

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4358119号  
(P4358119)

(45) 発行日 平成21年11月4日(2009.11.4)

(24) 登録日 平成21年8月14日(2009.8.14)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 F 30/12 (2006.01)	HO 1 F 33/00 C
HO 1 F 27/24 (2006.01)	HO 1 F 33/00 A
	HO 1 F 27/24 C

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-8597 (P2005-8597)	(73) 特許権者	502129933
(22) 出願日	平成17年1月17日(2005.1.17)		株式会社日立産機システム
(62) 分割の表示	特願平10-216755の分割		東京都千代田区神田練馬町3番地
原出願日	平成10年7月31日(1998.7.31)	(74) 代理人	110000062
(65) 公開番号	特開2005-129966 (P2005-129966A)		特許業務法人第一国際特許事務所
(43) 公開日	平成17年5月19日(2005.5.19)	(72) 発明者	白畑 年樹
審査請求日	平成17年5月23日(2005.5.23)		新潟県北蒲原郡中条町大字富岡4番地1
(31) 優先権主張番号	特願平10-182788		株式会社日立製作所 産業機器事業部内
(32) 優先日	平成10年6月29日(1998.6.29)	(72) 発明者	堀内 雅之
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		新潟県北蒲原郡中条町大字富岡4番地1
前置審査		(72) 発明者	稲垣 勝敏
			新潟県北蒲原郡中条町大字富岡4番地1
			株式会社日立製作所 産業機器事業部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アモルファス鉄心変圧器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アモルファス磁性薄帯からなる巻鉄心と該巻鉄心を挿入するコイルとを組み立ててなる鉄心コイル組立体を具備するアモルファス鉄心変圧器において、

前記コイルは、前記巻鉄心側に巻回される一次コイル及び該一次コイルの外側に巻回される二次コイルより構成され、

前記二次コイルは、アルミニウム導体の条よりなり、

前記一次コイルは、複数の平角線を並列した銅導体からなり、コイル径方向内側で前記アモルファス磁性薄帯より強度を有するとともに、巻棒スペーサを介して前記巻鉄心が挿入される巻棒に巻回されて配置され、かつ、前記二次コイルより電気抵抗換算電流密度が高くなるよう銅導体断面積を小さくし、

前記二次コイルは、前記一次コイルよりコイル軸方向の長さを長くしたことを特徴とするアモルファス鉄心変圧器。

【請求項2】

請求項1記載のアモルファス鉄心変圧器において、

前記鉄心コイル組立体を収納する変圧器容器を有し、

該変圧器容器は、絶縁性冷却媒体を充填し、

該変圧器容器の外側には、高さが17mm~280mmの冷却フィンを有することを特徴とするアモルファス鉄心変圧器。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、アモルファス鉄心変圧器であり、特に、無負荷損、負荷損等を減少させたアモルファス鉄心変圧器に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

変圧器は、高電圧・小電流の交流電力を低電圧・大電流の交流電流に、また、その逆の変換を行う機器であり、磁気回路を構成する鉄心と電気回路を構成するコイルとを具備している。そして、鉄心の材料として、けい素鋼板以外にアモルファス磁性材料を使用することが知られており、また、鉄心の構造として、積層鉄心以外に鉄心材を巻回した巻鉄心が知られている。

10

## 【0003】

従来、アモルファス磁性薄帯を巻回して巻鉄心としたアモルファス鉄心変圧器が知られている。従来例の一つである5脚鉄心を有する3相1000kVA用アモルファス鉄心変圧器は、下記の特許文献1, 2に開示された巻鉄心及びコイルを変圧器容器内に格納していた。巻鉄心は、幅が約170mm、鉄心断面積約16200mm<sup>2</sup>のアモルファス磁性薄帯を巻回した単位鉄心を薄帯幅方向に2列配列して、4組8個の単位鉄心を使用していた。両外側の単位鉄心は、鉄心窓部にコイルが1相分配置されるが、内側の2個の単位鉄心は、鉄心窓部にコイルが2相分配置される。そのため、内側単位鉄心の質量は約158kgとなり、一方、外側単位鉄心の質量は約142kgとなって、内側単位鉄心の方が、質量は重く、外周の長さが長くなる。

20

## 【0004】

従来例のアモルファス変圧器のコイルは、図4(b)に示すように、3相分の一次コイル121及び二次コイル122からなる。一次コイル121は、3.5mm×7.0mm、導体断面積24.5mm<sup>2</sup>の平角状の絶縁銅線を使用して、418巻になるよう巻回する。二次コイル122は、0.71mm×425mmの帯状の銅条を2枚並列に導体断面積603.5mm<sup>2</sup>として使用し、13巻に巻回する。一次コイル121は、二次コイル122のコイル径方向外側に配置される。コイル2には、内部に生じる熱を逃がすため、図4(c)に示す棒状部材23を挿入して、絶縁油が流通するダクトスペース24を全周1層ずつ設けていた。従来例のアモルファス鉄心変圧器は、損失が少なくないので、ダクトスペース24の層としては、十分な冷却能力とする必要があり、6本(棒状部材3本×2脚)使用していた。コイルの上部及び下部に巻鉄心が配置される部分について考慮することなく全体的にダクトスペース24は形成されていた。なお、一般に、変圧器における一次コイル及び二次コイルに流れる電流密度について、なるべく同じ値になるように、そして、コイル材料として異なる材質を使用するときは、電気抵抗換算電流密度が同じ値になるように設計していた。また、3相変圧器の結線方式としてはY(スター)及び(デルタ)が知られており、そして、小容量のときは巻数が大となってYより不利であり、一方、中容量以上のときのYは導体断面積が大となってより不利である。そのため、500kVA以下の小容量においては、Yとし、そして、750kVA以上の中容量以上においては、及び一部Yが採用されていた。Yとすると、コイルの巻回数が1/3と少なくすることができるが、コイルに流れる電流値は下がらず、コイルの導体断面積を小さくすることはできない。一方、とすると、コイルの巻回数が多くなるが、コイルに流れる電流値を1/3と低下させることができ、コイルの導体断面積を小さくすることはできる。

30

40

## 【0005】

鉄心コイル組立体は、下記の特許文献1の図7、図8に示されるように、8個の単位鉄心と3個のコイルからなる。単位鉄心は、コイルに挿入するため、断面U字状とし、挿入後両端を閉じることにより組立てる。

## 【0006】

変圧器容器は、図3に示されるものと同様の形状を有しており、内部に鉄心コイル組立

50

体及び絶縁油を収納し、外部に外部端子、冷却フィン等を有する。外部端子は、コイルとライン線により接続される。冷却フィンは、内部のコイル等から発生する熱を大気に放出し温度上昇を許容値範囲内にする。冷却フィンの高さは、100mm～200mm程度とされる。冷却フィンの合計表面積は、容器の表面積の10倍程度とされ、約50m<sup>2</sup>とされていた。

【0007】

しかしながら、従来のアモルファス鉄心変圧器は、3相1000kVAの場合には無負荷損が約330W、負荷損が約11400W、全損失が約11730Wとなり、変圧器内部の温度が高くなるのを防ぐため、大きな冷却面積を必要とする等の問題点が生じていた。また、一次及び二次コイルの導体断面積を太くして、損失を小さくしようとすると、コイルに使用する銅線は太くなり、剛性が大きく、巻回時における加工作業が困難となり、そして、二次コイルとライン線との接続は、銅部材同士の接続となるため、接続作業が難しく、工数も多く必要としていた。

【特許文献1】特願平9-149331号

【特許文献2】特願平9-254494号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、従来の問題点を解決するものであり、変圧器内部の温度上昇を抑え、鉄心やコイル等の温度上昇による損失による発熱量も減らし、冷却フィンを小規模とすることが可能となり、そして、コイル巻回時における電線の加工作業を容易とするアモルファス鉄心変圧器を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本願発明は、アモルファス磁性薄帯からなる巻鉄心と該巻鉄心を挿入するコイルとを組み立ててなる鉄心コイル組立体を具備するアモルファス鉄心変圧器において、前記コイルは、前記巻鉄心側に巻回される一次コイル及び該一次コイルの外側に巻回される二次コイルより構成され、前記二次コイルは、アルミニウム導体の条よりなり、前記一次コイルは、複数の平角線を並列した銅導体からなり、コイル径方向内側で前記アモルファス磁性薄帯より強度を有するとともに、巻枠スペーサを介して前記巻鉄心が挿入される巻枠に巻回されて配置され、かつ、前記二次コイルより電気抵抗換算電流密度が高くなるよう銅導体断面積を小さくし、前記二次コイルは、前記一次コイルよりコイル軸方向の長さを長くしたことを特徴とするアモルファス鉄心変圧器である。

【0012】

更に、本発明は、前記アモルファス鉄心変圧器において、前記鉄心コイル組立体を収納する変圧器容器を有し、該変圧器容器は、絶縁性冷却媒体を充填し、該変圧器容器の外側には、高さが17mm～280mmの冷却フィンを有するアモルファス鉄心変圧器である。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、変圧器内部の温度上昇を抑えることができ、そのため、鉄心やコイル等も比較的低温で動作させることができるので、これら鉄心やコイル等の温度上昇による損失を低減することとなるため、この損失による発熱量も減らすことができるため、冷却フィンを小規模とすることが可能となり、そして、コイル巻回時における電線の加工作業を容易とするアモルファス鉄心変圧器を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明を実施するための最良の形態を説明する。

本発明のアモルファス鉄心変圧器の一実施例について、図1～図16を用いて説明する。図1は、実施例のアモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体の説明図である。図2は

10

20

30

40

50

、実施例のアモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体のA面水平断面の説明図である。図3は、アモルファス鉄心変圧器の外観の説明図である。図4は、アモルファス鉄心変圧器のコイルにおけるダクトスペース等の説明図である。図5は、アモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体の説明図である。図6は、実施例のアモルファス鉄心変圧器のコイルの説明図である。図7は、実施例のアモルファス鉄心変圧器のコイルの巻枠の一例の説明図である。図8は、アモルファス鉄心変圧器の単位鉄心の一例の模式説明図である。図9は、アモルファス鉄心変圧器の組立工程の一例の説明図である。図10は、アモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体の一例の説明図である。図11は、アモルファス鉄心変圧器の単位鉄心の一例の説明図である。図12は、アモルファス鉄心変圧器の組立工程の変形例の説明図である。図13は、鉄心コイル組立体の一例の模式説明図である。図14は、鉄心コイル組立体における保護材の一例の模式説明図である。図15は、鉄心コイル組立体における保護材の模式説明図である。図16は、単相アモルファス鉄心変圧器の一例の説明図である。

10

#### 【0023】

本実施例のアモルファス鉄心変圧器は、5脚鉄心を有する3相1000kVA50Hz用の変圧器であり、巻鉄心1、コイル2、変圧器容器4、を具備する。本実施例では4個の巻鉄心1と3個のコイル2とが組立てられて鉄心コイル組立体3を構成している。組立方法の一例は後述する。図1に示すように、各巻鉄心1は2個の単位鉄心11からなり、合計8個の単位鉄心11を3組のコイル2と組合せて鉄心コイル組立体3を構成する。そして、この鉄心コイル組立体3は、鉄心上締金具31、鉄心下締金具32、コイル支え33、スタッド34、コ字押え金具35及びE字押え金具36により各鉄心と各コイルの位置関係を保つよう固定された状態で変圧器容器4に収納される。結線方式は、-を採用している。そして、変圧器容器4内には、絶縁性冷却媒体である絶縁油が充填され、アモルファス鉄心変圧器となる。なお、絶縁性冷却媒体は、SF<sub>6</sub>(六弗化イオウ)あるいはN<sub>2</sub>(窒素)等の絶縁性ガスであってもよい。

20

#### 【0024】

単位鉄心11は、幅が約170mmのアモルファス磁性薄帯を予め所定の長さに切断し、得られたアモルファス薄帯を所定枚数積層して鉄心断面積約16800mm<sup>2</sup>としたものを金型上に載置し、断面U字状に成形し、コイル2に挿入した後、両端を突合せて構成する。本実施例で使用する単位鉄心11の鉄心断面積は、従来例のものより約3.7%広くなっている。各鉄心1はこの単位鉄心11を2個側方に並べることにより構成される。これにより鉄心1の断面積を約33600mm<sup>2</sup>とすることができ、従来のものより断面積が約3.7%広く、磁気抵抗を低下させて鉄損の少ない鉄心を得ることができる。単位鉄心11を薄帯幅方向に2列配置するため、全体として4組8個の単位鉄心11を使用する。両外側の単位鉄心11aは、鉄心窓部にコイル2を1相分配置されるが、内側の単位鉄心11bは、鉄心窓部に2相分配置される。現在、工業的に生産されているアモルファス磁性薄帯のうち変圧器等に用いることができるものは厚さ約0.025mm、最大幅約213mmである。これを3相1000kVAクラスの配電用大容量変圧器に適用しようとする、鉄心幅は400mm前後必要となる。現在メーカーにより工業的に生産されているアモルファス磁性薄帯の幅は、142mm、170mm、213mmの3種類である。最大幅は213mmであるが、現状では170mmのものが流通量も多く、産業上利用しやすいものである。そのため本実施例では、幅170mmの磁性薄帯を用いた単位鉄心11を2個並べて所定の断面積を得ている。また、アモルファス磁性薄帯は、硬度が900~1000HVと大きく、更に、大変脆い素材でもある。このため、幅方向に分割し、単位鉄心の質量を軽減し、作業性を良くすることが、配電用大容量変圧器を工業的に生産する際の大切なポイントである。そして、後述するコイル構成とすることにより、外側単位鉄心11aの質量は約173kg、内側単位鉄心11bの質量は約197kgとなる。本実施例の鉄心1は鉄損が少ないため、発熱が少ないとともに、5脚鉄心であるため、冷却媒体との接触面積も大きく、温度上昇の少ない鉄心及び変圧器を得られる。

30

40

#### 【0025】

50

コイル 2 は、3 相分の一次コイル 2 1、二次コイル 2 2 及び巻棒 2 6 からなる。一次コイル 2 1 は、2.6 mm × 6.5 mm と 2.0 mm × 6.5 mm の 2 種類の平角状の銅線を並列にして導体断面積約 29.9 mm<sup>2</sup> として使用し、巻棒 2 6 上に 418 巻に巻回する。二次コイル 2 2 は、1.70 mm × 475 mm のアルミニウム条を 3 枚並列にして導体断面積約 2420 mm<sup>2</sup> として使用し、13 巻に巻回する。巻棒 2 6 の一例を図 7 に示す。巻棒 2 6 は、アモルファス磁性薄帯より強度を有する材料、すなわち、鉄又は鉄合金、及び樹脂等を使用して作成される。本実施例では、巻棒 2 6 には導電性を有するけい素鋼板を使用するため、1 ターンのコイルを形成させないように、スリット部を形成し、絶縁部材 2 6 1 を挿入する。二次コイル 2 2 は、図 6 に示すように、一次コイル 2 1 の外側に配置される。銅を使用している一次コイル 2 1 の電流密度はアルミニウム電気抵抗換算で約 0.72 A/mm<sup>2</sup>、二次コイル 2 2 の電流密度は約 0.655 A/mm<sup>2</sup> であり、一次コイル 2 2 は、二次コイル 2 2 より電気抵抗換算電流密度が約 1.1 倍と高くなっている。コイル 2 は、ライン線に接続され、外部に導出される。コイル 2 は、図 4 (a) に示すように、内部に生じる熱を逃がすため、コイル 2 内部に棒状部材 2 3 を挿入し、絶縁油を流通させるダクトスペース 2 4 を設けている。ダクトスペース 2 4 は、コイル 2 と同心状に設けている。本実施例のアモルファス変圧器は、コイルの導体の断面積が従来のものより大きい(従来に対し、一次側で約 120%、二次側で約 400%) ので、導体の電気抵抗が少なくなり、損失が小さいため、発熱量が少なくなり、ダクトスペース 2 4 は、2 本(挿入部材 1 本 × 2 脚) 設ければ、コイル 2 の温度上昇を防ぐことができる。特に電流値が大きい二次側での断面積が従来約 400% であることにより、大幅な抵抗値の低減に伴う発熱量の低減を図ることができる。従来例のアモルファス鉄心変圧器は 6 本必要であったため、1/3 に減少することとなる。また、コイル 2 の上部及び下部に単位鉄心が配置されている部分 2 5 については、ダクトスペース 2 4 を形成しても、絶縁油の循環が悪いため、形成する必要はない。このため、U、W 脚コイルは、V 脚コイルと隣り合う側についてコイル 2 1、2 2 にダクトスペースは設けず、本部位以外に複数個ダクトスペースを設ける構造としている。また、V 脚コイルも同様に、U、W 脚コイルと隣り合う側にダクトスペースは設けない構造としているので、ダクトスペースの全体形状は C 字形となり、コイル 2 の径方向寸法を小さくすることができる。そのため、鉄心窓幅は狭くすることができ、また、単位鉄心 1 1 の寸法も小さくすることができ、質量も軽くなる。

#### 【0026】

本実施例のアモルファス鉄心変圧器は、外側の二次コイル 2 2 をアルミニウム条としており、コイル巻回作業性が良くなる。なお、アルミニウムは、銅よりも密度が小さく、そして、抵抗率が大きいので、コイルに使用すると、コイルの体積が増大する。そのため、アルミニウム導体使用量を少なくすることが好ましく、外側の二次コイル 2 2 のみとするのが良い。また、本実施例における一次コイル 2 1 の導体断面積は、従来例におけるものの約 1.2 倍、二次コイル 2 2 は、約 4.0 倍もそれぞれ使用するため、コイル 2 1、2 2 の抵抗は低くなり、アモルファス鉄心変圧器の負荷損失を低下させることができる。なお、本実施例のアモルファス鉄心変圧器は、結線方式が Y であるため、Y 等の他の結線方式と比較してコイル導体断面積を約 1/3 と小さくすることができる。このため、線径が細くなり、巻線時の作業性が向上し、また、曲げ半径を小さくすることができるので、ポピンあるいは巻棒の表面に沿ってコイル導体を巻回することが容易となり、コイルをコンパクト化することができる。そして、コイル 2 はアモルファス磁性薄帯より強度を有する巻棒 2 6 上に巻回されるため、平角線の銅導体からなる一次コイル 2 1 及びアルミニウム条からなる二次コイル 2 2 の巻回作業が楽になる。そして、アモルファス磁性薄帯からなる単位鉄心 1 1 は、コイル 2 の素材の弾性及び電磁力等による変形により生じる圧縮力を受けて劣化しやすくなるが、巻棒 2 6 内側の巻棒スペーサ 2 6 2 内に単位鉄心 1 1 を挿入するため、この圧縮力による磁気特性の劣化を回避して、アモルファス鉄心変圧器の負荷損を低下させることができる。本実施例のアモルファス鉄心変圧器は、一次コイルは、二次コイルより電気抵抗換算電流密度が高くなっている。そのため、一次コイル

における発熱量は、二次コイルのより多くなるが、一次コイルの内側には、巻枠を介して鉄心が存在しており、そして、この鉄心が一次コイルから発生する熱を吸収する冷却源となるため、一次コイルの温度上昇を防ぐことができる。なお、本実施例のアモルファス鉄心変圧器では、二次コイル22とライン線との接続は、アルミニウム同士の接続となるため、接続作業は容易である。

**【0027】**

本実施例のアモルファス鉄心変圧器の二次コイル22の長さ( $L_2$ )は、図6(a)に示すように、一次コイル21の長さ( $L_1$ )よりコイル軸方向の長さを長くするため、両コイル21、22の電磁力の中心を揃えて配置するとき、短絡時の機械力によるずれの影響を少なくすることができる。なお、コイル2に使用する電線の断面積を大きくすると変圧器の負荷損を低減することができる。コイル2に使用する電線として、平角線、条、丸線等が使用できる。複数の素線を並列にして使用すると、加工性が良く、巻回作業が楽になる。図6(b)には、2枚の平角線21a、21b、厚さ $t_1$ 、 $t_2$ 、幅 $w_1$ からなる一次コイル21の一例を、図6(c)には、3枚の条22a、厚さ $t_3$ 、幅 $w_2$ からなる二次コイル22の一例を、それぞれ示す。そして、コイル2は発熱するが、内部に絶縁油が流通するスペースを設けているので、コイル2の温度上昇を低く抑えることができる。また、本実施例では、上記のような温度上昇の少ないコイルと温度上昇の少ないアモルファス5脚鉄心とを組合せることにより、コイルの温度上昇を一層低く抑えることができ、コイルの電気抵抗の増加を防止できるため、負荷損を大幅に低下させることができる。

**【0028】**

本実施例のアモルファス鉄心変圧器は、3相1000kVA50Hz用であり、無負荷損が約305W、負荷損が約7730W、全損失が約8035Wとなり、従来例のアモルファス鉄心変圧器よりも無負荷損、負荷損、全損失を低減させることができ、変圧器内部の温度上昇を少なくさせ、大きな冷却面積を必要としないアモルファス鉄心変圧器とすることができる。

**【0029】**

以上、実施例として、3相1000kVA50Hz用のアモルファス鉄心変圧器で説明したが、他の容量においても、従来例のアモルファス鉄心変圧器よりも無負荷損、負荷損、全損失を低減させることができる。例えば、750kVA用においては、無負荷損が約255W、負荷損が約5790W、全損失が約6045Wとなり、また、500kVA用では、無負荷損が約240W、負荷損が約2860W、全損失が約3100Wとなり、そして、300kVAでは、無負荷損が約185W、負荷損が約1580W、全損失が約1765Wと、いずれも低減させることができる。また、一次コイルと二次コイルの電気抵抗換算電流密度の比率について、1000kVA用では、一次コイル側が二次コイル側の1.1倍であったが、750kVA用では1.2倍、500kVA用では1.53倍と、いずれも一次コイル側を二次コイル側より高くすることが良く、その比率としては1.05倍以上することが好ましい。

**【0030】**

本実施例のアモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体3の組立て方法の一例について、以下、説明する。図8~図10に示すのは、その一例であり、得られた鉄心コイル組立体3は、単位巻鉄心11をコイル2に挿入して列状に配設したものである。また、単位鉄心11は、いずれか一方で(図示では下方の位置)でアモルファス積層薄帯をラップさせて形成する。

**【0031】**

単位鉄心11のラップ側のヨーク部は、コイル2の最内周の絶縁部材24もしくは巻枠23又はコイル2の外側に位置する単位鉄心11のコア部を覆っている絶縁部材12と、これら部材と隙間なく貼着した絶縁部材で形成した保護材13とにより全体として連続して、間隙なく全体として覆われている。単位鉄心11の反ラップ部(図示では上方の位置)側のヨーク部とコア部は、それぞれ絶縁部材12、14で覆われている。このようにして、単位鉄心11が密封され、アモルファス破片の脱落を防止している。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 2 】

図 8 は、焼鈍後、単位鉄心 1 1 のラップ部を開口し、逆 U 字に成形された単位鉄心 1 1 の模式説明図を示しているが、単位鉄心 1 1 は、最内周に単位鉄心 1 1 に強度を持たせるための補強部材 1 5 が設けられ、最外周にはけい素鋼板による補強部材 1 6 が設けられている。さらに、上部ヨーク部とコア部の巻鉄心端面を保護するためのそれぞれ絶縁部材 1 4、1 2 が貼り付けられている。

## 【 0 0 3 3 】

図 9 を参照して、逆 U 字成形された単位鉄心 1 1 をコイル 2 に挿入する工程 ( a ) ~ 工程 ( g ) を説明する。工程 ( a ) において、前記コイル 2 の鉄心ラップ部側 ( 図示では下方側 ) 端面には、コイル最内周の絶縁部材もしくは巻枠 2 3 と、隙間なく貼られた絶縁部材で形成した保護部材 1 3 とを設ける。この保護部材 1 3 には、単位鉄心 1 1 が挿入される位置に切り込み部 C 1 が設けられているが、これについては詳細に後述する。

10

## 【 0 0 3 4 】

工程 ( b ) において、この保護部材 1 3 に対して逆 U 字成形された単位鉄心 1 1 が逐次挿入される。図では、左方の位置から右方の位置に対して逐次挿入されている。前記保護部材 1 3 は、単一の連続部材でも、複数に分割したものを粘着テープ等で張り合わせた連続部材でも差し支えない。

## 【 0 0 3 5 】

工程 ( c ) において、単位鉄心 1 1 の挿入が完了し、そののち、前記保護部材 1 3 の面が垂直になるように位置させる。工程 ( d ) において、前記起立させた逆 U 字成形された単位鉄心 1 1 の開口部を、コイル 2 のラップ側の端面 1 1 j を保護部材 1 3 で覆ったまま、ラップ作業により、ラップさせ矩形成形させる。図ではこのときの状況を示している。

20

## 【 0 0 3 6 】

工程 ( e ) において、ラップ作業の完了後の単位鉄心 1 1 の状態を図示するが、コイル 2 の端面は、保護部材 1 3 により覆われ、コイル 2 の内部にアモルファス破片が侵入することなく作業が出来る。工程 ( f ) において、矩形成形された単位鉄心 1 1 のラップ側のヨーク部を保護部材 1 3 により包み込み、アモルファス破片の脱落防止が行われる。

工程 ( g ) において、前記構成した単位鉄心 1 1 を起立させて完成する。

## 【 0 0 3 7 】

鉄心コイル組立体 3 の組立て方法の変形例について、図 1 1 ~ 図 1 3 を用いて説明する。図 1 1 を参照して、この変形例では、コイル 2 の上下両端面に絶縁材の保護部材を設けたものである。図 1 1 には、焼鈍後に、ラップ部を開口して逆 U 字成形された単位鉄心 1 1 を示すが、単位鉄心 1 1 は、最内周に単位鉄心 1 1 に強度を持たせるための補強部材 1 5 が設けられ、最外周にけい素鋼板による補強部材 1 6 が設けられている。

30

## 【 0 0 3 8 】

図 1 2 を参照して、図 1 1 の逆 U 字成形された単位鉄心 1 1 をコイル 2 に挿入する工程を説明する。工程 ( a ) において、前記コイル 2 の鉄心ラップ部側 ( 図示では下方側 ) 端面には、コイル最内周の絶縁部材もしくは巻枠 2 3 と、隙間なく貼られた絶縁部材で形成した保護部材 1 3 を設ける。この保護部材 1 3 には、単位鉄心 1 1 が挿入される位置に切り込み部 C 1 が設けられているが、これについては詳細に後述する。

40

## 【 0 0 3 9 】

工程 ( b ) において、この保護部材 1 3 に対して逆 U 字成形された単位鉄心 1 1 が逐次挿入される。図示では、左方の位置から右方の位置に対して逐次挿入されている。前記保護部材 1 3 は、単一の連続させた部材でも、複数に分割したものを粘着テープ等で張り合わせた連続部材でも差し支えない。

## 【 0 0 4 0 】

工程 ( c ) において、図示する如く、単位鉄心 1 1 の 4 個の内、両外側二個のコイルの外側に位置するコア部のみに絶縁材で形成した保護部材 1 7 を貼着し、他の部分は貼着せず、そのままとする。また、コイル 2 の上下端面には、コイル最内周の絶縁部材または巻枠 2 3 と隙間なく貼り付けられた絶縁材で形成させた保護部材 1 3 a、1 3 b を設ける。

50

## 【0041】

次いで、逆U字成形された単位鉄心11を保護部材13a、13bに挿入する。保護部材13a、13bは、単一の連続させた部材でも、複数に分割したものを粘着テープ等で張り合わせた連続部材でも差し支えない。そして、先に貼着した保護材17と保護部材13a、13bを隙間なく貼り付ける。

## 【0042】

工程(d)において、そののち、逆U字成形された単位鉄心11の開口部をラップ作業が容易となるように位置させ、当該ラップ作業を行わせる。工程(e)において、ラップ作業が完了し、矩形成形をさせる。工程(f)において、矩形成形された単位鉄心11の上下ヨーク部を保護部材13a、13bにより包み込ませる。次いで、工程(g)において、単位鉄心11を起立させる。

10

## 【0043】

このようにして、アモルファス破片の脱落防止を行いながら、鉄心コイル組立体3の組立てをすることができる。このように組立てれば、単位鉄心11個々にあらかじめ絶縁処理を施す必要がなく、破片脱落防止が容易に行える。

## 【0044】

鉄心コイル組立体の組立て方法の第2の変形例について、図14を用いて説明する。保護部材13をコイル最内周の絶縁部材又は巻枠23に貼着する方法の一例を示す。図14(a)は、長方形の絶縁材である保護部材13において、切り込み部C1を形成する。図14(b)は、切り込み部C1の拡大図である。

20

## 【0045】

図14(a)、図14(b)において、切り込み部C1に生じた三角形の絶縁材片を下方に折り込んだ山形部分131を形成させる。この山形部分131は、例えばクラフトテープ等の粘着テープ18aにより、コイル最内周の絶縁部材もしくは巻枠23に隙間なく貼着する。さらに、補強用としてコイル窓内角部に粘着テープ19を貼着することが好ましい。また、粘着テープ19の代わりに、接着材により貼付を行っても差し支えない。

## 【0046】

次に、図15を参照して、保護部材13をコイル最内周の絶縁部材もしくは巻枠3に貼り付けるその他の方法を説明する。図15(a)に示す如く、長方形の絶縁材である保護部材13において、コイル窓の形状の切取り部C2を形成する。図15(b)は、切取り部C2の拡大図である。

30

## 【0047】

図示する如く、切取り部C2部分をコイル窓のエッジ部分に合わせて、例えばクラフトテープ等の粘着テープ18bによりコイル最内周の絶縁部材もしくは巻枠3に隙間なく貼着する。さらに、補強用としてコイル窓の内角部に粘着テープ19を貼着してもよい。以上の例は、5脚鉄心を有する3相変圧器についての例であるが、3脚以上のコア部を持つアモルファス巻鉄心であれば、同様の方法でアモルファス破片の脱落防止ができる。

## 【0048】

また、以上の例の他に、鉄心幅方向に2列以上の複数個の単位鉄心11を並べた鉄心構造を持つ変圧器に対しても同様のことが実施できる。この場合、鉄心幅方向に複数並んだ単位鉄心を、各列毎に一括して絶縁部材でできた保護材で覆っても差し支えないし、全列一括して絶縁部材で形成した保護部材で覆っても差し支えない。

40

## 【0049】

以上、詳細に説明したような鉄心コイル組立体の組立方法によれば、3脚以上の巻鉄心をもつアモルファス鉄心変圧器において、変圧器の特性を悪化させることなく、容易にアモルファス鉄心の保護が行え、アモルファス破片の散逸を防止するアモルファス鉄心変圧器とすることができる。

## 【0050】

次に、変圧器容器4は、外側に冷却フィン42を有すると、変圧器の温度上昇を少なくすることができる。本実施例のアモルファス鉄心変圧器は、従来例のアモルファス鉄心変

50

圧器より発生熱損失が少なく、このため温度上昇が低く、冷却フィンの高さを低くしたり、数を減らして、冷却面積を狭くすることが可能である。例えば、冷却フィン42の高さは、17mm～280mm程度とすればよいため、従来例のアモルファス変圧器と比較して、20%程度低くすることができる。冷却フィンの合計表面積は、 $0\text{ m}^2 \sim 100\text{ m}^2$ 程度とする。また、変圧器容器の表面も冷却の役割を有しているため、冷却フィンと変圧器容器との合計表面積は、 $130\text{ m}^2$ 以下とするのが好ましい。なお、冷却フィンは、変圧器容器リブとして強度を高めることができる。そして、変圧器容器4は、内部に鉄心コイル組立体3及び絶縁油を収納し、外部に外部端子41等を有する。絶縁油としては、内部に気体を含まないように、事前に脱気処理したもの又は脱気処理後窒素ガスを飽和したものを使用する。外部端子41は、コイル2とライン線により接続される。冷却フィンは、内部のコイル2等から発生する熱を大気に放出する。

10

#### 【0051】

以上の実施例の概要をまとめると、二次コイルにアルミニウムを使用することにより、巻回作業性を良くできるメリットが得られる。しかし、アルミニウムを使用したため、銅使用時よりもコイル体積が増大するデメリットが生じる。そのため、一次、二次コイルの合計体積を増大させない（二次コイルで増大した体積分を一次コイルの体積減少でカバーする）ため、一次コイルに銅を使用し、かつ、一次コイル導体の断面積を小さくする（体積は減少する）。そうすると、一次コイルの電気抵抗換算電流密度は、二次コイル側よりも高くなり、一次コイルの発熱が従来よりも高くなるデメリットが生じる。そこで、一次コイルをアモルファス鉄心のそばに設置し、一次コイルからの熱をアモルファス鉄心で吸収して冷却する。これにより、実施例のアモルファス鉄心変圧器は、デメリットが生じることなく、目的を達成することができる。

20

そして、二次コイルと一次コイルのコイル軸方向の長さについて、一次・二次コイルは、同軸上にタイトに巻回されており、一次・二次コイルを電氣的（距離、絶縁紙厚さ・枚数）に絶縁する必要がある。この際、コイル径方向へは絶縁紙厚さ・枚数で絶縁特性をたかくすることができるが、コイル軸方向にも距離を取る必要があることから、一次（高圧）巻線が二次（低圧）巻線高さより低くなるよう設計を行う。こうすることを短絡強度で見た場合、二次（条導体）巻線高さを一次（丸線、角線）巻線高さより高くすることで、コイル軸方向への一次巻線座屈変形を防止する働きも兼ねることができる。もし、これが逆の位置関係になると、二次巻線と対向しない一次巻線端部が上下方向に座屈することになる。

30

なお、以上実施例等の説明で、変圧器容器4に絶縁油を充填したアモルファス鉄心変圧器について説明したが、モールド樹脂を充填したアモルファス鉄心変圧器でも同様な効果を奏することができる。また、5脚鉄心を有する3相変圧器以外に、単相変圧器でも実施可能であり、その例を図16に示す。このアモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体3、鉄心1、コイル2を有しており、コイルは一次コイル21、二次コイル22、巻棒26、巻棒スペーサ262を有している。巻棒26には、1ターンのコイルを形成させないようにスリットに絶縁部材261を挿入している。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0052】

【図1】実施例のアモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体の説明図。

40

【図2】実施例のアモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体のA面水平断面の説明図。

【図3】アモルファス鉄心変圧器の外観の説明図。

【図4】アモルファス鉄心変圧器のコイルにおけるダクトスペース等の説明図。

【図5】アモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体の説明図。

【図6】実施例のアモルファス鉄心変圧器のコイルの説明図。

【図7】実施例のアモルファス鉄心変圧器のコイルの巻棒の一例の説明図。

【図8】アモルファス鉄心変圧器の単位鉄心の一例の模式説明図。

【図9】アモルファス鉄心変圧器の組立工程の一例の説明図。

【図10】アモルファス鉄心変圧器の鉄心コイル組立体の一例の説明図。

【図11】アモルファス鉄心変圧器の単位鉄心の一例の説明図。

50

【図 1 2】アモルファス鉄心変圧器の組立工程の変形例の説明図。

【図 1 3】鉄心コイル組立体の一例の模式説明図。

【図 1 4】鉄心コイル組立体における保護材の一例の模式説明図。

【図 1 5】鉄心コイル組立体における保護材の模式説明図。

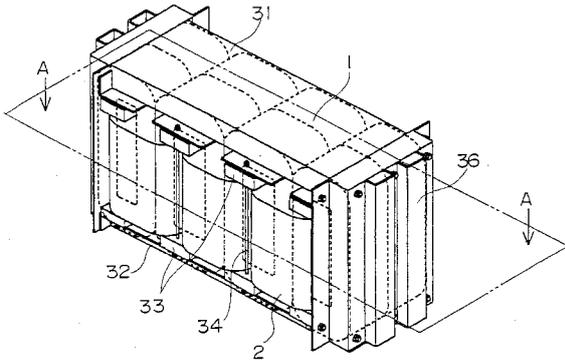
【図 1 6】単相アモルファス鉄心変圧器の一例の説明図。

【符号の説明】

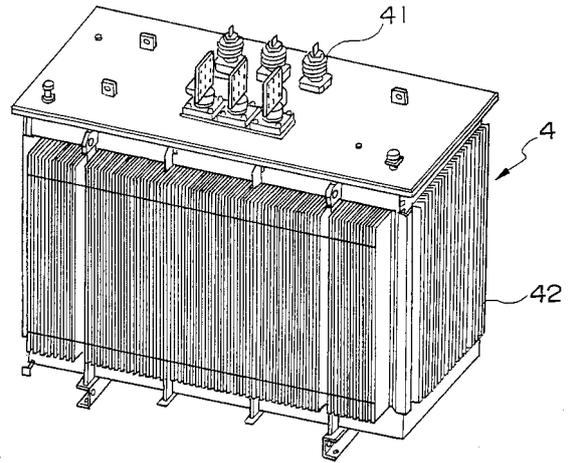
【 0 0 5 3 】

1	巻鉄心	
1 1	単位鉄心	
1 2、1 4	絶縁部材	10
1 3、1 7	保護部材	
1 5、1 6	補強部材	
1 8、1 9	粘着テープ	
2	コイル	
2 1	一次コイル	
2 2	二次コイル	
2 3	棒状部材	
2 4	ダクトスペース	
2 5	ダクトスペースなし部分	
2 6	巻枠	20
2 6 1	絶縁部材	
2 6 2	巻枠スペーサ	
3	鉄心コイル組立体	
3 1	鉄心上締金具	
3 2	鉄心下締金具	
3 3	コイル支え	
3 4	スタッド	
3 5	コ字押え金具	
3 6	E字押え金具	
4	容器	30
4 1	外部端子	
4 2	外部フィン	

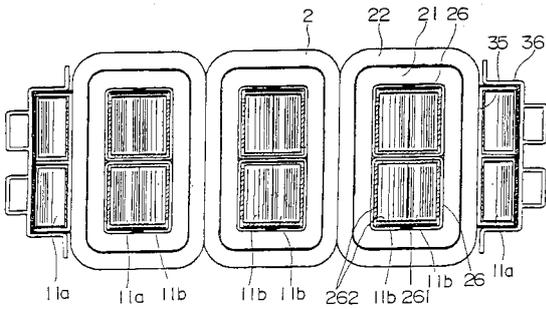
【図1】



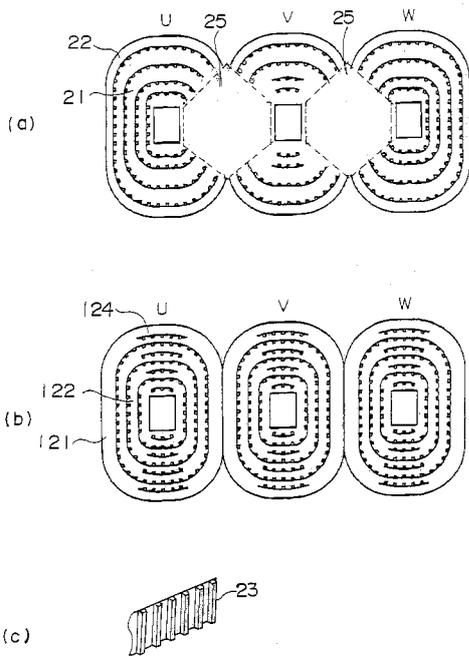
【図3】



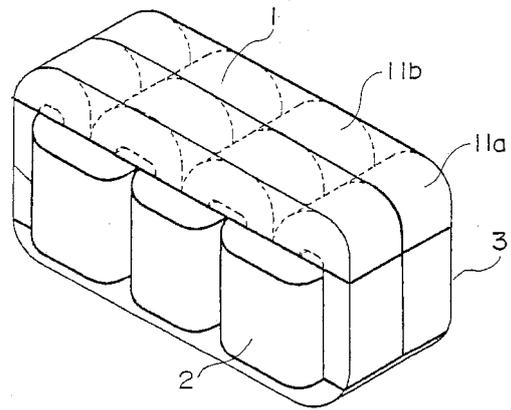
【図2】



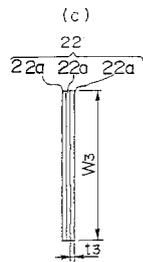
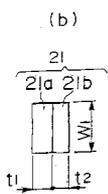
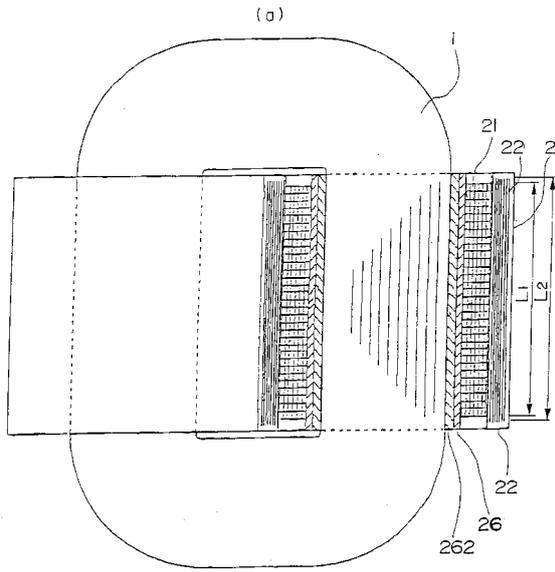
【図4】



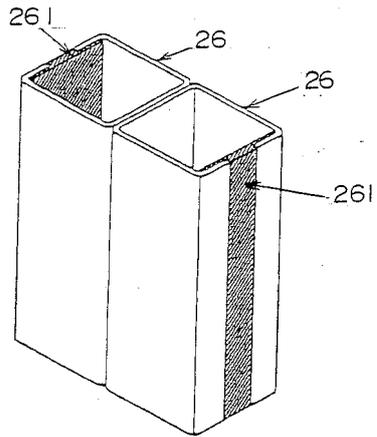
【図5】



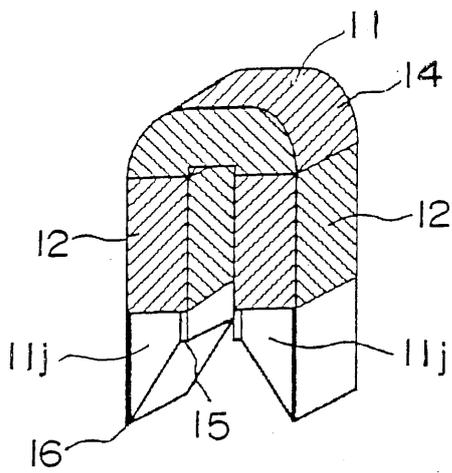
【図6】



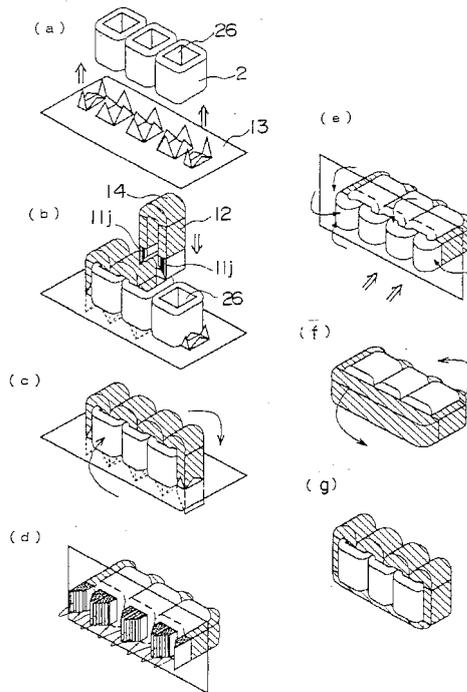
【図7】



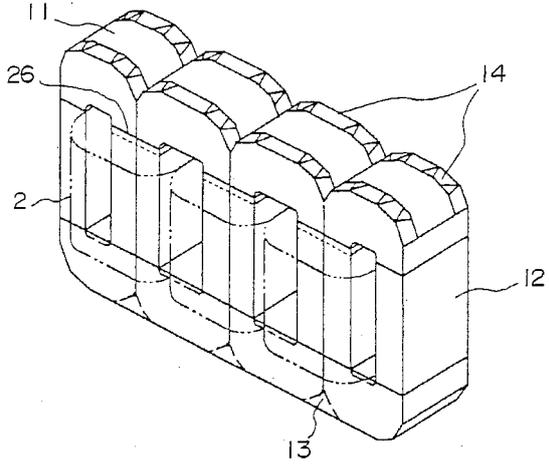
【図8】



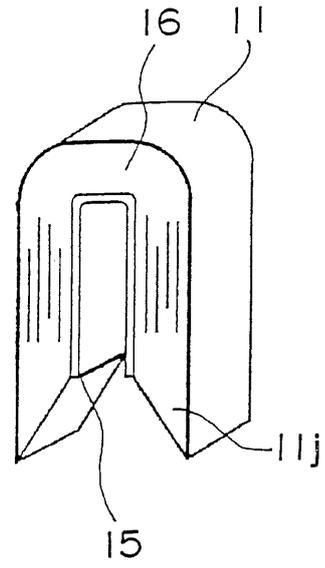
【図9】



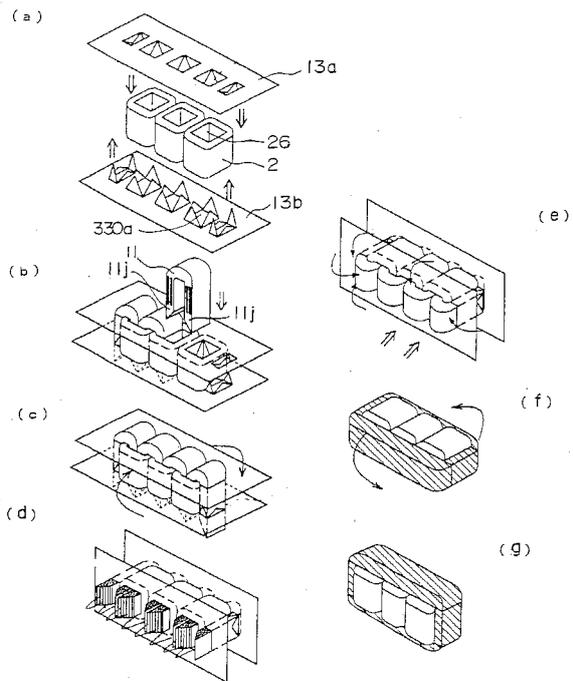
【図10】



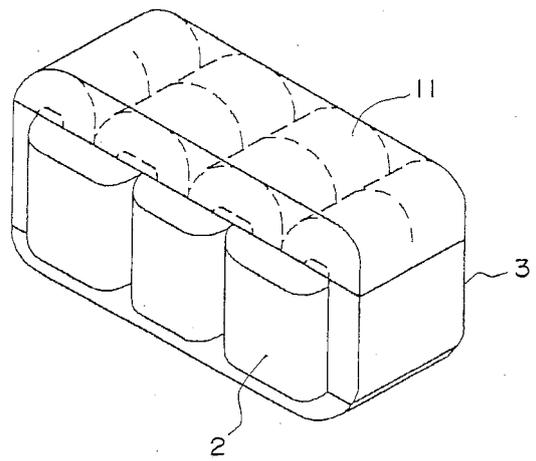
【図11】



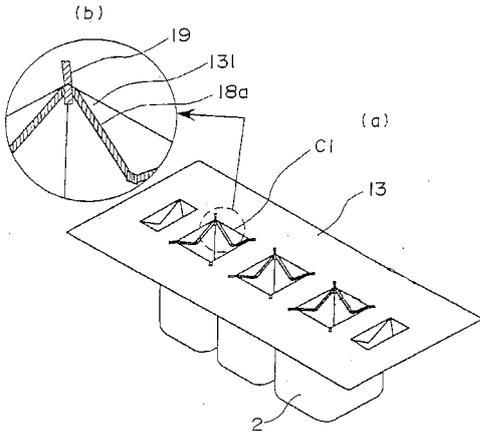
【図12】



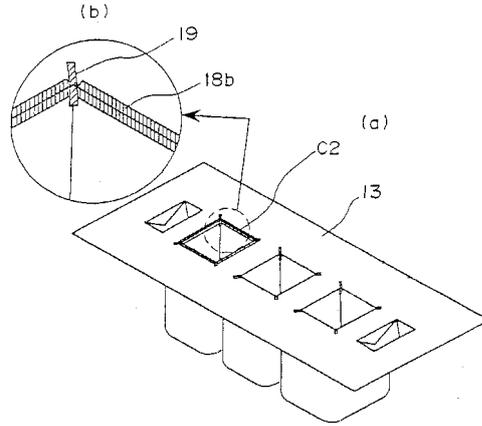
【図13】



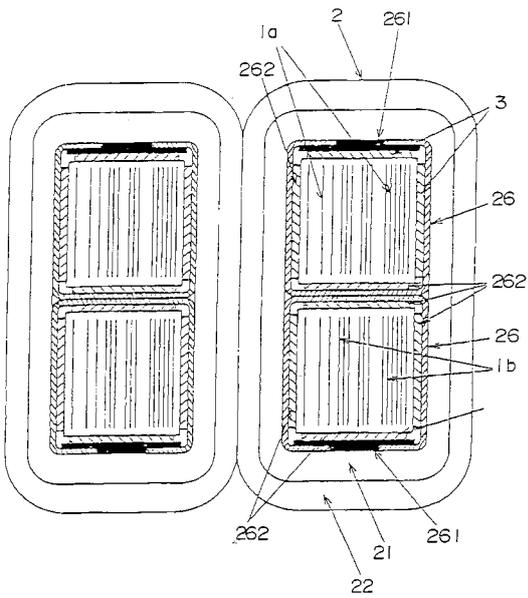
【図14】



【図15】



【図16】



---

フロントページの続き

(72)発明者 浦田 信也

新潟県北蒲原郡中条町大字富岡4番地1 株式会社日立製作所 産業機器事業部内

審査官 酒井 朋広

(56)参考文献 特開昭64-042806(JP,A)  
実公昭53-028033(JP,Y1)  
実開昭56-012324(JP,U)  
実開昭51-087220(JP,U)  
特開平05-258976(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01F 30/12  
H01F 27/24