

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6642544号
(P6642544)

(45) 発行日 令和2年2月5日(2020.2.5)

(24) 登録日 令和2年1月8日(2020.1.8)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 F 17/00	(2006.01)	HO 1 F 17/00			B
HO 1 F 17/04	(2006.01)	HO 1 F 17/04			F
		HO 1 F 17/04			A

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-175101 (P2017-175101)	(73) 特許権者	000006231
(22) 出願日	平成29年9月12日 (2017.9.12)		株式会社村田製作所
(65) 公開番号	特開2019-54019 (P2019-54019A)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(43) 公開日	平成31年4月4日 (2019.4.4)	(74) 代理人	100100158
審査請求日	平成31年4月16日 (2019.4.16)		弁理士 鮫島 睦
		(74) 代理人	100132252
			弁理士 吉田 環
		(72) 発明者	安念 一規
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
			株式会社村田製作所内
		審査官	鈴木 孝章

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コイル部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

積層方向に順に積層された、第1外側磁性体、第1外側絶縁体、第1内側磁性体、内側絶縁体、第2内側磁性体、第2外側絶縁体および第2外側磁性体と、

前記内側絶縁体内に設けられたコイルと、

前記内側絶縁体内で前記コイルの内周側に設けられ、前記第1内側磁性体と前記第2内側磁性体に接続された内部磁性体と

を備え、

前記第1外側絶縁体および前記第2外側絶縁体の体積Aと、前記内側絶縁体の体積Bと、前記コイルの体積Cと、前記内部磁性体の体積Dと、前記第1外側磁性体、前記第1内側磁性体、前記第2内側磁性体および前記第2外側磁性体の体積Eとの関係について、

0.05 B C 0.2 B であるとき、 $A + B + C + D + E = 1$ とすると、
0.05 A 0.07、かつ、0.2 B 0.4、かつ、0.01 C 0.08、
かつ、0.03 D 0.05、かつ、0.71 E 0.4 を満たす、コイル部品。

【請求項2】

0.055 A 0.068、かつ、0.25 B 0.35、かつ、0.015 C 0.04、
かつ、0.03 D 0.05、かつ、0.65 E 0.492 を満たす、請求項1に記載のコイル部品。

【請求項3】

積層方向に順に積層された、第1外側磁性体、第1外側絶縁体、第1内側磁性体、内側

絶縁体、第2内側磁性体、第2外側絶縁体および第2外側磁性体と、

前記内側絶縁体内に設けられたコイルと
を備え、

前記第1外側絶縁体および前記第2外側絶縁体の体積Aと、前記内側絶縁体の体積Bと、前記コイルの体積Cと、前記第1外側磁性体、前記第1内側磁性体、前記第2内側磁性体および前記第2外側磁性体の体積Eとの関係について、

$0.05B < C < 0.2B$ であるとき、 $A + B + C + E = 1$ とすると、
 $0.06 < A < 0.08$ 、かつ、 $0.2 < B < 0.4$ 、かつ、 $0.01 < C < 0.08$ 、かつ、 $0.73 < E < 0.44$ を満たす、コイル部品。

【請求項4】

$0.065 < A < 0.075$ 、かつ、 $0.2 < B < 0.3$ 、かつ、 $0.02 < C < 0.035$ 、かつ、 $0.715 < E < 0.59$ を満たす、請求項3に記載のコイル部品。

【請求項5】

積層方向に順に積層された、第1外側絶縁体、第1内側磁性体、内側絶縁体、第2内側磁性体および第2外側絶縁体と、

前記内側絶縁体内に設けられたコイルと
を備え、

前記第1外側絶縁体および前記第2外側絶縁体の体積Aと、前記内側絶縁体の体積Bと、前記コイルの体積Cと、前記第1内側磁性体および前記第2内側磁性体の体積Eとの関係について、

$0.2B < C < 0.7B$ であるとき、 $A + B + C + E = 1$ とすると、
 $0.05 < A < 0.25$ 、かつ、 $0.15 < B < 0.25$ 、かつ、 $0.032 < C < 0.18$ 、かつ、 $0.77 < E < 0.33$ を満たす、コイル部品。

【請求項6】

$0.1 < A < 0.2$ 、かつ、 $0.175 < B < 0.225$ 、かつ、 $0.037 < C < 0.16$ 、かつ、 $0.69 < E < 0.42$ を満たす、請求項5に記載のコイル部品。

【請求項7】

前記第1外側絶縁体の体積A1と、前記第2外側絶縁体の体積A2と、前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第1外側絶縁体側に位置する前記コイルの体積C1と、前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第2外側絶縁体側に位置する前記コイルの体積C2との関係について、

$C1 < C2$ が異なり、 $A1 : A2 = C2 : C1$ を満たす、請求項1から6の何れか一つに記載のコイル部品。

【請求項8】

前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第1外側絶縁体側に位置する前記コイルの巻き数と、前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第2外側絶縁体側に位置する前記コイルの巻き数とは、異なる、請求項7に記載のコイル部品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コイル部品に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、コイル部品としては、特開2013-62459号公報(特許文献1)に記載されたものがある。特許文献1には、ガラスと無機フィラーとを含み内部に複数の気孔を有した第一の絶縁層と、この第一の絶縁層の表裏面に対向配置された一対のコイル導体と、この一対のコイル導体が配置された第一の絶縁層の上方および下方に配置された酸化物磁性体層と、を少なくとも有したコモンモードノイズフィルタが記載されている。特許文献1に記載のコモンモードノイズフィルタにおいて、一対のコイル導体が配置された第一の絶縁層と酸化物磁性体層との間に、ガラスと無機フィラーを含み内部に複数の気孔を有し

10

20

30

40

50

た第二の絶縁層が配置されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-62459号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、特許文献1に記載のコモンモードノイズフィルタにおいて、一对のコイル導体が配置された第一の絶縁層の上方および下方に配置された酸化物磁性体層はそれぞれ、その間にガラス成分を含む絶縁層を2層ずつ介した構成を有する。このような構成をとることにより、第一の絶縁層とは異なる材料からなる酸化物磁性体層の焼成収縮挙動を第一の絶縁層により近づけ、一体同時焼成により有利な構成としている。

10

【0005】

しかしながら、酸化物磁性体層の間に単にガラス成分を含む絶縁層を挿入すればいいというわけではなく、コイル導体を含む第一、第二の絶縁層の焼成収縮挙動とガラスを含む絶縁層を介した酸化物磁性体層の焼成収縮挙動を近づける際には、第一、第二の絶縁層に含まれるコイル導体の割合で、ガラス成分を含む絶縁層の設置場所や体積を調整しなくてはいいけないが、これについて言及されていない。特にコイル導体がめっきによる方法で作製される場合、コイル導体は焼成時にはほとんど収縮しないため、酸化物磁性体層に挿入されるガラス成分を含む絶縁層に関して、より適切な配置、もしくは体積にしないと、焼成収縮挙動の差により製品の割れや欠けが生じてしまう。

20

【0006】

本願発明者は、鋭意検討の結果、絶縁層に含まれるコイル導体の割合で、絶縁層に対するガラス成分を含む絶縁層の設置場所や体積を変化させる必要があることを見出した。

【0007】

そこで、本発明の課題は、製品の割れや欠けの発生を抑制できるコイル部品を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するため、本発明のコイル部品は、積層方向に順に積層された、第1外側磁性体、第1外側絶縁体、第1内側磁性体、内側絶縁体、第2内側磁性体、第2外側絶縁体および第2外側磁性体と、

前記内側絶縁体内に設けられたコイルと、

前記内側絶縁体内で前記コイルの内周側に設けられ、前記第1内側磁性体と前記第2内側磁性体に接続された内部磁性体と

を備え、

前記第1外側絶縁体および前記第2外側絶縁体の体積Aと、前記内側絶縁体の体積Bと、前記コイルの体積Cと、前記内部磁性体の体積Dと、前記第1外側磁性体、前記第1内側磁性体、前記第2内側磁性体および前記第2外側磁性体の体積Eとの関係について、

40

$0.05B + C = 0.2B$ であるとき、 $A + B + C + D + E = 1$ とすると、
 $0.05A = 0.07$ 、かつ、 $0.2B = 0.4$ 、かつ、 $0.01C = 0.08$ 、
 かつ、 $0.03D = 0.05$ 、かつ、 $0.71E = 0.4$ を満たす。

【0009】

本発明のコイル部品によれば、製品の割れや欠けの発生を抑制できる。

【0010】

また、コイル部品の一実施形態では、 $0.055A = 0.068$ 、かつ、 $0.25B = 0.35$ 、かつ、 $0.015C = 0.04$ 、かつ、 $0.03D = 0.05$ 、かつ、 $0.65E = 0.492$ を満たすことが好ましい。

【0011】

50

前記実施形態によれば、製品の割れや欠けの発生を一層抑制できる。

【0012】

また、コイル部品の一実施形態では、

積層方向に順に積層された、第1外側磁性体、第1外側絶縁体、第1内側磁性体、内側絶縁体、第2内側磁性体、第2外側絶縁体および第2外側磁性体と、

前記内側絶縁体内に設けられたコイルとを備え、

前記第1外側絶縁体および前記第2外側絶縁体の体積Aと、前記内側絶縁体の体積Bと、前記コイルの体積Cと、前記第1外側磁性体、前記第1内側磁性体、前記第2内側磁性体および前記第2外側磁性体の体積Eとの関係について、

$0.05B < C < 0.2B$ であるとき、 $A + B + C + E = 1$ とすると、
 $0.06 < A < 0.08$ 、かつ、 $0.2 < B < 0.4$ 、かつ、 $0.01 < C < 0.08$ 、かつ、 $0.73 < E < 0.44$ を満たす。

10

【0013】

本発明のコイル部品によれば、製品の割れや欠けの発生を抑制できる。

【0014】

また、コイル部品の一実施形態では、 $0.065 < A < 0.075$ 、かつ、 $0.2 < B < 0.3$ 、かつ、 $0.02 < C < 0.035$ 、かつ、 $0.715 < E < 0.59$ を満たすことが好ましい。

【0015】

前記実施形態によれば、製品の割れや欠けの発生を一層抑制できる。

【0016】

また、コイル部品の一実施形態では、

積層方向に順に積層された、第1外側絶縁体、第1内側磁性体、内側絶縁体、第2内側磁性体および第2外側絶縁体と、

前記内側絶縁体内に設けられたコイルとを備え、

前記第1外側絶縁体および前記第2外側絶縁体の合計の体積Aと、前記内側絶縁体の体積Bと、前記コイルの体積Cと、前記第1内側磁性体および前記第2内側磁性体の合計の体積Eとの関係について、

$0.2B < C < 0.7B$ であるとき、 $A + B + C + E = 1$ とすると、
 $0.05 < A < 0.25$ 、かつ、 $0.15 < B < 0.25$ 、かつ、 $0.032 < C < 0.18$ 、かつ、 $0.77 < E < 0.33$ を満たす。

30

【0017】

本発明のコイル部品によれば、製品の割れや欠けの発生を抑制できる。

【0018】

また、コイル部品の一実施形態では、 $0.1 < A < 0.2$ 、かつ、 $0.175 < B < 0.225$ 、かつ、 $0.037 < C < 0.16$ 、かつ、 $0.69 < E < 0.42$ を満たすことが好ましい。

【0019】

前記実施形態によれば、製品の割れや欠けの発生を一層抑制できる。

【0020】

また、コイル部品の一実施形態では、

前記第1外側絶縁体の体積A1と、前記第2外側絶縁体の体積A2と、前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第1外側絶縁体側に位置する前記コイルの体積C1と、前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第2外側絶縁体側に位置する前記コイルの体積C2との関係について、

C1とC2が異なり、 $A1 : A2 = C2 : C1$ を満たすことが好ましい。

【0021】

前記実施形態によれば、コイルの体積C1とC2が異なっている場合でも、第1内側磁

50

性体と内側絶縁体との剥がれ、および第2内側磁性体と内側絶縁体との剥がれの両方の剥がれを抑制することができる。

【0022】

また、コイル部品の一実施形態では、前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第1外側絶縁体側に位置する前記コイルの巻き数と、前記内側絶縁体の前記積層方向の中心面よりも前記第2外側絶縁体側に位置する前記コイルの巻き数とは、異なることが好ましい。

【0023】

前記実施形態によれば、コイルの巻き数を第1外側絶縁体側と第2外側絶縁体側とで異なることで、コイル部品の特性を任意に変更することができる。

10

【発明の効果】

【0024】

本発明のコイル部品によれば、製品の割れや欠けの発生を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の第1実施形態のコイル部品を示す斜視図である。

【図2】コイル部品の断面図である。

【図3】コイル部品の分解斜視図である。

【図4】コイル部品の各部材の体積の計算を説明する説明図である。

【図5】本発明のコイル部品の第2実施形態を示す断面図である。

20

【図6】本発明のコイル部品の第3実施形態を示す断面図である。

【図7】本発明のコイル部品の第4実施形態を示す断面図である。

【図8】本発明のコイル部品の第5実施形態を示す断面図である。

【図9】本発明のコイル部品の第6実施形態を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。ただし、本発明に係るコイル部品および各構成要素の形状および配置等は、以下に説明する実施形態および図示される構成に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で設計変更可能である。

【0027】

30

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係るコイル部品を示す斜視図である。図2は、コイル部品の断面図である。図3は、コイル部品の分解斜視図である。図1～3に示すように、コイル部品10は、積層体1と、積層体1の内部に設けられたコイル2と、積層体1の表面に設けられた第1～第4外部電極41～44とを備える。

【0028】

コイル部品10は、コモンモードチョークコイルである。尤も、本実施形態に係るコイル部品はコモンモードチョークコイルに限定されず、単一のコイルを備えるものであってもよい。コイル部品10は、例えば、パソコン、DVDプレーヤー、デジカメ、TV、携帯電話、カーエレクトロニクスなどの電子機器に搭載される。

40

【0029】

積層体1は、積層方向(図において矢印Zで示す)に順に積層された、第1外側磁性体51、第1外側絶縁体61、第1内側磁性体11、内側絶縁体13、第2内側磁性体12、第2外側絶縁体62および第2外側磁性体52を含む。内側絶縁体13内には、内部磁性体14が設けられている。第1外側磁性体51は、下側に位置し、第2外側磁性体52は、上側に位置する。下側は、例えば、実装基板に実装される側である。

【0030】

第1内側磁性体11、第2内側磁性体12、第1外側磁性体51、第2外側磁性体52および内部磁性体14は、例えば、Ni-Cu-Zn系フェライトを含んでよい。これにより、コイル部品10の高周波のインピーダンス特性を向上させることができる。第1内

50

側磁性体 1 1、第 2 内側磁性体 1 2、第 1 外側磁性体 5 1、第 2 外側磁性体 5 2 および内部磁性体 1 4 は、Ni - Cu - Zn 系フェライトで構成されることが好ましい。第 1 内側磁性体 1 1、第 2 内側磁性体 1 2、第 1 外側磁性体 5 1、第 2 外側磁性体 5 2 および内部磁性体 1 4 は同じ組成であってよく、互いに異なる組成であってよい。

【0031】

Ni - Zn - Cu 系フェライトは、主成分として Fe、Ni、Zn、Cu を含み、Fe を Fe_2O_3 に換算して 40 ~ 49.5 mol %、Zn を ZnO に換算して 5 ~ 35 mol %、Cu を CuO に換算して 6 ~ 13 mol %、残部が Ni (NiO 換算) であることが好ましい。さらに添加物を含んでも良く、 $Fe_2O_3 + ZnO + CuO + NiO$ が 100 mol 部に対して、Si を SiO_2 に換算して 1.0 ~ 3.0 mol 部、Mn を Mn_3O_4 に換算して 0.05 ~ 1.0 mol を含有するのが好ましい。

10

【0032】

第 1、第 2 外側絶縁体 6 1、6 2 および内側絶縁体 1 3 は、例えば、アルカリホウケイ酸ガラスを含むガラスから構成され、誘電率を低くし、コイルの浮遊容量を小さくして、高周波特性を向上できる。内側絶縁体 1 3 は、複数の絶縁層 1 3 a を積層して構成される。

【0033】

アルカリホウケイ酸ガラスは少なくとも Si、B、K を含み、Si を SiO_2 に換算して 65 ~ 85 mol %、B を B_2O_3 に換算して 20 ~ 30 mol %、K を K_2O に換算して 0.5 ~ 2.0 mol % からなる。さらに、 $SiO_2 + B_2O_3 + K_2O$ が 100 mol 部に対して、Al を Al_2O_3 に換算して 0.5 ~ 1.5 mol 部、Mg を MgO に換算して 1.0 ~ 3.0 mol 部を含有するのが好ましい。アルカリホウケイ酸ガラスは所定比率の $SiO_2 - B_2O_3 - K_2O$ ガラスを作製し、これにフィラーとして SiO_2 を含有させても良い。すなわち、最終的な Si、B、K の比率が上記の範囲になるようにすれば良い。

20

【0034】

内部磁性体 1 4 は、内側絶縁体 1 3 内でコイル 2 の内周側に設けられ、第 1 内側磁性体 1 1 と第 2 内側磁性体 1 2 とに接続されている。より詳細には、内側絶縁体 1 3 のコイル 2 の内周側の部分には積層方向に貫通する穴 1 3 b が設けられており、内部磁性体 1 4 は、この穴 1 3 b の内部に設けられている。積層方向に対して平行な断面において、内部磁性体 1 4 の幅は、第 1 内側磁性体 1 1 から第 2 内側磁性体 1 2 に向かって、連続的に大きくなっている。すなわち、内側絶縁体 1 3 の内部に設けられた穴 1 3 b の内径は、積層方向に対して平行な方向において、第 1 内側磁性体 1 1 から第 2 内側磁性体 1 2 に向かって、連続的に大きくなっており、その穴 1 3 b の内径に沿って内部磁性体 1 4 が設けられている。

30

【0035】

積層体 1 は、略直方体状の形状を有する。積層体 1 の表面は、第 1 端面 1 1 1、第 2 端面 1 1 2、第 1 側面 1 1 5、第 2 側面 1 1 6、第 3 側面 1 1 7 および第 4 側面 1 1 8 で構成されている。第 1 端面 1 1 1 と第 2 端面 1 1 2 とは、積層方向に互いに対向して位置する。第 1 ~ 第 4 側面 1 1 5 ~ 1 1 8 は、第 1 端面 1 1 1 および第 2 端面 1 1 2 に対して略垂直に位置する。第 1 端面 1 1 1 は、積層方向において下側に位置し、第 2 端面 1 1 2 は上側に位置する。

40

【0036】

積層体 1 は、長さ L が 0.80 ± 0.10 mm、幅 W が 0.60 ± 0.10 mm、高さ T が 0.45 ± 0.05 mm の略直方体、もしくは、長さ L が 0.60 ± 0.10 mm、幅 W が 0.50 ± 0.10 mm、高さ T が 0.35 ± 0.05 mm の略直方体である。

【0037】

コイル 2 は内側絶縁体 1 3 の内部に設けられる。コイル 2 は、互いに磁氣的に結合された 1 次コイル 2 a と 2 次コイル 2 b を含む。1 次コイル 2 a と 2 次コイル 2 b は、積層体 1 の積層方向に沿って互いに重なり合って配置される。

【0038】

50

1次コイル2 aは、互いに電氣的に接続される第1コイル導体層2 1および第3コイル導体層2 3を含む。2次コイル2 bは、互いに電氣的に接続される第2コイル導体層2 2および第4コイル導体層2 4を含む。

【0039】

第1～第4コイル導体層2 1～2 4は、積層方向に順に配列される。すなわち、1次コイル2 aを構成する2つのコイル導体層(第1コイル導体層2 1および第3コイル導体層2 3)と、2次コイル2 bを構成する2つのコイル導体層(第2コイル導体層2 2および第4コイル導体層2 4)は、積層方向に交互に配列される。第1～第4コイル導体層2 1～2 4はそれぞれ、異なる絶縁層1 3 a上に設けられる。第1～第4コイル導体層2 1～2 4は、例えば、Ag、Ag-Pd、Cu、Ni等の導電性材料から構成されてよい。第1～第4コイル導体層2 1～2 4は同じ組成を有してよく、あるいは互いに異なる組成を有してもよい。

10

【0040】

第1～第4コイル導体層2 1～2 4は、上方からみて、平面上に螺旋状に巻回されたスパイラルパターンを有する。第1～第4コイル導体層2 1～2 4の中心軸は、上方からみて一致している。すなわち、第1～第4コイル導体層2 1～2 4は積層方向に沿って重なっている。このような構成を有することで、コイル部品1 0の特性を任意に変更することができる。

【0041】

第1コイル導体層2 1の第1端2 1 aはスパイラルパターンの外周側に引き出され、第1コイル導体層2 1の第2端2 1 bはスパイラルパターンの内周側に位置する。同様に、第2コイル導体層2 2は、第1端2 2 aと第2端2 2 bとを有し、第3コイル導体層2 3は、第1端2 3 aと第2端2 3 bとを有し、第4コイル導体層2 4は、第1端2 4 aと第2端2 4 bとを有する。第1コイル導体層2 1の第1端2 1 aは、第2側面1 1 6の第1側面1 1 5側から露出する。第2コイル導体層2 2の第1端2 2 aは、第2側面1 1 6の第3側面1 1 7側から露出する。第3コイル導体層2 3の第1端2 3 aは、第4側面1 1 8の第1側面1 1 5側から露出する。第4コイル導体層2 4の第1端2 4 aは、第4側面1 1 8の第3側面1 1 7側から露出する。

20

【0042】

第1コイル導体層2 1の第2端2 1 bと第3コイル導体層2 3の第2端2 3 bとは、絶縁層1 3 aを貫通する接続導体2 5を介して電氣的に接続される。同様に、第2コイル導体層2 2の第2端2 2 bと第4コイル導体層2 4の第2端2 4 bとは、絶縁層1 3 aを貫通する接続導体2 5を介して電氣的に接続される。このように、コイル2は、第1～第4コイル導体層2 1～2 4および接続導体2 5から構成される。

30

【0043】

なお、図1～3に示すコイル部品1 0において、1次コイル2 aおよび2次コイル2 bはそれぞれ、2つの平面コイルで構成されているが、1次コイル2 aおよび2次コイル2 bの少なくとも一方を1つまたは3つ以上の平面コイルで構成してもよい。また、図1～3に示すコイル部品1 0において、コイル2は4層のコイル導体層を含むが、コイル2は少なくとも1層のコイル導体層を含んでいればよい。また、図1～3に示すコイル部品1 0において、全てのコイル導体層の形状は同一であるが、少なくとも1つのコイル導体層の形状が、他のコイル導体層の形状と異なってもよい。

40

【0044】

第1～第4外部電極4 1～4 4は、例えば、Ag、Ag-Pd、Cu、Ni等の導電性材料から構成されてよい。第1～第4外部電極4 1～4 4は同じ組成を有してよく、あるいは互いに異なる組成を有してもよい。第1～第4外部電極4 1～4 4は、例えば、導電性材料を積層体1の表面に塗布し、焼き付けて形成することができる。

【0045】

第1外部電極4 1は、第2側面1 1 6の第1側面1 1 5側に設けられる。第1外部電極4 1の一端は第1端面1 1 1に延在し、第1外部電極4 1の他端は第2端面1 1 2に延在

50

する。換言すれば、第1外部電極41は積層体1の表面にコ字型に形成される。第1外部電極41は、第1コイル導体層21の第1端21aに電氣的に接続される。

【0046】

同様に、第2外部電極42は、第2側面116の第3側面117側に設けられ、第2コイル導体層22の第1端22aに電氣的に接続される。第3外部電極43は、第4側面118の第1側面115側に設けられ、第3コイル導体層23の第1端23aに電氣的に接続される。第4外部電極44は、第4側面118の第3側面117側に設けられ、第4コイル導体層24の第1端24aに電氣的に接続される。

【0047】

第1外側絶縁体61および第2外側絶縁体62の合計の体積Aと、内側絶縁体13の体積Bと、コイル2の体積Cと、内部磁性体14の体積Dと、第1外側磁性体51、第1内側磁性体11、第2内側磁性体12および第2外側磁性体52の合計の体積Eとの関係について説明する。0.05B C 0.2Bであるとき、 $A + B + C + D + E = 1$ とすると、0.05 A 0.07、かつ、0.2 B 0.4、かつ、0.01 C 0.08、かつ、0.03 D 0.05、かつ、0.71 E 0.4を満たす。つまり、A、B、C、Dが最小値であるときEは最大値であり、A、B、C、Dが最大値であるときEは最小値である。

【0048】

本実施形態では、第1外側絶縁体61の体積は、第2外側絶縁体62の体積と略同じである。言い換えれば、第1外側絶縁体61の厚みは、第2外側絶縁体62の厚みと略同じである。また、第1外側磁性体51の体積は、第2外側磁性体52の体積と略同じであり、それぞれの厚みも略同じである。さらに、第1内側磁性体11の体積は、第2内側磁性体12の体積と略同じであり、それぞれの厚みも略同じである。

一方で、第1外側磁性体51の体積(厚み)と、第1内側磁性体11の体積(厚み)は、略同じでなくてもよいが、略同じであることがより好ましい。第2外側磁性体52の体積(厚み)と、第2内側磁性体12の体積(厚み)の関係も同様である。

【0049】

ここで、各部材の体積の測定方法について説明する。図4に示すように、コイル部品10の第2端面112(LW面)を徐々に研磨し、第2端面112に直交する矢印S1方向(積層方向)から観察する。そして、図3に示すように、コイル導体層、接続導体、内部磁性体を上面から観察し、顕微鏡に付属している測長機能などを用いて、各部材の面積を測定する。尚、外側絶縁体、外側磁性体、内側磁性体の面積は、積層体1の長さL、幅Wを掛け合わせた値を用いる。

【0050】

つぎに、コイル部品10の第4側面118(LT面)を積層体の幅W方向の真ん中付近まで研磨し、第4側面118に直交する矢印S3方向から、コイル導体層、接続導体、内部磁性体、外側絶縁体、外側磁性体、内側磁性体、内部磁性体のそれぞれの厚みを測定する。この後、得られた各部材の面積と厚さを掛け合わせて、それぞれの体積を計算より求める。なお、内部磁性体の面積は、第1内側磁性体から第2内側磁性体に向かって、連続的に大きくなっているため、第1内部磁性体側の面積と第2内部磁性体側の面積と、高さから計算で体積を求める。

【0051】

内側絶縁体の厚みは、まず、外側絶縁体、外側磁性体、内側磁性体と同様に、面積を積層体1の長さL、幅Wと、研磨面で測定した高さを掛け合わせて体積を求め、この値からコイル導体層と内部磁性体の体積を差し引いて求める。

【0052】

前記コイル部品10によれば、コイル2の体積Cが、内側絶縁体13の体積Bの5%以上で20%以下の場合、焼成収縮挙動の観点から、磁性体11, 12, 51, 52に第1、第2外側絶縁体61, 62を介在することで、内側絶縁体13と磁性体11, 12, 51, 52の焼成収縮挙動の差が緩和される。つまり、上記のようなA、B、C、D、Eの

10

20

30

40

50

体積比率とすることで、製品の割れや欠けの発生を抑制できる。特に、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 および第 2 内側磁性体 1 2 との間の割れや欠けの発生を抑制できる。

【 0 0 5 3 】

さらに、好ましくは、 $0.055 \leq A \leq 0.068$ 、かつ、 $0.25 \leq B \leq 0.35$ 、かつ、 $0.015 \leq C \leq 0.04$ 、かつ、 $0.03 \leq D \leq 0.05$ 、かつ、 $0.65 \leq E \leq 0.492$ を満たす。これによれば、製品の割れや欠けの発生を一層抑制できる。特に、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 および第 2 内側磁性体 1 2 との間の剥がれが一層抑制され、水分の浸入が抑制される。したがって、高温高湿下での絶縁層 1 3 a の絶縁性が向上し、1 次コイル 2 a と 2 次コイル 2 b のコイル導体層の間でショートが起きる可能性が低減できる。

10

【 0 0 5 4 】

次に、コイル部品 1 0 の製造方法について説明する。

【 0 0 5 5 】

図 2 と図 3 に示すように、第 1 外側磁性体 5 1 上に第 1 外側絶縁体 6 1 と第 1 内側磁性体 1 1 を順に積層する。さらに、各コイル導体層 2 1 ~ 2 4 がめっきにより設けた複数の絶縁層 1 3 a を、第 1 内側磁性体 1 1 上に順に積層する。これにより、コイル 2 が内部に設けられた内側絶縁体 1 3 を第 1 内側磁性体 1 1 上に積層する。

【 0 0 5 6 】

その後、内側絶縁体 1 3 の上方から下方に向かってレーザーを照射して、内側絶縁体 1 3 を上下に貫通する穴 1 3 b を設ける。穴 1 3 b は、レーザー以外に機械的な加工により形成するようにしてもよい。

20

【 0 0 5 7 】

その後、この穴 1 3 b に内部磁性体 1 4 を充填し、内側絶縁体 1 3 上に第 2 内側磁性体 1 2 と第 2 外側絶縁体 6 2 と第 2 外側磁性体 5 2 を順に積層して、積層体 1 を形成する。そして、積層体 1 を焼成して、積層体 1 に外部電極 4 1 ~ 4 4 を設け、コイル部品 1 0 を製造する。

【 0 0 5 8 】

(第 2 実施形態)

図 5 は、本発明のコイル部品の第 2 実施形態を示す断面図である。第 2 実施形態は、第 1 実施形態とは、コイルの上下部分の体積比率と、第 1 外側絶縁体 6 1 の体積 (厚み) が第 2 外側絶縁体 6 2 の体積 (厚み) が略同じでない点が異なる。この相違する構成を以下に説明する。その他の構成は、第 1 実施形態と同じ構成であり、第 1 実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

30

【 0 0 5 9 】

図 5 に示すように、第 2 実施形態のコイル部品 1 0 A では、内側絶縁体 1 3 の積層方向の中心面 7 0 よりも第 1 外側絶縁体 6 1 側に位置するコイル 2 A の体積 C 1 (以下、コイル 2 A の下部分の体積 C 1 という。) と、内側絶縁体 1 3 の積層方向の中心面 7 0 よりも第 2 外側絶縁体 6 2 側に位置するコイル 2 A の体積 C 2 (以下、コイル 2 A の上部分の体積 C 2 という。) とは異なる。つまり、コイル 2 A の下部分の巻き数とコイル 2 A の上部分の巻き数とは、異なる。

40

【 0 0 6 0 】

具体的に述べると、コイル 2 A の下部分は、第 1 コイル導体層 2 1 および第 2 コイル導体層 2 2 を含む。コイル 2 A の上部分は、第 3 コイル導体層 2 3 および第 4 コイル導体層 2 4 を含む。第 1 コイル導体層 2 1 の巻き数は、第 3 コイル導体層 2 3 および第 4 コイル導体層 2 4 の巻き数よりも少なく、コイル 2 A の下部分の体積 C 1 は、コイル 2 A の上部分の体積 C 2 よりも小さい。

【 0 0 6 1 】

そして、第 1 外側絶縁体 6 1 の体積 A 1 と、第 2 外側絶縁体 6 2 の体積 A 2 と、コイル 2 A の下部分の体積 C 1 と、コイル 2 A の上部分の体積 C 2 との関係について、 $A 1 : A 2 = C 2 : C 1$ を満たす。つまり、第 1 外側絶縁体 6 1 の体積 A 1 (厚み) は、第 2 外側

50

絶縁体 6 2 の体積 A_2 (厚み) よりも大きい。

【 0 0 6 2 】

前記コイル部品 1 0 A によれば、コイル 2 A の下部分の体積がコイル 2 A の上部分の体積よりも小さい場合、内側絶縁体 1 3 の上下部分で焼成収縮挙動の差が発生する。このように、コイル 2 A の体積が小さい内側絶縁体 1 3 の下部分では、内側絶縁体 1 3 の焼成収縮挙動に近くなるので、内側絶縁体 1 3 の下部分に近い位置にある第 1 外側絶縁体 6 1 の体積を増やす。これにより、内側絶縁体 1 3 の下部分の焼成収縮挙動と、第 1 外側磁性体 5 1、第 1 外側絶縁体 6 1、第 1 内側磁性体 1 1 のトータルの焼成収縮挙動を近づけることができ、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 の間の剥がれを抑制できる。

【 0 0 6 3 】

なお、コイル 2 A の上下部分の巻き数を異ならせることで、コイル 2 A の上下部分の体積を異ならせているが、コイル 2 A の上下部分の厚みや線幅を異ならせて、コイル 2 A の上下部分の体積を異ならせるようにしてもよい。

【 0 0 6 4 】

(第 3 実施形態)

図 6 は、本発明のコイル部品の第 3 実施形態を示す断面図である。第 3 実施形態は、第 1 実施形態とは、内部磁性体を設けない点が異なる。この相違する構成を以下に説明する。その他の構成は、第 1 実施形態と同じ構成であり、第 1 実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 6 5 】

図 6 に示すように、第 3 実施形態のコイル部品 1 0 B では、第 1 実施形態の内部磁性体 1 4 を設けていない。第 1 外側絶縁体 6 1 および第 2 外側絶縁体 6 2 の合計の体積 A と、内側絶縁体 1 3 の体積 B と、コイル 2 の体積 C と、第 1 外側磁性体 5 1、第 1 内側磁性体 1 1、第 2 内側磁性体 1 2 および第 2 外側磁性体 5 2 の合計の体積 E との関係について説明する。 $0.05B + C = 0.2B$ であるとき、 $A + B + C + E = 1$ とすると、 $0.06A = 0.08$ 、かつ、 $0.2B = 0.4$ 、かつ、 $0.01C = 0.08$ 、かつ、 $0.73E = 0.44$ を満たす。つまり、 A 、 B 、 C が最小値であるとき E は最大値であり、 A 、 B 、 C が最大値であるとき E は最小値である。

【 0 0 6 6 】

前記コイル部品 1 0 B によれば、上記のような A 、 B 、 C 、 E の体積比率とすることで、前記第 1 実施形態と同様に、製品の割れや欠けの発生を抑制できる。特に、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 および第 2 内側磁性体 1 2 との間の割れや欠けの発生を抑制できる。

【 0 0 6 7 】

さらに、好ましくは、 $0.065A = 0.075$ 、かつ、 $0.2B = 0.3$ 、かつ、 $0.02C = 0.035$ 、かつ、 $0.715E = 0.59$ を満たす。これにより、前記第 1 実施形態と同様に、製品の割れや欠けの発生を一層抑制できる。特に、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 および第 2 内側磁性体 1 2 との間の剥がれが一層抑制され、水分の浸入が抑制される。したがって、高温高湿下での絶縁層 1 3 a の絶縁性が向上し、1 次コイル 2 a と 2 次コイル 2 b のコイル導体層の間でショートが起きる可能性が低減できる。

【 0 0 6 8 】

(第 4 実施形態)

図 7 は、本発明のコイル部品の第 4 実施形態を示す断面図である。第 4 実施形態は、第 3 実施形態とは、コイルの上下部分の体積比率と、第 1 外側絶縁体 6 1 の体積 (厚み) が第 2 外側絶縁体 6 2 の体積 (厚み) が略同じでない点が異なる。この相違する構成を以下に説明する。その他の構成は、第 3 実施形態と同じ構成であり、第 3 実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 6 9 】

図 7 に示すように、第 4 実施形態のコイル部品 1 0 C では、内側絶縁体 1 3 の積層方向

10

20

30

40

50

の中心面70よりも第1外側絶縁体61側に位置するコイル2Aの体積C1(以下、コイル2Aの下部分の体積C1という。)と、内側絶縁体13の積層方向の中心面70よりも第2外側絶縁体62側に位置するコイル2Aの体積C2(以下、コイル2Aの上部分の体積C2という。)とは異なる。つまり、コイル2Aの下部分の巻き数とコイル2Aの上部分の巻き数とは、異なる。

【0070】

具体的に述べると、コイル2Aの下部分は、第1コイル導体層21および第2コイル導体層22を含む。コイル2Aの上部分は、第3コイル導体層23および第4コイル導体層24を含む。第1コイル導体層21の巻き数は、第3コイル導体層23および第4コイル導体層24の巻き数よりも少なく、コイル2Aの下部分の体積C1は、コイル2Aの上部分の体積C2よりも小さい。そして、第1外側絶縁体61の体積A1と、第2外側絶縁体62の体積A2と、コイル2Aの下部分の体積C1と、コイル2Aの上部分の体積C2との関係について、 $A1 : A2 = C2 : C1$ を満たす。つまり、第1外側絶縁体61の体積A1(厚み)は、第2外側絶縁体62の体積A2(厚み)よりも大きい。

10

【0071】

前記コイル部品10Cによれば、コイル2Aの下部分の体積がコイル2Aの上部分の体積よりも小さい場合、内側絶縁体13の上下部分で焼成収縮挙動の差が発生する。このように、コイル2Aの体積が小さい内側絶縁体13の下部分では、内側絶縁体13の焼成収縮挙動に近くなるので、内側絶縁体13の下部分に近い位置にある第1外側絶縁体61の体積を増やす。これにより、内側絶縁体13の下部分の焼成収縮挙動と、第1外側磁性体51、第1外側絶縁体61、第1内側磁性体11のトータルの焼成収縮挙動を近づけることができ、内側絶縁体13と第1内側磁性体11の間の剥がれを抑制できる。なお、コイル2Aの上下部分の巻き数を異ならせることで、コイル2Aの上下部分の体積を異ならせているが、コイル2Aの上下部分の厚みや線幅を異ならせて、コイル2Aの上下部分の体積を異ならせるようにしてもよい。

20

【0072】

(第5実施形態)

図8は、本発明のコイル部品の第5実施形態を示す断面図である。第5実施形態は、第1実施形態とは、内部磁性体を設けない点と、コイルの体積比率と、第1、第2外側磁性体を設けない点が異なる。この相違する構成を以下に説明する。その他の構成は、第1実施形態と同じ構成であり、第1実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

30

【0073】

図8に示すように、第5実施形態のコイル部品10Dでは、第1実施形態の内部磁性体14および第1、第2外側磁性体51, 52を設けていない。コイル2Bの巻き数は、第1実施形態のコイル2の巻き数よりも多く、コイル2Bの内側絶縁体13に対する体積比率は、第1実施形態のコイル2の内側絶縁体13に対する体積比率よりも大きい。第1外側絶縁体61および第2外側絶縁体62は、積層方向の最も外側に位置する。第1内側磁性体11および第2内側磁性体12の厚みは、第1実施形態の厚みよりも厚い。

【0074】

第1外側絶縁体61および第2外側絶縁体62の合計の体積Aと、内側絶縁体13の体積Bと、コイル2Bの体積Cと、第1内側磁性体11および第2内側磁性体12の合計の体積Eとの関係について説明する。 $0.2B < C < 0.7B$ であるとき、 $A + B + C + E = 1$ とすると、 $0.05A < 0.25$ 、かつ、 $0.15B < 0.25$ 、かつ、 $0.032C < 0.18$ 、かつ、 $0.77E < 0.33$ を満たす。つまり、A、B、Cが最小値であるときEは最大値であり、A、B、Cが最大値であるときEは最小値である。

40

【0075】

前記コイル部品10Dによれば、コイル2Bの体積Cが、内側絶縁体13の体積Bの20%を越えかつ70%以下の場合、焼成収縮挙動の観点から、第1、第2外側絶縁体61, 62を内側絶縁体13から離すことで、内側絶縁体13と磁性体11, 12の焼成収縮挙動の差が緩和される。つまり、コイル2Bの体積Cが増えることで、内側絶縁体13の

50

体積 B が減り、内側絶縁体 1 3 の焼成収縮挙動が小さくなる。これにより、内側絶縁体 1 3 の焼成収縮挙動は、磁性体 1 1 , 1 2 の焼成収縮挙動に近くなるため、第 1、第 2 外側絶縁体 6 1 , 6 2 の位置を内側絶縁体 1 3 から遠ざけることで、内側絶縁体 1 3 と磁性体 1 1 , 1 2 の焼成収縮挙動を調整する。

【 0 0 7 6 】

つまり、上記のような A、B、C、E の体積比率とすることで、製品の割れや欠けの発生を抑制できる。特に、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 および第 2 内側磁性体 1 2 との間の割れや欠けの発生を抑制できる。

【 0 0 7 7 】

さらに、好ましくは、 $0.1 < A < 0.2$ 、かつ、 $0.175 < B < 0.225$ 、かつ、 $0.037 < C < 0.16$ 、かつ、 $0.69 < E < 0.42$ を満たす。これにより、製品の割れや欠けの発生を一層抑制できる。特に、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 および第 2 内側磁性体 1 2 との間の剥がれが一層抑制され、水分の浸入が抑制される。したがって、高温高湿下での絶縁層 1 3 a の絶縁性が向上し、1 次コイル 2 a と 2 次コイル 2 b のコイル導体層の間でショートが起きる可能性が低減できる。

【 0 0 7 8 】

(第 6 実施形態)

図 9 は、本発明のコイル部品の第 6 実施形態を示す断面図である。第 6 実施形態は、第 5 実施形態とは、コイルの上下部分の体積比率と、第 1 外側絶縁体 6 1 の体積 (厚み) が第 2 外側絶縁体 6 2 の体積 (厚み) が略同じでない点異なる。この相違する構成を以下に説明する。その他の構成は、第 5 実施形態と同じ構成であり、第 5 実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 7 9 】

図 9 に示すように、第 6 実施形態のコイル部品 1 0 E では、内側絶縁体 1 3 の積層方向の中心面 7 0 よりも第 1 外側絶縁体 6 1 側に位置するコイル 2 C の体積 C 1 (以下、コイル 2 C の下部分の体積 C 1 という。) と、内側絶縁体 1 3 の積層方向の中心面 7 0 よりも第 2 外側絶縁体 6 2 側に位置するコイル 2 C の体積 C 2 (以下、コイル 2 C の上部分の体積 C 2 という。) とは異なる。つまり、コイル 2 C の下部分の巻き数とコイル 2 C の上部分の巻き数とは、異なる。

【 0 0 8 0 】

具体的に述べると、コイル 2 C の下部分は、第 1 コイル導体層 2 1 および第 2 コイル導体層 2 2 を含む。コイル 2 C の上部分は、第 3 コイル導体層 2 3 および第 4 コイル導体層 2 4 を含む。第 1 コイル導体層 2 1 および第 2 コイル導体層 2 2 の巻き数は、第 3 コイル導体層 2 3 および第 4 コイル導体層 2 4 の巻き数よりも少なく、コイル 2 C の下部分の体積 C 1 は、コイル 2 C の上部分の体積 C 2 よりも小さい。そして、第 1 外側絶縁体 6 1 の体積 A 1 と、第 2 外側絶縁体 6 2 の体積 A 2 と、コイル 2 C の下部分の体積 C 1 と、コイル 2 C の上部分の体積 C 2 との関係について、 $A 1 : A 2 = C 2 : C 1$ を満たす。つまり、第 1 外側絶縁体 6 1 の体積 A 1 (厚み) は、第 2 外側絶縁体 6 2 の体積 A 2 (厚み) よりも大きい。

【 0 0 8 1 】

前記コイル部品 1 0 E によれば、コイル 2 C の下部分の体積がコイル 2 C の上部分の体積よりも小さい場合、内側絶縁体 1 3 の上下部分で焼成収縮挙動の差が発生する。このように、コイル 2 C の体積が小さい内側絶縁体 1 3 の下部分では、内側絶縁体 1 3 の焼成収縮挙動に近くなるので、内側絶縁体 1 3 の下部分に近い位置にある第 1 外側絶縁体 6 1 の体積を増やす。これにより、内側絶縁体 1 3 の下部分の焼成収縮挙動と第 1 外側絶縁体 6 1、第 1 内側磁性体 1 1 のトータルの焼成収縮挙動の差を近づけることができ、内側絶縁体 1 3 と第 1 内側磁性体 1 1 の間の剥がれを抑制できる。なお、コイル 2 A の上下部分の巻き数を異ならせることで、コイル 2 A の上下部分の体積を異ならせているが、コイル 2 A の上下部分の厚みや線幅を異ならせて、コイル 2 A の上下部分の体積を異ならせるようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【0082】

(実施例)

次に、第1、第3、第5実施形態の実施例について説明する。

【0083】

コイルの体積Cが内側絶縁体の体積Bの5%以上で20%以下である場合、第1実施形態(図2)と第3実施形態(図6)では、製品の割れや欠けの発生を5%未満とできた。これに対して、第1、第3実施形態の第1、第2外側絶縁体を設けない場合、製品の割れや欠けの発生が30%以上となった。また、第1、第3実施形態の第1、第2外側絶縁体を積層方向の最も外側に設けた場合(図8に相当する)、製品の割れや欠けの発生が5%以上30%未満となった。

10

【0084】

また、コイルの体積Cが内側絶縁体の体積Bの20%を越えかつ70%以下である場合、第5実施形態(図8)では、製品の割れや欠けの発生を5%未満とできた。これに対して、第5実施形態の第1、第2外側絶縁体を設けない場合、製品の割れや欠けの発生が5%以上30%未満となった。また、第5実施形態の第1、第2外側絶縁体を内側絶縁体に近づけるように設けた場合(図6に相当する)、製品の割れや欠けの発生が30%以上となった。

【0085】

また、コイルの体積Cが内側絶縁体の体積Bの70%を越える場合、第1、第3、第5実施形態の第1、第2外側絶縁体を設けなくても、製品の割れや欠けの発生を5%未満とできた。

20

【0086】

なお、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で設計変更可能である。

【0087】

前記実施形態では、1次コイルおよび2次コイルは、それぞれ、2つのコイルから構成されているが、1次コイルおよび2次コイルの少なくとも一方を、1つまたは3つ以上のコイルから構成してもよい。

【0088】

前記実施形態では、コイル部品として、コモンモードチョークコイルを用いているが、単一のコイルを用いてもよい。また、コイルは、4層のコイル導体層を含んでいるが、少なくとも1層のコイル導体層を含んでいればよい。

30

【符号の説明】

【0089】

- 1 積層体
- 2, 2A ~ 2C コイル
- 2a 1次コイル
- 2b 2次コイル
- 10, 10A ~ 10E コイル部品
- 11 第1内側磁性体
- 12 第2内側磁性体
- 13 内側絶縁体
- 13a 絶縁層
- 13b 穴
- 14 内部磁性体
- 14a 外周面
- 21 ~ 24 第1 ~ 第4コイル導体層
- 25 接続導体
- 41 ~ 44 第1 ~ 第4外部電極
- 51, 52 第1、第2外側磁性体

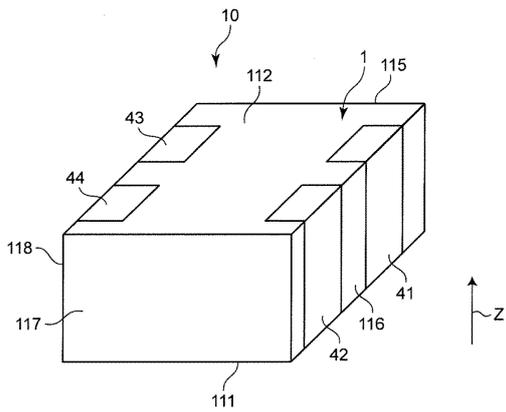
40

50

6 1、6 2 第 1、第 2 外側絶縁体
7 0 中心面

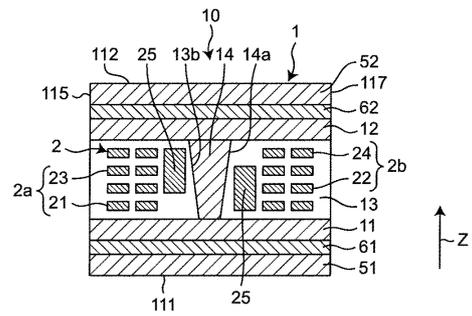
【 図 1 】

図 1



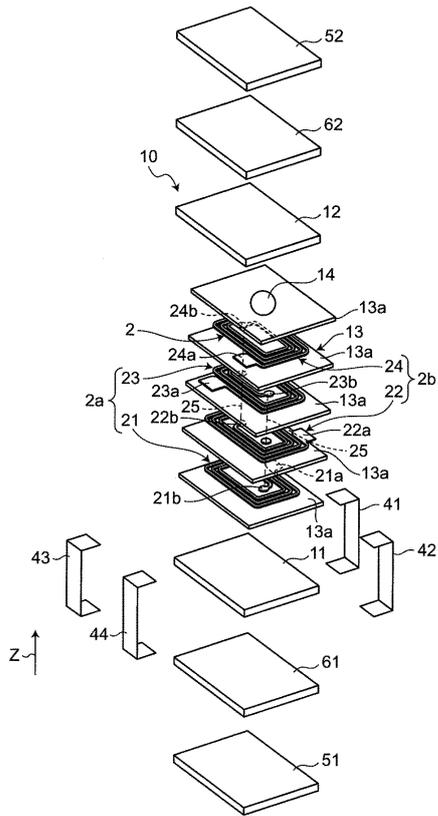
【 図 2 】

図2



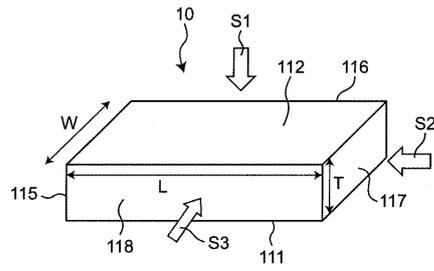
【 図 3 】

図 3



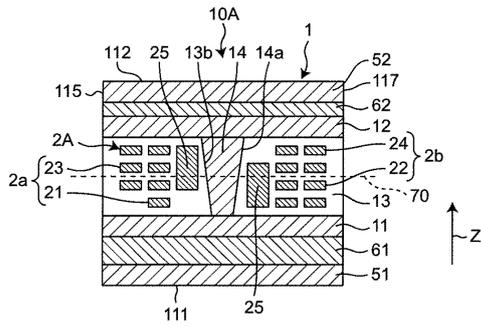
【 図 4 】

図 4



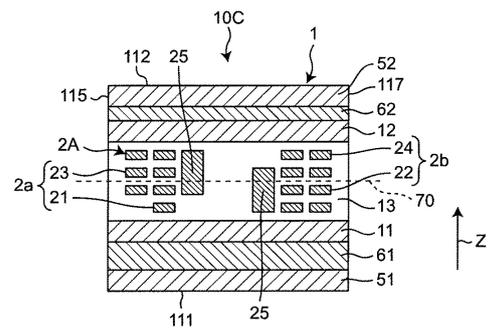
【 図 5 】

図 5



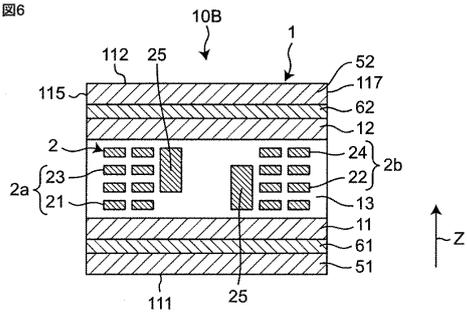
【 図 7 】

図 7



【 図 6 】

図 6



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-210541(JP,A)
特開2006-319009(JP,A)
特開2006-210403(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01F 17/00
H01F 17/04