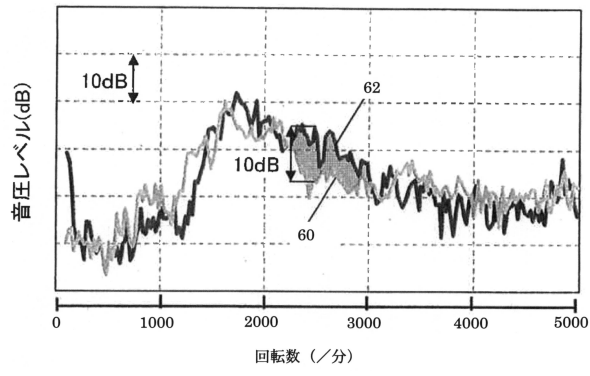


【 図 6 】

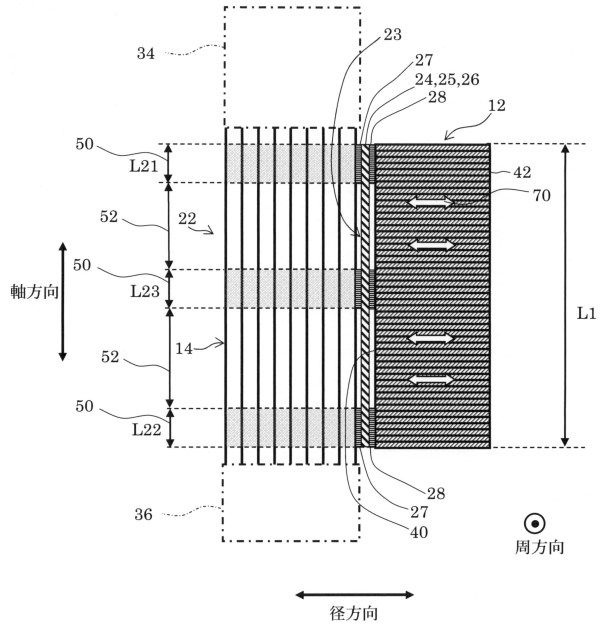




【図 7】



【図 8】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

(72)発明者 越野 尚人  
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 津久井 道夫

(56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 0 5 2 2 2 6 ( J P , A )  
米国特許第 0 4 2 2 6 9 0 3 ( U S , A )  
特開 2 0 1 3 - 0 0 6 9 9 9 ( J P , A )  
特開昭 5 5 - 1 4 1 9 4 7 ( J P , A )  
特開 2 0 1 5 - 1 3 3 8 1 0 ( J P , A )  
特開 2 0 1 7 - 1 2 7 0 6 3 ( J P , A )  
特開 2 0 1 3 - 0 0 9 4 9 9 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 2 K 3 / 3 4  
H 0 2 K 1 / 0 4