

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7546397号  
(P7546397)

(45)発行日 令和6年9月6日(2024.9.6)

(24)登録日 令和6年8月29日(2024.8.29)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 1 F 17/04 (2006.01) H 0 1 F 17/04 Z  
H 0 1 F 17/04 F

請求項の数 10 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-126344(P2020-126344)	(73)特許権者	000003964 日東電工株式会社 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号
(22)出願日	令和2年7月27日(2020.7.27)	(74)代理人	100103517 弁理士 岡本 寛之
(65)公開番号	特開2022-23413(P2022-23413A)	(74)代理人	100149607 弁理士 宇田 新一
(43)公開日	令和4年2月8日(2022.2.8)	(72)発明者	古川 佳宏 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
審査請求日	令和5年6月1日(2023.6.1)	(72)発明者	奥村 圭佑 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電工株式会社内
		審査官	古河 雅輝

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インダクタ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

配線と、

前記配線を埋設し、磁性粒子を含有する磁性層とを備えるインダクタであって、

前記磁性層は、

前記配線に対して厚み方向一方側に間隔を隔てて配置される第1主面と、

前記第1主面と厚み方向に間隔を隔てられ、前記配線に対して前記第1主面の反対側に配置される第2主面と、

前記第1主面から前記配線に向かって貫通するビアとを有し、

前記ビアは、厚み方向から見たときに無端形状である内周面を有し、

1つの前記ビアにおいて、前記内周面は、段差を有し、

下記の方法によって求められる溶融固化物の百分率が、10%以下であることを特徴とする、インダクタ。

前記ビアを横断する断面において、前記内周面の厚み方向一方側の端縁を基準として前記第1主面が延びる方向の一方側と他方側とにそれぞれ50μm離れて位置する第1点と第2点と、前記内周面の厚み方向他方側の端縁を基準として前記延びる方向の一方側と他方側とにそれぞれ50μm離れて位置する第3点と第4点とを頂点とする四角形の面積S0を取得する。前記四角形の内部に位置する前記溶融固化物の面積S1を取得する。前記四角形の前記面積S0に対する前記溶融固化物の前記面積S1の百分率(S1/S0×100)を求める。

10

20

## 【請求項 2】

1つ前記ビアにおいて、前記内周面にある段差の数が、1であることを特徴とする、請求項 1 に記載のインダクタ。

## 【請求項 3】

前記内周面は、前記第 1 主面に近づくにつれて、前記ビアの開口断面積が大きくなるテーパ面を有することを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載のインダクタ。

## 【請求項 4】

前記配線が延びる方向の断面で、前記ビアから露出する前記配線の厚み方向一方向は、平坦形状であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のインダクタ。

## 【請求項 5】

前記配線は、導線と、前記導線の周面に配置される絶縁膜とを備え、  
前記絶縁膜は、前記ビアから露出していることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のインダクタ。

## 【請求項 6】

前記ビアに充填される加工安定層をさらに備えることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のインダクタ。

## 【請求項 7】

前記配線は、導線と、前記導線の周面に配置される絶縁膜とを備え、  
前記絶縁膜は、前記ビアにおいて、前記内周面の他端縁から内側に突出する突出端部を有し、

前記突出端部の厚み方向一方向と前記内周面とに配置される加工安定層をさらに備え、  
前記突出端部と前記加工安定層とは、前記導線の厚み方向一方向を露出していることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のインダクタ。

## 【請求項 8】

前記加工安定層は、さらに、第 1 主面に配置されていることを特徴とする、請求項 6 または 7 に記載のインダクタ。

## 【請求項 9】

前記磁性粒子が、軟磁性粒子であることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のインダクタ。

## 【請求項 10】

前記ビアは、厚み方向に直交する面方向における最長長さ  $D_1$  と最短長さ  $D_2$  とを有し、  
前記最短長さ  $D_2$  に対する前記最長長さ  $D_1$  の比 ( $D_1 / D_2$ ) が、10 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のインダクタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、インダクタに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、配線と、配線を被覆する磁性層とを備えるインダクタが知られている（例えば、下記特許文献 1 参照）。特許文献 1 の磁性層は、磁性粒子を含有する。特許文献 1 のインダクタは、スリットをさらに備える。スリットは、2つの配線の間磁性層に形成されている。スリットは、レーザーで形成される。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【文献】特開 2019 - 186365 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

10

20

30

40

50

しかるに、配線を外部機器と電氣的に接続するために、インダクタにビアを形成し、ビアの内部にめっき層を形成する場合がある。ビアは、インダクタの表面から配線に向かって貫通する。

【0005】

しかし、特許文献1の方法でビアを形成すれば、レーザーの磁性層への照射に起因して、多量の、磁性粒子の溶融固化物が、ビアの内周面に残る。そうすると、多量の溶融固化物に起因して、めっき層をビアの内部に安定して形成できないという不具合がある。

【0006】

本発明は、溶融固化物が少ないインダクタを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明(1)は、配線と、前記配線を埋設し、磁性粒子を含有する磁性層とを備えるインダクタであって、前記磁性層は、前記配線に対して厚み方向一方側に間隔を隔てて配置される第1主面と、前記第1主面と厚み方向に間隔を隔てられ、前記配線に対して前記第1主面の反対側に配置される第2主面と、前記第1主面から前記配線に向かって貫通するビアとを有し、前記ビアは、厚み方向から見たときに無端形状である内周面を有し、下記の方法によって求められる溶融固化物の百分率が、10%以下である、インダクタを含む。前記ビアを横断する断面において、前記内周面の厚み方向一方側の端縁を基準として前記第1主面が延びる方向の一方側と他方側とにそれぞれ50 $\mu$ m離れて位置する第1点と第2点と、前記内周面の厚み方向他方側の端縁を基準として前記延びる方向の一方側と他方側とにそれぞれ50 $\mu$ m離れて位置する第3点と第4点とを頂点とする四角形の面積 $S_0$ を取得する。前記四角形の内部に位置する前記溶融固化物の面積 $S_1$ を取得する。前記四角形の前記面積 $S_0$ に対する前記溶融固化物の前記面積 $S_1$ の百分率( $S_1/S_0 \times 100$ )を求める。

【0008】

このインダクタは、溶融固化物が少ない。そのため、ビアに導電部材を安定して形成できる。

【0009】

本発明(2)は、1つ前記ビアにおいて、前記内周面にある段差の数が、1以下である、(1)に記載のインダクタを含む。

【0010】

このインダクタでは、段差の数が、1以下と少ないので、ビアに導電部材をより一層安定して形成できる。

【0011】

本発明(3)は、前記内周面は、前記第1主面に近づくにつれて、前記ビアの開口断面積が大きくなるテーパ面を有する、(1)または(2)に記載のインダクタを含む。

【0012】

このインダクタでは、ビアの開口断面積が大きくなるテーパ面を有するので、ビアに導電部材を充填すれば、導電部材の厚み方向一方面的面積を大きくできる。そのため、外部機器との接続信頼性に優れる。

【0013】

本発明(4)は、前記配線が延びる方向の断面で、前記ビアから露出する前記配線の厚み方向一方面的は、平坦形状である、(1)~(3)のいずれか一項に記載のインダクタを含む。

【0014】

このインダクタでは、第1方向に沿う断面で、ビアから露出する配線の厚み方向一方面的は、平坦形状であるので、導電部材を安定して形成できる。

【0015】

本発明(5)は、前記配線は、導線と、前記導線の周面に配置される絶縁膜とを備え、前記絶縁膜は、前記ビアから露出している、(1)~(4)のいずれか一項に記載のイン

10

20

30

40

50

ダクタを含む。

【0016】

このインダクタでは、絶縁膜は、ビアから露出する一方、導線を被覆するので、導線の劣化および損傷を抑制できる。

【0017】

本発明(6)は、前記ビアに充填される加工安定層をさらに備える、(1)~(5)のいずれか一項に記載のインダクタを含む。

【0018】

このインダクタでは、加工安定層が、ビアに充填されるので、ビアに対する加工時の安定性を向上できる。

【0019】

本発明(7)は、前記内周面は、前記第1主面に近づくにつれて、前記ビアの開口断面積が小さくなる第2テーパ面を有する、(6)に記載のインダクタを含む。

【0020】

このインダクタでは、ビアに導電部材を設けるときには、アンカー効果に基づき、導電部材がビアから脱落することを抑制できる。

【0021】

本発明(8)は、前記配線は、導線と、前記導線の周面に配置される絶縁膜とを備え、前記絶縁膜は、前記ビアにおいて、前記内周面の前記他端縁から内側に突出する突出端部を有し、前記突出端部の厚み方向一方面と前記内周面とに配置される加工安定層をさらに備え、前記突出端部と前記加工安定層とは、前記導線の厚み方向一方面を露出している、(1)~(4)のいずれか一項に記載のインダクタを含む。

【0022】

このインダクタでは、加工安定層は、突出端部の厚み方向一方面と内周面とに配置されているので、それらに対する加工時の安定性を向上できる。一方、突出端部と加工安定層とは、導線の厚み方向一方面を露出しているので、導線を外部機器と確実に接続できる。

【0023】

本発明(9)は、前記加工安定層は、さらに、第1主面に配置されている、(6)~(8)のいずれか一項に記載のインダクタを含む。

【0024】

このインダクタでは、加工安定層が第1主面に配置されているので、第1主面の加工安定性を向上できる。

【0025】

本発明(10)は、前記磁性粒子が、軟磁性粒子である、(1)~(9)のいずれか一項に記載のインダクタを含む。

【0026】

磁性粒子が軟磁性粒子であれば、インダクタは、インダクタンスに優れる。

【0027】

本発明(11)は、前記ビアは、厚み方向に直交する面方向における最長長さD1と最短長さD2とを有し、前記最短長さD2に対する前記最長長さD1の比(D1/D2)が、10以下である、(1)~(10)のいずれか一項に記載のインダクタを含む。

【0028】

このインダクタでは、最短長さD2に対する最長長さD1の比(D1/D2)が10以下と小さいため、ビアに導電部材を安定して形成できる。

【発明の効果】

【0029】

本発明のインダクタは、溶融固化物が少ない。そのため、ビアに導電部材を安定して形成できる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

10

20

30

40

50

【図 1】図 1 は、本発明のインダクタの第 1 実施形態の平面図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示すインダクタの第 2 方向に沿う断面図である。

【図 3】図 3 は、図 2 に対応する実施例 1 のインダクタの第 2 方向に沿う SEM 写真の画像処理図である。

【図 4】図 4 は、図 1 に示すインダクタの第 1 方向に沿う断面図である。

【図 5】図 5 は、比較例 1 のインダクタの第 1 方向に沿う SEM 写真の画像処理図である。

【図 6】図 6 A ~ 図 6 E は、図 2 に示すインダクタの製造工程図および使用図である。図 6 A が、磁性積層体を準備する工程である。図 6 B が、レジストを形成する工程である。図 6 C が、ビアを形成する工程である。図 6 D が、レジストを除去する工程である。図 6 E が、導電部材をビアに形成する使用図である。

10

【図 7】図 7 は、図 2 に示すインダクタの変形例である。

【図 8】図 8 は、図 1 に示すインダクタの変形例である。

【図 9】図 9 は、図 2 に示すインダクタの変形例である。

【図 10】図 10 は、図 2 に示すインダクタの変形例である。

【図 11】図 11 A ~ 図 11 B は、第 1 実施形態の変形例である。図 11 A は、第 2 テーパー面を有するビアを備えるインダクタを示す。図 11 B は、さらに、加工安定層と第 2 加工安定層とを備えるインダクタを示す。

【図 12】図 12 は、本発明のインダクタの第 1 実施形態の断面図である。

【図 13】図 13 は、本発明のインダクタの第 2 実施形態の断面図である。

【図 14】図 14 は、本発明のインダクタの第 3 実施形態の断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0031】

本発明のインダクタの第 1 実施形態を、図 1 ~ 図 4 を参照して説明する。

【0032】

インダクタ 1 は、所定厚みを有し、略平板形状を有する。インダクタ 1 は、厚み方向に直交する第 1 方向に長い。インダクタ 1 は、平面視矩形形状を有する。図 2 ~ 図 4 に示すように、インダクタ 1 は、一方面 11 と、他方面 12 とを備える。一方面 11 は、他方面 12 に対して、厚み方向一方側に間隔を隔てて対向配置される。インダクタ 1 は、配線 2 と、磁性層 3 とを備える。

【0033】

30

図 1 に示すように、配線 2 は、第 1 方向に沿って延びる。配線 2 の形状、寸法、構成、材料、処方（充填率、含有割合など）などは、例えば、特開 2019 - 220618 号公報などに記載される。図 2 ~ 図 3 に示すように、配線 2 は、厚み方向および第 2 方向に沿う断面において、略円形状を有する。第 2 方向は、厚み方向および第 1 方向に直交する。配線 2 は、上記した断面において、外周面 14 を含む。配線 2 は、好ましくは、導体からなる導線 4 と、導線 4 の周面を被覆する絶縁膜 5 とを含む。

【0034】

磁性層 3 は、平面視において、インダクタ 1 と同一の外形形状を有する。磁性層 3 は、第 1 方向に延びるシート形状を有する。また、磁性層 3 は、断面視において、配線 2 を埋設する。磁性層 3 の材料は、バインダと、磁性粒子とを含む磁性組成物である。磁性粒子は、インダクタ 1 のインダクタンスを高める観点から、好ましくは、軟磁性粒子である。磁性組成物および磁性層 3 の形成方法は、例えば、特開 2019 - 165221 号公報、2019 - 165222 号公報などに詳説される。磁性層 3 は、第 1 主面の一例としての第 1 主面 6 と、第 2 主面の一例としての第 2 主面 7 と、外側面 8 とを有する。

40

【0035】

図 2 ~ 図 4 に示すように、第 1 主面 6 は、磁性層 3 における厚み方向一方側を形成する。第 1 主面 6 は、インダクタ 1 の一方面 11 でもある。第 1 主面 6 は、配線 2 に対して厚み方向一方側に間隔を隔てて配置される。図 2 ~ 図 3 に示すように、第 1 主面 6 は、配線 2 に対応する湾曲面を含む。

【0036】

50

第2主面7は、磁性層3における厚み方向他方面を形成する。第2主面7は、インダクタ1の他方面12でもある。第2主面7は、第1主面6の厚み方向他方側に間隔が隔てられる。第2主面7は、配線2に対して第1主面6の反対側に配置される。第2主面7は、配線2に対応する湾曲面を含む。

【0037】

図1～図2に示すように、外側面8は、磁性層3において、第2方向に間隔を隔てて対向する2つの側面である。外側面8は、第1主面6の第2方向両端縁のそれぞれと、第2主面7の両端縁のそれぞれとを連結する。

【0038】

そして、図1～図3に示すように、磁性層3は、ビア10を有する。ビア10は、磁性層3において、配線2の第1方向両端部に対応して、設けられる。2つのビア10のそれぞれは、平面視略円形状を有する。ビア10は、インダクタ1の一方面11から配線2に向かって貫通する。ビア10は、絶縁膜5の厚み方向一方面34を露出する。厚み方向一方面34は、配線2の外周面14のうち、中心より厚み方向一方側に位置する部分である。ビア10は、内周面9と、底面17とを有する。

10

【0039】

内周面9は、磁性層3において、ビア10の内部に臨む。内周面9は、図1に示すように、平面視（厚み方向から見たときと同義、以下同様。）において、無端形状である。具体的には、内周面9は、平面視略円環形状を有する。図2～図3に示すように、内周面9は、一方面11に近づくにつれて、ビア10の開口断面積が大きくなるテーパ面27を有する。具体的には、内周面9は、テーパ面27からなる。内周面9は、段差13を有する。段差13の数は、1つのビア10につき、例えば、1である。

20

【0040】

底面17は、ビア10に臨む。底面17は、配線2の外周面14の一部である。また、底面17は、配線2の厚み方向一方面34でもある。底面17は、内周面9の厚み方向他方側の端縁（後述する第2端縁E2）に連続する。図1に示すように、底面17は、平面視略円形状を有する。また、底面17は、図2～図3に示すように、第2方向に沿う断面で、略円弧形状を有する。また、底面17は、図4に示すように、第1方向に沿う断面で、平坦形状である。底面17の最大高さ粗さRzは、例えば、10μm以下、好ましくは、1μm以下、より好ましくは、0.1μm以下であり、また、例えば、0.000001μm以上である。一方、被覆部18の最大高さ粗さRzは、例えば、10μm以下、好ましくは、1μm以下、より好ましくは、0.1μm以下であり、また、例えば、0.000001μm以上である。最大高さ粗さRzは、例えば、レーザー顕微鏡などで測定される。被覆部18は、厚み方向一方面34のうち、磁性層3に被覆される部分である。被覆部18の最大高さ粗さRzに対する、底面17の十点表面粗さRzの比は、例えば、2未満、好ましくは、1.5以下、より好ましくは、1.1以下であり、また、例えば、1以上である。比が上記した上限を下回れば、ビア10の底面17が被覆部18に対して過度に粗くなることが抑制される。そのため、導電部材19をビア10により一層確実に形成できる。

30

【0041】

磁性層3は、単層または複層であってもよい。磁性層3が複層である場合には、例えば、配線2を埋設する第1層15と、2つの第2層16とを備える。2つの第2層16のそれぞれは、第1層15の厚み方向一方面および他方面のそれぞれに配置される。第2層16における磁性粒子の種類および/または割合は、第1層15のそれらと異なる。

40

【0042】

そして、このインダクタ1では、熔融固化物Mの百分率は、10%以下である。

【0043】

熔融固化物Mの百分率は、以下の方法によって求められる。

【0044】

まず、図2～図4に示すように、ビア10を横断する断面において、内周面9の厚み方

50

向一方側の第1端縁E1を基準として第1主面6が延びる方向の一方側と他方側とにそれぞれ50 μm離れて位置する第1点P1と第2点P2と、内周面9の厚み方向他方側の第2端縁E2を基準として延びる方向の一方側と他方側とにそれぞれ50 μm離れて位置する第3点P3と第4点P4とを定める。

【0045】

ビア10を横断する断面は、図2および図3に示すように、第2方向に沿う断面であっても、図4に示すように、第1方向に沿う断面であってもよい。

【0046】

第1端縁E1は、内周面9と第1主面6とによって形成される角である。第2方向に沿う断面において、第1主面6が延びる方向は、図2および図3に示すように、第1主面6が湾曲面であれば、第1端縁E1における接線方向である。一方、第1方向に沿う断面において、第1主面6が延びる方向は、図4に示すように、第1主面6が平坦面であれば、第1主面6に沿う方向であり、つまり、第1方向である。

10

【0047】

第2端縁E2は、内周面9と、配線2の外周面14とによって形成される角である。第2端縁E2を基準として第3点P3と第4点P4とを定めるときの基準となる方向は、第1点P1と第2点P2とを定めるときの基準となる方向と同一である。そのため、第1点P1および第2点P2を結ぶ第1線分L1と、第3点P3および第4点P4を結ぶ第2線分L2とは、平行する。これにより、第1点P1と、第2点P2と、第3点P3と、第4点P4とを頂点となる四角形を形成する。四角形は、2辺(第1線分L1と第2線分L2と)が平行する四辺形であって、平行四辺形である。

20

【0048】

続いて、四角形の面積S0を取得する。

【0049】

続いて、四角形の内部に位置する溶融固化物Mの面積S1を取得する。溶融固化物Mは、後述する製造方法でビア10を形成するときに、図5に示すように、磁性粒子が溶融して凝集し、固化した固形物である。例えば、溶融固化物Mは、以下の通り定義することもできる。断面SEM画像観察によって、溶融していない磁性粒子10個について、外周を求め、平均値を算出する。また、断面SEM画像観察によって、溶融していない磁性粒子10個について、面積を求め、平均値を算出する。上記した磁性粒子の外周の平均値および面積の平均値よりそれぞれ大きい外周および面積を有する物が、溶融固化物である。

30

【0050】

その後、四角形の面積S0に対する溶融固化物の面積S1の百分率( $S1/S0 \times 100$ )を求める。

【0051】

図5に示すように、溶融固化物Mの百分率が10%超過であれば、溶融固化物Mによって、後述する導電部材19をビア10の内部に安定して形成できない。

【0052】

溶融固化物Mの百分率の上限は、好ましくは、7.5%、より好ましくは、5%、さらに好ましくは、2.5%、とりわけ好ましくは、1%、さらには、0.1%、さらには、0.01%が好適であり、最も好ましくは、溶融固化物Mの百分率が、0%である。

40

【0053】

インダクタ1の製造方法を、図6A~図6Dを参照して説明する。

【0054】

インダクタ1の製造方法は、第1工程と、第2工程とを備える。

【0055】

図6Aに示すように、第1工程では、磁性積層体20を作製する。磁性積層体20は、まだビア10が形成されていないインダクタ1である。磁性積層体20は、配線2と、磁性層3とを備える。磁性積層体20の作製方法は、例えば、特開2019-165221号公報、2019-165222号公報などに詳説される。

50

## 【 0 0 5 6 】

図 6 B ~ 図 6 C に示すように、第 2 工程では、ビア 1 0 を磁性層 3 に形成する。ビア 1 0 の形成方法としては、例えば、ブラスト法が挙げられる。ブラスト法は、第 3 工程と、第 4 工程と、第 5 工程とを備える。

## 【 0 0 5 7 】

図 6 B に示すように、第 3 工程では、レジスト 2 1 を第 1 主面 6 に配置する。レジスト 2 1 は、ビア 1 0 に対応する開口部 2 2 を有する。開口部 2 2 は、レジスト 2 1 を厚み方向に貫通する。レジスト 2 1 は、次に説明する砥粒子との衝突によって損傷しにくい材料からなる。レジスト 2 1 の材料は、特に限定されない。レジスト 2 1 は、市販品を用いることができ、例えば、市販の「サンドブラスト用ドライフィルムレジスト」を用いることもできる。

10

## 【 0 0 5 8 】

図 6 C に示すように、第 4 工程では、砥粒子を開口部 2 2 から露出する第 1 主面 6 に向けて噴射する。砥粒子の噴射では、砥粒子噴射装置（図示せず）が用いられる。

## 【 0 0 5 9 】

砥粒子噴射装置は、図示しないが、例えば、導入部と、拡張部と、整流部と、集合部と、噴射ノズルとを、砥粒子の流れ方向に向かって順に備える。導入部は、砥粒子タンクおよびガスタンクに接続されている。拡張部は、砥粒子を内部で拡散させる。整流部は、砥粒子の流れを整える。集合部は、砥粒子をまとめながら、流動圧を上昇させる。噴射ノズルは、複数のノズルを備える。複数のノズルのそれぞれは、略円形状の孔である。噴射ノズルは、砥粒子を均等な状態で、複数のノズルから砥粒子を噴射する。砥粒子噴射装置の構成および使用条件等は、例えば、特開 2 0 1 5 - 1 9 9 1 3 1 号公報に記載される。砥粒子噴射装置は、市販品を用いることができる。

20

## 【 0 0 6 0 】

具体的には、砥粒子の材料としては、例えば、アルミナ、ガラスビーズ、炭化ケイ素、窒化ケイ素、ジルコニア、ステンレスなどが挙げられる。ノズル径は、例えば、0 . 1  $\mu\text{m}$  以上、好ましくは、0 . 5  $\mu\text{m}$  以上であり、また、例えば、1 0 0 0 0  $\mu\text{m}$  以下、好ましくは、5 0 0 0  $\mu\text{m}$  以下である。砥粒子のメジアン径は、例えば、0 . 1  $\mu\text{m}$  以上、好ましくは、0 . 5  $\mu\text{m}$  以上であり、また、例えば、1 0 0 0  $\mu\text{m}$  以下、好ましくは、1 0 0 0  $\mu\text{m}$  以下である。砥粒子の噴射圧力は、例えば、0 . 0 1 MP a 以上、好ましくは、0 . 0 5 MP a 以上であり、また、例えば、1 0 MP a 以下、好ましくは、5 MP a 以下である。

30

## 【 0 0 6 1 】

第 4 工程では、開口部 2 2 から露出する第 1 主面 6 が研削され、そして、ビア 1 0 が磁性層 3 に形成される。

## 【 0 0 6 2 】

図 6 D に示すように、第 5 工程では、レジスト 2 1 を除去する。具体的には、レジスト 2 1 を第 1 主面 6 から剥離する。

## 【 0 0 6 3 】

これによって、図 2 ~ 図 4 に示すように、配線 2 と、磁性層 3 と、ビア 1 0 とを備えるインダクタ 1 が得られる。

40

## 【 0 0 6 4 】

その後、図 6 E に示すように、導電部材 1 9 を、例えば、めっき、具体的には、電解めっきなどによって、ビア 1 0 内に形成する。なお、導電部材 1 9 を形成する前に、ビア 1 0 における絶縁膜 5 を公知方法によって剥離する。絶縁膜 5 は、種々の方法で剥離でき、例えば、レーザー加工またはブラスト法で剥離できる。さらに、電解めっきの前に、シード層（図示せず）を形成する。また、導電部材 1 9 は、ビア 1 0 の底面 1 7 から析出する。また、導電部材 1 9 は、内周面 9 に沿って厚み方向に一方側に析出する。さらに、導電部材 1 9 は、ビア 1 0 の周囲の一方面 1 1 にも形成される。導電部材 1 9 の材料としては、例えば、銅などの導体が挙げられる。

50

## 【 0 0 6 5 】

[ 第 1 実施形態の作用効果 ]

## 【 0 0 6 6 】

このインダクタ 1 では、溶融固化物の百分率が、10%以下と低いので、溶融固化物が少ない。そのため、図 6 E に示すように、導電部材 19 を安定して形成できる。

## 【 0 0 6 7 】

また、このインダクタ 1 では、内周面 9 は、第 1 主面 6 に近づくにつれて、ビア 10 の開口断面積が大きくなるテーパ面 27 を有するので、ビア 10 に導電部材 19 を充填すれば、導電部材 19 の厚み方向一方向の面積を大きくできる。そのため、外部機器との接続信頼性に優れる。

10

## 【 0 0 6 8 】

図 4 に示すように、第 1 方向に沿う断面で、ビア 10 から露出する配線 2 の厚み方向一方向 34 は、平坦形状であるので、導電部材 19 を安定して形成できる。

## 【 0 0 6 9 】

図 2 ~ 図 4 に示し、導電部材 19 を形成していないインダクタ 1 では、加工安定層 24 は、突出端部 35 の厚み方向一方向と内周面 9 とに配置されているので、それらに対する加工時の安定性を向上できる。一方、突出端部 35 は、導線 4 を被覆するので、導線 4 の劣化および損傷を抑制できる。

## 【 0 0 7 0 】

また、磁性粒子が軟磁性粒子であれば、インダクタ 1 は、インダクタンスに優れる。

20

## 【 0 0 7 1 】

[ 第 1 実施形態の変形例 ]

## 【 0 0 7 2 】

内周面 9 における段差 13 の数は、0 または複数であってもよい。段差 13 の数は、好ましくは、1 以下であり、より好ましくは、0 である。段差 13 の数が 1 以下であれば、導電部材 19 をより確実に安定して形成できる。図 7 には、段差 13 が無い内周面 9 を描画する。

## 【 0 0 7 3 】

ビア 10 の形状は、平面視略円形状に限定されない。図 8 に示すように、例えば、ビア 10 は、平面視略矩形形状を有する。この変形例では、ビア 10 は、平面視において、第 1 方向に長い。ビア 10 は、平面視において、最長長さ  $D_1$  と、最短長さ  $D_2$  とを有する。この変形例では、最長長さ  $D_1$  は、ビア 10 の矩形形状において、対向する 2 つの頂点間の距離である。最短長さ  $D_2$  は、ビア 10 の第 2 方向長さである。最短長さ  $D_2$  に対する最長長さ  $D_1$  の比 ( $D_1 / D_2$ ) の上限は、例えば、10、好ましくは、5、より好ましくは、3、さらに好ましくは、2 である。比の下限は、例えば、1.1、好ましくは、1.2 である。なお、図 1 に示すビア 10 の円形状では、最長長さ  $D_1$  と最短長さ  $D_2$  とが、同一である。比 ( $D_1 / D_2$ ) が 10 以下と小さければ、ビア 10 に導電部材 19 を安定して形成できる。

30

## 【 0 0 7 4 】

配線 2 の数は、複数でもよい。図 9 に示すように、配線 2 は、第 2 方向に間隔を隔てて対向配置される。複数 (例えば、2 つ) の配線 2 は、平面視で、平行する。ビア 10 は、配線 2 の数に対応して設けられる。

40

## 【 0 0 7 5 】

配線 2 の形状は、限定されない。図 10 に示すように、配線 2 の形状は、断面略矩形形状であってもよい。

## 【 0 0 7 6 】

配線 2 の厚み方向他方面は、絶縁層 23 に接触する。絶縁層 23 は、第 2 方向に延びる。絶縁層 23 の材料としては、例えば、ポリイミドなどの、絶縁性の樹脂が挙げられる。

## 【 0 0 7 7 】

第 1 実施形態では、インダクタ 1 の製造方法では、プラスト法を用いたが、これに限定

50

されない。好ましくは、ブラスト法が用いられる。ブラスト法であれば、溶融固化物Mの生成を可及的に低減できる。

【0078】

別の変形例では、図11Aに示すように、内周面9は、テーパ面27と、第2テーパ面28とを有する。

【0079】

テーパ面27は、一方面11に近づくにつれて、ビア10の開口断面積が大きくなる。テーパ面27は、第2端縁E2から厚み方向一方側に向かう。

【0080】

一方、第2テーパ面28は、一方面11に近づくにつれて、ビア10の開口断面積が小さくなる。第2テーパ面28は、第1端縁E1からテーパ面27の厚み方向一端縁に至る。この内周面9では、テーパ面27と、第2テーパ面28とが、厚み方一方側に向かって順に配置される。

10

【0081】

第2方向において、2つの第2テーパ面28における厚み方向一端縁間の距離は、2つの第1端縁E1間の距離である。第2方向において、2つの第1端縁E1間の距離に対する、2つの第2テーパ面28における厚み方向他端縁E3間の距離の比は、例えば、1.1以上、好ましくは、1.2以上、より好ましくは、1.5以下であり、また、例えば、3以下である。

【0082】

第2方向において、2つの第2テーパ面28における厚み方向他端縁間の距離は、2つのE2間の距離である。第2方向において、2つの第2端縁E2間の距離に対する、2つの第2テーパ面28における厚み方向他端縁E3間の距離の比は、例えば、1.1以上、好ましくは、1.2以上、より好ましくは、1.5以下であり、また、例えば、3以下である。

20

【0083】

このビア10を作製するには、例えば、図6Bに示すレジスト21の開口部22を狭くする。具体的には、開口部22の直径が、例えば、300 $\mu$ m以下、好ましくは、200 $\mu$ m以下である。

【0084】

すると、第4工程において、砥粒子は、狭い開口部22を通過して、磁性層3の第1主面6に衝突して、磁性層3を研削するが、砥粒子は、磁性層3において開口部22の周縁の厚み方向他方側において滞留し易い。この砥粒子は、噴射方向上流側に逆流する。このとき、砥粒子は、略円弧形状の軌道で、内周面9を形成する。そのため、砥粒子は、第2テーパ面28とテーパ面27とを有する内周面9を形成する。

30

【0085】

図11Bに示すように、導電部材19をビア10に設ければ、導電部材19は、テーパ面27と第2テーパ面28とに接触する。

【0086】

図11Bに示すように、このインダクタ1では、導電部材19をビア10に設けるときには、アンカー効果に基づき、導電部材19がビア10から脱落することを抑制できる。

40

【0087】

図12に示すように、内周面9は、テーパ面27を備えず、第2テーパ面28のみを備えることもできる。

【0088】

図示しないが、ビア10を、一方面11と他方面12との両方に設けることもできる。

【0089】

図示しないが、ビア10を、磁性層3において、配線2の第1方向一端部のみに設けることもできる。

【0090】

50

## 〔第2実施形態〕

## 【0091】

第2実施形態において、上記した第1実施形態と同様の部材および工程については、同一の参照符号を付し、その詳細な説明を省略する。また、第2実施形態は、特記する以外、第1実施形態と同様の作用効果を奏することができる。さらに、第1実施形態および第2実施形態を適宜組み合わせることができる。

## 【0092】

図13に示すように、このインダクタ1は、さらに、加工安定層24と第2加工安定層25とを備える。

## 【0093】

加工安定層24は、ビア10に充填されている。また、加工安定層24は、第1主面6にも配置されている。加工安定層24は、磁性層3の第1主面6に対する表面加工性と、ビア10の内周面9およびビア10に対する表面加工性とを向上させる。さらに、加工安定層24は、後述する貫通孔30に導電部材19を配置したとき（図14および第3実施形態参照）に、導電部材19と磁性層3との絶縁性を確保できる絶縁層でもある。

## 【0094】

加工安定層24は、熱硬化性樹脂組成物の硬化物を含む。つまり、加工安定層24の材料は、熱硬化性樹脂組成物を含む。熱硬化性樹脂組成物は、熱硬化性樹脂を必須成分として含む。

## 【0095】

熱硬化性樹脂は、主剤、硬化剤および硬化促進剤を含む。

## 【0096】

主剤としては、例えば、エポキシ樹脂、シリコン樹脂などが挙げられ、好ましくは、エポキシ樹脂が挙げられる。エポキシ樹脂としては、例えば、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ビスフェノールS型エポキシ樹脂、変性ビスフェノールA型エポキシ樹脂、変性ビスフェノールF型エポキシ樹脂、変性ビスフェノールS型エポキシ樹脂、ビフェニル型エポキシ樹脂などの2官能エポキシ樹脂、例えば、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、トリスヒドロキシフェニルメタン型エポキシ樹脂、テトラフェニロールエタン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂などの3官能以上の多官能エポキシ樹脂などが挙げられる。これらエポキシ樹脂は、単独で使用または2種以上を併用することができる。好ましくは、2官能エポキシ樹脂が挙げられ、より好ましくは、ビスフェノールA型エポキシ樹脂が挙げられる。

## 【0097】

エポキシ樹脂のエポキシ当量の下限は、例えば、 $10 \text{ g/eq}$  であり、また、上限は、例えば、 $1,000 \text{ g/eq}$  である。

## 【0098】

硬化剤としては、主剤がエポキシ樹脂であれば、フェノール樹脂、イソシアネート樹脂などが挙げられる。フェノール樹脂としては、例えば、フェノールノボラック樹脂、クレゾールノボラック樹脂、フェノールアラルキル樹脂、フェノールビフェニレン樹脂、ジシクロペンタジエン型フェノール樹脂、レゾール樹脂などの多官能フェノール樹脂が挙げられる。これらは、単独で使用または2種以上を併用することができる。フェノール樹脂として、好ましくは、フェノールノボラック樹脂、フェノールビフェニレン樹脂が挙げられる。主剤がエポキシ樹脂であり、硬化剤がフェノール樹脂であれば、エポキシ樹脂中のエポキシ基1当量に対して、フェノール樹脂中の水酸基の合計の下限が、例えば、0.7当量、好ましくは、0.9当量、また、上限が、例えば、1.5当量、好ましくは、1.2当量である。具体的には、硬化剤の質量部数の下限は、主剤100質量部に対して、例えば、1質量部であり、また、例えば、50質量部である。

## 【0099】

硬化促進剤としては、主剤の硬化を促進する触媒（熱硬化触媒）（好ましくは、エポキ

10

20

30

40

50

シ樹脂硬化促進剤)であって、例えば、有機リン系化合物、例えば、2-フェニル-4-メチル-5-ヒドロキシメチルイミダゾール(2P4MHZ)などのイミダゾール化合物などが挙げられる。硬化促進剤の質量部数の下限は、主剤100質量部に対して、例えば、0.05質量部であり、また、上限が、例えば、5質量部である。

【0100】

さらに、熱硬化性樹脂組成物は、例えば、粒子を任意成分として含むことができる。粒子は、熱硬化性樹脂に分散されている。粒子は、例えば、第1粒子、および、第2粒子からなる群から選択される少なくとも1種類である。

【0101】

第1粒子は、例えば、略球形状を有する。第1粒子のメジアン径の下限は、例えば、1  $\mu\text{m}$ 、好ましくは、5  $\mu\text{m}$ であり、また、第1粒子のメジアン径の上限は、例えば、250  $\mu\text{m}$ 、好ましくは、200  $\mu\text{m}$ である。第1粒子のメジアン径は、レーザー回折式粒度分布測定装置で求められる。また、第1粒子のメジアン径は、例えば、断面観察による二値化処理によって、求めることもできる。

10

【0102】

第1粒子の材料は、特に限定されない。第1粒子の材料としては、例えば、金属類、無機化合物、有機化合物などが挙げられ、熱膨張係数を上げるために、好ましくは、金属類、無機化合物が挙げられる。

【0103】

金属類は、加工安定層24をインダクタンス向上層として機能させる場合に熱硬化性樹脂組成物に含まれる。金属類としては、磁性層3で例示した磁性体が挙げられ、好ましくは、第1金属元素として鉄を含む有機鉄化合物、より好ましくは、カルボニル鉄が挙げられる。

20

【0104】

無機化合物は、加工安定層24を熱膨張係数抑制層として機能させる場合に熱硬化性樹脂組成物に含まれる。無機化合物としては、例えば、無機フィラーが挙げられ、具体的には、シリカ、アルミナなどが挙げられ、好ましくは、シリカが挙げられる。

【0105】

具体的には、第1粒子として、好ましくは、球形状シリカが挙げられ、また、好ましくは、球形状カルボニル鉄が挙げられる。

30

【0106】

第2粒子は、例えば、略扁平形状を有する。略扁平形状は、略板形状を含む。

【0107】

第2粒子の扁平率(扁平度)の下限は、例えば、8、好ましくは、15であり、また、上限は、例えば、500、好ましくは、450である。第2粒子の扁平率は、上記した磁性層3における磁性粒子の扁平率と同じ算出方法で求められる。

【0108】

第2粒子のメジアン径の下限は、例えば、1  $\mu\text{m}$ 、好ましくは、5  $\mu\text{m}$ であり、また、第2粒子のメジアン径の上限は、例えば、250  $\mu\text{m}$ 、好ましくは、200  $\mu\text{m}$ である。第2粒子のメジアン径は、第1粒子のそれと同様の方法で求められる。

40

【0109】

第2粒子の平均厚みの下限は、例えば、0.1  $\mu\text{m}$ 、好ましくは、0.2  $\mu\text{m}$ であり、また、上限は、例えば、3.0  $\mu\text{m}$ 、好ましくは、2.5  $\mu\text{m}$ である。

【0110】

第2粒子の材料は、例えば、無機化合物である。無機化合物としては、例えば、窒化ホウ素などの熱伝導性化合物などが挙げられる。従って、好ましくは、無機化合物は、加工安定層24を熱伝導性向上層として機能させる場合に熱硬化性樹脂組成物に含まれる。

【0111】

具体的には、第2粒子として、好ましくは、扁平形状の窒化ホウ素が挙げられる。

【0112】

50

第1粒子および第2粒子は、熱硬化性樹脂組成物に、単独種類が含まれ、または、両方が含まれる。

【0113】

熱硬化性樹脂100質量部に対する粒子（第1粒子および/または第2粒子）の質量部数の下限は、例えば、10質量部、好ましくは、50質量部であり、また、上限は、例えば、2,000質量部、好ましくは、1,500質量部である。また、硬化物における粒子の含有割合の下限は、例えば、10質量%、また、上限は、例えば、90質量%である。第1粒子および第2粒子の両方が熱硬化性樹脂組成物に含まれる場合には、第1粒子100質量部に対する第2粒子の質量部数の下限は、例えば、30質量部、また、上限は、例えば、300質量部である。

10

【0114】

なお、粒子は、熱硬化性樹脂組成物における任意成分であることから、熱硬化性樹脂組成物が、粒子を含有しなくてもよい。

【0115】

一方、加工安定層24の材料は、熱可塑性樹脂をさらに含有してもよい。熱硬化性樹脂100質量部に対する熱可塑性樹脂の質量部数の下限は、例えば、1質量部、上限が、例えば、100質量部である。

【0116】

加工安定層24の厚みの下限は、例えば、1 $\mu$ m、好ましくは、10 $\mu$ mであり、また、上限は、例えば、1,000 $\mu$ m、好ましくは、100 $\mu$ mである。インダクタ1の厚みに対する加工安定層24の厚みの比の下限は、例えば、0.001、好ましくは、0.005、より好ましくは、0.01であり、また、上限は、例えば、0.5、好ましくは、0.3、より好ましくは、0.1である。なお、加工安定層24の厚みは、第1主面6と、加工安定層24の厚み方向一方向との間の最短長さである。

20

【0117】

第2加工安定層25は、インダクタ1の他方面12に配置されている。第2加工安定層25は、インダクタ1の他方面12に対する表面加工性を向上させる。第2加工安定層25は、熱硬化性樹脂組成物の硬化物を含んでおり、第2加工安定層25の材料は、加工安定層24で挙げられた熱硬化性樹脂組成物を含む。第2加工安定層25の厚みの下限は、例えば、1 $\mu$ m、好ましくは、10 $\mu$ mであり、また、上限は、例えば、1,000 $\mu$ m、好ましくは、100 $\mu$ mである。インダクタ1の厚みに対する第2加工安定層25の厚みの比の下限は、例えば、0.001、好ましくは、0.005、より好ましくは、0.01であり、また、上限は、例えば、0.5、好ましくは、0.3、より好ましくは、0.1である。なお、第2加工安定層25の厚みは、第2主面7と、第2加工安定層25の厚み方向他方面との間の最短長さである。

30

【0118】

第2実施形態のインダクタ1を得るには、図13の仮想線で示すように、2つの加工安定シート26を準備する。2つの加工安定シート26のそれぞれは、加工安定層24および第2加工安定層25の材料からシート形状に形成されている。加工安定シート26は、好ましくは、Bステージの熱硬化性樹脂組成物を含む。なお、上記した材料を、上記した熱硬化性樹脂組成物に、溶媒をさらに配合して、ワニスとして調製することもできる。さらに、材料には、熱可塑性樹脂をさらに配合することもできる。この方法では、ワニスを図示しない剥離シートの表面に塗布および乾燥させて、加工安定シート26を形成する。

40

【0119】

続いて、2つの加工安定シート26およびインダクタ1を、厚み方向両側からプレスする。その後、それらを加熱して、2つの加工安定シート26をCステージ化する。これによって、磁性層3の第1主面6とビア10の内周面9と絶縁膜5の厚み方向一方向34とに配置される加工安定層24と、磁性層3の第2主面7に配置される第2加工安定層25とが、インダクタ1に備えられる。

【0120】

50

[ 第 2 実施形態の作用効果 ]

【 0 1 2 1 】

第 2 実施形態のインダクタ 1 では、加工安定層 2 4 が、ビア 1 0 に充填されるので、ビア 1 0 に対する次の加工（後述の第 3 実施形態）時の安定性を向上できる。

【 0 1 2 2 】

[ 第 3 実施形態 ]

【 0 1 2 3 】

第 3 実施形態において、上記した第 1 ~ 第 2 実施形態と同様の部材および工程については、同一の参照符号を付し、その詳細な説明を省略する。また、第 3 実施形態は、特記する以外、第 1 ~ 第 2 実施形態と同様の作用効果を奏することができる。さらに、第 1 実施形態 ~ 第 3 実施形態を適宜組み合わせることができる。

10

【 0 1 2 4 】

図 1 4 に示すように、導線 4 の厚み方向一方向 3 4 は、厚み方向一方側に露出する。例えば、導線 4 の厚み方向一方向 3 4 は、加工安定層 2 4 と、絶縁膜 5 の一部とから露出する。

【 0 1 2 5 】

加工安定層 2 4 は、第 1 被覆部 3 1 と、第 2 被覆部 3 2 とを備える。第 1 被覆部 3 1 は、第 1 主面 6 に追従してそれを被覆する。第 1 被覆部 3 1 は、第 1 主面 6 の厚み方向一方面に位置する。第 2 被覆部 3 2 は、ビア 1 0 の内周面 9 に追従してそれを被覆する。第 2 被覆部 3 2 は、第 2 方向（または第 1 方向）に投影したときに、内周面 9 と重複する。また、第 2 被覆部 3 2 は、厚み方向に沿う。第 2 被覆部 3 2 の厚み方向他端面は、絶縁膜 5 の突出端部 3 5 に、厚み方向一方側から接触する。第 2 被覆部 3 2 の厚み方向他端面は、第 2 被覆部 3 2 において第 1 被覆部 3 1 に対する反対側に位置する面である。突出端部 3 5 は、絶縁膜 5 の一部である。突出端部 3 5 は、平面視略円環形状を有する。なお、突出端部 3 5 の円環形状は、図 1 4 において描画されていない。突出端部 3 5 は、その内側において、導線 4 の厚み方向一方向 3 4 の一部を露出する。突出端部 3 5 の内側面と、第 2 被覆部 3 2 の内側面とは、面一である。

20

【 0 1 2 6 】

これによって、絶縁膜 5 の突出端部 3 5 と、加工安定層 2 4 の第 2 被覆部 3 2 とは、導線 4 の厚み方向一方向 3 4 を厚み方向一方側に向かって露出する。

30

【 0 1 2 7 】

ビア 1 0 は、加工安定層 2 4 の第 2 被覆部 3 2 と、絶縁膜 5 の突出端部 3 5 と、導線 4 の厚み方向一方向 3 4 とによって区画される。

【 0 1 2 8 】

ビア 1 0 を形成するには、第 2 実施形態の加工安定層 2 4 を、例えば、穿孔加工する。穿孔加工としては、例えば、レーザー加工などが挙げられる。

【 0 1 2 9 】

[ 第 3 実施形態の作用効果 ]

【 0 1 3 0 】

このインダクタ 1 では、導線 4 の厚み方向一方向 3 4 が、第 2 被覆部 3 2 と突出端部 3 5 とから露出しているため、導電部材 1 9 を一方向 3 4 に設ければ、導線 4 を外部機器と電氣的に接続できる。

40

【 0 1 3 1 】

一方、加工安定層 2 4 が絶縁層であれば、加工安定層 2 4 が、導電部材 1 9 と磁性層 3 との間に介在できるので、それらの絶縁性を向上できる。

【実施例】

【 0 1 3 2 】

以下に実施例および比較例を示し、本発明をさらに具体的に説明する。なお、本発明は、何ら実施例および比較例に限定されない。また、以下の記載において用いられる配合割合（含有割合）、物性値、パラメータなどの具体的な数値は、上記の「発明を実施するため

50

の形態」において記載されている、それらに対応する配合割合（含有割合）、物性値、パラメータなど該記載の上限（「以下」、「未満」として定義されている数値）または下限（「以上」、「超過」として定義されている数値）に代替することができる。

【 0 1 3 3 】

実施例 1

[ 第 1 実施形態に対応する実施例 ]

【 0 1 3 4 】

図 6 A に示すように、まず、磁性積層体 2 0 を作製した。具体的には、半径 1 1 5  $\mu\text{m}$  の複数の配線 2 を、厚み 1 0 0  $\mu\text{m}$  の第 1 磁性シートと、厚み 1 2 5  $\mu\text{m}$  の第 2 磁性シートとからなる磁性層 3 で被覆した。なお、第 1 磁性シートは、球状磁性粉 6 1 . 5 体積%、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（主剤）9 . 6 体積%、フェノール樹脂（硬化剤）9 . 6 体積%、ポリエーテルリン酸エステル（分散剤）0 . 5 体積%、イミダゾール化合物（硬化促進剤）0 . 3 体積%、および、熱可塑性樹脂（カルボキシル基含有アクリル酸エステルコポリマー）1 8 . 5 体積%を含む。また、第 2 磁性シートは、扁平形状の Fe - Si 合金からなる磁性粒子を 5 5 体積%、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（主剤）1 1 . 0 体積%、フェノール樹脂（硬化剤）1 1 . 0 体積%、ポリエーテルリン酸エステル（分散剤）0 . 4 体積%、イミダゾール化合物（硬化促進剤）0 . 4 体積%、および、熱可塑性樹脂（カルボキシル基含有アクリル酸エステルコポリマー）2 1 . 2 体積%を含む。

【 0 1 3 5 】

図 6 B に示すように、レジスト 2 1 を、絶縁膜 5 の第 1 主面 6 に形成した。レジスト 2 1 に、フォトリソ工程を経て、開口部 2 2 を形成する。開口部 2 2 は、平面視円形状であった。開口部 2 2 の直径は、2 5 0  $\mu\text{m}$  であった。

【 0 1 3 6 】

図 6 C に示すように、ブラスト法で、ビア 1 0 を形成した。ビア 1 0 の内周面 9 は、テーパー面 2 7 を有する。

【 0 1 3 7 】

ブラスト法の条件を以下に記載する。

【 0 1 3 8 】

ノズル径：2 mm

砥粒子の材料：アルミナ

砥粒子のメジアン径：1 4  $\mu\text{m}$

噴射速度：0 . 4 M P a

【 0 1 3 9 】

続いて、図 6 D に示すように、レジスト 2 1 を第 1 主面 6 から剥離した。

【 0 1 4 0 】

これによって、インダクタ 1 を製造した。

【 0 1 4 1 】

実施例 2

[ 第 2 実施形態に対応する実施例 ]

図 1 3 に示すように、実施例 1 のインダクタ 1 に、加工安定層 2 4 と第 2 加工安定層 2 5 とを備えた。

【 0 1 4 2 】

具体的には、まず、図 1 3 の仮想線で示すように、2 つの加工安定シート 2 6 を準備した。加工安定シート 2 6 は、球形状のシリカ粒子（第 1 粒子）9 3 5 質量部、ビスフェノール A 型エポキシ樹脂（熱硬化性樹脂の主剤）1 0 0 質量部、フェノール樹脂（硬化剤）1 0 6 質量部、イミダゾール化合物（硬化促進剤）4 質量部、および、および、シクロヘキノン（溶媒）1 0 質量部を含むワニスの塗布および乾燥によって形成される。加工安定シート 2 6 におけるシリカ粒子の含有割合は、5 5 体積%である。加工安定シート 2 6 の厚みは、4 0  $\mu\text{m}$  である。加工安定シート 2 6 は、B ステージである。

## 【 0 1 4 3 】

2つの加工安定シート26およびインダクタ1を厚み方向両側からプレスした。その後、加工安定シート26をCステージ化した。

## 【 0 1 4 4 】

## 実施例3

[ 第3実施形態に対応する実施例 ]

図14に示すように、実施例2の加工安定層24にビア10を形成した。

## 【 0 1 4 5 】

具体的には、レーザー装置を用いて、加工安定層24にビア10を形成した。

## 【 0 1 4 6 】

その後、図6Eに示すように、ビア10に無電解銅めっきによりシード層(図示せず)を形成した後、導電部材19を電解銅めっきにより形成した。導電部材19は、円滑に形成できた。

## 【 0 1 4 7 】

## 実施例4

開口部22の直径を100 $\mu\text{m}$ に変更した以外は、実施例1と同様に処理した。図11Aに示すように、内周面9は、テーパ面27と、第2テーパ面28とを有していた。

## 【 0 1 4 8 】

なお、第2方向において、2つの第1端縁E1間の距離が105 $\mu\text{m}$ 、2つの第2端縁E2間の距離が85 $\mu\text{m}$ 、2つの第2テーパ面28における厚み方向他端縁E3間の距離が122 $\mu\text{m}$ であった。

## 【 0 1 4 9 】

## 比較例1

プラスト法に代え、レーザー加工に変更した以外は、実施例1と同様に処理した。導線4は、レーザー加工によって、露出した。さらに、導電部材19を電解銅めっきにより形成しようと試みた。しかし、導電部材19の形成に不良が生じた。

## 【 0 1 5 0 】

## 評価

SEM観察、溶融固化物Mの割合および導電部材の形成

## 【 0 1 5 1 】

各実施例～比較例の断面SEM観察を実施した。実施例1の第2方向に沿うSEMの画像処理図を図3に示す。比較例1の第1方向に沿うSEMの画像処理図を図5に示す。

## 【 0 1 5 2 】

併せて、溶融固化物Mの百分率を求めた。その結果を表1に示す。

## 【 0 1 5 3 】

また、断面SEM画像から、ビア10の底面17と内周面17における導電部材19を観察し、以下の基準で、導電部材19の形成を評価した。

## 【 0 1 5 4 】

[ 良好 ] 導電部材19が溶融固化物Mを介して形成されていなかった。

[ 不良 ] 導電部材19が溶融固化物Mを介して形成されていた。

## 【 0 1 5 5 】

10

20

30

40

50

【表 1】

表 1

実施例・比較例	導線の状態	導電部材の形成	溶融固化物Mの割合(%)
実施例 1	絶縁膜により被覆	—	0
実施例 2	絶縁膜により被覆	—	0
実施例 3	露出	良好	0
実施例 4	絶縁膜により被覆	—	0
比較例 1	露出	不良	28

【符号の説明】

【 0 1 5 6 】

- 1 インダクタ
- 2 配線
- 3 磁性層
- 4 導線
- 4 配線
- 5 絶縁膜
- 6 第 1 主面

10

20

30

40

50

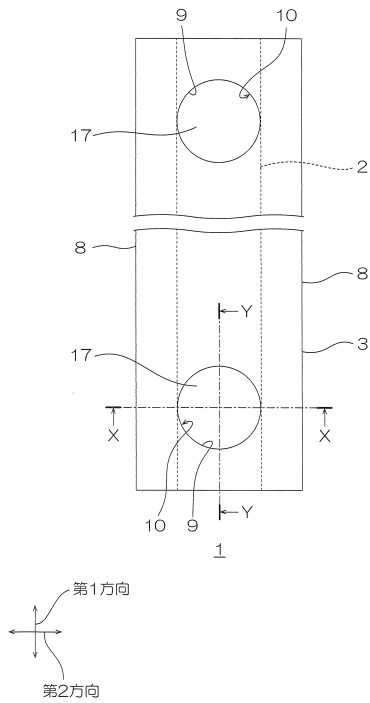
- 7 第2主面
- 9 内周面
- 10 ピア
- 11 一方面
- 13 段差
- 24 加工安定層
- 27 テーパー面
- 28 第2テーパ面
- 34 方向一方面
- 34 一方面
- 35 突出端部
- M 熔融固化物
- P1 第1点
- P2 第2点
- P3 第3点
- P4 第4点
- E1 第1端縁
- E2 第2端縁

10

【図面】

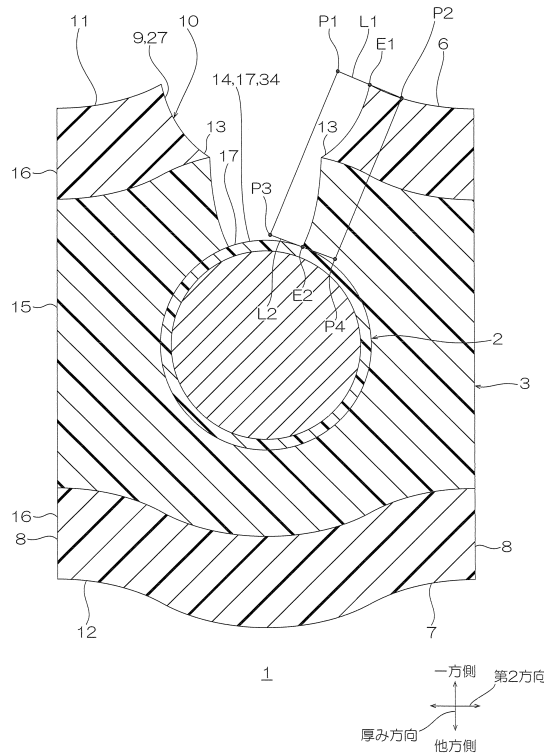
【図1】

図1



【図2】

図2

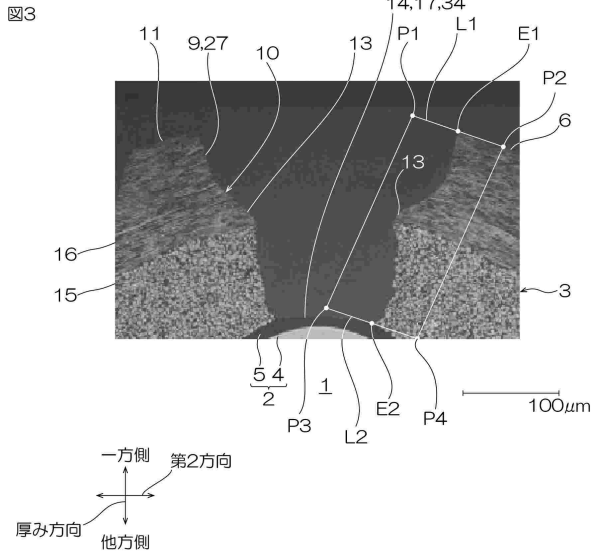


20

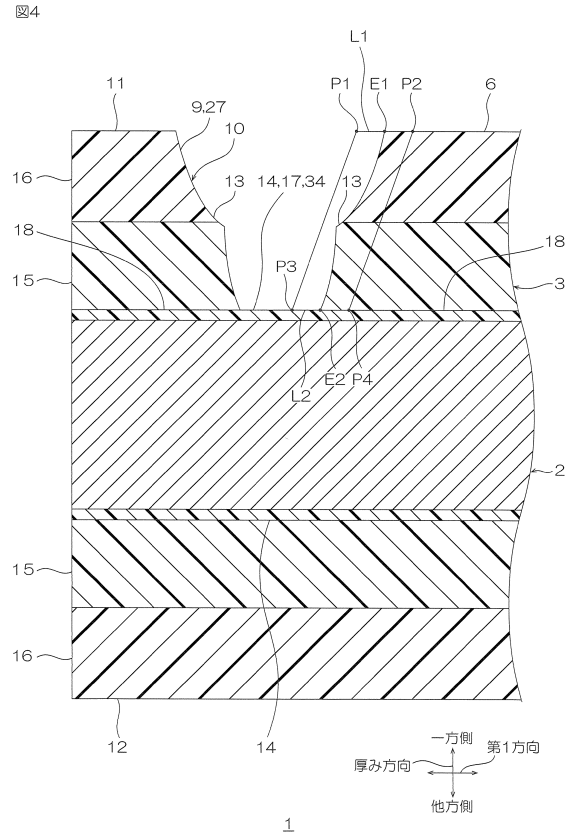
30

40

【 図 3 】



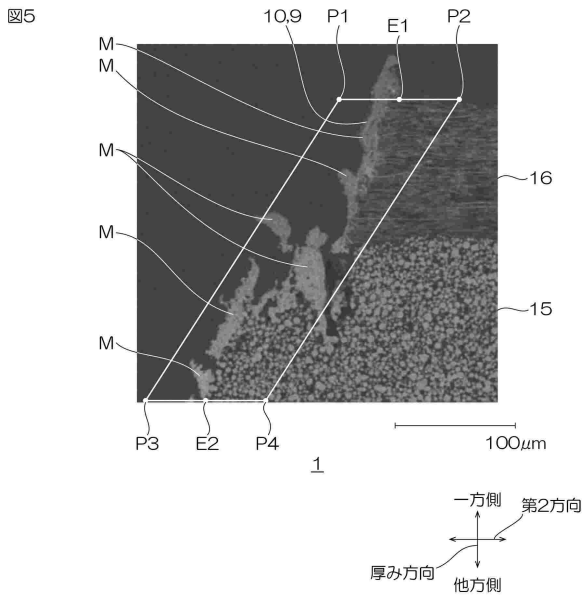
【 図 4 】



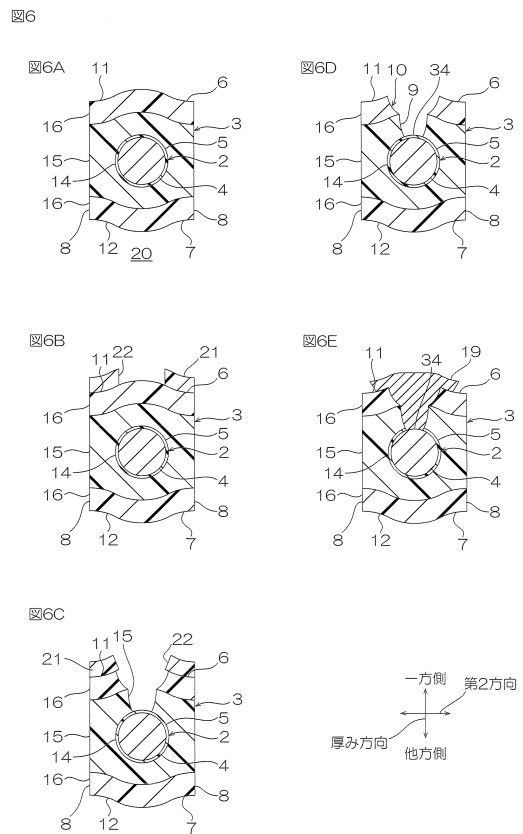
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】



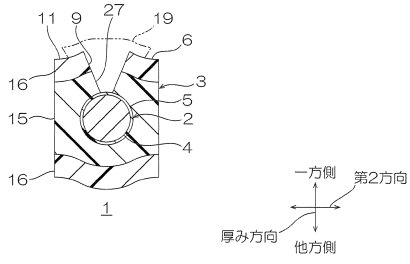
30

40

50

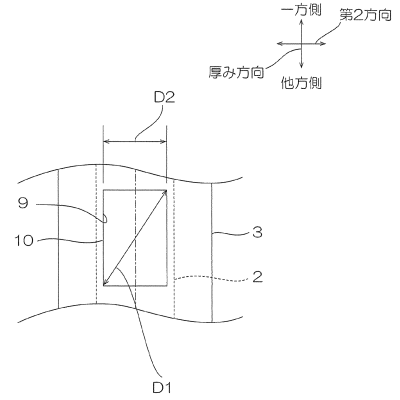
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

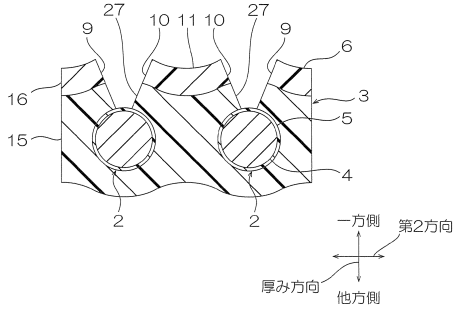
図8



10

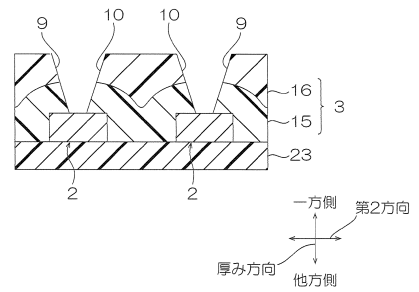
【 図 9 】

図9



【 図 10 】

図10



20

30

40

50

【図11】

図11

図11A

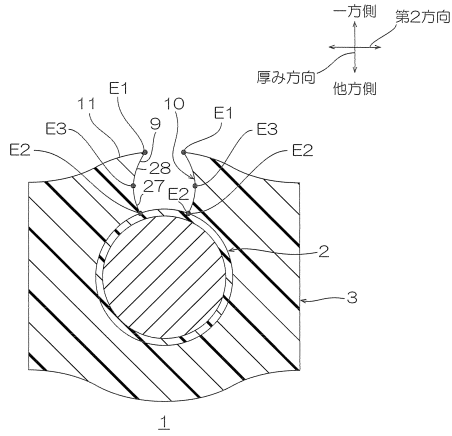
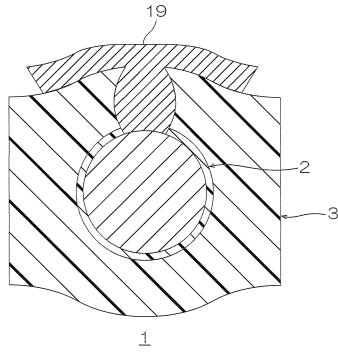
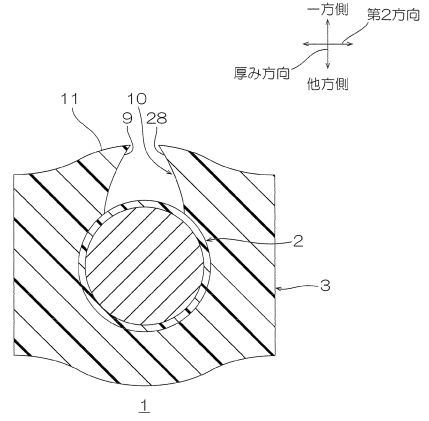


図11B



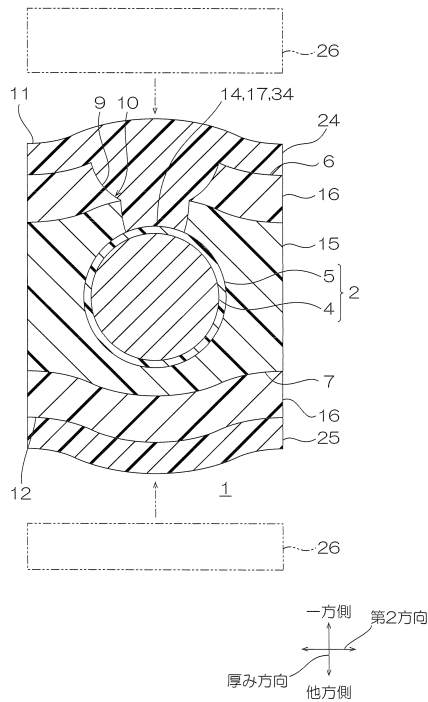
【図12】

図12



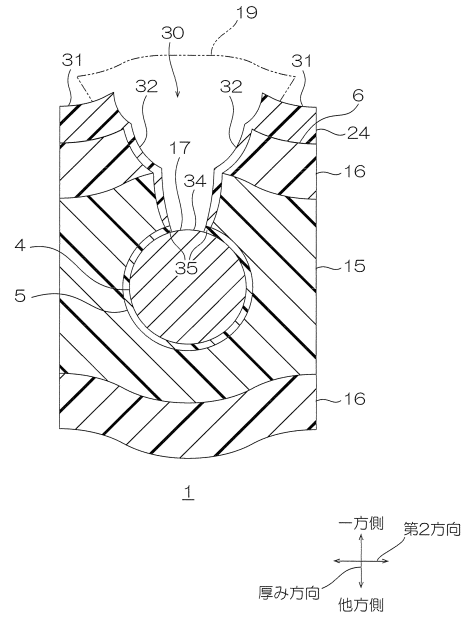
【図13】

図13



【図14】

図14



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2020-088285(JP,A)  
特開2019-160929(JP,A)  
米国特許出願公開第2010/0265030(US,A1)  
特開2017-216401(JP,A)  
特開2015-088753(JP,A)  
特開2017-098544(JP,A)  
特開2017-112130(JP,A)

## (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01F 17/00 - 21/12  
H01F 27/00  
H01F 27/02  
H01F 27/06  
H01F 27/08  
H01F 27/23  
H01F 27/26 - 27/30  
H01F 27/32  
H01F 27/36  
H01F 27/42  
H01F 30/00 - 38/12  
H01F 38/16  
H01F 38/42 - 41/04  
H01F 41/08  
H01F 41/10