

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7694825号
(P7694825)

(45)発行日 令和7年6月18日(2025.6.18)

(24)登録日 令和7年6月10日(2025.6.10)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 F 27/00 (2006.01)

H 0 1 F 27/00

R

H 0 1 F 17/00 (2006.01)

H 0 1 F 17/00

B

H 0 1 F 17/04 (2006.01)

H 0 1 F 17/00

D

H 0 3 H 7/09 (2006.01)

H 0 1 F 17/04

A

H 0 3 H 7/09

A

請求項の数 7 (全18頁)

(21)出願番号 特願2024-524293(P2024-524293)
 (86)(22)出願日 令和5年5月12日(2023.5.12)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2023/017872
 (87)国際公開番号 WO2023/233966
 (87)国際公開日 令和5年12月7日(2023.12.7)
 審査請求日 令和6年8月8日(2024.8.8)
 (31)優先権主張番号 特願2022-89816(P2022-89816)
 (32)優先日 令和4年6月1日(2022.6.1)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 000006231
 株式会社村田製作所
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 (74)代理人 110001195
 弁理士法人深見特許事務所
 (72)発明者 宮本 隆梓
 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 秋山 直人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 コイル部品、およびこれを含むフィルタ回路

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに対向する一対の主面を有する絶縁体と、
 第1コイルを形成する2つ以上の第1導体と、
 第2コイルを形成する3つ以上の第2導体と、を備え、
 前記第1導体および前記第2導体は、前記絶縁体の前記一対の主面に平行に積層され、
 前記第1コイルおよび前記第2コイルは、前記一対の主面に対する法線方向に巻回軸が
 向くように配置され、前記第1コイルおよび前記第2コイルの各々の開口が少なくとも一
 部が重なっており、

前記絶縁体は、第1積層部および第2積層部を備え、

前記第1積層部は、前記第1導体に対して積層方向に隣り合って2つ以上の前記第2導
 体が積層された部分を含み、

前記第2積層部は、前記第1導体と前記第2導体とが前記積層方向に隣り合って積層さ
 れた部分を含み、

前記第1積層部に含まれる前記第1導体および前記第2導体のうち前記第2積層部側の
 層に配置された導体と、前記第2積層部に含まれる前記第1導体および前記第2導体のう
 ち前記第1積層部側の層に配置された導体との間隔は、前記第1積層部内において隣り合
 う導体の間隔および前記第2積層部内において隣り合う導体の間隔よりも離れている、コ
 イル部品。

【請求項2】

前記第 2 積層部は、前記第 1 導体と前記第 2 導体とを含む 3 つの導体が積層方向に隣り合って積層された部分を含む、請求項 1 に記載のコイル部品。

【請求項 3】

前記法線方向から前記絶縁体を見た場合、前記第 1 コイルおよび前記第 2 コイルの各々は、シングルループのコイル形状を有する、請求項 1 または請求項 2 に記載のコイル部品。

【請求項 4】

前記法線方向から前記絶縁体を見た場合、前記 2 つ以上の第 1 導体の各々は、前記第 1 コイルの前記シングルループのコイル形状を有し、

前記法線方向から前記絶縁体を見た場合、前記 3 つ以上の第 2 導体の各々は、前記第 2 コイルの前記シングルループのコイル形状を有する、請求項 3 に記載のコイル部品。

10

【請求項 5】

前記第 1 積層部における前記第 1 導体および前記第 2 導体の積層順序と、前記第 2 積層部における前記第 1 導体および前記第 2 導体の積層順序とが同じである、請求項 1 または請求項 2 に記載のコイル部品。

【請求項 6】

前記絶縁体に設けられる複数の電極をさらに備え、

前記絶縁体は、前記一対の主面間を結ぶ複数の側面を有し、

前記複数の側面は、第 1 側面、第 2 側面、および第 3 側面を含み、

前記複数の電極は、第 1 側面に設けられる第 1 電極と、第 2 側面に設けられる第 2 電極と、第 3 側面に設けられる第 3 電極とを含み、

20

前記第 1 コイルは、第 1 配線パターンにより構成される前記第 1 導体、および第 2 配線パターンにより構成される前記第 1 導体を含み、

前記第 2 コイルは、第 3 配線パターンにより構成される前記第 2 導体、および第 4 配線パターンにより構成される前記第 2 導体を含み、

前記第 1 配線パターンにより構成される前記第 1 導体は、前記第 1 電極および前記第 3 電極と接続され、

前記第 2 配線パターンにより構成される前記第 1 導体は、前記第 1 配線パターンにより構成される前記第 1 導体と第 1 ビア導体によって接続され、

前記第 3 配線パターンにより構成される前記第 2 導体は、前記第 2 電極および前記第 3 電極と接続され、

30

前記第 4 配線パターンにより構成される前記第 2 導体は、前記第 3 配線パターンにより構成される前記第 2 導体と第 2 ビア導体によって接続されている、請求項 1 または請求項 2 に記載のコイル部品。

【請求項 7】

請求項 1 または請求項 2 に記載の前記コイル部品と、

前記コイル部品に接続するコンデンサとを備える、フィルタ回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、コイル部品、およびこれを含むフィルタ回路に関する。

40

【背景技術】

【0002】

電子機器では、コイル部品を含むフィルタ回路などを用いたノイズ対策が行われる。一般に、フィルタ回路には、キャパシタンス素子であるコンデンサが用いられるため、コンデンサの寄生インダクタンスである等価直列インダクタンス (ESL: Equivalent Series Inductance) によりノイズ抑制効果が低下する。このようなコンデンサの等価直列インダクタンス ESL を打ち消す機能を備えるコイル部品が知られている。

【0003】

特開 2020-31118 号公報 (特許文献 1) には、第 1 渦巻き状導体および第 2 渦巻き状導体からなる第 1 コイルと、第 3 渦巻き状導体および第 4 渦巻き状導体からなる第

50

2 コイルとを備えるコモンモードノイズフィルタが開示されている。

【0004】

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は、第1コイルを構成する第1渦巻き状導体および第2渦巻き状導体間に第2コイルが挟み込まれ、第2コイルを構成する第3渦巻き状導体と第4渦巻き状導体との間隔が、第1渦巻き状導体と第3渦巻き状導体との間隔、および第2渦巻き状導体と第4渦巻き状導体との間隔より小さくなっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2020-31118号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

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は、第1コイルを構成する第1渦巻き状導体と第2コイルを構成する第3渦巻き状導体との間、および、第1コイルを構成する第2渦巻き状導体と第2コイルを構成する第4渦巻き状導体との間に広い間隔が設けられている。

【0007】

このため、特許文献1に記載のコモンモードノイズフィルタによれば、寄生容量を減らすことができるものの、第1コイルと第2コイルとの間の磁気結合力が弱まるおそれがある。

【0008】

本開示の目的は、寄生容量を低減させつつも、第1コイルと第2コイルとの間の磁気結合力を向上させることが可能なコイル部品、およびこれを含むフィルタ回路を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本開示の一形態に係るコイル部品は、互いに対向する一对の主面を有する絶縁体と、第1コイルを形成する2つ以上の第1導体と、第2コイルを形成する3つ以上の第2導体と、を備え、第1導体および第2導体は、絶縁体的一对の主面に平行に積層され、第1コイルおよび第2コイルは、一对の主面に対する法線方向に巻回軸が向くように配置され、第1コイルおよび第2コイルの各々の開口が少なくとも一部が重なっており、絶縁体は、第1積層部および第2積層部を備え、第1積層部は、第1導体に対して積層方向に隣り合って2以上の第2導体が積層された部分を含み、第2積層部は、第1導体と第2導体とが積層方向に隣り合って積層された部分を含み、第1積層部に含まれる第1導体および第2導体のうち第2積層部側の層に配置された導体と、第2積層部に含まれる第1導体および第2導体のうち第1積層部側の層に配置された導体との間隔は、第1積層部内において隣り合う導体の間隔および第2積層部内において隣り合う導体の間隔よりも離れている。

【0010】

本開示の一形態に係るフィルタ回路は、上記のコイル部品と、コイル部品に接続するコンデンサとを備える。

【発明の効果】

【0011】

本開示の一形態によれば、寄生容量を低減させつつも、第1コイルと第2コイルとの間の磁気結合力を向上させることが可能なコイル部品、およびこれを含むフィルタ回路を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施の形態に係るコイル部品の透過斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 2】本実施の形態に係るコイル部品の透過平面図である。

【図 3】本実施の形態に係るコイル部品の配線パターンを説明するための斜視図である。

【図 4】本実施の形態に係るコイル部品に含まれるコイルの平面図である。

【図 5】本実施の形態に係るコイル部品の透過側面図である。

【図 6】積層体における導体の積層順序を説明するための概念図である。

【図 7】本実施の形態に係るコイル部品を含むフィルタ回路の回路図である。

【図 8】積層体における導体の積層順序に関する変形例 1 を示す概念図である。

【図 9】積層体における導体の積層順序に関する変形例 2 を示す概念図である。

【図 10】積層体における導体の積層順序に関する変形例 3 を示す概念図である。

【図 11】積層体における導体の積層順序に関する変形例 4 を示す概念図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0014】

図 1 は、本実施の形態に係るコイル部品 100 の透過斜視図である。図 2 は、本実施の形態に係るコイル部品 100 の透過平面図である。図 3 は、本実施の形態に係るコイル部品 100 の配線パターンを説明するための斜視図である。図 4 は、本実施の形態に係るコイル部品 100 に含まれるコイル L1、L2 の平面図である。

【0015】

20

図 1 ~ 図 4 では、コイル部品 100 の長辺方向を X 方向、短辺方向を Y 方向、高さ方向を Z 方向としている。

【0016】

コイル部品 100 は、コイル L1 とコイル L2 とを含む。コイル部品 100 は、セラミック層の積層体（絶縁体）3 で構成されている。積層体 3 には、コイル L1（第 1 コイル）およびコイル L2（第 2 コイル）の配線パターンを形成した基板（セラミックグリーンシート）が積層されている。セラミック層の積層方向は Z 方向であり、矢印の向きが上層方向を示している。

【0017】

積層体 3 は、互いに対向する一対の主面、および前記一対の主面間を結ぶ複数の側面を有している。以下、互いに対向する一対の主面のうち、積層体 3 の上面を「第 1 主面」と称し、底面を「第 2 主面」と称する場合があります、互いに対向する一対の主面を単に「主面」と称する場合があります。

30

【0018】

積層体 3 の長辺側の 2 つの側面のうち、一方の側面（第 1 側面）には電極 4a（第 1 電極）が設けられ、他方の側面（第 2 側面）には電極 4b（第 2 電極）が設けられている。短辺側の 2 つの側面のうち、一方の側面（第 3 側面）には電極 4c（第 3 電極）が設けられ、他方の側面（第 4 側面）には電極 4d（第 4 電極）が設けられている。図 1 および図 2 に示すように、電極 4a ~ 4d は、積層体 3 の側面から第 1 主面および第 2 主面に延在するように設けられる。

40

【0019】

図 1 ~ 図 3 に示されるように、コイル L1 およびコイル L2 は、積層体 3 の主面に対する法線方向に巻回軸が向くように配置され、コイル L1 およびコイル L2 の各々の開口が互いに重なって磁気結合している。コイル L1 は、積層体 3 において Z 軸方向に積層された導体 10a ~ 10c により構成されている。コイル L2 は、積層体 3 において Z 軸方向に積層された導体 20a ~ 20c により構成されている。このように、コイル L1 およびコイル L2 は、積層体 3 の主面に平行に積層された複数の導体 10a ~ 10c、20a ~ 20c により構成される。

【0020】

以下、コイル L1 を構成する導体 10a、10b、10c を導体 10 と称する場合はあ

50

り、コイルL2を構成する導体20a, 20b, 20cを導体20と称する場合がある。また、導体10, 20をまとめて導体(10, 20)と称する場合がある。

【0021】

図1に示されるように、コイルL1を構成する導体10aと導体10bとの間に、コイルL2を構成する導体20a~20cのうちの導体20a, 20bが積層されている。コイルL2を構成する導体20cは、導体10cと隣り合う位置に積層されている。

【0022】

図3を参照して、コイルL1, L2の配線パターンを説明する。コイルL1, L2は、積層体3において6層のセラミックグリーンシート上に形成された導体10, 20によって形成されている。図3には、6層の各層に含まれる導体10, 20の配線パターンが示されている。各配線パターンは、例えば、基板であるセラミックグリーンシートに、導電性ペースト(Niペースト)をスクリーン印刷法により印刷することにより形成される。

10

【0023】

積層体3は、このように、基板であるセラミックグリーンシートが複数層に積層されることにより形成されている。積層体3を構成する各層は、すべて同じ材料によって構成されている。このように、積層体3の各層は、同じ材料によって構成されているため、積層体3の積層工程が終了した後、一括焼成の工程において、熱膨張係数の違いで積層体3に剥がれや割れが発生するおそれを防止できる。

【0024】

コイルL1は、第1層目に配置される導体10aと、第4層目に配置される導体10bと、第5層目に配置される導体10cとによって構成される。コイルL2は、第2層目に配置される導体20aと、第3層目に配置される導体20bと、第6層目に配置される導体20cとによって構成される。

20

【0025】

導体10bの接続部63aと導体10cの接続部63bとは、ビア導体53によって接続されている。導体10bの接続部64aと導体10cの接続部64bとは、ビア導体54によって接続されている。

【0026】

導体20aの接続部61aと導体20bの接続部61bとは、ビア導体51によって接続されている。導体20aの接続部62aと導体20bの接続部62bとは、ビア導体52によって接続されている。

30

【0027】

コイルL1の一部を構成する導体10aおよび導体10bの間に、コイルL2の一部を構成する導体20a, 20bが挟まれている。さらに、コイルL2の一部を構成する導体20bおよび20cの間に、コイルL1の一部を構成する導体10b, 10cが挟まれている。このように、積層体3においては、コイルL1の一部を構成する複数の導体10の間にコイルL2の一部を構成する導体20が挟まれ、かつ、コイルL2の一部を構成する複数の導体20の間にコイルL1の一部を構成する導体10が挟まれている。

【0028】

導体10aおよび導体10bの配線パターンは共通している。導体20bおよび導体20cの配線パターンは共通している。導体20bおよび導体20cの配線パターンは、導体10aおよび導体10bの配線パターンを裏返しにしたパターンである。導体20aの配線パターンは、導体10cを裏返しにしたパターンである。

40

【0029】

導体10a~10cおよび導体20a~20cは、図3に示される仮想線V1, V1がコイルL1, L2の開口中心を貫くように、積層体3に積層される。したがって、コイルL1およびコイルL2は、積層体3の主面に対する法線方向に開口が向くように配置される。また、図2に示されるように、主面に対する法線方向から積層体3を見た場合、コイルL1の開口パターンと、コイルL2の開口パターンとは、共通するものとなる。

【0030】

50

図 4 に示されるように、主面に対する法線方向から積層体 3 を見た場合、コイル L 1 およびコイル L 2 の各々は、シングルループのコイル形状を有する。さらに、図 3 に示されるように、主面に対する法線方向から積層体 3 を見た場合、導体 10 a ~ 10 c の各々は、コイル L 1 のシングルループのコイル形状を有し、導体 20 a ~ 20 c の各々は、コイル L 2 のシングルループのコイル形状を有する。

【 0 0 3 1 】

図 1 に示されるように、導体 10 a の端部 9 1 a および導体 10 b の端部 9 1 b は、電極 4 a と接続されている。導体 10 a の端部 9 3 a および導体 10 b の端部 9 3 c は、電極 4 c と接続されている。導体 20 b の端部 9 2 a および導体 20 c の端部 9 2 b は、電極 4 b と接続されている。導体 20 b の端部 9 3 b および導体 20 c の端部 9 3 d は、電極 4 c と接続されている。

10

【 0 0 3 2 】

コイル L 1 は、第 1 配線パターンにより構成される導体 10 b、および第 2 配線パターンにより構成される導体 10 c を含む。コイル L 2 は、第 3 配線パターンにより構成される導体 20 b、および第 4 配線パターンにより構成される導体 20 a を含む。第 1 配線パターンにより構成される導体 10 b は、端部 9 1 b において電極 4 a と接続され、端部 9 3 b において電極 4 c と接続されている。第 2 配線パターンにより構成される導体 10 c は、第 1 配線パターンにより構成される導体 10 b とビア導体 5 3, 5 4 によって接続されている。第 3 配線パターンにより構成される導体 20 b は、端部 9 2 a において電極 4 b と接続され、端部 9 3 b において電極 4 c と接続されている。第 4 配線パターンにより構成される導体 20 a は、第 3 配線パターンにより構成される導体 20 b とビア導体 5 1, 5 2 によって接続されている。

20

【 0 0 3 3 】

導体 10 a の端部 9 1 a および導体 10 b の端部 9 1 b により、コイル L 1 の第 1 端部が構成される。導体 10 a の端部 9 3 a および導体 10 b の端部 9 3 c により、コイル L 1 の第 2 端部が構成される。導体 20 b の端部 9 2 a および導体 20 c の端部 9 2 b により、コイル L 2 の第 1 端部が構成される。導体 20 b の端部 9 3 b および導体 20 c の端部 9 3 d により、コイル L 2 の第 2 端部が構成される。

【 0 0 3 4 】

本実施の形態においては、コイル L 1 とコイル L 2 との接続点が電極 4 c に存在する。換言すると、本実施の形態においては、コイル L 1 とコイル L 2 との接続点から電極 4 c に至る距離がゼロである。以下、コイル L 1 とコイル L 2 との接続点を「中間接続点」とも称する。

30

【 0 0 3 5 】

図 1 および図 2 に示されるように、主面に対する法線方向から積層体 3 を見た場合、コイル L 1 の端部 9 3 a, 9 3 c と、コイル L 2 の端部 9 3 b, 9 3 d とは、互いに重なる位置に配置されている。

【 0 0 3 6 】

電極 4 c は、コイル L 1 とコイル L 2 との中間接続点を含む。図 4 に示されるように、電極 4 a に電圧を印加する場合、電極 4 a (I n) から流入した電流は、コイル L 1 の端部 9 1 a, 9 1 b から端部 9 3 a, 9 3 c に流れて電極 4 c に達し、電極 4 c を経由してコイル L 1 の端部 9 3 b, 9 3 d に流入する。コイル L 2 の端部 9 3 b, 9 3 d に流入した電流は、コイル L 2 の端部 9 2 a, 9 2 b に流れ、電極 4 b (O u t) に達する。この場合、電極 4 a は、 I n 端子として機能し、電極 4 b は O u t 端子として機能し、電極 4 c は、中間接続端子として機能する。

40

【 0 0 3 7 】

図 3 に示されるとおり、本実施の形態では、導体 10 b, 10 c の両端付近をビア導体 5 3, 5 4 で接続し、導体 20 a, 20 b の両端付近をビア導体 5 1, 5 2 で接続する。これにより、導体 10 b, 10 c の並列回路と、導体 20 a, 20 b の並列回路とが構成される。

50

【 0 0 3 8 】

コイル部品 1 0 0 では、複数層に積層された導体 1 0 a ~ 1 0 c および導体 2 0 a ~ 2 0 c において、電流が並列回路を流れる。このため、コイル部品 1 0 0 は、大電流に対応することができる。

【 0 0 3 9 】

本実施の形態においては、導体 1 0 b と導体 1 0 c とをビア導体 5 3 , 5 4 によって接続することにより、ビア導体 5 3 , 5 4 および導体 1 0 b を経由して導体 1 0 c と電極 4 a , 4 c とを導通させている (図 1 および図 3 参照) 。これにより、導体 1 0 c と電極 4 a , 4 c とを導通させるために、導体 1 0 c の両端部を導体 1 0 b のように引き出して電極 4 a , 4 c へ接続する必要がない。

10

【 0 0 4 0 】

同様に、本実施の形態においては、導体 2 0 a と導体 2 0 b とをビア導体 5 1 , 5 2 によって接続することにより、ビア導体 5 1 , 5 2 および導体 2 0 b を経由して導体 2 0 a と電極 4 b , 4 c とを導通させている (図 1 および図 3 参照) 。これにより、導体 2 0 a と電極 4 b , 4 c とを導通させるために、導体 2 0 a の両端部を導体 2 0 b のように引き出して電極 4 a , 4 c へ接続する必要がない。

【 0 0 4 1 】

導体 1 0 c の両端部を引き出して電極 4 a , 4 c へ接続してもよい。同様に、導体 2 0 a の両端部を引き出して電極 4 a , 4 c へ接続してもよい。この場合には、ビア導体 5 1 ~ 5 4 は不要となる。この場合、電極 4 a ~ 4 c に対して設ける必要のある導体 (1 0 , 2 0) の端部の数が増大する。このように、電極 4 a ~ 4 c に対して設ける必要のある導体 (1 0 , 2 0) の端部の数が増加すると、導体 (1 0 , 2 0) を積層体 3 に積み重ねて押し固める際、端部同士が近接し積層体 3 で剥がれが生じやすくなることがある。

20

【 0 0 4 2 】

そこで、本実施の形態においては、導体 1 0 b と導体 1 0 c とをビア導体 5 3 , 5 4 によって接続し、また、導体 2 0 a と導体 2 0 b とをビア導体 5 1 , 5 2 によって接続している。これにより、電極 4 a ~ 4 c に対して設ける必要のある導体 (1 0 , 2 0) の端部の数を少なくすることができる。その結果、積層体 3 の製造工程において積層体 3 に剥がれが生じることを防止できる。もちろん、製造する際に剥がれが生じにくいのであれば、導体 1 0 c の両端部を電極 4 a , 4 c へ接続し、導体 2 0 a の両端部を電極 4 a , 4 c へ接続してもよい。

30

【 0 0 4 3 】

図 5 は、本実施の形態に係るコイル部品 1 0 0 の透過側面図である。図 6 は、積層体 3 における導体 1 0 , 2 0 の積層順序を説明するための概念図である。

【 0 0 4 4 】

図 6 は、積層体 3 における導体 1 0 , 2 0 の積層順序を概念的に説明する観点から、図 5 に示される側面図を簡略化した図面である。したがって、図 5 においては、電極 4 c , 4 d への導体 1 0 , 2 0 の接続箇所およびビア導体 5 1 ~ 5 4 の図示を省略している。

【 0 0 4 5 】

積層体 3 内には、導体 1 0 , 2 0 の組み合わせにより構成される積層部 1 1 および積層部 2 1 が存在する。積層部 1 1 は、コイル L 1 の一部を構成する導体 1 0 a と、コイル L 2 の一部を構成する導体 2 0 a , 2 0 b とを含む。積層部 2 1 は、コイル L 1 の一部の構成する導体 1 0 b , 1 0 c と、コイル L 2 の一部を構成する導体 2 0 c とを含む。このように、積層体 3 は、2 以上の導体 (1 0 , 2 0) が積層された積層部 1 1 (第 1 積層部) および積層部 2 1 (第 2 積層部) を備える。

40

【 0 0 4 6 】

図 5 に示されるように、積層部 1 1 において、導体 2 0 a と導体 2 0 b とはビア導体 5 1 , 5 2 により接続されている。積層部 2 1 において、導体 1 0 b と導体 1 0 c とはビア導体 5 3 , 5 4 により接続されている。

【 0 0 4 7 】

50

図5および図6に示されるように、積層部11および積層部21は、いずれも、3層に亘って積層された導体(10, 20)を含んでいる。積層部11および積層部21の各々には、コイルL1の一部を構成する導体10とコイルL2の一部を構成する導体20とが含まれるように、導体10, 20が配置されている。これにより、積層部11および積層部21のいずれにおいても、コイルL1とコイルL2との相互インダクタンスの結合力を強めることができる。

【0048】

特に、本実施の形態においては、積層部11の最上位層にコイルL1の一部を構成する導体10aが配置され、積層部21の最下位層にコイルL2の一部を構成する導体20cが配置されている。

10

【0049】

積層部11は、導体10(10a)に対して積層方向に隣り合って2以上の導体20(20a, 20b)が積層された部分を含み、積層部21は、導体10(10c)と導体20(20c)とが積層方向に隣り合って積層された部分を含む。積層部21は、導体10と導体20とを含む3つの導体(10b, 10c, 20c)が積層方向に隣り合って積層された部分を含む。

【0050】

積層部11に含まれる導体10および導体20のうち積層部21側の層に配置された導体20bと、積層部21に含まれる導体10および導体20のうち積層部11側の層に配置された導体10bとの間隔d1は、積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔d2および積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔d2よりも離れている。

20

【0051】

本実施の形態では、d2に比べてd1が広くなるように、積層部11と積層部21との間隔を広げている。より具体的には、導体(10, 20)同士の間隔(d2)をできるだけ狭くしつつ、積層部11と積層部21の間については、磁気結合力を考慮しつつも、できるだけ間隔(d1)を離すようにしている。

【0052】

これにより、積層部11と積層部21との間で発生し得る寄生容量を低減させつつも、コイルL1とコイルL2との間の磁気結合力を向上させることが可能なコイル部品100を提供することができる。

30

【0053】

なお、ここでは、積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔、および積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔が、いずれもd2に調整された積層部3を例示した。

【0054】

しかし、積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔、および積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔は、d1より短ければ、積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔と、積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔とが異なってもよい。

40

【0055】

層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔は、同じでなくてもよい。例えば、導体10aと導体20aとの間隔と、導体20aと導体20bとの間隔とを異ならせてもよい。同様に、導体10bと導体10cとの間隔と、導体10cと導体20cとの間隔とを異ならせてもよい。

【0056】

このように、導体10, 20の間隔を様々に設計することにより、コイルL1, 2の磁気結合力を細かく調整することができる。例えば、2つの導体10b, 10cの間隔を短くすると、導体10b, 10c間の磁気結合力が高まる。その結果、コイルL1の自己インダクタンスを強めることができる。

50

【 0 0 5 7 】

ここで、例えばコイルL 1とコイルL 2を1層ずつ一組とし、3組作成して2か所の間隔を広げる場合に比べ、本実施例のように、コイルL 1やコイルL 2の一部を2層積層し、2組とすることで、同じMを得るのに発生する寄生容量を減らすことができる。

【 0 0 5 8 】

ここで、図7を参照して、本実施の形態に係るコイル部品100が適用される回路の一例として、フィルタ回路1を説明する。図7は、本実施の形態に係るコイル部品100を含むフィルタ回路1の回路図である。

【 0 0 5 9 】

フィルタ回路1は、例えば、EMI除去フィルタであり、3次のT型LCフィルタ回路である。このフィルタ回路1にコイル部品100が用いられている。なお、以下の実施の形態では、フィルタ回路1の構成として3次のT型LCフィルタ回路を用いて説明するが、5次のT型LCフィルタ回路や、より高次のT型LCフィルタ回路に対しても同様の構成のコイル部品100を適用することができる。

10

【 0 0 6 0 】

図7に示すように、コイル部品100が適用されるフィルタ回路1は、コンデンサC 1を備えている。コイル部品100は、コイルL 1とコイルL 2とに並列接続されたコイルL 1とコイルL 2に発生する寄生容量によるコンデンサCを含む。このようなコイルL 1とコイルL 2に並列にコンデンサCがあると、本来後述するコンデンサC 1を通して除去したい高周波帯のノイズがコンデンサCを通してしまうため、ノイズ除去が不十分となってしまう。そのため、このようなコンデンサCはできるだけ抑制する方が望ましい。

20

【 0 0 6 1 】

コンデンサC 1は、コイル部品100に接続される。コンデンサC 1は、コイルL 1およびコイルL 2の中間接続点が構成される電極4cに一方の端部を接続し、GND配線に他方の端部を接続している。コンデンサC 1は、例えば、BaTiO₃(チタン酸バリウム)を主成分とした積層セラミックコンデンサにより構成される。コンデンサC 1として、他の材料を主成分とした積層セラミックコンデンサを採用してもよい。例えば、コンデンサC 1として、アルミ電解コンデンサなどの他の種類のコンデンサを採用してもよい。

【 0 0 6 2 】

コンデンサC 1は、寄生インダクタンス(等価直列インダクタンス(ESL))としてインダクタL 3を有している。図7に示されるように、コンデンサC 1は、インダクタL 3がキャパシタC 1aに直列に接続された回路構成によって表される。なお、コンデンサC 1は、さらに寄生抵抗(等価直列抵抗(ESR))がインダクタL 3およびキャパシタC 1aに直列に接続された回路構成と等価であるように構成してもよい。

30

【 0 0 6 3 】

コイルL 1とコイルL 2とは磁気結合しており、コンデンサC 1と直列に負のインダクタンス成分(M)を生じている。この負のインダクタンス成分を図7では-Mのインダクタとして示している。この負のインダクタンス成分によって、コンデンサC 1の寄生インダクタンス(インダクタL 3)を打ち消すことができる。これにより、コンデンサC 1の寄生インダクタンス成分を見かけ上小さくすることができる。コンデンサC 1、コイルL 1およびコイルL 2で構成されるフィルタ回路1は、コイルL 1とコイルL 2との相互インダクタンスによる負のインダクタンス成分で、コンデンサC 1の寄生インダクタンスを打ち消すことにより、高周波帯のノイズ減衰効果を向上させることができる。

40

【 0 0 6 4 】

本実施の形態においては、コイルL 1とコイルL 2との中間接続点が電極4cに存在している。換言すると、本実施の形態においては、コイルL 1とコイルL 2との中間接続点から電極4cに至る配線パターンがコイルL 1およびコイルL 2のいずれにも設けられていない。このため、コイルL 1とコイルL 2との中間接続点から電極4cに至る配線パターンを設ける従来の構成と比較して、その配線パターンの距離が製造ばらつきによって長短と変化することがないため、寄生インダクタンス成分の大きさにばらつきが生じてしま

50

うことを防止できる。本実施の形態に係るコイル部品100には、寄生インダクタンス成分の大きさのばらつきの要因となる余計な配線パターンが設けられていないため、配線パターンに依存する寄生インダクタンス成分が存在しない。

【0065】

したがって、コイル部品100の製造において、そのようなばらつきを抑えるために精度を極限まで高めるための労力やそのために必要とされるコストを抑えることができる。ゆえに、本実施の形態によれば、寄生インダクタ成分の大きさにばらつきが生じないようにすることが可能なコイル部品およびそれを含むフィルタ回路を提供することができる。

【0066】

さらに、コイル部品100を電源ラインのノイズを除去するための部品として用いて、電極4aから電極4bに電流を流す場合、積層体3の内部を流れる電流が積層体3外部の電極4cを通る。このとき、電流が積層体3の内部を流れ続ける従来パターンに比べて、電極4cが放熱機能を発揮し、電流により生じた熱が電極4cにおいて放熱される。したがって、コイル部品100によれば、放熱効果を高めることができる。

10

【0067】

さらに、本実施の形態に係るコイル部品100においては、電極4a～4cおよびコイルL1、L2の導通検査の手順を簡素化できるという効果が奏される。コイルL1とコイルL2との中間接続点から電極4cに至る配線パターンが設けられる従来のコイル部品の場合、電極4aと電極4bとの間の導通を試験しただけでは、コイルL1とコイルL2との中間接続点と、電極4cとの間の導通に問題がないことを確認することができない。コイルL1とコイルL2との中間接続点と電極4cの間に別の配線が入るために、この別の配線の断線状態や、この別の配線と電極4cとの接続状態を検査する必要がある。このため、従来構造では、別の配線や、電極4cに問題のないことを確認するために、電極4aと電極4bとの間の検査に加えて、電極4aもしくは電極4bと電極4cとの間の導通検査を行う必要があった。

20

【0068】

これに対して、本実施の形態に係るコイル部品100においては、中間接続端子に該当する電極4cがコイルL1とコイルL2とを導通させる導通ラインとして機能している。このため、コイル部品100においては、電極4aと電極4bとの間の導通検査をすることで、電極4a～4cおよびコイルL1、L2の導通検査を終えることができる。

30

【0069】

さらに、本実施の形態に係るコイル部品100を電源ラインのノイズを除去するなどの用途に用いる場合、電極4aおよび電極4bは、電源ラインに対してシリーズで接続する実装端子として機能する。すなわち、電極4aおよび電極4bは、実装端子により構成されている。コイル部品100においては、積層体3の長辺側に電極4a、4bを設けているため、積層体3の短辺側に電極4a、4bを設ける場合と比較して、実装端子のサイズを大きくすることができる。その結果、電源ラインに電流を流したときに、実装部分で発生する熱をその電極幅によって十分に放熱させることができる。

【0070】

また、本実施の形態に係るコイル部品100においては、積層体3の長辺側の幅の広い電極4aにコイルL1の端部91a、91bを配置し、積層体3の長辺側の幅の広い電極4bにコイルL2の端部92a、92bを配置することにより、長辺の一端から他端までの距離を活かして大きな開口のコイルを形成することができるという効果も奏される。

40

【0071】

また、本実施の形態に係るコイル部品100はこれに限られることなく、例えば長辺、短辺がない、正方形であってもよいし、コイルは略直方体ではなく、円形もしくは楕円形であってもよい。円形にすることにより、コイルを形成する導体内に電流密度が局所的に高い場所が発生することがないため大電流が流れる用途でも発熱による故障がおこりにくい。

【0072】

50

<変形例 1 >

次に、本実施の形態に適用可能な変形例 1 を説明する。図 8 は、積層体 3 0 1 における導体 1 0 , 2 0 の積層順序に関する変形例 1 を示す概念図である。

【 0 0 7 3 】

変形例 1 に係る積層体 3 0 1 は、積層体 3 の積層部 1 1 の最上位層に導体 1 0 を 1 つ追加し、積層体 3 の積層部 2 1 から導体 1 0 を 1 つ削除した例に該当する。変形例 1 に係る積層体 3 0 1 では、積層部 1 1 が 4 層の導体 1 0 , 2 0 により構成され、積層部 2 1 が 2 層の導体 1 0 , 2 0 により構成される。

【 0 0 7 4 】

積層体 3 0 1 においては、積層体 3 と同様、積層部 1 1 および積層部 2 1 の各々にコイル L 1 の一部を構成する導体 1 0 とコイル L 2 の一部を構成する導体 2 0 とが含まれるように、導体 1 0 , 2 0 が配置されている。積層体 3 0 1 においては、積層体 3 と同様、積層部 1 1 の最上位層にコイル L 1 の一部を構成する導体 1 0 a が配置され、積層部 2 1 の最下位層にコイル L 2 の一部を構成する導体 2 0 c が配置されている。

10

【 0 0 7 5 】

変形例 1 に係る積層体 3 0 1 においても、積層体 3 と同様に、d 2 に比べて d 1 が広くなるように、積層部 1 1 と積層部 2 1 との間隔を広げている。これにより、変形例 1 においても、積層部 1 1 と積層部 2 1 との間で発生し得る寄生容量を低減させつつも、コイル L 1 とコイル L 2 との間の磁気結合力を向上させることが可能である。

【 0 0 7 6 】

変形例 1 に係る積層体 3 0 1 においては、積層体 3 と異なり、積層部 1 1 の層数と積層部 2 1 の層数とが異なっている。このように、積層部 1 1 の層数と積層部 2 1 の層数とを異ならせることによって、コイル L 1 , L 2 の各々の自己インダクタンスの値を細やかに調整することが可能となる。その結果、コイル L 1 , L 2 の相互インダクタンスを細かく調整することも可能となる。

20

【 0 0 7 7 】

<変形例 2 >

次に、本実施の形態に適用可能な変形例 2 を説明する。図 9 は、積層体 3 0 2 における導体 1 0 , 2 0 の積層順序に関する変形例 2 を示す概念図である。

【 0 0 7 8 】

変形例 2 に係る積層体 3 0 2 は、積層体 3 の積層部 2 1 から導体 1 0 を 1 つ削除した例に該当する。積層体 3 0 2 の積層部 1 1 の構成は、積層体 3 の積層部 1 1 の構成と同じである。変形例 2 に係る積層体 3 0 2 では、積層部 1 1 が 3 層の導体 1 0 , 2 0 により構成され、積層部 2 1 が 2 層の導体 1 0 , 2 0 により構成される。

30

【 0 0 7 9 】

積層体 3 0 2 においては、積層体 3 と同様、積層部 1 1 および積層部 2 1 の各々にコイル L 1 の一部を構成する導体 1 0 とコイル L 2 の一部を構成する導体 2 0 とが含まれるように、導体 1 0 , 2 0 が配置されている。積層体 3 0 2 においては、積層体 3 と同様、積層部 1 1 の最上位層に、コイル L 1 の一部を構成する導体 1 0 a が配置され、積層部 2 1 の最下位層に、コイル L 2 の一部を構成する導体 2 0 c が配置されている。

40

【 0 0 8 0 】

変形例 2 に係る積層体 3 0 2 においても、積層体 3 と同様に、d 2 に比べて d 1 が広くなるように、積層部 1 1 と積層部 2 1 との間隔を広げている。これにより、変形例 2 においても、積層部 1 1 と積層部 2 1 との間で発生し得る寄生容量を低減させつつも、コイル L 1 とコイル L 2 との間の磁気結合力を向上させることが可能である。

【 0 0 8 1 】

変形例 2 に係る積層体 3 0 3 においても、変形例 1 に関わる積層体 3 0 2 と同様に、積層部 1 1 の層数と積層部 2 1 の層数とが異なっている。このように、積層部 1 1 の層数と積層部 2 1 の層数とを異ならせることによって、コイル L 1 , L 2 の各々の自己インダクタンスの値を細やかに調整することが可能となる。その結果、コイル L 1 , L 2 の相互イ

50

ンダクタンスを細かく調整することも可能となる。

【0082】

<変形例3>

次に、本実施の形態に適用可能な変形例3を説明する。図10は、積層体303における導体10, 20の積層順序に関する変形例3を示す概念図である。

【0083】

変形例3に係る積層体303は、導体10, 20の組み合わせを含む積層部11、積層部21、および積層部31を含む。積層部11と積層部21との間隔、および積層部21と積層部31との間隔は、各々、 d_1 である。

【0084】

変形例3に係る積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔、積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔、および積層部31内において隣り合う導体(10, 20)の間隔は、いずれも d_2 である。変形例3においても、 $d_1 > d_2$ の関係が成立する。

【0085】

変形例3に係る積層体303の積層構造は、本実施の形態として説明した図6の積層体3における積層部11と積層部21との間に、積層部を追加した構造に該当する。

【0086】

変形例3に係る積層体303において、積層部11には、導体10(10a)の隣に2つの導体20(20a, 20b)が積層されており、積層部21には、導体10(10c)と導体20(20c)とが隣り合って積層された部分が存在する。積層部11と積層部21との間隔 d_1 は、積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔 d_2 および積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔 d_2 よりも離れている。

【0087】

変形例3に係る積層体303において、積層部21には、導体10(10c)の隣に2つの導体20(20c, 20d)が積層されており、積層部31には、導体10(10e)と導体20(20e)とが隣り合って積層された部分が存在する。積層部21と積層部31との間隔 d_1 は、積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔 d_2 および積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔 d_2 よりも離れている。

【0088】

変形例3に係る積層部21のように、積層部を4層以上に積層した導体(10, 20)により構成してもよい。また、積層部11内において隣り合う導体(10, 20)の間隔、積層部21内において隣り合う導体(10, 20)の間隔、および積層部31内において隣り合う導体(10, 20)の間隔は、 d_1 より短ければ、どのような間隔に設計してもよい。また、積層部11と積層部21の隣り合う導体の間隔と、積層部21と積層部31の隣り合う導体の間隔とは、同じ d_1 でなくてもよく、各積層部内での導体の距離より長い距離であればよい。

【0089】

変形例3に係る積層体302においても、積層体3と同様に、 d_2 に比べて d_1 が広くなるように、積層部11と積層部21との間隔、および積層部21と積層部31との間隔を広げている。これにより、積層部11と積層部21との間で発生し得る寄生容量、および積層部21と積層部31との間で発生し得る寄生容量を低減させつつも、コイルL1とコイルL2との間の磁気結合力を向上させることが可能である。

【0090】

<変形例4>

次に、本実施の形態に適用可能な変形例4を説明する。図11は、積層体304における導体10, 20の積層順序に関する変形例4を示す概念図である。

【0091】

変形例4に係る積層体304は、積層体3の積層部11の最上位層に導体10を1つ追加し、積層体3の積層部21の最下位層に導体20を1つ追加した例に該当する。変形例

10

20

30

40

50

4に係る積層体304では、積層部11および積層部21のいずれもが4層の導体10, 20により構成される。積層体304では、積層部11に導体10a, 10bと、導体20a, 20bとが積層されており、積層部21に導体10c, 10dと、導体20c, 20dとが積層されている。

【0092】

変形例4に係る積層体304では、積層部11における導体10, 20の積層パターンと、積層部21における導体10, 20の積層パターンとが共通している。すなわち、変形例4に係る積層体304では、積層部11および積層部21のいずれもが上位2層に導体10が積層され、下位2層に導体20が積層されている。

【0093】

このように、変形例4においては、積層部11における導体10および導体20の積層順序と、積層部21における導体10および導体20の積層順序とが同じである。このように、複数の積層部11, 21における導体10および導体20の積層順序を共通化することにより、製造上の不良発生率を低減させることができる。

【0094】

以上、変形例1~4を順に説明した。変形例1~4の積層部11, 21として、導体10または導体20が連続して積層される最大数が2である場合を説明した。しかし、導体10または導体20が連続して積層される最大数が3以上になるように、導体10または導体20を積層してもよい。例えば、図8に示される変形例1において、積層部11内の最下位層の導体20(20b)の下に、導体20を追加して配置してもよい。図10に示される変形例3において、積層部11, 21, 31の各々の最下位層の導体20の下に、導体20を追加して配置してもよい。

【0095】

本開示においては、積層部11の最下位層の導体(10, 20)と、積層部21の最上位層の導体(10, 20)とが異なる例を説明した。例えば、図6に示される積層部11の最下位層には導体20が配置されており、図6に示される積層部21の最上位層には導体10が配置されている。しかしながら、積層部11の最下位層と積層部21の最上位層とのいずれにも導体10(または導体20)を配置してもよい。

【0096】

本開示においては、コイルL1およびコイルL2の各々がシングルループを構成し、導体10a~10cの各々がコイルL1のシングルループを構成し、導体20a~20cの各々がコイルL2のシングルループを構成する例を説明した。しかし、コイルL1およびコイルL2の少なくとも一方をスパイラルループのパターンで構成してもよい。また、導体10a~10cを直列に接続することによってコイルL1のシングルループを構成してもよく、導体20a~20cを直列に接続することによってコイルL2のシングルループを構成してもよい。

【0097】

[態様]

以下、本開示の態様を列挙する。

【0098】

(第1項)第1項に記載のコイル部品は、互いに対向する一对の主面を有する絶縁体と、第1コイルを形成する2つ以上の第1導体と、第2コイルを形成する3つ以上の第2導体と、を備え、第1導体および第2導体は、絶縁体の一对の主面に平行に積層され、第1コイル、および複数の導体のうちの3以上の第2導体により構成される第2コイルを含み、第1コイルおよび第2コイルは、一对の主面に対する法線方向に巻回軸が向くように配置され、第1コイルおよび第2コイルの各々の開口が少なくとも一部が重なっており、絶縁体は、第1積層部および第2積層部を備え、第1積層部は、第1導体に対して積層方向に隣り合って2つ以上の第2導体が積層された部分を含み、第2積層部は、第1導体と第2導体とが積層方向に隣り合って積層された部分を含み、第1積層部に含まれる第1導体および第2導体のうち第2積層部側の層に配置された導体と、第2積層部に含まれる第1

10

20

30

40

50

導体および第2導体のうち第1積層部側の層に配置された導体との間隔は、第1積層部内において隣り合う導体の間隔および第2積層部内において隣り合う導体の間隔よりも離れている。

【0099】

(第2項)第1項に記載のコイル部品において、第2積層部は、第1導体と第2導体とを含む3つの導体が積層方向に隣り合って積層された部分を含む。

【0100】

(第3項)第1項または第2項に記載のコイル部品において、法線方向から絶縁体を見た場合、第1コイルおよび第2コイルの各々は、シングルループのコイル形状を有する。

【0101】

(第4項)第3項に記載のコイル部品において、法線方向から絶縁体を見た場合、2つ以上の第1導体の各々は、第1コイルのシングルループのコイル形状を有し、法線方向から絶縁体を見た場合、3つ以上の第2導体の各々は、第2コイルのシングルループのコイル形状を有する。

【0102】

(第5項)第1項～第4項のいずれか1項に記載のコイル部品において、第1積層部における第1導体および第2導体の積層順序と、第2積層部における第1導体および第2導体の積層順序とが同じである。

【0103】

(第6項)第1項～第5項のいずれか1項に記載のコイル部品において、絶縁体に設けられる複数の電極をさらに備え、絶縁体は、一对の主面間を結ぶ複数の側面を有し、複数の側面は、第1側面、第2側面、および第3側面を含み、複数の電極は、第1側面に設けられる第1電極と、第2側面に設けられる第2電極と、第3側面に設けられる第3電極とを含み、第1コイルは、第1配線パターンにより構成される第1導体、および第2配線パターンにより構成される第1導体を含み、第2コイルは、第3配線パターンにより構成される第2導体、および第4配線パターンにより構成される第2導体を含み、第1配線パターンにより構成される第1導体は、第1電極および第3電極と接続され、第2配線パターンにより構成される第1導体は、第1配線パターンにより構成される第1導体と第1ビア導体によって接続され、第3配線パターンにより構成される第2導体は、第2電極および第3電極と接続され、第4配線パターンにより構成される第2導体は、第3配線パターンにより構成される第2導体と第2ビア導体によって接続されている。

【0104】

(第7項)第7項のフィルタ回路は、第1項～第6項のいずれか1項に記載のコイル部品と、コイル部品に接続するコンデンサとを備える。

【0105】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0106】

1 フィルタ回路、3, 301～304 絶縁体、4a, 4b, 4c, 4d 電極、10a～10e, 20a～20d 導体、11 第1積層部、21 第2積層部、31 第2積層部、51～54 ビア導体、61a, 61b, 62a, 62b, 63a, 63b, 64a, 64b 接続部、91a, 91b, 92a, 92b, 93a, 93b 端部、100 コイル部品、C1 コンデンサ、L1, L2 コイル。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

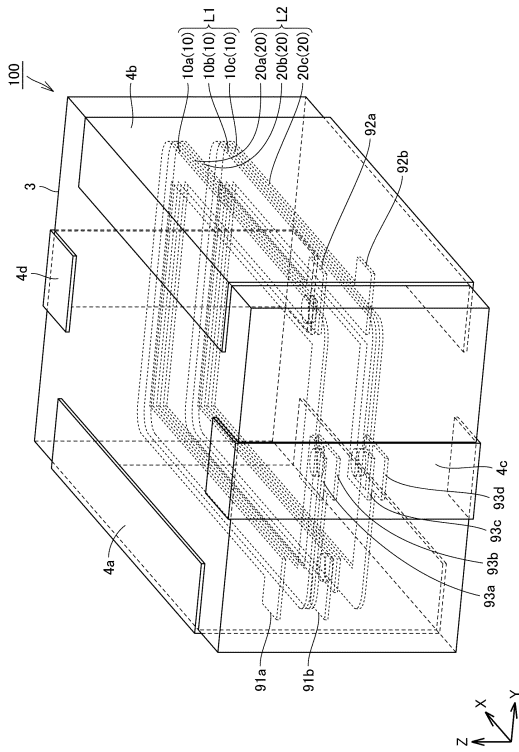
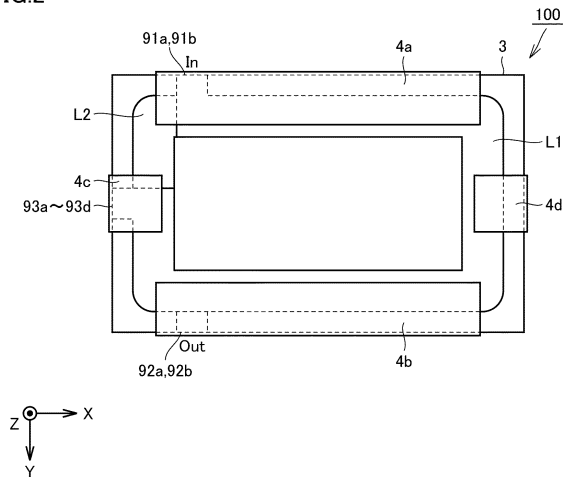


FIG.1

【図 2】

FIG.2

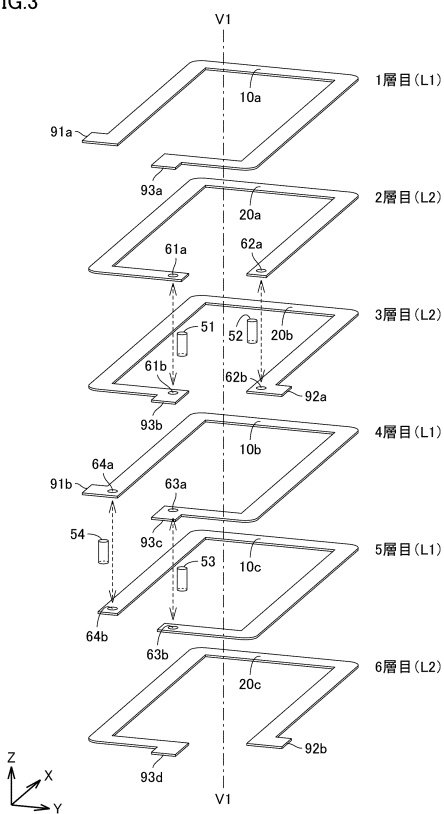


10

20

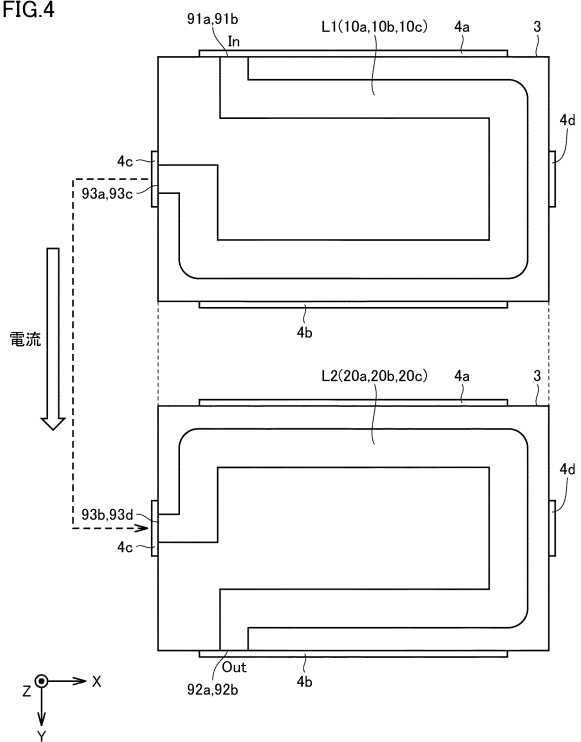
【図 3】

FIG.3



【図 4】

FIG.4



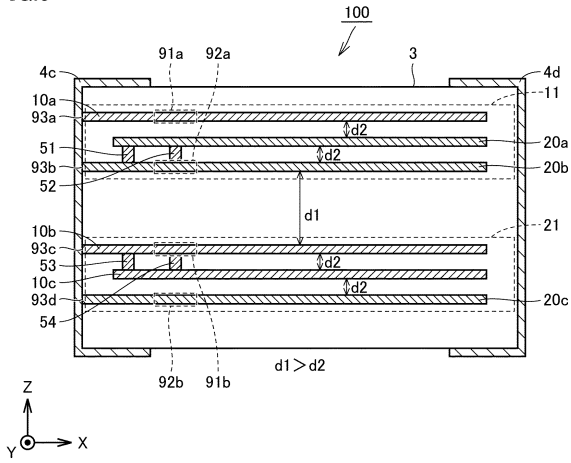
30

40

50

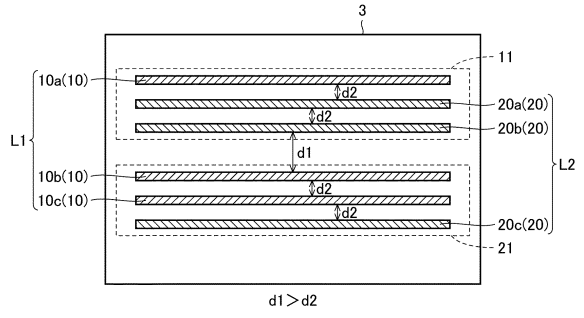
【 図 5 】

FIG.5



【 図 6 】

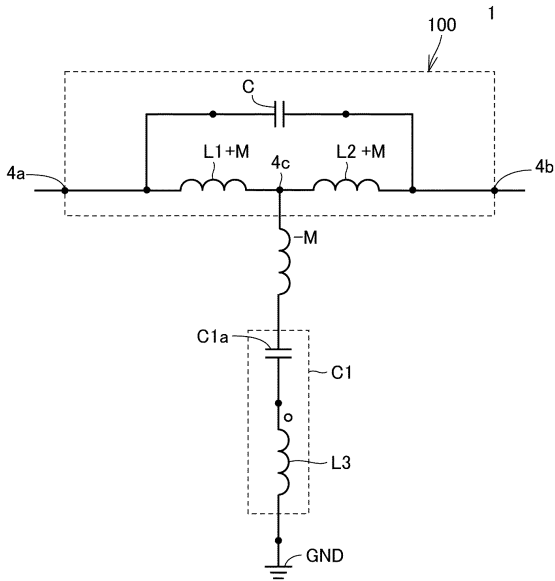
FIG.6



10

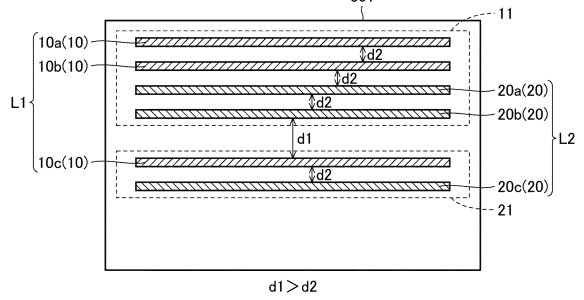
【 図 7 】

FIG.7



【 図 8 】

FIG.8



20

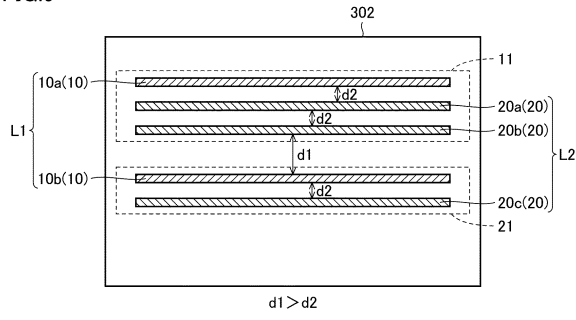
30

40

50

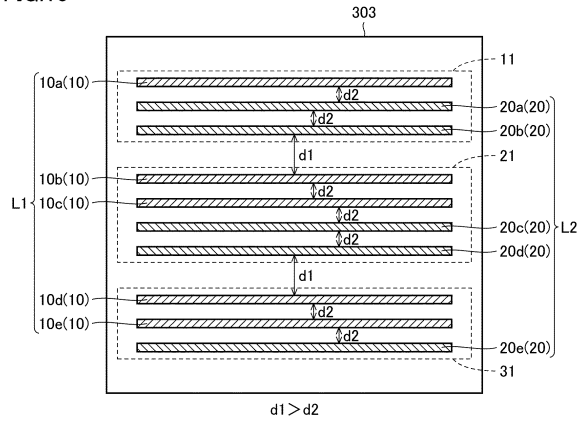
【 9 】

FIG.9



【 1 0 】

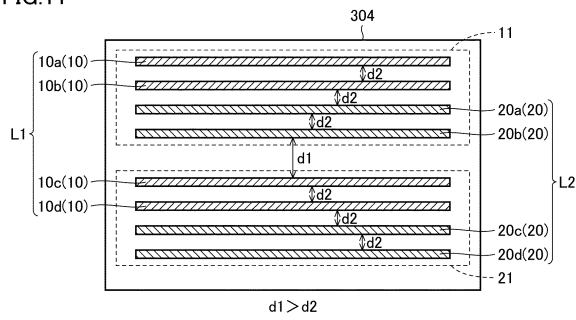
FIG.10



10

【 1 1 】

FIG.11



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2012 - 124470 (JP, A)
特開 2022 - 8603 (JP, A)
国際公開第 2018 / 012400 (WO, A1)
国際公開第 2022 / 070888 (WO, A1)
国際公開第 2020 / 170708 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01F 27 / 00
H01F 17 / 00
H01F 17 / 04
H03H 7 / 09