

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7554057号  
(P7554057)

(45)発行日 令和6年9月19日(2024.9.19)

(24)登録日 令和6年9月10日(2024.9.10)

(51)国際特許分類

F I

C 2 3 C 18/22 (2006.01)  
C 2 3 C 18/20 (2006.01)  
C 2 5 D 7/00 (2006.01)  
H 0 5 K 3/00 (2006.01)  
H 0 5 K 3/38 (2006.01)

C 2 3 C 18/22  
C 2 3 C 18/20 A  
C 2 5 D 7/00 G  
H 0 5 K 3/00 K  
H 0 5 K 3/00 N

請求項の数 12 (全27頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-66410(P2020-66410)  
(22)出願日 令和2年4月2日(2020.4.2)  
(65)公開番号 特開2021-161516(P2021-161516  
A)  
(43)公開日 令和3年10月11日(2021.10.11)  
審査請求日 令和4年12月26日(2022.12.26)  
前置審査

(73)特許権者 000005810  
マクセル株式会社  
京都府乙訓郡大山崎町大山崎小泉 1 番地  
(73)特許権者 000175766  
三恵技研工業株式会社  
東京都北区赤羽南 2 丁目 5 番 1 号  
(74)代理人 100104444  
弁理士 上羽 秀敏  
(74)代理人 100174285  
弁理士 小宮山 聡  
(72)発明者 鬼頭 朗子  
京都府乙訓郡大山崎町大山崎小泉 1 番地  
マクセル株式会社内  
(72)発明者 遊佐 敦  
京都府乙訓郡大山崎町大山崎小泉 1 番地  
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回路部品及び回路部品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回路部品であって、  
金属部材と、  
前記金属部材上に形成されている絶縁性樹脂層と、  
前記絶縁性樹脂層上に形成されているメッキ膜を含む回路配線と、  
前記回路配線上に実装され、前記回路配線と電氣的に接続する実装部品とを有し、  
前記絶縁性樹脂層の表面において、前記回路配線が形成されている配線領域に、前記メッキ膜で充填されている複数の非貫通孔が形成されており、  
前記非貫通孔の幅 D に対する前記非貫通孔の深さ d の比率  $d / D$  が、 $0.5 \sim 5$  であり、  
前記非貫通孔の幅 D に対する前記非貫通孔間の距離 P の比率  $P / D$  が、 $0.3 \sim 3$  であり、  
前記非貫通孔の幅 D は  $20 \mu m$  以上であり、  
かつ、前記非貫通孔の深さ d は  $2.4 \mu m$  以上であり、  
前記非貫通孔は、前記配線領域における密度が略平均化するように点在して形成されている、回路部品。

【請求項 2】

前記非貫通孔以外の前記配線領域の表面粗さ (Ra) が、前記非貫通孔の深さ d の  $1 / 5$  以下である請求項 1 に記載の回路部品。

【請求項 3】

前記回路配線の厚さが、前記非貫通孔の深さ  $d$  の  $1/2$  より大きいか、又は幅  $D$  の  $1/2$  より大きい請求項 1 又は 2 に記載の回路部品。

【請求項 4】

前記非貫通孔の幅  $D$  が、 $20 \sim 200 \mu\text{m}$  である請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の回路部品。

【請求項 5】

前記絶縁性樹脂層の、前記回路配線と前記金属部材に挟まれ且つ前記非貫通孔が形成されていない部分の厚さが、 $30 \sim 200 \mu\text{m}$  である請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の回路部品。

【請求項 6】

前記非貫通孔の底から前記絶縁性樹脂層の前記金属部材と対向する面までの距離が、 $5 \sim 100 \mu\text{m}$  である請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の回路部品。

【請求項 7】

前記絶縁性樹脂層が、熱硬化性樹脂を含む請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の回路部品。

【請求項 8】

前記熱硬化性樹脂がエポキシ樹脂である請求項 7 に記載の回路部品。

【請求項 9】

前記絶縁性樹脂層が、絶縁性熱伝導フィラーを含むことを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の回路部品。

【請求項 10】

前記金属部材と前記絶縁性樹脂層との間に、無機酸化物層を更に有する請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の回路部品。

【請求項 11】

前記実装部品は、端子が設けられた面を前記回路配線に対向させて配置され、前記端子と前記回路配線がハンダにより電氣的に接続されている請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の回路部品。

【請求項 12】

請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載の回路部品の製造方法であって、  
 前記金属部材を用意することと、  
 前記金属部材上に前記絶縁性樹脂層を形成することと、  
 前記絶縁性樹脂層の前記配線領域に、レーザー光を照射して前記複数の非貫通孔を形成することと、  
 前記配線領域に、電解メッキにより前記回路配線を形成することと、  
 前記回路配線上に前記実装部品を実装することを含む回路部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回路部品及び回路部品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、MID ( Molded Interconnected Device ) が、スマートフォン等で実用化されており、今後、自動車分野での応用拡大が期待されている。MID は、樹脂成形体の表面に金属膜で回路を形成したデバイスであり、製品の軽量化、薄肉化及び部品点数削減に貢献できる。

【0003】

発光ダイオード ( LED ) が実装された MID も提案されている。LED は、通電により発熱するため背面からの排熱が必要であり、MID の放熱性を高めることが重要となる。特許文献 1 では、MID と金属製の放熱材料とを一体化した複合部品が提案されている。また、特許文献 1 の MID では、メッキ膜により回路配線を形成している。

10

20

30

40

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

【0004】

【文献】特許第3443872号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年、電子機器は高性能化及び小型化し、これに用いられるM I Dも高密度、高機能化が進み、より高い放熱性が要求されている。放熱材料である金属部材上に樹脂層を設けたM I Dにおいて、樹脂層を薄くすることは、樹脂層上の回路配線から金属部材への熱伝導を向上させるために有効である。しかし、樹脂層は熱伝導を担うフィラーとして、アルミナやシリカ粒子が含有されている場合も多く、樹脂層の厚さを薄くすることのみにより放熱性を向上させることには限界があった。本発明は、これらの課題を解決するものであり、高い放熱性を有する回路部品(M I D)を提供する。

10

## 【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の第1の態様に従えば、回路部品であって、金属部材と、前記金属部材上に形成されている絶縁性樹脂層と、前記絶縁性樹脂層上に形成されているメッキ膜を含む回路配線と、前記回路配線に実装され、前記回路配線と電気的に接続する実装部品とを有し、前記絶縁性樹脂層の表面において、前記回路配線が形成されている配線領域に、前記メッキ膜で充填されている複数の非貫通孔が形成されており、前記非貫通孔の幅Dに対する前記非貫通孔の深さdの比率 $d/D$ が、 $0.5 \sim 5$ である回路部品が提供される。

20

【0007】

前記非貫通孔以外の前記配線領域の表面粗さ(Ra)が、前記非貫通孔の深さdの $1/5$ 以下であってもよい。前記非貫通孔の幅Dに対する前記非貫通孔間の距離Pの比率 $P/D$ が、 $0.3 \sim 3$ であってもよい。前記回路配線の厚さが、前記非貫通孔の深さdの $1/2$ より大きいか、又は幅Dの $1/2$ より大きくてもよい。前記非貫通孔の幅Dが、 $10 \sim 200 \mu\text{m}$ であってもよい。前記絶縁性樹脂層の、前記回路配線と前記金属部材に挟まれ且つ前記非貫通孔が形成されていない部分の厚さが、 $30 \sim 200 \mu\text{m}$ であってもよい。前記非貫通孔の底から前記絶縁性樹脂層の前記金属部材と対向する面までの距離が、 $5 \sim 100 \mu\text{m}$ であってもよい。前記非貫通孔は、配線領域における密度が平均化するように点在して形成されていてもよい。

30

【0008】

前記絶縁性樹脂層が、熱硬化性樹脂を含んでもよい。前記熱硬化性樹脂がエポキシ樹脂であってもよい。前記絶縁性樹脂層が、絶縁性熱伝導フィラーを含んでもよい。金属部材と前記絶縁性樹脂層との間に、無機酸化物層を更に有してもよい。前記実装部品は、端子が設けられた面を前記回路配線に対向させて配置され、前記端子と前記回路配線がハンダにより電気的に接続されていてもよい。

【0009】

本発明の第2の態様に従えば、第1の態様の回路部品の製造方法であって、前記金属部材を用意することと、前記金属部材上に前記絶縁性樹脂層を形成することと、前記絶縁性樹脂層の前記配線領域にレーザー光を照射して前記複数の非貫通孔を形成することと、前記配線領域に、電解メッキにより前記回路配線を形成することと、前記回路配線に前記実装部品を実装することを含む回路部品の製造方法が提供される。

40

## 【発明の効果】

【0010】

本発明の回路部品は、高い放熱性と、回路配線の高い密着性を両立できる。

## 【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、実施形態の回路部品の上面模式図である。

50

【図 2】図 2 ( a ) は、図 1 に示す I I A 領域の拡大図であり、図 2 ( b ) は、図 1 の I I B - I I B 線断面模式図である。尚、図 2 ( a ) において、実装部品は省略している。

【図 3】図 3 ( a ) ~ ( c ) は、開口部の形状が楕円である非貫通孔が形成されている配線領域の上面模式図であり、図 3 ( d ) 及び ( e ) は、種々の形状の開口部を有する非貫通孔が形成されている配線領域の上面模式図である。

【図 4】図 4 ( a ) は、略平均化された密度で非貫通孔が形成されている配線領域の上面模式図であり、図 4 ( b ) は、不均一な密度で非貫通孔が形成されている配線領域の上面模式図である。

【図 5】図 5 は、実施形態の回路部品を製造する方法を説明するフローチャートである。

【図 6】図 6 は、レーザー光の照射によって非貫通孔を形成する場合のレーザー描画パターンの一例である。

10

【図 7】図 7 ( a ) ~ ( e ) は、実施形態において基材上にメッキ膜を形成する様子を説明する図である。

【図 8】図 8 ( a ) ~ ( e ) は、比率  $d / D$  が小さい非貫通孔を有する基材上にメッキ膜を形成する様子を説明する図である。

【図 9】図 9 は、変形例の回路部品の一部の断面模式図である。

【図 10】図 10 ( a ) は、実施例 13 で製造した回路部品の上面模式図であり、図 10 ( b ) は、図 10 ( a ) の X B - X B 線断面模式図である。

【図 11】図 11 は、実施例 14 で作製した回路部品の断面写真である。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 1 2 】

[ 回路部品 ]

図 1 及び図 2 ( a )、( b ) に示す回路部品 100 について説明する。回路部品 100 は、金属部材 50 及び絶縁性樹脂層 10 を含む基材 70 と、基材 70 の絶縁性樹脂層 10 上に形成されているメッキ膜を含む回路配線 20 と、絶縁性樹脂層 10 上に実装され、回路配線 20 と電気的に接続する実装部品 30 とを含む。実装部品 30 は、回路配線 20 上に配置されて実装されている。絶縁性樹脂層 10 の表面 10 a において、回路配線 20 が形成されている配線領域 10 A に、回路配線 20 のメッキ膜で充填されている複数の非貫通孔 11 ( 凹部 ) が形成されている。

【 0 0 1 3 】

30

金属部材 50 は、絶縁性樹脂層 10 に実装される実装部品 30 が発する熱を放熱する。したがって、金属部材 50 には放熱性のある金属を用いることが好ましく、例えば、鉄、銅、アルミニウム、チタン、マグネシウム、ステンレス鋼 ( S U S ) 等を用いることができる。中でも、軽量化、放熱性及びコストの観点から、マグネシウム、アルミニウムを用いることが好ましい。これらの金属は、それぞれ単独で用いてもよいし、2 種類以上を混合して用いてもよい。金属部材 50 の熱伝導率は、例えば、 $80 \sim 300 \text{ W / m} \cdot \text{K}$  である。

【 0 0 1 4 】

金属部材 50 の形状及び大きさは特に限定されず、回路部品 100 の用途に合わせて任意に設計できる。例えば、金属部材 50 の形状は、板状体 ( 金属板 ) でもよいし、放熱フィンであってもよいし、ダイカストで成形される複雑形状であってもよい。

40

【 0 0 1 5 】

絶縁性樹脂層 10 は、回路配線 20 と金属部材 50 とを絶縁させて短絡を防止するため、絶縁性を有する。絶縁性樹脂層 10 の絶縁性の程度は、回路部品 100 の用途 ( アプリケーション ) にもよるが、例えば、16 V の電圧を印可したときの回路配線 20 と金属部材 50 の間の抵抗が、1 M 以上である。回路配線 20 と金属部材 50 の間の抵抗が 1 M 未満であると、回路配線 20 から金属部材 50 へ微小電流が流れ、回路配線 20 が機能できなくなる虞がある。また、絶縁性樹脂層 10 は、回路部品 100 の放熱性を高めるため、ある程度の熱伝導率を有する。このように、絶縁性樹脂層 10 は、絶縁性とある程度の熱伝導率とを併せ持つ、絶縁放熱樹脂層である。絶縁性樹脂層 10 の熱伝導率は、例え

50

ば、 $1 \sim 5 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ である。

【0016】

絶縁性樹脂層10は、樹脂を含む。実装部品30がハンダ付けにより絶縁性樹脂層10に実装される場合、絶縁性樹脂層10に用いる樹脂は、ハンダリフロー耐性を有する耐熱性のある高融点の樹脂が好ましい。絶縁性樹脂層10に用いる樹脂の融点は、 $260$ 以上であることが好ましく、 $290$ 以上であることがより好ましい。尚、実装部品30の実装に、低温ハンダを用いる場合はこの限りではない。

【0017】

絶縁性樹脂層10に用いる樹脂は、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、紫外線硬化性樹脂を用いることができる。中でも、薄く成形することが容易であり、成形精度が高く、更に硬化後は高耐熱性及び高密度を有する熱硬化樹脂が好ましい。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂等の耐熱樹脂を用いることができ、中でもエポキシ樹脂が好ましい。光硬化性樹脂としては、例えば、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂等を用いることができる。熱可塑性樹脂としては、例えば、6Tナイロン(6TPA)、9Tナイロン(9TPA)、10Tナイロン(10TPA)、12Tナイロン(12TPA)、MXD6ナイロン(MXDPA)等の芳香族ポリアミド及びこれらのアロイ材料、ポリフェニレンサルファイド(PPS)、液晶ポリマー(LCP)、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリエーテルイミド(PEI)、ポリフェニルスルホン(PPSU)等を用いることができる。これらの熱硬化性樹脂、紫外線硬化性樹脂及び熱可塑性樹脂は、それぞれ単独で用いてもよいし、2種類以上を混合して用いてもよい。

【0018】

絶縁性樹脂層10は、絶縁性熱伝導フィラーを含んでもよい。絶縁性熱伝導フィラーは、絶縁性樹脂層10の絶縁性を維持しながら熱伝導性を向上させることができる。絶縁性熱伝導フィラーとは、ここでは、熱伝導率 $1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上のフィラーであり、カーボン等の導電性の放熱材料は除外される。絶縁性熱伝導フィラーとしては、例えば、高熱伝導率の無機粉末である、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、酸化マグネシウム、水酸化マグネシウム、窒化ホウ素、窒化アルミニウム等のセラミック粉が挙げられる。フィラー同士の接触率を高めて熱伝達性を高めるために、ワラストナイト等の棒状、タルクや窒化ホウ素等の板状のフィラーを混合してもよい。これらの絶縁性熱伝導フィラーは、それぞれ単独で用いてもよいし、2種類以上を混合して用いてもよい。

【0019】

絶縁性熱伝導フィラーの最大直径(最大粒子サイズ)は、例えば、比較的安価なセラミック粒子を用いる場合、 $30 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ が好ましい。また、絶縁性樹脂層10の厚さを薄くする場合には、絶縁性熱伝導フィラーの最大直径は、 $10 \mu\text{m} \sim 60 \mu\text{m}$ が好ましい。

【0020】

絶縁性熱伝導フィラーは、絶縁性樹脂層10中に例えば、 $10$ 重量%~ $90$ 重量%含まれ、 $30$ 重量%~ $80$ 重量%含まれることが好ましい。絶縁性熱伝導フィラーの配合量が上記範囲内であると、回路部品100は、十分な放熱性を得られる。

【0021】

絶縁性樹脂層10は、更に、その強度を制御するために、ガラス繊維、チタン酸カルシウム等の棒状又は針状のフィラーを含んでもよい。また、絶縁性樹脂層10は、必要に応じて、樹脂成形体に添加される汎用の各種添加剤を含んでもよい。尚、これ以降、絶縁性樹脂層10を構成する樹脂、絶縁性熱伝導フィラー等を全て含む材料を「樹脂材料」と記載する場合がある。

【0022】

図2(a)及び(b)に示すように、絶縁性樹脂層10の表面10aの回路配線20が形成されている配線領域10Aに、回路配線20のメッキ膜で充填されている複数の非貫通孔(凹部)11が形成されている。非貫通孔11の幅Dに対する、非貫通孔11の深さ

10

20

30

40

50

dの比率 $d/D$ は、0.5~5である。比率 $d/D$ は、好ましくは、0.8~3.0 $\mu\text{m}$ 、又は1.0~1.6 $\mu\text{m}$ であってもよい。比率 $d/D$ が上記範囲内の非貫通孔11に回路配線20のメッキ膜が充填されることで、回路配線20の絶縁性樹脂層10に対する密着性が向上する。また、比率 $d/D$ が上記範囲内の非貫通孔11においては、回路配線20のメッキ膜と金属部材50との距離が短くなるため、回路配線20及びその上に配置される実装部品30が発する熱を金属部材50へ逃がし易くなる。この結果、回路部品100の放熱性が向上する。このように、比率 $d/D$ が上記範囲内の非貫通孔(凹部)11を設けることにより、回路部品100の放熱性、及び回路配線20の密着性が向上する。更に、比率 $d/D$ が上記範囲内の非貫通孔11が形成された配線領域10A上に形成される回路配線20は、その表面20aの十分な平坦性(平滑性)を得られる。

10

#### 【0023】

一方、比率 $d/D$ が上記範囲外であると、以下に説明するように回路部品100の放熱性と回路配線20の密着性を両立できない。また、回路配線20の十分な平坦性(平滑性)が得られない。比率 $d/D$ が上記範囲の下限値未満である場合は、幅Dに対して深さdが小さい(浅い)ため、回路配線20の密着性が十分に得られず、回路部品100の放熱性も低下する虞がある。また、深さdに対して幅Dが大きいため、メッキ膜で非貫通孔11を充填することが難しく、回路配線20の平坦性が低下する虞がある(後述する図8(a)~(e)参照)。反対に、比率 $d/D$ が上記範囲の上限値を超える場合は、深さdを大きく(深く)する必要がある。しかし、絶縁性樹脂層10の厚さ以上にdが大きくなると、回路配線20が金属部材50に接触してしまい、回路配線20と金属部材50とを絶縁できない。深さdを大きく(深く)するために絶縁樹脂層10を厚くした場合は回路配線20と金属部材50とを絶縁できるが、回路配線20から金属部材50への熱伝達が阻害され放熱性が低下する。

20

#### 【0024】

本願明細書において、非貫通孔11の幅Dとは、表面10a(配線領域10A)における非貫通孔11の開口部11aの形状が真円である場合はその直径を意味する。非貫通孔11の開口部11aの形状は、回路配線20を構成するメッキ膜の平滑性及び密着性の向上の観点からは円形が好ましいが、特に限定されない。例えば、図3(a)~(c)に示すように楕円であってもよいし、図3(d)及び(e)に示すような形状であってもよい。開口部11aの形状が真円でない場合は、開口部11aの面積と同じ面積の真円の直径を意味する。また、非貫通孔11の深さdとは、非貫通孔11の最も深い部分(底11b)の深さ、即ち、表面10aから非貫通孔11の底11bまでの距離(長さ)である。

30

#### 【0025】

非貫通孔11の幅Dは、比率 $d/D$ が上記範囲を満たしていれば特に限定されないが、例えば、10~200 $\mu\text{m}$ 、20~150 $\mu\text{m}$ 又は30~50 $\mu\text{m}$ としてよい。幅Dが上記範囲の下限値未満であると、回路配線20の密着性を十分に得られない虞がある。幅Dが上記範囲の上限値を超えると、比率 $d/D$ を上述の適正な範囲内に収めることが難しくなる虞がある。

#### 【0026】

非貫通孔11の深さdは、比率 $d/D$ が上記範囲を満たしていれば特に限定されないが、例えば、20~200 $\mu\text{m}$ 、30~150 $\mu\text{m}$ 又は50~100 $\mu\text{m}$ としてよい。深さdが上記範囲の下限値未満であると、回路配線20の密着性を十分に得られない虞がある。深さdが上記範囲の上限値を超えると、回路配線20と金属部材50との十分に絶縁できない虞、又は絶縁性を得るために絶縁性樹脂層10を厚くするために放熱性が低下する虞がある。

40

#### 【0027】

非貫通孔11の幅Dに対する非貫通孔11間の距離Pの比率 $P/D$ は、0.3~3、0.5~2.5又は1.0~1.5であることが好ましい。ここで、非貫通孔11間の距離Pとは、絶縁性樹脂層10の表面10a(配線領域10A)において、1つの非貫通孔11と、それに隣接する別の非貫通孔11との間の最短距離であり、1つの非貫通孔11の

50

開口部 1 1 a の縁からそれに隣接する別の非貫通孔 1 1 の開口部 1 1 a の縁までの最短距離である。比率  $P/D$  が上記範囲の下限値未満であると、非貫通孔 1 1 間の距離  $P$  が近過ぎるため、その上に形成される回路配線 2 0 の平坦性が不十分となる虞がある。比率  $P/D$  が上記範囲の上限値を超えると、非貫通孔 1 1 間の距離  $P$  が大きくなるため、配置できる非貫通孔 1 1 の数が少なくなり、回路部品 1 0 0 の放熱性、及び回路配線 2 0 の密着性が不十分になる虞がある。

**【 0 0 2 8 】**

非貫通孔 1 1 間の距離  $P$  は、比率  $P/D$  が上記範囲を満たしていれば特に限定されないが、例えば、 $20 \sim 300 \mu\text{m}$ 、又は  $50 \sim 150 \mu\text{m}$  としてよい。

**【 0 0 2 9 】**

非貫通孔 1 1 の深さ  $d$  及び幅  $D$ 、並びに非貫通孔 1 1 間の距離  $P$  は、例えば、所定範囲（測定範囲）に存在する複数の非貫通孔 1 1 の平均値として求められる。例えば、以下に説明するように、光学的測定法による配線領域 1 0 A の高さ測定から求めてもよい。まず、絶縁性樹脂層 1 0 から回路配線 2 0 を剥離して配線領域 1 0 A を露出させる。レーザー顕微鏡等の光学測定装置を用いて、配線領域 1 0 A の所定範囲（測定範囲）全体の表面粗さ（ $R_a$ ）を測定する。測定範囲全体の表面粗さ（ $R_a$ ）の 2 倍以上の深さを有する部分を非貫通孔（凹部）1 1 と判定し、個々の非貫通孔 1 1 の幅  $D$  及び非貫通孔 1 1 間の距離  $P$  を測定して、平均値を求める。尚、非貫通孔 1 1 の深さ  $d$  については、光学測定におけるノイズを排除するため、深さ  $d$  のバラつきを考慮し、非貫通孔 1 1 を 1 0 個以上測定し、それらの平均を求めることが好ましい。

**【 0 0 3 0 】**

また、非貫通孔 1 1 の深さ  $d$  及び幅  $D$ 、並びに非貫通孔 1 1 間の距離  $P$  は、以下に説明する X 線 CT による形状分析法により求めてもよい。例えば、金属部材 5 0 がアルミニウム、回路配線 2 0 が銅で形成されている場合、回路部品 1 0 0 の回路配線 2 0 を含む部分を所定のサイズに切り出し、X 線 CT で測定する。これにより、アルミニウムよりも X 線透過性の低い銅を含む回路配線 2 0 のみの X 線 CT 像が得られる。この X 線 CT 像を深さ方向の平面ごとにスライスデータとして抽出し、回路配線 2 0 が見えなくなるスライス深さを非貫通孔 1 1 の深さ  $d$  とし、絶縁性樹脂層 1 0 の表面 1 0 a でスライスした像の形状から、非貫通孔 1 1 の幅  $D$  及び距離  $P$  の値を測定する。このようにして得られた個々の非貫通孔 1 1 の深さ  $d$ 、幅  $D$  及び距離  $P$  から、平均値を求める。尚、X 線 CT による形状分析法は、サンプリングの容易さと検出感度の観点から、面積が  $3 \sim 15 \text{mm}^2$  の配線部を切り出して測定することが好ましい。

**【 0 0 3 1 】**

また、非貫通孔 1 1 の深さ  $d$  及び幅  $D$  は、回路部品 1 0 0 の回路配線 2 0 の断面観察により求めてもよい。断面観察は、図 2 ( b ) に示すように、非貫通孔 1 1 の深さ  $d$  及び幅  $D$  が測定可能な断面において行う必要があり、例えば、以下のように行ってもよい。まず、回路部品 1 0 0 を切断して、非貫通孔 1 1 の断面を観察する。その後、紙やすり等で  $2 \sim 3 \mu\text{m}$  断面を研磨して切削し、再度、断面を観察する。これを繰り返し、非貫通孔 1 1 の深さが最も深く観測される位置の断面写真を得て、そこから求められる非貫通孔 1 1 の深さを、深さ  $d$  とする。図 2 ( b ) に示すように非貫通孔の形状が円錐であれば、深さ  $d$  を求められる断面写真から、同時に幅  $D$  も求められる。深さ  $d$  及び幅  $D$  のバラつきを考慮し、同様の手法により非貫通孔 1 1 を 1 0 個以上測定し、それらの平均を求めることが好ましい。

**【 0 0 3 2 】**

非貫通孔 1 1 の構造は、特に限定されず、任意の形状としてよい。図 2 ( a ) 及び ( b ) に示すように、本実施形態の非貫通孔 1 1 の形状は、底面を表面 1 0 a (配線領域 1 0 A) に配置した円錐である。したがって、非貫通孔 1 1 の開口部 1 1 a の形状は真円である。しかし、非貫通孔 1 1 の形状はこれに限定されず、例えば、三角錐や四角錐等の多角錐であってもよいし、底面が複雑形状の錐体であってもよい。また、円柱、多角柱、又は底面が複雑形状の柱体であってもよいし、半球であってもよい。非貫通孔 1 1 の形成のし

10

20

30

40

50

易さ（加工容易性）の観点からは、非貫通孔 11 の内部は、開口部 11 a よりも広がらない方が好ましい。即ち、非貫通孔 11 の内部の表面 10 a と平行な断面の面積は、開口部 11 a の面積以下であることが好ましい。したがって、非貫通孔 11 の形状が錐体、柱体、又は半球である場合、その底面を表面 10 a（配線領域 10 A）に配置することが好ましい。

#### 【0033】

非貫通孔 11 は、配線領域 10 A に形成されている。また、非貫通孔 11 は、配線領域 10 A のみに形成され、配線領域 10 A を除く表面 10 a には形成されていないことが好ましい。これにより、非貫通孔 11 を形成するための時間（加工時間）が短縮され、回路部品 100 の製造効率が向上する。また、非貫通孔 11 は、配線領域 10 A における密度が略平均化するように点在して形成されていることが好ましい。これにより、回路部品 100 の放熱性、及び回路配線 20 の密着性を均一化できる。例えば、図 4（a）及び（b）に示す配線領域 10 A 全体の非貫通孔 11 の密度は、同一である。しかし、図 4（a）に示す非貫通孔 11 は、配線領域 10 A における密度が略平均化するように点在して形成されており、一方、図 4（b）に示す非貫通孔 11 は、その密度に偏りがる。図 4（b）において、左上部分は非貫通孔 11 の密度が高く、右下部分は非貫通孔 11 の密度が低い。図 4（a）に示す配線領域 10 A 上には、均一に回路配線 20 のメッキ膜が成長する。一方、図 4（b）に示す配線領域 10 A 上の右下部分はメッキ膜が成長し難い。このため、4（b）に示す配線領域 10 A 上では、メッキ膜が不均一化し、メッキ膜の平滑性が低下する。

#### 【0034】

また、配線領域 10 A における密度が略平均化するように非貫通孔 11 を点在して形成するためには、以下の条件を満たすことが好ましい。配線領域 10 A において、距離 P（1 つの非貫通孔 11 の開口部 11 a の縁からそれに隣接する別の非貫通孔 11 の開口部 11 a の縁までの最短距離）の最大値と最小値との差が、配線領域 10 A における距離 P の平均値の 50% 未満であることが好ましい。また、配線領域 10 A において、非貫通孔 11 の最も密度の高い領域における密度（個/mm<sup>2</sup>）と、最も密度の低い領域における密度（個/mm<sup>2</sup>）との差が、配線領域 10 A における非貫通孔 11 の平均密度（個/mm<sup>2</sup>）の 50% 未満であることが好ましい。

#### 【0035】

絶縁性樹脂層 10 の厚さは特に限定されず、回路部品 100 の用途に合わせて任意に設計できる。絶縁性樹脂層 10 の厚さは、略一定であってもよいし、場所によって変動していてもよい。絶縁性樹脂層 10 の厚さが薄いほど、回路部品 100 の放熱性は向上する傾向があるため、発熱の大きい実装部品 30 の近傍の絶縁性樹脂層 10 の厚さは小さい方が好ましい。一方、絶縁性樹脂層 10 の厚さが小さ過ぎると、絶縁性樹脂層 10 の成形において樹脂の流動抵抗が大きくなり、成形不良（充填不良）が発生する虞がある。また、十分な深さを有する非貫通孔 11 を形成することが難しくなる。これらの観点から、絶縁性樹脂層 11 の、回路配線 20 と金属部材 50 に挟まれ且つ非貫通孔 11 が形成されていない部分の厚さ B（回路配線 20 の下の絶縁性樹脂層 11 の膜厚 B）は、30 ~ 200 μm、50 ~ 150 μm であることが好ましい。厚さ B が場所によって変動している場合は、最も小さい値（最も薄い部分の厚さ）が上記範囲内であることが好ましい。

#### 【0036】

また、絶縁性樹脂層 10 の非貫通孔 11 が形成されている部分の厚さ、即ち、非貫通孔 11 の底 11 b から絶縁性樹脂層 10 の金属部材 50 と対向する面 10 b までの距離（最短距離）C は、5 ~ 100 μm、20 ~ 80 μm 又は、30 ~ 60 μm であることが好ましい。距離 C が上記範囲の下限値より小さいと、回路配線 20 と金属部材 50 とを十分に絶縁できない虞がある。また、距離 C が上記範囲の上限値より大きいと、回路部品 100 の放熱性が低下する虞がある。

#### 【0037】

非貫通孔 11 以外の配線領域 10 A の表面粗さ（R<sub>a</sub>）は、非貫通孔 11 の深さ d の 1

10

20

30

40

50

1/5以下、又は1/10以下が好ましい。本実施形態では、非貫通孔11を設けることで回路配線20の密着性が向上するため、配線領域10Aの表面粗さ(Ra)を小さくしても十分な密着性を保持できる。そして、非貫通孔11以外の配線領域10Aの表面粗さ(Ra)を小さくできるため、その上に形成される回路配線20の平坦性が向上する。一方で、回路配線20のメッキ膜を配線領域10Aのみに選択的に形成し易くする観点からは、配線領域10Aの表面粗さ(Ra)は、配線領域10A以外の表面10aの表面粗さ(Ra)よりも大きい方が好ましい。また、配線領域10Aの表面粗さ(Ra)は、例えば、1~30 $\mu$ m、3~20 $\mu$ m又は、5~10 $\mu$ mであってもよい。

#### 【0038】

回路配線20は、絶縁性樹脂層10の表面10aの配線領域10Aにメッキ膜により形成されている。回路配線20は、配線領域10A上に形成される無電解メッキ膜21と、無電解メッキ膜21上に形成される電解メッキ膜22から構成されることが好ましい(図7(e)参照)。

10

#### 【0039】

無電解メッキ膜21としては、例えば、無電解ニッケルリンメッキ膜、無電解銅メッキ膜、無電解ニッケルメッキ膜が挙げられ、中でも、無電解ニッケルリンメッキ膜が好ましい。電解メッキ膜22としては、電解ニッケルリンメッキ膜、電解銅メッキ膜、電解ニッケルメッキ膜が挙げられる。また、メッキ膜のハンダの濡れ性を向上させるために、金、銀、錫等のメッキ膜を回路配線20の最表面に形成してもよい。

#### 【0040】

回路配線20を構成するメッキ膜が非貫通孔11を充填しているため、回路配線20は絶縁性樹脂層10に対して強く密着できる。回路配線20の厚さAは、非貫通孔11の深さdの1/2及び幅Dの1/2の小さい方より大きいことが好ましい。即ち、回路配線20の厚さAは、非貫通孔11の深さdの1/2、又は幅Dの1/2より大きいことが好ましい。回路配線20の厚さAが上記範囲内であると、回路配線20を形成するメッキ膜の平坦性が更に向上する。但し、非貫通孔11の大きさが比較的小さい場合は、回路配線20の厚さAが上記範囲より薄くともメッキ膜で非貫通孔11を充填でき、回路配線20の平坦性を担保できる。非貫通孔11の大きさが比較的小さい場合、放熱性の低下が懸念されるが、例えば、絶縁性樹脂層10の厚さBを小さくすることにより非貫通孔11の底11bと金属部材50を近づけることで(距離Cを小さくすることで)、回路部品100の放熱性を十分担保できる。

20

#### 【0041】

回路配線20の厚さAとは、非貫通孔11に充填されている部分を含まない厚さを意味する。即ち、回路配線20の厚さAは、絶縁性樹脂層10の表面10aから回路配線20の実装部品30に対向する面20aまでの距離である。回路配線20の厚さAは、例えば、10~100 $\mu$ m、又は20~80 $\mu$ mであってもよい。

#### 【0042】

図2(b)に示すように、実装部品30は、端子が設けられた面(底面)30bを回路配線20に対向させて配置され、端子と回路配線20がハンダにより電氣的に接続されている。ハンダは、特に限定されず、汎用のものを用いることができる。実装部品30は、通電により熱を発生して発熱源となる。実装部品30は任意のものを用いることができ、例えば、LED(発光ダイオード)、パワーモジュール、IC(集積回路)、熱抵抗等が挙げられる。

40

#### 【0043】

本実施形態では、実装部品30が実装される回路配線20の表面20aが平坦であるため、実装部品30の回路配線20への密着強度が高まり、実装部品30から回路配線20への熱伝導性が向上する。これにより、回路部品100の放熱性が更に向上する。

#### 【0044】

##### [回路部品の製造方法]

図5に示すフローチャートに従って、回路部品100の製造方法について説明する。ま

50

ず、金属部材 50 を用意する（図 5 のステップ S 1）。金属部材 50 は、市販品の金属板（板状体）、放熱フィン等であってもよいし、ダイカストにより任意の形状に成形したものであってもよい。

【 0 0 4 5 】

金属部材 50 の絶縁性樹脂層 10 が形成されている表面は、その上に積層される絶縁性樹脂層 10 との密着性を高めるために粗化してもよい。金属部材 50 の表面の粗化には、化学エッチング、特開 2 0 0 9 - 6 7 2 1 号公報、特許第 5 6 8 1 0 7 6 号公報等に開示されているナノモルディングテクノロジー（NMT）を用いてもよい。あるいはレーザー粗化を行ってもよい。

【 0 0 4 6 】

次に、金属部材 50 上に絶縁性樹脂層 10 を形成する（図 5 のステップ S 2）。例えば、絶縁性樹脂層 10 はインサート成形（一体成形）によって形成してもよい。具体的には、金属部材 50 を先に金型内に配置し、その金型の空き部分に樹脂材料を射出充填する。これにより、金属部材 50 と絶縁性樹脂層 10 とが一体に成形される。インサート成形としては、射出成形、トランスファー成形等を用いることができる。このように、絶縁性樹脂層 10 と金属部材 50 とは、一体成形した一体成形体であってもよい。ここで、一体成形体とは、別個に作成された金属部材 50 と絶縁性樹脂層 10 とを接着や接合（二次接着や機械的接合）するのではなく、絶縁性樹脂層 10 の成形時に金属部材 50 と接合する加工（典型的にはインサート成形）により製造したものを意味する。

【 0 0 4 7 】

次に、絶縁性樹脂層 10 の配線領域 10 A に、複数の非貫通孔 11 を形成する（図 5 のステップ S 3）。非貫通孔 11 を形成する方法は特に限定されないが、例えば、レーザー光を照射して絶縁性樹脂層 10 の表面 10 a を切削して、非貫通孔 11 を形成してよい（レーザー加工）。レーザー加工は、複数の非貫通孔 11 を効率よく形成でき、非貫通孔 11 のサイズ（幅 D、深さ d）の調整も容易である。非貫通孔 11 の形成と同時に、配線領域 10 A 全体にレーザー光を照射して配線領域 10 A を粗化してもよい。配線領域 10 A を粗化することで、配線領域 10 A に選択的に回路配線 20（メッキ膜）を形成し易くなり、また、回路配線 20 の密着性を高められる。但し、上に形成される回路配線 20 の平坦性を担保するため、非貫通孔 11 以外の配線領域 10 A の表面粗さ（Ra）は、非貫通孔 11 の深さ d の 1 / 5 以下、又は 1 / 10 以下とすることが好ましい。非貫通孔 11 のレーザー加工に用いるレーザー光の種類、レーザー加工装置は特に限定されず、絶縁性樹脂層 10 の種類等を考慮し、適宜選択して用いることができる。

【 0 0 4 8 】

レーザー加工によって非貫通孔 11 を形成する場合、例えば、図 6 に示すように、非連続ラインから構成されるパターンのレーザー描画を行うことが好ましい。図 6 に示すレーザー描画について説明する。まず、所定方向（図 6 に示す Y 方向）に伸びる非連続ライン L 1 を描画する。非連続ライン L 1 は、長さ N<sub>1</sub> の線分（レーザー描画部）が、長さ N<sub>2</sub> の間隔（スペース）で配置されたパターンである。次に、非連続ライン L 2 として、ライン L 1 と同様のパターンを、ライン L 1 から所定方向と垂直な方向（図 6 に示す X 方向）に長さ N<sub>3</sub> 平行移動させ、且つ Y 方向に長さ N<sub>4</sub> 平行移動させて、レーザー描画する。このとき、N<sub>4</sub> = (N<sub>1</sub> + N<sub>2</sub>) / 2 とする。同様の作業を繰り返し、Y 方向に伸びる複数の非連続ライン L<sub>n</sub> を、X 方向に等間隔（長さ N<sub>3</sub>）に描画する。これにより、図 6 に示すように、長さ N<sub>1</sub> の線分（レーザー描画部）が X 方向に長さ (N<sub>1</sub> + N<sub>2</sub>) のピッチで、且つ Y 方向に長さ 2 × N<sub>3</sub> のピッチで並んだレーザー描画パターンが形成できる。レーザー光は、長さ N<sub>1</sub> の線分のみ照射されるが、レーザー光はスポット径と呼ばれる幅を持った光であるため、描画パターン線の周辺部の絶縁性樹脂層 10 も切削される。線長さ N<sub>1</sub> が短い場合、スポット径による幅の広がりや切削深さはほぼ一致し、レーザー加工痕が円錐の非貫通孔 11 となる。長さ N<sub>1</sub> のレーザー照射部から広がって切削されて形成された非貫通孔 11 の直径を D とすると、間隔 P は、 $P = \sqrt{(N_3)^2 + (N_4)^2} - D$  となる。長さ N<sub>1</sub> ~ N<sub>4</sub> の数値を変えることで、様々な大きさの非貫通孔 11 のパターンを作成

10

20

30

40

50

できる。また、このようなレーザー描画を用いると、容易に、配線領域 10A に密度が略平均化するように非貫通孔 11 を点在させて形成できる。レーザー光によって複数の非貫通孔 11 を形成する方法としては、描画パターンを非連続とすることの他に、レーザー光をパルスで照射する手法を用いてもよい。

#### 【0049】

次に、絶縁性樹脂層 10 の配線領域 10A に、メッキ膜に含む回路配線 20 を形成する。回路配線 20 を形成する方法は、特に限定されず、汎用の方法を用いることができる。例えば、表面 10a 全体にメッキ膜を形成し、メッキ膜にフォトリソでパターニングし、エッチングにより回路配線以外の部分のメッキ膜を除去する方法、回路配線を形成したい部分にレーザー光を照射して樹脂層を粗化し、レーザー光照射部分のみにメッキ膜を形成する方法等が挙げられる。特に、絶縁性樹脂層 10 にエポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂を用いた場合は、配線領域 10A をレーザー光で粗化することでメッキ触媒である金属イオンの吸着を促進でき、配線領域 10A のみに無電解メッキ膜を形成し易くなる。

10

#### 【0050】

回路配線 20 を構成するメッキ膜の一部は、非貫通孔 11 を充填する。回路配線 20 の形成は、図 7(a) ~ (e) に示すように、配線領域 10A 上に無電解メッキ膜 21 を形成することと(図 7(a) 参照)、無電解メッキ膜 21 上に電解メッキ膜 22 を形成すること(図 7(b) ~ (e) 参照)を含んでもよい。

#### 【0051】

無電解メッキ膜 21 を形成する方法は特に限定されず、汎用の無電解メッキ方法を適宜選択して用いることができる。絶縁性樹脂層 10 上に導電性の無電解メッキ膜 21 を形成することで、無電解メッキ膜 21 上に電解メッキが可能となる。このように、無電解メッキ膜 21 は電解メッキ膜 22 を形成するための下地膜である。

20

#### 【0052】

電解メッキ膜 22 を形成する方法は特に限定されず、汎用の電解メッキ方法を適宜選択して用いることができるが、均一電着性の高い電解メッキ方法が好ましい。電解メッキでは、メッキ膜形成面のコーナー部分や突起では電流が多く流れ、中央部や凹部では電流が少なく流れる。電解メッキ膜の厚さは電流の強さに比例する傾向があるため、メッキ膜形成面に凹凸がある場合、電解メッキ膜の膜厚に偏りが生じる。均一電着性の高い電解メッキ方法では、このような電解メッキ膜の膜厚の偏りを抑制できる。この結果、図 7(b) ~ (e) に示すように、電解メッキ膜 22a、22b、22c は、非貫通孔 11 の開口部 11a の縁(コーナー部分)に厚く形成されることなく、非貫通孔 11 の内壁及び面 10a から、ほぼ均一な膜厚で成長する。これにより、非貫通孔 11 を容易に充填でき、更に、電解メッキ膜 22c の表面(回路配線 20 の表面 20a)の平坦性をより高められる。

30

#### 【0053】

上述のように、非貫通孔 11 の幅 D に対する深さ d の比率  $d/D$  は、0.5 ~ 5 である。非貫通孔 11 の比率  $d/D$  が上記範囲内であるため、電解メッキ膜 22 は、非貫通孔 11 を容易に充填でき、更に回路配線 20 の表面 20a の平坦性(平滑性)を高められる。一方、比率  $d/D$  が上記範囲外である場合、メッキ膜により非貫通孔 11 を充填することは難しく、また、回路配線 20 の平坦性を高められない。例えば、図 8(a) ~ (e) に、比率  $d/D$  が 0.5 より小さい非貫通孔 111、即ち、幅 D が高さ d に対して広すぎる貫通孔 111 を有する基材上にメッキ膜を形成する様子を示す。非貫通孔 111 の内壁から成長していく電解メッキ膜 22a、22b、22c は、膜厚に対して非貫通孔 111 の幅 D が大きいため、容易に非貫通孔 111 を充填できない。図 8(e) に示すように、深さ d と同程度の厚さメッキ膜を形成することで非貫通孔 111 を充填することはできるが、非貫通孔 111 の開口部 111a の端にはメッキ膜の盛り上がり形成されてしまい、回路配線 20 の表面 20a を平坦にできない。回路配線 20 の表面 20a を平坦にするためには、更に電解メッキ膜 22 を厚く形成する必要がある、非効率であり製造コストも上昇する。

40

#### 【0054】

50

絶縁性樹脂層 10 に回路配線 20 を形成した後、回路配線 20 上に実装部品 30 を実装する（図 5 のステップ S5）。これにより、本実施形態の回路部品 100 が得られる。実装部品 30 の実装方法は特に限定されず、汎用の方法を用いることができ、例えば、回路配線 20 上に常温のハンダと実装部品 30 とを配置して高温のリフロー炉に通過させるハンダリフロー法、又はレーザー光を絶縁性樹脂層 10 と実装部品 30 の界面に照射してハンダ付けを行うレーザーハンダ付け法（スポット実装）により、実装部品 30 を絶縁性樹脂層 10 にハンダ付けしてもよい。

#### 【0055】

以上説明した本実施形態の回路部品 100 では、配線領域 10A に比率  $d/D$  が特定の範囲内である非貫通孔 11 を設けることで、高い放熱性と、回路配線 20 の絶縁性樹脂層 10 に対する高い密着性を両立できる。また、実装部品 30 が実装される回路配線 20 の表面 20a が平坦であるため、実装部品 30 の回路配線 20 への密着強度が向上し、実装部品 30 から回路配線 20 への熱伝導性が向上する。これにより、回路部品 100 の放熱性が更に向上する。

#### 【0056】

##### [変形例]

以上説明した本実施形態の回路部 100 では、金属部材 50 の上に直接、絶縁性樹脂層 10 が形成されているが、本実施形態はこれに限定されない。図 9 に示すように、金属部材 50 と絶縁性樹脂層 10 との間にセラミックス層 60 が形成されていてもよい。本変形例では、図 9 に示すセラミックス層 60 を有する回路部 200 について以下に説明する。回路部 200 の構成は、セラミックス層 60 を有すること以外、上述した図 2 (a) 及び (b) に示す回路部品 100 と同様である。したがって、本変形例では、セラミックス層 60 以外の構成要件の説明を省略する。

#### 【0057】

セラミックス層 60 は、金属部材 50 上に形成されている。セラミックス層 60 は、絶縁性樹脂層 10 よりもレーザー光により切削され難い。これにより、レーザー光照射により非貫通孔 11 を形成する場合、非貫通孔 11 が金属部材 50 に達してしまうことを防止できる。また、セラミックス層 60 は、絶縁性樹脂層 10 と共に回路配線 20 と金属部材 50 とを絶縁させて短絡を防止するため、絶縁性を有する。この絶縁性の程度は、回路部品 100 の用途（アプリケーション）にもよるが、例えば、500V 電圧の印加により 5000M 以上の抵抗を有することが好ましい。

#### 【0058】

また、セラミックス層 60 は、回路部品 100 の放熱性を高めるため、高い熱伝導率を有することが好ましい。このように、セラミックス層 60 は、絶縁性と高い熱伝導率とを併せ持つ、絶縁熱伝導層（絶縁放熱層）であることが好ましい。セラミックス層 60 の熱伝導率は、例えば、5 ~ 150 W/m・K である。また、絶縁性樹脂層 10 上の実装部品 30 の発する熱を効率的に金属部材 50 へ逃すため、セラミックス層 60 の熱伝導率は、金属部材 50 の熱伝導率より低く、絶縁性樹脂層 10 の熱伝導率より高いことが好ましい。

#### 【0059】

セラミックス層に含まれるセラミックスとしては、例えば、酸化アルミニウム（アルミナ）、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、窒化珪素、酸化ベリリウム、炭化ケイ素、イットリア、ジルコニア、二酸化チタン、二酸化珪素、粘土鉱物等が挙げられ、中でも、低コストで緻密な薄膜を形成し易いイットリアやアルミナが好ましい。これらのセラミックスは、それぞれ単独で用いてもよいし、2種類以上を混合して用いてもよい。

#### 【0060】

セラミックス層 60 の膜厚は、例えば、1  $\mu\text{m}$  ~ 100  $\mu\text{m}$ 、5  $\mu\text{m}$  ~ 20  $\mu\text{m}$  又は、5  $\mu\text{m}$  ~ 10  $\mu\text{m}$  であってもよい。

#### 【0061】

次に、本変形例の回路部品 200 の製造方法について説明する。まず、金属部材 50 を用意する。

10

20

30

40

50

## 【0062】

次に、金属部材50上に、セラミックス層60を形成する。セラミックス層60の形成方法は特に限定されないが、例えば、真空蒸着、イオンプレーティング等の物理的蒸着法(PVD)、プラズマCVD等の化学的蒸着法(CVD)、エアロゾルディポジション(AD)法、スパッタリング、溶射法、コールドスプレー法、ウォームスプレー法等を用いることができる。金属部材50にアルミニウム及びその合金を用いる場合、陽極酸化により、セラミックス層60として、アルマイト層(酸化アルミニウム(アルミナ)の被膜を形成してもよい。アルマイト層は、金属部材50の一部のみに形成してもよいし、金属部材50の全面に形成してもよい。また、以上説明した複数の成膜方法を用いて、多層膜からなるセラミックス層60を形成して、膜強度を高めてもよい。

10

## 【0063】

次に、セラミックス層60上に絶縁性樹脂層10を形成し、絶縁性樹脂層10の配線領域10Aに複数の非貫通孔11を形成し、絶縁性樹脂層10の配線領域10Aにメッキ膜を含む回路配線20を形成し、そして、回路配線20上に実装部品30を実装して、本変形例の回路部品200を得る。絶縁性樹脂層10の形成、複数の非貫通孔11の形成、回路配線20の形成、及び実装部品30の実装は、上述した回路部品100の製造方法と同様に実施できる。

## 【0064】

本変形例の回路部品200は、上述の回路部品100と同等の効果を奏する。更に、回路部品200は、セラミックス層60を有することにより、回路配線20と金属部材50とをより確実に絶縁できる。

20

## 【実施例】

## 【0065】

以下、実施例及び比較例により本発明を具体的に説明するが、本発明は下記の実施例及び比較例により制限されない。

## 【0066】

## [実施例1]

本実施例では、図1に示す回路部品100を製造した。実装部品30として、LED(発光ダイオード)を用いた。

## 【0067】

## (1) 金属部材の用意

金属部材50として、アルミニウム板(A1050、アルミニウム成分:99%以上、8cm×12cm)を用意した。

## 【0068】

## (2) 絶縁性樹脂層の形成

次に、金属部材50の表面に、汎用の成形機を用いて、最大直径が35µmのアルミナ粒子(酸化アルミニウム)を75重量%含むエポキシ樹脂(熱硬化性樹脂、熱伝導率:1W/m·K)をインサート成形(トランスファー成形)し、絶縁性樹脂層10を形成した。これにより、アルミニウム板(金属部材)50及び絶縁性樹脂層10から構成される基材70を得た。絶縁性樹脂層10の大きさは、40mm×40mm×厚さ200µmとした。また、絶縁性樹脂層10は、金属部材50の中央に形成した。

40

## 【0069】

## (3) 非貫通孔の形成

絶縁性樹脂層10の表面10aの回路配線20を形成する予定の領域(配線領域10A)にレーザー光を照射して配線領域10Aの加工を行った。レーザー加工(レーザー描画)は、3Dレーザーマーカ(キーエンス製、YVO<sub>4</sub>レーザー、MD-9920A、13W)を用いた。

## 【0070】

まず、レーザー光を照射して、絶縁性樹脂層10の表面10aの回路配線20を形成する予定の領域(配線領域10A)を粗化した。具体的には、配線領域10Aに、40µm

50

ピッチ間隔で並んだ平行線のパターンをレーザー描画した（レーザー描画条件：線速 2000 mm/s、周波数 40 kHz、パワー 20%）。これにより、配線領域 10 A の表面粗さ（Ra）は 13 μm となった。

#### 【0071】

次に、配線領域 10 A に、レーザー加工により複数の非貫通孔（凹部）11 を形成した。具体的には、配線領域 10 A に図 6 に示す非連続ラインから構成されるパターンをレーザー描画し（レーザー描画条件：線速 30 mm/s、周波数 50 kHz、パワー 80%）、複数の非貫通孔 11 を形成した。レーザー描画の回数（繰り返しレーザー描画回数）は、1 回とした。レーザー描画パターンの各サイズは以下である。N<sub>1</sub> = 35 μm、N<sub>2</sub> = 365 μm、N<sub>3</sub> = 200 μm、N<sub>4</sub> = 200 μm。形成された非貫通孔 11 の形状は、図 2（a）及び（b）に示すように、底面を表面 10 a（配線領域 10 A）に配置した円錐であった。

10

#### 【0072】

形成した貫通孔 11 の幅 D、深さ d、非貫通孔 11 間の距離 P をレーザー顕微鏡（キーンズ製レーザー顕微鏡 VK-9700、対物レンズ 20 倍）を用いて測定した。深さ d については、1 つの非貫通孔 11 の深さ分布を算出し、深さの値が最も大きい累計頻度 1% 未満の範囲は光学ノイズとして無視することとし、累積頻度 1% となる深さの値を、その 1 つの非貫通孔の深さ d として算出した。また、幅 D については、1 つの非貫通孔 11 の開口部 11 a の面積を計算し、開口部 11 a の形状を真円と見なした場合の直径を、1 つの非貫通孔 11 の幅 D として算出した。測定視野内に存在する全ての非貫通孔 11 それぞれについて、同様の手法により、幅 D 及び深さ d を求め、更に、これら幅 D 及び深さ d の平均値を求めた。

20

#### 【0073】

また、非貫通孔 11 間の距離 P については、まず、1 つの非貫通孔 11 の開口部 11 a の重心と、それに隣接する非貫通孔 11 の開口部 11 a の重心との距離を測定した。測定視野内に存在する全ての非貫通孔 11 について、同様の手法により、隣接する開口部 11 a の重心間の距離を求め、更に、これら重心間の距離の平均値を求めた。次に、重心間の距離の平均値から、先に求めた幅 D の平均値を差し引いた値を非貫通孔 11 間の距離 P とした。

#### 【0074】

上述のようにして算出した非貫通孔 11 の幅 D（平均値）は 155 μm、深さ d（平均値）は 178 μm、非貫通孔 11 間の距離 P は、128 μm であった。したがって、比率 d/D は、1.15 であった。算出した貫通孔 11 の幅 D、深さ d、非貫通孔 11 間の距離 P、比率 d/D の値を表 4 に示す。

30

#### 【0075】

##### （4）回路配線の形成

##### （a）無電解メッキ触媒の付与

非貫通孔 11 を形成した基材 70 を 30 に調整した市販の塩化パラジウム（PdCl<sub>2</sub>）水溶液（奥野製薬工業製、アクチベータ）に 5 分間浸漬した。その後、基材を塩化パラジウム水溶液から取り出し、水洗した。

40

#### 【0076】

##### （b）無電解メッキ、及び電解メッキ

次に、60 に調整した無電解ニッケルリンメッキ液（奥野製薬工業製、トップニコロン LPH-L、pH 6.5）に、基材を 10 分間浸漬した。配線領域 10 A にニッケルリン膜（無電解ニッケルリンメッキ膜）が約 1 μm 成長した。

#### 【0077】

ニッケルリン膜上に、更に、電解銅メッキ膜 95 μm、無電解ニッケルリンメッキ膜 4.0 μm、無電解金メッキ膜 0.1 μm を、この順に積層し、回路配線 20 を形成した。電解銅メッキには、均一電着性の高い電解メッキ方法を用いた。電解銅メッキ液には、A 液：奥野製薬社製、トップルチナ 2000 と、B 液：ローム&ハース電子材料社製、カパ

50

ーグリームHS-200との混合液を用いた。これにより、レーザー光を照射した配線領域10Aに、無電解メッキ膜及び電解メッキ膜から構成される回路配線20を形成した。

【0078】

(5)実装部品の実装

実装部品30として、面実装タイプの高輝度LED(日亜化学製、NS2W123BT、3.0mm×2.0mm×高さ0.7mm)を用いた。まず、図1に示すように、5個の実装部品30を回路配線20の上に常温のハンダを介して配置した。各実装部品30間の間隔は、0.5mmとした。次に、LEDを配置した基材をリフロー炉に入れた(ハンダリフロー)。リフロー炉内で基材は加熱され、基材の最高到達温度は240～260となり、基材が最高到達温度で加熱された時間は約1分であった。ハンダにより、実装部品30は樹脂層10に実装され、図1に示す本実施例の回路部品100を得た。

10

【0079】

[実施例2～12]

実施例2～12では、絶縁性樹脂層10の厚さ、レーザー描画条件、図6に示すレーザー描画パターン各サイズ(N<sub>1</sub>～N<sub>4</sub>)及び回路配線の厚さ(メッキ膜の厚さ)を表1、2及び4に示すように変更した以外は、実施例1と同様の方法により回路部品100を製造した。尚、実施例5～12では、実施例1で用いたYVO<sub>4</sub>レーザーに代えて、UVレーザー(キーエンス製、3Dレーザーマーカー、MD-U1000C、出力2.5W)を用いた。

【0080】

20

また、実施例1と同様の方法により、貫通孔11の幅D、深さd、非貫通孔11間の距離Pを算出した。算出した貫通孔11の幅D、深さd、非貫通孔11間の距離P、比率d/Dの値を表4及び5に示す。

【0081】

[実施例13]

本実施例では、図10(a)及び(b)に示す回路部品300を製造した。回路部品300は、図10(b)に示すように、樹脂層310の厚さが一定でない。それ以外の構成は、図1に示す回路部品100と同等である。

【0082】

本実施例では、樹脂層310の最も薄い膜厚X<sub>1</sub>を75μmとし、最も厚い膜厚X<sub>2</sub>を450μmとした。絶縁性樹脂310には、最大粒子径35μmのフィラー(アルミナ粒子)が混合されているため、絶縁性樹脂310全体を75μmの厚さで成形することは難しいが、部分的に厚さを75μmとすることで成形が可能となった。部分的に膜厚が薄い領域(膜厚X<sub>1</sub>の領域)を設けることで、回路部品300の放熱性がより向上する。また、膜厚が薄い領域(膜厚X<sub>1</sub>の領域)は、発熱源である実装部品(LED)30が実装される部分に設けることが好ましい。

30

【0083】

本実施例では、絶縁性樹脂層310の厚さ、レーザー描画条件、図6に示すレーザー描画パターン各サイズ(N<sub>1</sub>～N<sub>4</sub>)及び回路配線の厚さ(メッキ膜の厚さ)を表2及び5に示すように変更した以外は、実施例1と同様の方法により回路部品300を製造した。尚、本実施例では、非貫通孔11の形成に実施例5で用いたUVレーザーを用いた。

40

【0084】

また、実施例1と同様の方法により、貫通孔11の幅D、深さd、非貫通孔11間の距離Pを算出した。算出した貫通孔11の幅D、深さd、非貫通孔11間の距離P、比率d/Dの値を表5に示す。

【0085】

[実施例14]

本実施例では、図10(a)及び(b)に示す回路部品300のように樹脂層310の厚さが一定でなく、且つ図9に示す回路部品200のように、セラミック層60を有する回路部品を製造した。本実施例で製造した回路部品は、樹脂層の厚さが一定でないこと

50

、及びセラミックス層を有すること以外の構成は、図 1 に示す回路部品 100 と同等である。本実施例では、樹脂層の最も薄い膜厚 X1 を  $65\ \mu\text{m}$  とし、最も厚い膜厚 X2 を  $450\ \mu\text{m}$  とした。

【0086】

まず、実施例 1 で用いたものと同様の金属部材に、脱脂及び化学エッチングを施した後、硬質アルマイト処理を行った（東亜電化、TAF-TR）。これにより、金属部材の全面に陽極酸化皮膜（アルマイト）が形成された。陽極酸化皮膜の膜厚は、 $50\ \mu\text{m}$  であった。

【0087】

陽極酸化皮膜を形成した金属部材を用い、絶縁性樹脂層の厚さ、レーザー描画条件、図 6 に示すレーザー描画パターンの各サイズ（ $N_1 \sim N_4$ ）及び回路配線の厚さ（メッキ膜の厚さ）を表 2 及び 5 に示すように変更した以外は、実施例 1 と同様の方法により、本実施例の回路部品を製造した。尚、本実施例では、非貫通孔の形成に実施例 5 で用いた UV レーザーを用いた。

10

【0088】

また、実施例 1 と同様の方法により、貫通孔 11 の幅 D、深さ d、非貫通孔 11 間の距離 P を算出した。算出した貫通孔 11 の幅 D、深さ d、非貫通孔 11 間の距離 P、比率  $d/D$  の値を表 5 に示す。

【0089】

更に、マイクロスコープ（キーエンス製、VH-6000）を用いて、本実施例の回路部品の断面観察を行った。図 11 に示すように、絶縁性樹脂層に非貫通孔が規則的に形成されている状態が観察された。

20

【0090】

[比較例 1]

本比較例では、非貫通孔 11 に替えて、基材 70 の配線領域 10A 全面に溝（凹部）によって構成される格子パターンを形成した。

【0091】

(1) 基材の作製

絶縁性樹脂層の厚さを  $150\ \mu\text{m}$  とした以外は、実施例 1 と同様の方法により、金属部材上に絶縁性樹脂層を形成した基材を製造した。

30

【0092】

(2) 格子パターンの形成

絶縁性樹脂層の表面の回路配線を形成する予定の領域（配線領域）に、表 3 に示すレーザー描画条件で、レーザー加工により格子パターンを形成した。格子パターンは、 $200\ \mu\text{m}$  ピッチの格子パターンとした。格子パターンを形成する溝の深さ（レーザー加工部の深さの最大値）は、 $130\ \mu\text{m}$  であった。

【0093】

(3) 回路配線の形成及び実装部品の実装

格子パターンを形成した基材に、実施例 1 と同様の方法により、回路配線を形成して、実装部品を実装した。これにより、本比較例の回路部品を得た。尚、電解メッキは、実施例 2 と同じ条件（メッキ液組成、電流密度、時間）で行い、回路配線の平均厚さが実施例 2 と同様になるように調整した。回路配線の平均厚さを表 5 に括弧書きで示す。

40

【0094】

[比較例 2 ~ 4]

比較例 2 ~ 4 も、比較例 1 と同様に、非貫通孔 11 に替えて、基材の配線領域全面に溝（凹部）によって構成される格子パターンを形成した。比較例 2 ~ 4 では、絶縁性樹脂層 10 の厚さ、レーザー描画条件及び回路配線の平均厚さを表 3 及び 5 に示すように変更した以外は、比較例 1 と同様の方法により回路部品を製造した。尚、比較例 3 及び 4 では、比較例 1 で用いた YVO<sub>4</sub> レーザーに代えて、UV レーザー（キーエンス製、3D レーザーマーカ、MD-U1000C、出力 2.5W）を用い、 $80\ \mu\text{m}$  ピッチの格子パターンを

50

レーザー描画した。

【0095】

[比較例5]

本比較例も、比較例1と同様に、非貫通孔11に替えて、基材の配線領域全面に溝(凹部)によって構成される格子パターンを形成した。但し、本比較例では、図10(a)及び(b)に示す回路部品300のように樹脂層310の厚さが一定でなく、且つ図9に示す回路部品200のように、セラミックス層60を有する回路部品を製造した。本比較例で製造した回路部品は、樹脂層の厚さが一定でないこと、及びセラミックス層を有すること以外の構成は、比較例1で製造した回路部品と同等である。本比較例では、樹脂層の最も薄い膜厚X1を65 $\mu\text{m}$ とし、最も厚い膜厚X2を450 $\mu\text{m}$ とした。

10

【0096】

まず、比較例1で用いたものと同様の金属部材に、脱脂及び化学エッチングを施した後、硬質アルマイト処理を行った(東亜電化、TAF-TR)。これにより、金属部材の全面に陽極酸化皮膜(アルマイト)が形成された。陽極酸化皮膜の膜厚は、50 $\mu\text{m}$ であった。

【0097】

陽極酸化皮膜を形成した金属部材を用い、絶縁性樹脂層の厚さ、レーザー描画条件及び回路配線の平均厚さを表3及び5に示すように変更した以外は、比較例1と同様の方法により、本比較例の回路部品を製造した。尚、本比較例では、比較例1で用いたYVO<sub>4</sub>レーザーに代えて、比較例3で用いたUVレーザーを用いた。

20

【0098】

[比較例6及び7]

比較例6及び7では、絶縁性樹脂層10の表面10aの回路配線20を形成する予定の領域(配線領域10A)に、複数の貫通孔11を形成した。比較例6及び7では、絶縁性樹脂層10の厚さ、レーザー描画条件、図6に示すレーザー描画パターンの各サイズ(N<sub>1</sub>~N<sub>4</sub>)及び回路配線の厚さ(メッキ膜の厚さ)を表3及び5に示すように変更した以外は、実施例1と同様の方法により回路部品100を製造した。尚、比較例6及び7では、実施例1で用いたYVO<sub>4</sub>レーザーに代えて、比較例3で用いたUVレーザーを用いた。

【0099】

また、実施例1と同様の方法により、貫通孔11の幅D、深さd、非貫通孔11間の距離Pを算出した。算出した貫通孔11の幅D、深さd、非貫通孔11間の距離P、比率d/Dの値を表5に示す。但し、比較例7の非貫通孔11の深さdは、断面観察により求めた。

30

【0100】

40

50

【表 1】

		実施例							
		1	2	3	4	5	6	7	8
セラミックス層		—	—	—	—	—	—	—	—
樹脂層の厚さ (μm)		200	150	150	150	200	100	100	100
レーザー 描画 条件	レーザー種類	YVO <sub>4</sub>	YVO <sub>4</sub>	YVO <sub>4</sub>	YVO <sub>4</sub>	UV	UV	UV	UV
	パワー (%)	80	80	80	80	80	80	80	80
	線速 (mm/s)	30	100	400	800	20	200	200	100
	周波数 (kHz)	50	50	50	50	50	100	100	100
	描画回数	1	1	1	1	3	1	1	1
レーザー 描画 パターン サイズ	N1 (μm)	35	35	35	35	10	10	10	10
	N2 (μm)	365	215	215	215	90	90	90	90
	N3 (μm)	200	160	200	200	80	80	80	80
	N4 (μm)	200	125	125	125	50	50	50	50

10

20

【 0 1 0 1 】

【表 2】

		実施例					
		9	10	11	12	13	14
セラミックス層		—	—	—	—	—	アルマイト
樹脂層の厚さ (μm)		150	100	100	100	75~450	65~450
レーザー 描画 条件	レーザー種類	UV	UV	UV	UV	UV	UV
	パワー (%)	80	80	80	80	80	80
	線速 (mm/s)	20	20	20	20	20	20
	周波数 (kHz)	100	100	100	100	100	100
	描画回数	1	1	1	1	1	1
レーザー 描画 パターン サイズ	N1 (μm)	10	10	10	10	10	10
	N2 (μm)	90	70	110	190	90	90
	N3 (μm)	80	60	100	120	80	80
	N4 (μm)	50	40	60	100	50	50

30

40

【 0 1 0 2 】

50

【表 3】

		比較例						
		1	2	3	4	5	6	7
セラミックス層		—	—	—	—	アルマイト	—	—
樹脂層の厚さ (μm)		150	150	100	100	65~450	100	420
レーザー 描画 条件	レーザー種類	YVO <sub>4</sub>	YVO <sub>4</sub>	UV	UV	UV	UV	UV
	パワー (%)	80	80	80	80	80	80	80
	線速 (mm/s)	800	1600	200	600	600	200	20
	周波数 (kHz)	50	50	100	100	100	100	50
	描画回数	1	1	1	1	1	1	10
レーザー 描画 パターン サイズ	N1 (μm)	—	—	—	—	—	10	10
	N2 (μm)	—	—	—	—	—	90	90
	N3 (μm)	—	—	—	—	—	80	80
	N4 (μm)	—	—	—	—	—	50	50

## 【0103】

## [回路部品の評価]

以上説明した実施例 1 ~ 14 及び比較例 1 ~ 7 で作製した回路部品について、以下の評価を行った。評価結果を表 4 及び 5 に示す。また、表 4 及び 5 には、評価結果に併せて、実施例 1 ~ 14 及び比較例 1 ~ 7 の回路部品に関する下記の値も記載する。非貫通孔 11 の幅  $D$  及び深さ  $d$ 、比率  $d/D$ 、非貫通孔 11 間の距離  $P$ 、比率  $P/D$ 、配線領域 10A の表面粗さ ( $R_a$ )、比率  $d/5$ 、回路配線の下樹脂層の厚さ  $B$ 、距離  $C$ 、回路配線の厚さ  $A$ 、 $D/2$  又は  $d/2$  の小さい方の値。また、比較例 1 ~ 5 に関しては、非貫通孔 11 の深さ  $d$ 、及び回路配線の厚さ  $A$  に替えて、格子パターンを形成する溝の深さ、及び回路配線の平均厚さを、それぞれ表 5 に括弧書きで記載した。

## 【0104】

## (1) 回路配線 (メッキ膜) の密着性試験

上述した実施例 1 ~ 14 及び比較例 1 ~ 7 で作製した回路部品とは別に、各実施例及び比較例の密着性試験用の試料を以下の方法で作製した。まず、実施例 1 ~ 14 及び比較例 1 ~ 7 に用いたものと同じ材料の金属部材及び絶縁性樹脂層からなる基材を用意した。基材の絶縁性樹脂層上に、各実施例及び比較例と同様のレーザー描画を行った。レーザー描画を行った基材上に、無電解ニッケルリンメッキ膜を  $1\mu\text{m}$  形成し、更にその上に、 $40\mu\text{m}$  の電解銅メッキを形成して、密着性試験用の試料とした。尚、試料上のメッキ膜の大きさは、幅  $2\text{mm}$ 、長さ  $40\text{mm}$  とした。垂直引っ張り試験により、測定用試料のメッキ膜の密着強度を測定し、回路配線 (メッキ膜) の密着性を以下の評価基準に従って評価した。

## 【0105】

## &lt;密着性の評価基準&gt;

A : 測定用試料のメッキ膜の密着強度が  $15\text{N/cm}$  以上であった。

B : 測定用試料のメッキ膜の密着強度が  $10\text{N/cm}$  以上、且つ  $15\text{N/cm}$  未満であった。

C : 測定用試料のメッキ膜の密着強度が  $1\text{N/cm}$  以上、且つ  $3\text{N/cm}$  未満であった。

E : 測定用試料のメッキ膜の密着強度が  $1\text{N/cm}$  未満であった。

## 【0106】

## (2) 絶縁性樹脂層の絶縁性試験

10

20

30

40

50

実施例 1 ~ 14 及び比較例 1 ~ 7 で作製した回路部品において、500V の電圧を回路配線 20 と金属部材 50 との間に印加して、テスターを用いて回路配線 20 と金属部材 50 との間の抵抗値を測定し、以下の絶縁性の評価基準に基づいて、絶縁性樹脂層の絶縁性を評価した。尚、実施例 14 及び比較例 5 においては、絶縁性樹脂層が形成されていない箇所のアルマイト層の一部を金属やすりで切削して金属部材を露出させ、回路配線 20 と金属部材 50 との間の抵抗を測定した。

【0107】

< 絶縁性の評価基準 >

A : 回路配線 20 と金属部材 50 との間の抵抗値が 5000M 以上であった。

B : 回路配線 20 と金属部材 50 との間の抵抗値が 1000M 以上、且つ 5000M 未満であった。

C : 回路配線 20 と金属部材 50 との間の抵抗値が 1M 以下であった。

E : 回路配線 20 と金属部材 50 とが短絡していることが確認された。

【0108】

(3) 回路部品の放熱性試験

実施例 1 ~ 14 及び比較例 1 ~ 7 で作製した回路部品において、実装部品 (LED) 30 の端部に熱電対を接着させてから、一定電流 (0.8A) を流して LED 30 を点灯させ、点灯してから 30 分後の LED 30 の温度を測定した。回路部品上の全ての LED 30 の平均温度を計算し、以下の評価基準に従って、回路部品の放熱性を評価した。但し、上述の (2) 絶縁性樹脂層の絶縁性試験において、回路配線 20 と金属部材 50 とが短絡が確認された (評価結果 : E) 回路部品については、電流が金属部材を介して流れてしまい、正確な値が測定できないため、本試験は行わなかった。

【0109】

< 回路部品の放熱性の評価基準 >

A : 点灯してから 30 分後の LED 表面温度が 90 以下であった。

B : 点灯してから 30 分後の LED 表面温度が 90 を超え、且つ 100 以下であった。

C : 点灯してから 30 分後の LED 表面温度が 100 を超え、且つ 120 以下であった。

E : 点灯してから 30 分後の LED 表面温度が 120 を越えた。

【0110】

(4) 回路配線 (メッキ膜) の平坦性評価

実施例 1 ~ 14 及び比較例 1 ~ 7 で作製した回路部品において、マイクロスコープを用いて回路配線 20 のメッキ表面を観察し、回路配線の幅方向における断面プロファイル (高さプロファイル) から最大高さ と 最小深さ の差を測定した。この測定を 3 視野行い、平均値を回路配線の表面粗さとし、以下の平坦性の評価基準に基づいて平坦性を評価した。

【0111】

< 平坦性の評価基準 >

A : 回路配線の表面粗さが 5 μm 以下であった。

B : 回路配線の表面粗さが 5 μm を超え、且つ 10 μm 以下であった。

C : 回路配線の表面粗さが 10 μm を超え、且つ 20 μm 以下であった。

E : 回路配線の表面粗さが 20 μm を超えていた。

【0112】

10

20

30

40

50

【表 4】

		実施例											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
絶縁性樹脂層	非貫通孔の幅 D (μm)	155	152	110	102	54	39	40	38	41	42	40	41
	非貫通孔の深さ d (μm)	178	132	98	75	115	61	41	24	61	60	61	63
	比率 d/D	1.15	0.87	0.89	0.74	2.13	1.56	1.03	0.63	1.49	1.43	1.53	1.54
	非貫通孔間の距離 P (μm)	128	51	126	134	40	55	54	56	53	30	77	115
	比率 P/D	0.82	0.34	1.14	1.31	0.75	1.42	1.36	1.48	1.30	0.72	1.92	2.81
	配線領域 10A の表面粗さ (Ra) (d/5)	13	12	14	12	4	4	5	4	4	4	4	4
	回路配線下の樹脂層の厚さ B (μm)	35.6	26.4	19.6	15	23	12	8	5	12	12	12	13
	回路配線下の樹脂層の厚さ B (μm)	194	145	143	144	197	96	97	98	146	98	97	98
	回路配線下の樹脂層の厚さ C (μm)	16	13	45	69	82	35	56	74	85	38	36	35
	回路配線の厚さ A (μm)	100	80	80	80	50	50	50	50	50	50	50	50
D/2 及び d/2 の小さい方の値 (μm)	77.5	66	49	38	27	19.5	20	12	20.5	21	20	20.5	
回路配線評価結果	(1) 密着性	A	A	A	B	A	A	A	B	A	A	A	A
	(2) 絶縁性	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	(3) 放熱性	B	B	B	B	B	A	B	B	B	A	A	A
	(4) 平坦性	C	C	B	C	B	A	A	B	A	B	B	B

【 0 1 1 3 】

10

20

30

40

50

【表 5】

	実施例		比較例						
	13	14	1	2	3	4	5	6	7
非貫通孔の幅 D (μm)	40	40	—	—	—	—	—	40	68
非貫通孔の深さ d (μm)	62	58	(130)	(90)	(80)	(52)	(51)	15	(352)
比率 d/D	1.55	1.45	—	—	—	—	—	0.38	5.18
非貫通孔間の距離 P (μm)	54	54	—	—	—	—	—	54	26
比率 P/D	1.36	1.36	—	—	—	—	—	1.36	0.39
配線領域 10A の表面粗さ (Ra)	5	4	—	—	—	—	—	3	5
(d/5)	12	12	—	—	—	—	—	3	70
回路配線下の樹脂層の 厚さ B (μm)	73	62	—	—	—	—	—	97	445
距離 C (μm)	11	4	20	60	20	48	14	82	93
回路配線の厚さ A (μm)	50	50	(80)	(80)	(80)	(50)	(50)	50	50
D/2 及び d/2 の 小さい方の値 (μm)	20	20	—	—	—	—	—	8	34
(1) 密着性	A	A	B	C	B	C	C	E	B
(2) 絶縁性	B	A	E	C	E	C	E	A	E
(3) 放熱性	A	A	—	E	—	E	—	E	—
(4) 平坦性	A	B	E	E	E	E	E	A	C
絶縁性樹脂層									
回路配線									
評価結果									

## 【0114】

表 4 及び 5 に示すように、実施例 1 ~ 14 で作製した回路部品は、全ての評価結果が良好であり、高い放熱性と回路配線の高い密着性とを両立しており、更に、回路配線と金属部材が確実に絶縁されており、回路配線の表面が平坦であることが確認できた。また、実施例 1 ~ 14 の回路部品では、配線領域 10A の表面粗さ (Ra) が非貫通孔 11 の深さ d の 1/5 以下であり、比率 P/D が 0.3 ~ 3 であり、回路配線(メッキ膜) 20 の厚さ A が非貫通孔の 11 深さ d の 1/2 より大きいか、又は幅 D の 1/2 より大きく、非貫通孔の幅 D が 10 ~ 200 μm であり、樹脂層の厚さ B が 30 ~ 200 μm であり、距離 C が 5 ~ 100 μm であった。

## 【0115】

10

20

30

40

50

一方、非貫通孔 1 1 を形成するのに替えて、配線領域 1 0 A の全面に溝（凹部）により構成された格子パターンを形成した比較例 1 ~ 5 は、平坦性の評価結果が不良であった（評価結果：E）。これは、配線領域 1 0 A 全面に格子パターンによる凹凸が形成されたため、その上に形成されるメッキ膜の平坦性を悪化させたと推測される。

【0116】

更に、比較例 1、3 及び 5 では、平坦性の評価結果に加えて、絶縁性の評価結果も不良であり（評価結果：E）、このため、放熱性試験は行わなかった。この原因は以下のように推測される。レーザー描画により格子状の溝形状を形成する場合、交点部分はレーザー光が 2 回照射されるため、溝の深さのバラつきが大きくなる。顕微鏡観測では、絶縁性樹脂層の厚さよりも浅い深さの溝しか観測されなかった。しかし、実際の格子パターン内には、絶縁性樹脂層の厚さよりも深い溝が形成された箇所が存在し、このため、絶縁性が低下したと考えられる。

10

【0117】

また、比較例 2 及び 4 では、平坦性の評価結果に加えて、放熱性の評価結果も不良であった（評価結果：E）。この原因は以下のように推測される。まず、1 つ目の要因として、メッキ膜の平滑性が低下したことで、メッキ膜と実装部品との間のハンダの膜厚が厚くなったと推測される。また、2 つ目の要因として、比較例 2 及び 4 は、それぞれ、比較例 1 及び 3 と比較して、溝の深さを小さくすることで絶縁性が向上したが、メッキ膜と絶縁性樹脂層との密着性が低下した（評価結果：C）。このため、メッキ膜から絶縁性樹脂層への熱抵抗が増大したと推測される。更に、3 つ目の要因として、溝の深さを浅くしたことで、メッキ膜と金属部材との間の絶縁性樹脂層の厚さ（距離 C）が厚くなり、金属部材への熱伝達が低下したと推測される。

20

【0118】

また、非貫通孔 1 1 の比率  $d / D$  が 0.5 未満である比較例 6 は、密着性及び放熱性の評価結果が不良であった（評価結果：E）。比較例 6 では、上述した比較例 2 及び 4 の放熱性低下の 2 つ目、及び 3 つ目の要因と同様に、メッキ膜と絶縁性樹脂層との密着性の低下、メッキ膜と金属部材との間の絶縁性樹脂層の厚さ（距離 C）の増加によって、放熱性が低下したと推測される。

【0119】

また、非貫通孔 1 1 の比率  $d / D$  が 5 以上である比較例 7 は、絶縁性の評価結果が不良であり（評価結果：E）、このため、放熱性試験は行わなかった。この原因は以下のように推測される。比較例 7 では、非貫通孔 1 1 を深くするため、レーザー描画回数を増やした（レーザー描画回数：10 回）。断面観察では、非貫通孔 1 1 の底と金属部材との間の絶縁性樹脂層の厚さ（距離 C）は  $93 \mu\text{m}$  であったが、レーザー描画回数が多いため、非貫通孔 1 1 と金属部材との間の絶縁性樹脂層は脆くなったと推測される。脆くなった絶縁性樹脂層にメッキ液が浸透してメッキ膜が成長し、これにより、回路配線（メッキ膜）と金属部材とが短絡した推測される。

30

【産業上の利用可能性】

【0120】

本発明の回路部品は、放熱性が高い。このため、本発明の回路部品は、LED 等の実装部品を実装した部品に適しており、スマートフォンや自動車の部品に応用可能である。

40

【符号の説明】

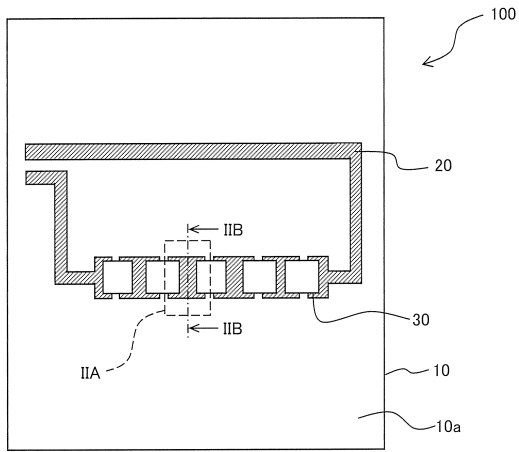
【0121】

- 1 0 絶縁性樹脂層
- 1 1 非貫通孔（凹部）
- 2 0 回路配線
- 3 0 実装部品（LED）
- 5 0 金属部材
- 7 0 基材
- 1 0 0 回路部品

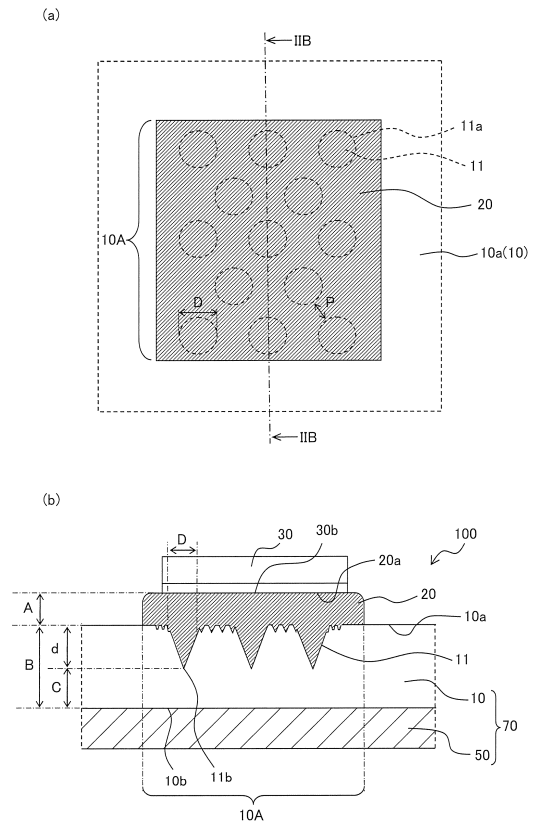
50

【図面】

【図 1】



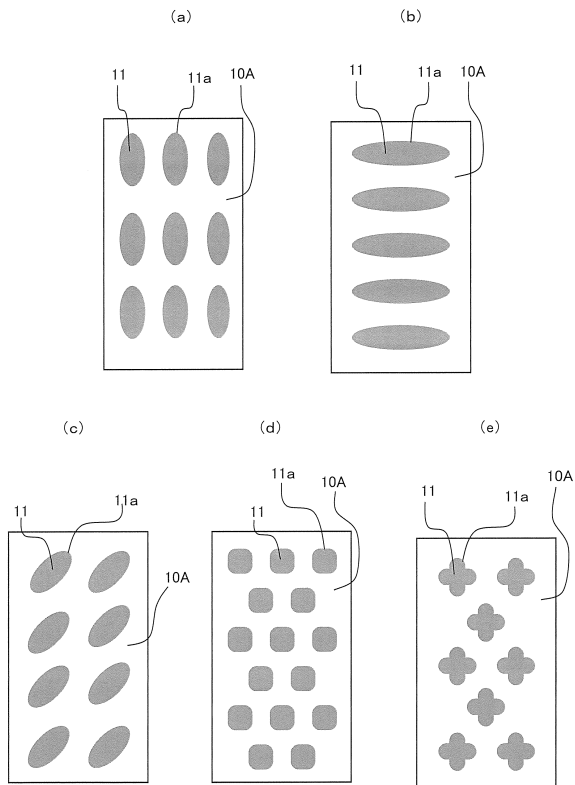
【図 2】



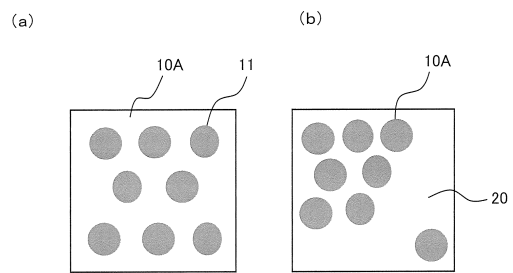
10

20

【図 3】



【図 4】

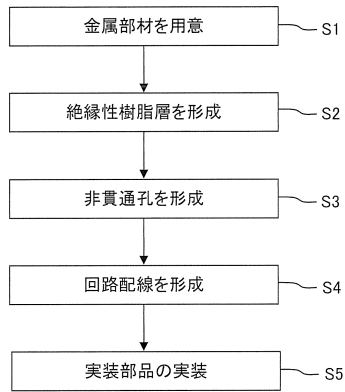


30

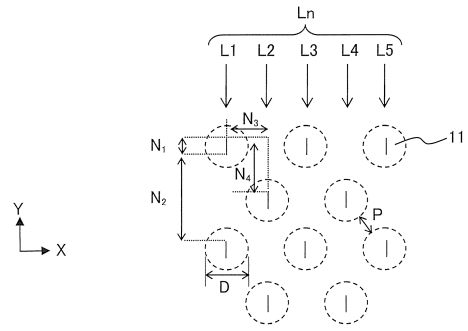
40

50

【図5】

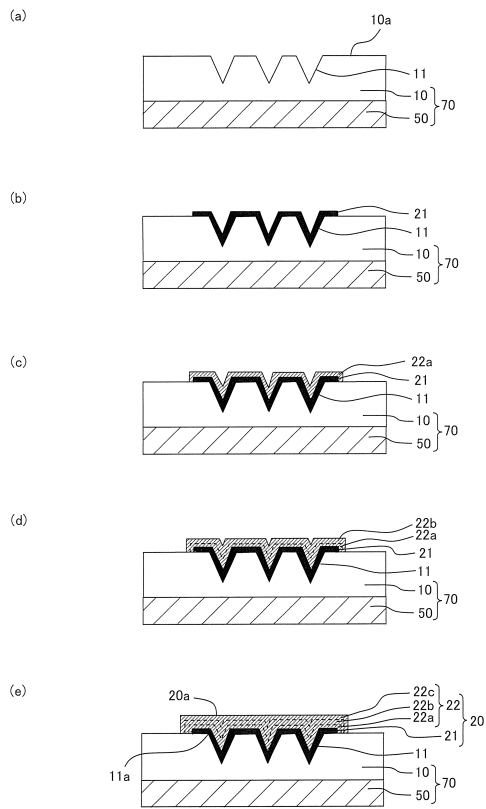


【図6】

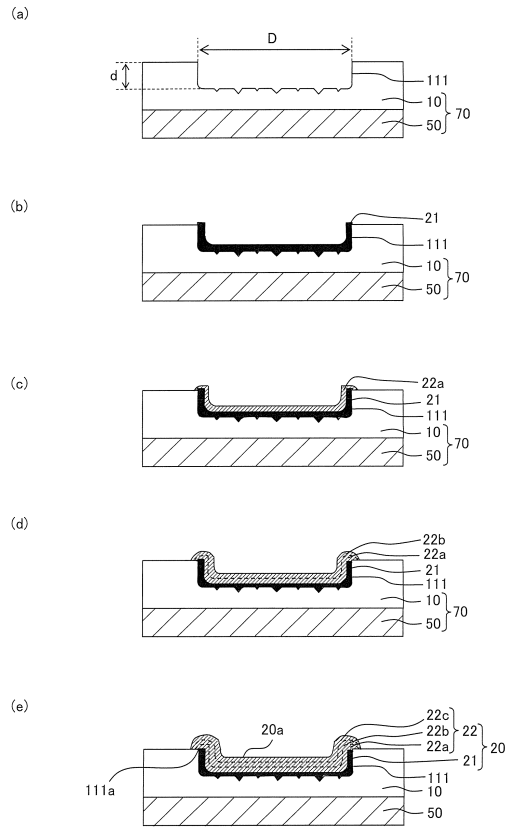


10

【図7】



【図8】



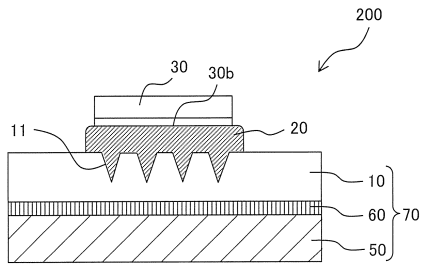
20

30

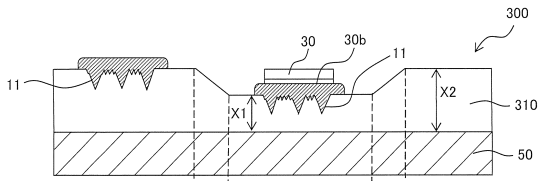
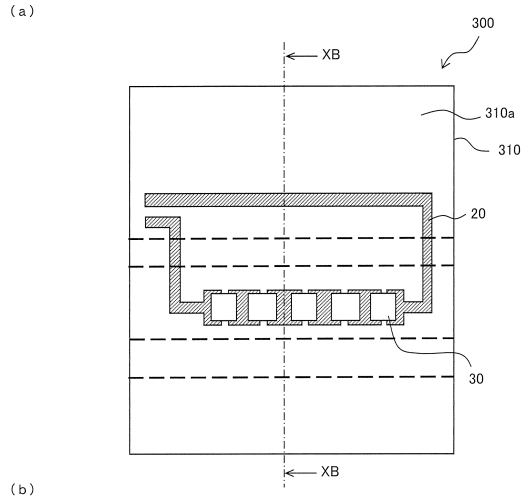
40

50

【 9 】



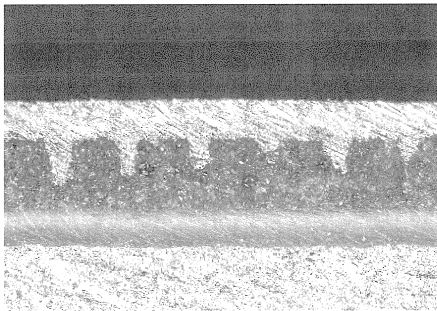
【 1 0 】



10

20

【 1 1 】



30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I			
<i>H 0 5 K</i>	<i>1/02 (2006.01)</i>	H 0 5 K	3/38	A
		H 0 5 K	1/02	F
		H 0 5 K	1/02	C
		H 0 5 K	1/02	J
		H 0 5 K	1/02	Q

マクセル株式会社内

(72)発明者 北村 敏幸  
東京都北区赤羽南2丁目5番1号 三恵技研工業株式会社内

審査官 萩原 周治

(56)参考文献 特開平07-188935(JP,A)  
特開2006-120840(JP,A)  
国際公開第2019/172405(WO,A1)  
米国特許出願公開第2017/0009974(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
C 2 3 C 1 8 / 0 0 - 2 0 / 0 8  
C 2 5 D 5 / 0 0 - 7 / 1 2  
H 0 5 K 3 / 0 0  
H 0 5 K 3 / 1 0 - 3 / 2 6  
H 0 5 K 3 / 3 8  
H 0 5 K 1 / 0 0 - 1 / 0 2