

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7344297号  
(P7344297)

(45)発行日 令和5年9月13日(2023.9.13)

(24)登録日 令和5年9月5日(2023.9.5)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 5 K 3/10 (2006.01) H 0 5 K 3/10 D

請求項の数 2 (全13頁)

(21)出願番号	特願2021-536532(P2021-536532)	(73)特許権者	000237271 株式会社F U J I 愛知県知立市山町茶碓山19番地
(86)(22)出願日	令和1年7月31日(2019.7.31)	(74)代理人	110000992 弁理士法人ネクスト
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/029943	(72)発明者	富永 亮二郎 愛知県知立市山町茶碓山19番地 株式会社F U J I内
(87)国際公開番号	WO2021/019707	(72)発明者	榑原 亮 愛知県知立市山町茶碓山19番地 株式会社F U J I内
(87)国際公開日	令和3年2月4日(2021.2.4)	(72)発明者	竹内 佑 愛知県知立市山町茶碓山19番地 株式会社F U J I内
審査請求日	令和3年10月15日(2021.10.15)	(72)発明者	橋本 良崇
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3次元積層造形による回路配線の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

樹脂材料で形成された樹脂部材の上に、金属粒子を含む流体を吐出する吐出工程と、前記樹脂部材の上に吐出した前記金属粒子を含む流体を、加熱温度で加熱して硬化させ回路配線を形成する工程であって、前記樹脂材料のガラス転移点、前記樹脂材料の線膨張係数、及び室温に基づく前記加熱温度で加熱する回路配線形成工程と、

を含み、

前記回路配線形成工程は、

前記吐出工程で吐出された前記金属粒子を含む流体を、吐出された位置において前記加熱温度で加熱して硬化させ、吐出した位置に前記回路配線を形成する工程であり、

10

前記樹脂材料は、

前記ガラス転移点が、前記加熱温度に比べて高い材料であり、

前記ガラス転移点以下における前記線膨張係数である第1線膨張係数、前記回路配線形成工程の加熱による前記樹脂部材の膨張の上限を示す上限値を用いて、次式、

$$(前記加熱温度 - 室温) \times 前記第1線膨張係数 < 上限値$$

を満たす前記加熱温度により前記回路配線形成工程における加熱を行ない、

前記回路配線形成工程の加熱による前記樹脂部材の膨張の上限を示す上限値とは、

前記回路配線形成工程の加熱によって前記樹脂部材が膨張する膨張量であって、前記回路配線に膨れ及び割れが発生しない範囲の上限を示す膨張量であり、

前記回路配線形成工程において、前記樹脂部材の上に吐出した前記金属粒子を含む流体を

20

加熱する際に、前記樹脂部材を載置する基材を冷却して、前記樹脂部材の温度上昇を抑制する、3次元積層造形による回路配線の製造方法。

【請求項2】

前記基材の上に前記樹脂材料を吐出する第2吐出工程と、  
前記基材の上に吐出した前記樹脂材料を硬化する硬化工程と、  
前記第2吐出工程及び前記硬化工程を繰り返し実行し、前記樹脂部材として絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、  
を含む、請求項1に記載の3次元積層造形による回路配線の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、3次元積層造形を用いた回路配線の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、3次元積層造形に関し、種々の技術が提案されている。例えば、下記特許文献1には、3次元積層造形により電子部品と回路配線を含んだ積層ユニットを形成する技術が開示されている。特許文献1に記載された積層ユニット形成装置は、紫外線硬化樹脂を基材の上に吐出して硬化することで絶縁層を形成する。積層ユニット形成装置は、絶縁層の上に金属インクを吐出した後、金属インクにレーザを照射して金属インクを焼成し、回路配線を形成している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第WO/2019/102522号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記した回路配線の製造方法では、金属インクを焼成する際に、金属インクの下側の絶縁層にも熱が加わる。絶縁層は、加熱されることで、絶縁層を構成する樹脂材料の線膨張係数に応じて膨張する。絶縁層が膨張することで、絶縁層の上に形成される回路配線の一部が膨れる、あるいは割れる虞があることが問題となる。

【0005】

そこで、本開示は、上述した点を鑑みてなされたものであり、3次元積層造形により樹脂部材の上に回路配線を形成する場合に、回路配線の膨れや割れを抑制できる3次元積層造形による回路配線の製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書は、樹脂材料で形成された樹脂部材の上に、金属粒子を含む流体を吐出する吐出工程と、前記樹脂部材の上に吐出した前記金属粒子を含む流体を、加熱温度で加熱して硬化させ回路配線を形成する工程であって、前記樹脂材料のガラス転移点、前記樹脂材料の線膨張係数、及び室温に基づく前記加熱温度で加熱する回路配線形成工程と、を含み、前記回路配線形成工程は、前記吐出工程で吐出された前記金属粒子を含む流体を、吐出された位置において前記加熱温度で加熱して硬化させ、吐出した位置に前記回路配線を形成する工程であり、前記樹脂材料は、前記ガラス転移点が、前記加熱温度に比べて高い材料であり、前記ガラス転移点以下における前記線膨張係数である第1線膨張係数、前記回路配線形成工程の加熱による前記樹脂部材の膨張の上限を示す上限値を用いて、次式、(前記加熱温度 - 室温) × 前記第1線膨張係数 < 上限値を満たす前記加熱温度により前記回路配線形成工程における加熱を行ない、前記回路配線形成工程の加熱による前記樹脂部材の膨張の上限を示す上限値とは、前記回路配線形成工程の加熱によって前記樹脂部材が膨張する膨張量であって、前記回路配線に膨れ及び割れが発生しない範囲の上限を示す膨張量

10

20

30

40

50

であり、前記回路配線形成工程において、前記樹脂部材の上に吐出した前記金属粒子を含む流体を加熱する際に、前記樹脂部材を載置する基材を冷却して、前記樹脂部材の温度上昇を抑制する、3次元積層造形による回路配線の製造方法を開示する。

【発明の効果】

【0007】

本開示によれば、樹脂材料は、軟化が開始されるガラス転移点の前後で、線膨張係数が大きく変化する。一般的には、ガラス転移点以上の線膨張係数は、ガラス転移点以下の線膨張係数に比べて、急激に大きくなる。また、回路配線の割れや膨れに影響を与える要因として、樹脂部材を形成する樹脂材料のガラス転移点、線膨張係数、室温、金属粒子を含む流体を加熱する加熱温度がある。そこで、ガラス転移点、線膨張係数、室温に基づいた加熱温度を用いた加熱を行なう。これにより、回路配線形成工程の加熱による樹脂部材の膨張を、所望の上限以下に抑えることができ、回路配線の膨れや割れを抑制することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】積層ユニット形成装置を示す図である。

【図2】制御装置を示すブロック図である。

【図3】制御装置を示すブロック図である。

【図4】吐出工程を示す図である。

【図5】回路配線形成工程を示す図である。

20

【図6】2種類の紫外線硬化樹脂の線膨張係数と、ガラス転移点の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本開示の好適な実施形態を、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0010】

(1) 積層ユニット形成装置の構成

図1に積層ユニット形成装置10を示す。積層ユニット形成装置10は、搬送装置20と、第1造形ユニット22と、第2造形ユニット24と、装着ユニット26と、第3造形ユニット200と、制御装置27(図2, 図3参照)を備える。それら搬送装置20、第1造形ユニット22、第2造形ユニット24、装着ユニット26、第3造形ユニット200は、積層ユニット形成装置10のベース28の上に配置されている。ベース28は、平面視において概して長方形をなしている。以下の説明では、ベース28の長手方向をX軸方向、ベース28の短手方向をY軸方向、X軸方向及びY軸方向の両方に直交する方向をZ軸方向と称して説明する。

30

【0011】

搬送装置20は、X軸スライド機構30と、Y軸スライド機構32とを備えている。そのX軸スライド機構30は、X軸スライドレール34と、X軸スライダ36とを有している。X軸スライドレール34は、X軸方向に延びるように、ベース28の上に配設されている。X軸スライダ36は、X軸スライドレール34によって、X軸方向にスライド可能に保持されている。さらに、X軸スライド機構30は、電磁モータ38(図2参照)を有しており、電磁モータ38の駆動により、X軸スライダ36をX軸方向の任意の位置に移動させる。また、Y軸スライド機構32は、Y軸スライドレール50と、ステージ52とを有している。Y軸スライドレール50は、Y軸方向に延びるように、ベース28の上に配設されている。Y軸スライドレール50の一端部は、X軸スライダ36に連結されている。そのため、Y軸スライドレール50は、X軸方向に移動可能とされている。ステージ52は、Y軸スライドレール50によって、Y軸方向にスライド可能に保持されている。Y軸スライド機構32は、電磁モータ56(図2参照)を有しており、電磁モータ56の駆動により、ステージ52をY軸方向の任意の位置に移動させる。これにより、ステージ52は、X軸スライド機構30及びY軸スライド機構32の駆動により、ベース28上の

40

50

任意の位置に移動する。

【 0 0 1 2 】

ステージ 5 2 は、基台 6 0 と、保持装置 6 2 と、昇降装置 6 4 と、冷却装置 6 6 とを有している。基台 6 0 は、平板状に形成され、上面に基材 7 0 ( 図 4 参照 ) が載置される。保持装置 6 2 は、X 軸方向における基台 6 0 の両側部に設けられている。保持装置 6 2 は、基台 6 0 に載置された基材 7 0 の X 軸方向の両縁部を挟むことで、基台 6 0 に対して基材 7 0 を固定的に保持する。また、昇降装置 6 4 は、基台 6 0 の下方に配設されており、基台 6 0 を Z 軸方向で昇降させる。

【 0 0 1 3 】

また、冷却装置 6 6 は、基台 6 0 に載置された基材 7 0 を冷却する装置である。冷却装置 6 6 の構成は、特に限定されないが、例えば、ガスを冷媒として用いる気体冷却装置、液体を冷媒として用いる液体冷却装置、ヒートパイプを用いた装置等を採用できる。冷却装置 6 6 は、制御装置 2 7 ( 図 2 参照 ) の制御に基づいて駆動し、基材 7 0 を冷却することで、基材 7 0 上に形成した造形物を冷却する。

10

【 0 0 1 4 】

第 1 造形ユニット 2 2 は、ステージ 5 2 の基台 6 0 に載置された基材 7 0 の上に回路配線を造形するユニットであり、第 1 印刷部 7 2 と、焼成部 7 4 とを有している。第 1 印刷部 7 2 は、インクジェットヘッド 7 6 ( 図 2 参照 ) を有しており、基台 6 0 に載置された基材 7 0 の上に、金属インクを線状に吐出する。金属インクは、本開示の金属粒子を含む流体の一例である。金属インクは、例えば、ナノメートルサイズの金属 ( 銀など ) の微粒子を溶剤中に分散させたものであり、熱により焼成され硬化する。金属微粒子の表面は、例えば、分散剤によりコーティングされており、溶剤中での凝集が抑制されている。なお、インクジェットヘッド 7 6 は、例えば、圧電素子を用いたピエゾ方式によって複数のノズルから金属インクを吐出する。また、金属粒子を含む流体を吐出する装置としては、複数のノズルを備えるインクジェットヘッドに限らず、例えば、1 つのノズルを備えたディスプレイでも良い。また、金属インクに含まれる金属の種類は、銀に限らず、銅、金等でも良い。また、金属インクに含まれる金属の種類数は、1 種類に限らず、複数種類でも良い。

20

【 0 0 1 5 】

焼成部 7 4 は、照射装置 7 8 ( 図 2 参照 ) を有している。照射装置 7 8 は、例えば、基材 7 0 の上に吐出された金属インクを加熱する赤外線ヒータを備えている。金属インクは、赤外線ヒータから熱を付与されることで焼成され、回路配線を形成する。ここでいう金属インクの焼成とは、例えば、エネルギーを付与することによって、溶媒の気化や金属微粒子の保護膜、つまり、分散剤の分解等が行われ、金属微粒子が接触又は融着をすることで、導電率が高くなる現象である。そして、金属インクを焼成することで、回路配線を形成することができる。なお、金属インクを加熱する装置は、赤外線ヒータに限らない。例えば、積層ユニット形成装置 1 0 は、金属インクを加熱する装置として、赤外線ランプ、レーザ光を金属インクに照射するレーザ照射装置、あるいは金属インクを吐出された基材 7 0 を炉内に入れて加熱する電気炉を備えても良い。また、金属インクを加熱する温度は、例えば、金属インクに含まれる金属の融点よりも低い焼成の温度に限らず、金属の融点よりも高い温度でも良い。

30

40

【 0 0 1 6 】

また、第 2 造形ユニット 2 4 は、基台 6 0 に載置された基材 7 0 の上に絶縁層 ( 本開示の樹脂部材の一例 ) を造形するユニットであり、第 2 印刷部 8 4 と、硬化部 8 6 とを有している。第 2 印刷部 8 4 は、インクジェットヘッド 8 8 ( 図 2 参照 ) を有しており、基台 6 0 に載置された基材 7 0 の上に紫外線硬化樹脂を吐出する。紫外線硬化樹脂は、紫外線の照射により硬化する樹脂である。なお、インクジェットヘッド 8 8 が紫外線硬化樹脂を吐出する方式は、例えば、圧電素子を用いたピエゾ方式でもよく、樹脂を加熱して気泡を発生させ複数のノズルから吐出するサーマル方式でも良い。

【 0 0 1 7 】

50

硬化部 86 は、平坦化装置 90 ( 図 2 参照 ) と、照射装置 92 ( 図 2 参照 ) とを有している。平坦化装置 90 は、インクジェットヘッド 88 によって基材 70 の上に吐出された紫外線硬化樹脂の上面を平坦化するものである。平坦化装置 90 は、例えば、紫外線硬化樹脂の表面を均しながら余剰分の樹脂を、ローラもしくはブレードによって掻き取ることで、紫外線硬化樹脂の厚みを均一にさせる。また、照射装置 92 は、光源として水銀ランプもしくは LED を備えており、基材 70 の上に吐出された紫外線硬化樹脂に紫外線を照射する。これにより、基材 70 の上に吐出された紫外線硬化樹脂が硬化し、絶縁層を形成することができる。

#### 【 0018 】

また、装着ユニット 26 は、基台 60 に載置された基材 70 の上に、電子部品やプローブピンを装着するユニットであり、供給部 100 と、装着部 102 とを有している。供給部 100 は、テーピング化された電子部品を 1 つずつ送り出すテープフィーダ 110 ( 図 2 参照 ) を複数有しており、各供給位置において、電子部品を供給する。さらに、供給部 100 は、プローブピンが立った状態で並べられたトレイ 201 ( 図 2 参照 ) を有しており、トレイ 201 からピックアップされることが可能な状態でプローブピンを供給する。電子部品は、例えば、温度センサ等のセンサ素子である。また、プローブピンとは、1 つの積層ユニットの回路配線と、他の積層ユニットの回路配線とを電気的に接続する部材である。なお、電子部品の供給は、テープフィーダ 110 による供給に限らず、トレイによる供給でも良い。また、プローブピンの供給は、トレイ 201 による供給に限らず、テープフィーダによる供給でも良い。また、電子部品とプローブピンの供給は、テープフィーダによる供給とトレイによる供給との両方、あるいはそれ以外の供給でも良い。

#### 【 0019 】

装着部 102 は、装着ヘッド 112 ( 図 2 参照 ) と、移動装置 114 ( 図 2 参照 ) とを有している。装着ヘッド 112 は、電子部品、又はプローブピンを吸着保持するための吸着ノズルを有している。吸着ノズルは、正負圧供給装置 ( 図示省略 ) から負圧が供給されることで、エアの吸引により電子部品等を吸着保持する。そして、正負圧供給装置から僅かな正圧が供給されることで、電子部品等を離脱する。また、移動装置 114 は、テープフィーダ 110 の供給位置又はトレイ 201 と、基台 60 に載置された基材 70 との間で、装着ヘッド 112 を移動させる。これにより、装着部 102 は、吸着ノズルにより電子部品等を保持し、吸着ノズルによって保持した電子部品等を、基材 70 の上に配置する。

#### 【 0020 】

第 3 造形ユニット 200 は、基台 60 に載置された基材 70 の上に、導電性接着剤を吐出するユニットである。導電性接着剤は、加熱により硬化する導電性ペーストであり、例えば、回路配線同士を接続するスルーホール形成や、電子部品の端子の電気的な接続 ( 固定 ) に使用される。第 3 造形ユニット 200 は、導電性接着剤を吐出する装置としてディスペンサー 202 ( 図 3 参照 ) を有する。尚、導電性接着剤を吐出等する装置は、ディスペンサーに限らず、スクリーン印刷装置やグラビア印刷装置でも良い。

#### 【 0021 】

ディスペンサー 202 は、絶縁層の貫通孔内や絶縁層の表面等に導電性接着剤を吐出する。貫通孔に充填された導電性接着材は、例えば、第 1 造形ユニット 22 の焼成部 74 によって加熱され硬化することでスルーホールを形成する。また、絶縁層の表面に吐出された導電性接着材は、例えば、焼成部 74 によって加熱され硬化することで、装着ヘッド 112 によって配置された電子部品の端子と回路配線を接続する。

#### 【 0022 】

また、制御装置 27 は、図 2 及び図 3 に示すように、コントローラ 120 と、複数の駆動回路 122 と、記憶装置 124 とを備えている。複数の駆動回路 122 は、図 2 に示すように、上記電磁モータ 38, 56、保持装置 62、昇降装置 64、冷却装置 66、インクジェットヘッド 76、照射装置 78、インクジェットヘッド 88、平坦化装置 90、照射装置 92、テープフィーダ 110、装着ヘッド 112、移動装置 114 に接続されている。さらに、駆動回路 122 は、図 3 に示すように、上記した第 3 造形ユニット 200 に

10

20

30

40

50

接続されている。コントローラ120は、CPU、ROM、RAM等を備え、コンピュータを主体とするものであり、複数の駆動回路122に接続されている。記憶装置124は、RAM、ROM、ハードディスク等を備えており、積層ユニット形成装置10の制御を行う制御プログラム126が記憶されている。コントローラ120は、制御プログラム126をCPUで実行することで、搬送装置20、第1造形ユニット22、第2造形ユニット24、装着ユニット26、第3造形ユニット200等の動作を制御可能となっている。以下の説明では、コントローラ120が、制御プログラム126を実行して各装置を制御することを、単に「装置が」と記載する場合がある。例えば、「コントローラ120が基台60を移動させる」とは、「コントローラ120が、制御プログラム126を実行し、駆動回路122を介して搬送装置20の動作を制御して、搬送装置20の動作によって基台60を移動させる」ことを意味している。

10

#### 【0023】

##### (2) 3次元積層電子デバイスの製造方法

本実施形態の積層ユニット形成装置10は、上記した構成によって、回路配線及び電子部品を含んだ積層ユニットを複数造形し、複数の積層ユニットを組み立てることで3次元積層電子デバイスを製造する。詳述すると、コントローラ120は、第1造形ユニット22を制御し、金属インクを硬化することで回路配線を形成する。また、コントローラ120は、第2造形ユニット24を制御し、紫外線硬化樹脂を硬化させることで絶縁層を形成する。コントローラ120は、回路配線や絶縁層の形状を変更することで、任意の形状の積層ユニットを造形することが可能となっている。

20

#### 【0024】

また、コントローラ120は、積層ユニットを造形する過程で装着ユニット26によって電子部品を実装する。例えば、制御プログラム126には、積層ユニットをスライスした各層の三次元のデータが設定されている。コントローラ120は、制御プログラム126のデータに基づいて、紫外線硬化樹脂等を吐出、硬化等させて積層ユニットを形成する。また、コントローラ120は、制御プログラム126のデータに基づいて電子部品を配置する層や位置等の情報を検出し、検出した情報に基づいて電子部品を積層ユニットに実装する。また、コントローラ120は、制御プログラム126のデータに基づいて、装着ユニット26から供給したプローブピンの装着や、第3造形ユニット200のディスプレイ202から吐出した導電性接着剤による造形を積層ユニットに対して実行する。このようにして造形した複数の積層ユニットを組み立てて所望の3次元積層電子デバイスを製造することができる。なお、複数の積層ユニットを互いに固定する方法は、特に限定されないが、ネジ、ボルト、ナット、等を用いる方法や、接着剤を用いる方法を採用できる。また、複数の積層ユニットを組み立てる作業は、積層ユニット形成装置10が自動実行しても良い。例えば、積層ユニット形成装置10は、複数の積層ユニットを組み合わせ互いに固定するロボットアームを備えても良い。あるいは、複数の積層ユニットを組み立てる作業は、ユーザが手作業で行なっても良い。

30

#### 【0025】

次に、上記した製造工程において、金属インクを吐出する吐出工程と、吐出した金属インクを硬化させて回路配線を形成する回路配線形成工程の一例について説明する。図4は、吐出工程を示している。コントローラ120は、例えば、搬送装置20(図1参照)を制御し、基材70をセットされたステージ52を、第2造形ユニット24(図1参照)の下方へ移動させる。コントローラ120は、第2造形ユニット24のインクジェットヘッド88を制御して、基材70の上に紫外線硬化樹脂を吐出する(本開示の第2吐出工程の一例)。コントローラ120は、照射装置92を制御して、基材70の上に吐出した紫外線硬化樹脂に紫外線を照射し、硬化する(本開示の硬化工程の一例)。コントローラ120は、吐出及び硬化を繰り返し実行し、基材70の上に絶縁層218(図4参照)を形成する(本開示の絶縁層形成工程の一例)。

40

#### 【0026】

コントローラ120は、所望の厚みや形状の絶縁層218を形成すると、搬送装置20

50

を制御し、基材 70 をセットされたステージ 52 を、第 1 造形ユニット 22 ( 図 1 参照 ) の下方に移動させる。図 4 に示すように、コントローラ 120 は、第 1 造形ユニット 22 のインクジェットヘッド 76 を制御して、絶縁層 218 の上面 218A に金属インク 219 を薄膜状に吐出する。コントローラ 120 は、制御プログラム 126 の三次元データ ( 回路配線のデータ ) に基づいて、金属インク 219 を吐出する。

【 0027 】

図 5 に示すように、コントローラ 120 は、上面 218A に吐出した金属インク 219 を、焼成部 74 の照射装置 78 によって加熱し焼成する。コントローラ 120 は、例えば、図 4 に示す吐出工程と、図 5 に示す回路配線形成工程とを繰り返し実行し、所望の回路配線 221 を形成する。ここでいう所望の回路配線 221 とは、所望の厚み、形状や、電気的特性を満たす回路配線 221 である。

10

【 0028 】

ここで、上記した回路配線形成工程において、絶縁層 218 の上に吐出した金属インク 219 を、焼成部 74 の照射装置 78 によって加熱する際に、絶縁層 218 に熱が加わる。絶縁層 218 は、加熱されることで、絶縁層 218 を構成する紫外線硬化樹脂の線膨張係数に応じて膨張する。その結果、回路配線 221 の一部が膨れる、あるいは割れてしまう ( クラックが生じる ) 虞がある。特に、3次元構造の絶縁層 218 では、樹脂フィルムなどの薄い物体に比べて、熱膨張の規模が大きくなり、回路配線 221 の膨れ等がより問題となる。そこで、本実施形態の積層ユニット形成装置 10 は、回路配線 221 の膨れや割れに影響を与える条件を変更することで、回路配線 221 の膨れ等の発生を抑制する。

20

【 0029 】

図 6 は、2種類の紫外線硬化樹脂の線膨張係数と、ガラス転移点の関係を示している。図 6 の横軸は、金属インク 219 の加熱温度 ( ) を示している。加熱温度 C1 は、例えば、金属インクが焼結する焼結温度である。また、図 6 の縦軸は、回路配線 221 の直下の樹脂の膨張量 ( ppm ) であり、例えば、絶縁層 218 のうち、焼結によって温度が最も上昇する部分の膨張量である。また、ガラス転移点とは、例えば、硬質の状態から軟質のゴム状に変化する温度である。

【 0030 】

図 6 に示す第 1 樹脂材料 223 は、ガラス転移点 Tg1 が、加熱温度 C1 よりも高い紫外線硬化樹脂である。図 6 のグラフの傾きは、線膨張係数を示している。ガラス転移点 Tg1 以上の第 1 樹脂材料 223 の第 2 線膨張係数 2 は、ガラス転移点 Tg1 以下の第 1 樹脂材料 223 の第 1 線膨張係数 1 に比べて急激に大きくなっている。

30

【 0031 】

また、第 2 樹脂材料 225 は、ガラス転移点 Tg2 が、加熱温度 C1 よりも低い紫外線硬化樹脂である。第 1 樹脂材料 223 と同様に、ガラス転移点 Tg1 以上の第 2 樹脂材料 225 の第 2 線膨張係数 4 は、ガラス転移点 Tg1 以下の第 2 樹脂材料 225 の第 1 線膨張係数 3 に比べて急激に大きくなっている。

【 0032 】

回路配線 221 の膨れ等に影響を及ぼす要因としては、上記した加熱温度 C1、線膨張係数 ( 1 など )、ガラス転移点 ( Tg1, Tg2 ) の他に、積層ユニット形成装置 10 を設置した室内の温度など様々な要因がある。そして、本出願人は、様々なシミュレーションや実験を行なった結果、下記の条件式を設定することで回路配線 221 の膨れや割れを極めて効果的に抑制できることを見出した。

40

【 0033 】

( 2 - 1 ) 加熱温度 C1 ガラス転移点 Tg1 の場合

第 1 樹脂材料 223 のようなガラス転移点 Tg1 が、加熱温度 C1 よりも高い樹脂材料を用いる場合、次式を満たす加熱温度 C1 を用いることによって、回路配線 221 の膨れ等を効果的に抑制できる。

( 加熱温度 C1 - 室温 ) × 第 1 線膨張係数 1 < 上限値 …… ( 式 1 )

式 1 の室温は、積層ユニット形成装置 10 を設置した部屋の温度である。即ち、室温と

50

は、回路配線 2 2 1 の造形を行なう環境の温度である。また、上限値は、回路配線形成工程の加熱による絶縁層 2 1 8 の膨張の上限を示す値であり、例えば、6 0 0 0 p p m が好ましい。

【 0 0 3 4 】

例えば、上限値は、製造する回路配線 2 2 1 に膨れや割れが発生しない絶縁層 2 1 8 の膨張の上限となる値を設定することができる。より具体的には、予めシミュレーションや試作品の製造を行い、回路配線 2 2 1 に膨れや割れが発生した場合の絶縁層 2 1 8 の膨張率を計測することで設定することができる。あるいは、膨れや割れが発生していても、回路配線 2 2 1 が、所望の性能（抵抗値や高周波特性）を満たす範囲における絶縁層 2 1 8 の膨張の上限を、上限値として設定しても良い。即ち、微細な膨れや割れを許容する範囲の上限値を設定しても良い。また、上限値は、使用する樹脂材料の種類、金属インクの種類、積層ユニットの構造などに応じて、適切な値を設定することができる。例えば、上限値は、金属インク 2 1 9 の伸び易さや、紫外線硬化樹脂の剛直性などに応じて変更される。

10

【 0 0 3 5 】

従って、本実施形態における上限値とは、回路配線形成工程の加熱によって絶縁層 2 1 8（本開示の樹脂部材の一例）が膨張する膨張量であって、回路配線 2 2 1 に膨れ及び割れが発生しない範囲の上限を示す膨張量を設定することができる。これにより、回路配線 2 2 1 の膨れや割れの発生しない範囲で加熱を行なうことができ、3次元積層造形により所望の電気的特性を満たす回路配線 2 2 1 を製造することができる。

【 0 0 3 6 】

本実施形態のコントローラ 1 2 0 は、上記した式 1 を満たす加熱温度 C 1 により、回路配線形成工程における加熱を行なう。これによれば、樹脂材料として、ガラス転移点 T g 1 が回路配線 2 2 1 を形成する加熱温度 C 1 より高い材料を採用する。そして、上記した（式 1）を満たす加熱温度 C 1 を用いることで、絶縁層 2 1 8 の膨張を抑えることができ、回路配線 2 2 1 の膨れや割れを抑制することができる。

20

【 0 0 3 7 】

具体的には、例えば、制御プログラム 1 2 6 には、絶縁層 2 1 8 の造形に用いる紫外線硬化樹脂（第 1 樹脂材料 2 2 3）の第 1 線膨張係数  $\alpha_1$  及び使用環境の室温に応じた加熱温度 C 1 が予め設定されている。コントローラ 1 2 0 は、この加熱温度 C 1 を目標温度として、例えば、照射装置 7 8 の赤外線ヒータに流す電流値を制御する。例えば、照射装置 7 8 に絶縁層 2 1 8 の温度を測定する温度センサを設け、コントローラ 1 2 0 は、温度センサの検出温度と、目標温度とに基づいたフィードバック制御を実行しても良い。これにより、コントローラ 1 2 0 によって加熱温度 C 1 を管理し、回路配線 2 2 1 の膨れ等を抑制できる。

30

【 0 0 3 8 】

また、積層ユニット形成装置 1 0 は、室温を測定する温度センサを備えても良い。そして、コントローラ 1 2 0 は、温度センサで検出した室温、第 1 線膨張係数  $\alpha_1$  に基づいて、加熱温度 C 1 を自動で設定しても良い。また、コントローラ 1 2 0 は、回路配線 2 2 1 の膨れ等に影響を及ぼす他の要因を制御しても良い。例えば、コントローラ 1 2 0 は、照射装置 7 8 と金属インク 2 1 9 との間の距離、加熱時間を制御し、絶縁層 2 1 8 の温度上昇を抑えても良い。

40

【 0 0 3 9 】

（ 2 - 2 ）加熱温度 C 1 > ガラス転移点 T g 2 の場合

第 2 樹脂材料 2 2 5 のようなガラス転移点 T g 2 が、加熱温度 C 1 よりも低い樹脂材料を用いる場合、次式を満たす加熱温度 C 1 を用いることによって、回路配線 2 2 1 の膨れ等を効果的に抑制できる。

$(T_g2 - \text{室温}) \times \alpha_3 + (C1 - T_g2) \times \alpha_4 < \text{上限値} \dots (式 2)$

上限値は、回路配線形成工程の加熱による絶縁層 2 1 8 の膨張の上限を示す値であり、例えば、6 0 0 0 p p m が好ましい。（式 2）の上限値は、上記した（式 1）の上限値と

50

同様に、使用する樹脂材料の種類などに応じて、適切な値を設定することができる。また、(式1)の上限値と、(式2)の上限値とは、異なる値でも良い。

#### 【0040】

本実施形態のコントローラ120は、第2樹脂材料225を用いる場合、上記した式2を満たす加熱温度C1により、回路配線形成工程における加熱を行なう。これによれば、樹脂材料として、ガラス転移点Tg2が回路配線221を形成する加熱温度C1より低い材料を採用する。そして、上記した(式2)を満たす加熱温度C1を用いることで、絶縁層218の膨張を抑えることができ、回路配線221の膨れや割れを抑制することができる。

#### 【0041】

コントローラ120は、上記した(2-1)の場合と同様に、制御プログラム126に設定された目標温度に応じて、照射装置78の赤外線ヒータを制御し、加熱温度C1を制御することができる。また、上記したように、一般的な樹脂材料では、ガラス転移点以上の状態では軟化が開始されることで線膨張係数が急激に増大する。このため、加熱温度C1>ガラス転移点Tg2となる紫外線硬化樹脂であっても、金属インクを焼成するのに必要な加熱温度C1を確保するために、上記した(式2)の上限値を大きくする必要が生じる場合がある。このような場合に、本実施形態のコントローラ120は、冷却装置66(図2参照)を駆動して基材70を冷却し、回路配線221の膨れや割れの発生を効果的に抑制できる。

#### 【0042】

例えば、コントローラ120は、図5に示す回路配線形成工程において、冷却装置66を駆動して基材70を冷却し、絶縁層218の温度上昇を抑制しても良い。これによれば、絶縁層218の温度上昇を抑え、絶縁層218の膨張を抑えることができる。特に、ガラス転移点Tg2が、加熱温度C1に比べて低い場合において、加熱による絶縁層218の膨張を抑制し、回路配線221の膨れや割れを効果的に抑制することができる。尚、コントローラ120は、上記した(2-1)の加熱温度C1<ガラス転移点Tg1の第1樹脂材料223の場合においても、冷却装置66による冷却を実施しても良い。これにより、回路配線221の膨れ等をより確実に抑制できる。また、コントローラ120は、加熱温度C1<ガラス転移点Tg2の第2樹脂材料225の場合において、冷却装置66による冷却を実施しなくとも良い。

#### 【0043】

##### (3)まとめ

以上詳細に説明したようにして、本実施形態の回路配線221の製造方法では、絶縁層218の上に、金属インク219を吐出する図4の吐出工程と、絶縁層218の上に吐出した金属インク219を、加熱温度C1で加熱して硬化させ回路配線221を形成する図5の回路配線形成工程とを含む。そして、図5の回路配線形成工程において、紫外線硬化樹脂のガラス転移点Tg1、Tg2、第1線膨張係数 $\alpha_1$ 、第1線膨張係数 $\alpha_3$ 、第2線膨張係数 $\alpha_4$ 、及び室温に基づく加熱温度C1で加熱する。

#### 【0044】

樹脂材料は、軟化が開始されるガラス転移点Tg1、Tg2の前後で、線膨張係数が大きく変化する。一般的には、ガラス転移点Tg1、Tg2以上の線膨張係数(第2線膨張係数 $\alpha_2$ 、 $\alpha_4$ )は、ガラス転移点Tg1、Tg2以下の線膨張係数(第1線膨張係数 $\alpha_1$ 、 $\alpha_3$ )に比べて、急激に大きくなる。また、回路配線221の割れや膨れに影響を与える要因として、ガラス転移点Tg1、Tg2、線膨張係数、室温、金属インク219の加熱温度C1がある。そこで、ガラス転移点Tg1、Tg2、線膨張係数、室温に基づいた加熱温度C1を用いた加熱を行なう。これにより、回路配線形成工程の加熱による絶縁層218の膨張を、所望の上限以下に抑えることができ、回路配線221の膨れや割れを抑制することができる。

#### 【0045】

因みに、本実施形態において、第1樹脂材料223及び第2樹脂材料225は、樹脂材

10

20

30

40

50

料の一例である。絶縁層 2 1 8 は、樹脂部材の一例である。金属インク 2 1 9 は、金属粒子を含む流体の一例である。

【 0 0 4 6 】

( 4 ) 変更例

なお、本開示は上記実施形態に限定されるものでなく、その趣旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

例えば、絶縁層 2 1 8 を構成する樹脂は、紫外線硬化樹脂に限らず、例えば、熱可塑性樹脂や熱硬化性樹脂でも良い。

また、上記実施形態では、積層ユニット形成装置 1 0 は、本開示の樹脂材料として、紫外線硬化樹脂を硬化した絶縁層 2 1 8 を、3次元積層造形により形成した。しかしながら、積層ユニット形成装置 1 0 は、3次元積層造形以外の方法（射出成形など）で形成した樹脂材料の上に回路配線 2 2 1 を形成しても良い。

10

上記した積層ユニット形成装置 1 0 の構成は一例であり、適宜変更可能である。例えば、積層ユニット形成装置 1 0 は、電子部品を装着するための装着ユニット 2 6 や装着部 1 0 2 を備えなくとも良い。また、積層ユニット形成装置 1 0 は、冷却装置 6 6 を備えなくとも良い。

また、上記実施形態では、積層ユニット形成装置 1 0 は、第 1 樹脂材料 2 2 3 と第 2 樹脂材料 2 2 5 の 2 種類の樹脂による造形を実施可能な構成であったが、どちらか一方の樹脂のみの造形を実施可能な構成でも良い。

【符号の説明】

20

【 0 0 4 7 】

7 0 基材

2 1 8 絶縁層（樹脂材料）

2 1 9 金属インク（金属粒子を含む流体）

2 2 1 回路配線

2 2 3 第 1 樹脂材料（樹脂材料）

2 2 5 第 2 樹脂材料（樹脂材料）

T g 1 , T g 2 ガラス転移点

1 第 1 線膨張係数

2 第 2 線膨張係数

3 第 1 線膨張係数

4 第 2 線膨張係数

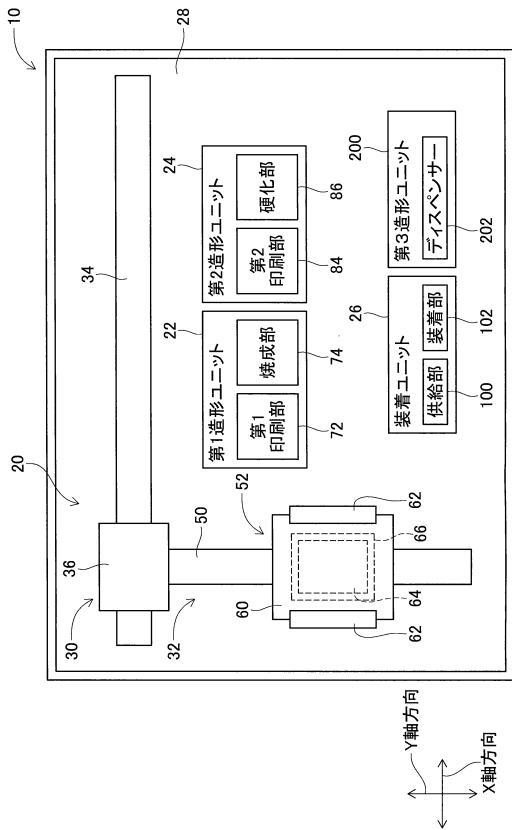
30

40

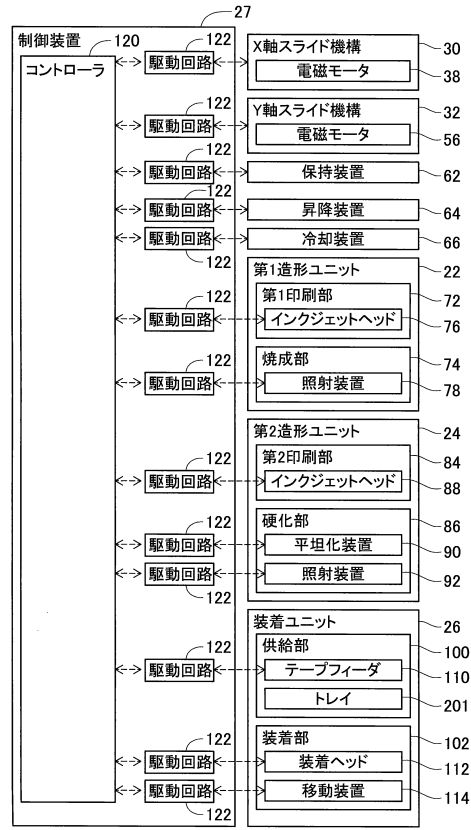
50

【図面】

【図 1】



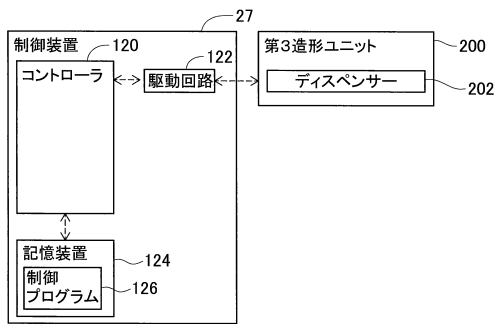
【図 2】



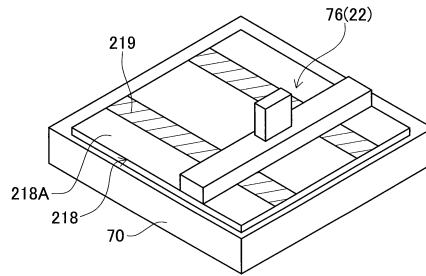
10

20

【図 3】



【図 4】

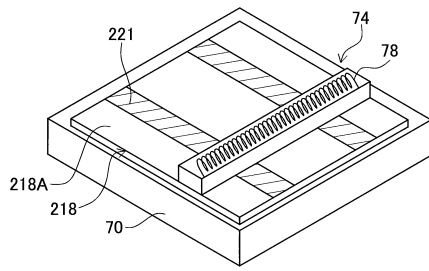


30

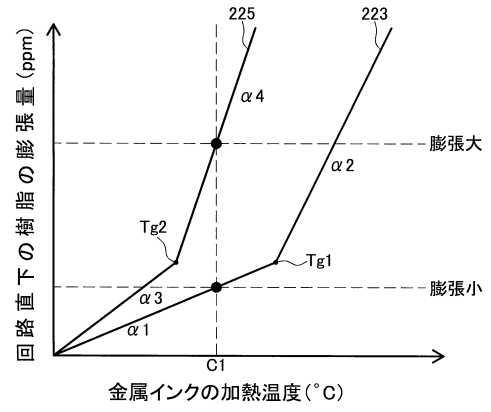
40

50

【図5】



【図6】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- 愛知県知立市山町茶碓山19番地 株式会社F U J I内  
(72)発明者 塚田 謙磁  
愛知県知立市山町茶碓山19番地 株式会社F U J I内  
審査官 鹿野 博司  
(56)参考文献 特開2017-183645(JP, A)  
国際公開第2017/221347(WO, A1)  
国際公開第2013/182896(WO, A1)  
米国特許出願公開第2010/0055302(US, A1)  
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H05K 3/10