

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-154163
(P2002-154163A)

(43) 公開日 平成14年5月28日(2002.5.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
B 2 9 C 67/00		B 2 9 C 67/00	4 F 2 1 3
B 8 1 C 5/00		B 8 1 C 5/00	

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-352681(P2000-352681)

(22) 出願日 平成12年11月20日(2000.11.20)

(71) 出願人 396019376

和歌山大学長

和歌山県和歌山市栄谷930

(72) 発明者 三輪 昌史

和歌山県和歌山市松江西2丁目1-17

(74) 代理人 100072051

弁理士 杉村 興作 (外1名)

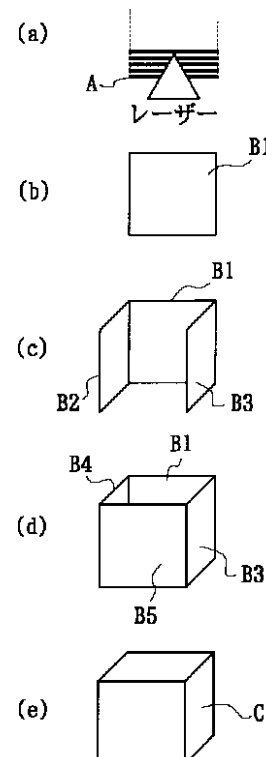
Fターム(参考) 4F213 AA44 WA25 WL06 WL09 WL12
WL43 WL71

(54) 【発明の名称】 マイクロ光造形法

(57) 【要約】

【課題】 簡易かつ比較的短時間で微小な構造物を作製することのできる新規な光造形法を提供する。

【解決手段】 液状の光硬化性樹脂の内部にレーザー光を走査させながら連続的に照射し、線分状に硬化させた光硬化性樹脂Aを形成するとともに、これを複数積層させることによって面状の微小構造体B1~B6あるいは3次元状の微小構造体Cを作製する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 液状の光硬化性樹脂の内部にレーザー光を走査させながら連続的に照射し、前記光硬化性樹脂の前記内部を線分的に連続させて硬化することにより、面状の微小構造物を作製することを特徴とする、マイクロ光造形法。

【請求項 2】 前記面状の微小構造物は、1mm以下のオーダの大きさを有することを特徴とする、請求項 1 に記載のマイクロ光造形法。

【請求項 3】 前記面状の微小構造物は、10 μ m以下のオーダの大きさを有することを特徴とする、請求項 2 に記載のマイクロ光造形法。

【請求項 4】 液状の光硬化性樹脂の内部にレーザー光を走査させながら連続的に照射し、前記光硬化性樹脂の前記内部を線分的に連続させて硬化することにより、複数の面状体から 3 次的に構成されてなる 3 次元微小構造物を作製することを特徴とする、マイクロ光造形法。

【請求項 5】 前記光硬化性樹脂の前記内部を線分的に連続させて硬化することにより、前記 3 次元微小構造物の底面部分を形成し、次いで、前記 3 次元微小構造物の側面部分を形成し、次いで、前記 3 次元微小構造物の上面部分を形成することを特徴とする、請求項 4 に記載のマイクロ光造形法。

【請求項 6】 前記 3 次元微小構造物の全体に対して紫外光を照射させることにより、前記 3 次元微小構造物内の未硬化部分を硬化させることを特徴とする、請求項 4 又は 5 に記載のマイクロ光造形法。

【請求項 7】 前記 3 次元微小構造物は、1mm以下のオーダの大きさを有することを特徴とする、請求項 4 ~ 6 のいずれかに記載のマイクロ光造形法。

【請求項 8】 前記 3 次元微小構造物は、10 μ m以下のオーダの大きさを有することを特徴とする、請求項 7 に記載のマイクロ光造形法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ光造形法に関し、特にマイクロセンサ、マイクロアクチュエータ及びマイクロマシンの分野で用いることのできる、ケースや構造材などの微小構造物の作製に対して好適に用いることのできるマイクロ光造形法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の光造形法では、例えば、特開平 9 - 141749 号公報又は特開平 10 - 202756 号公報に記載されているように、作製すべき構造物のスライスデータを基に所定の光を光硬化性樹脂に照射してスライス状に硬化させ、このスライス状に硬化した光硬化性樹脂を積層させることによって、目的とする 3 次元構造物を作製していた。

【0003】しかしながら、作製すべき 3 次元構造物の大きさが小さくなると、例えば、その 3 次元構造物に突

起状物を形成しようとした場合、この突起状物を支持するための支持部材が必要とされる。この支持部材についても、通常は前述したようなスライスデータに基づき、前記光硬化性樹脂に光を照射して硬化することによって作製し、目的とする突起状物が形成された後は手作業によって除去される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】3次元構造物の大きさが比較的大きい場合は、前記支持部材の作製及び除去は比較的容易に行うことができるが、前記 3 次元構造物の大きさが数十 μ m オーダあるいは数 μ m オーダになると、極めて困難になる。

【0005】また、従来の光造形法では、光硬化性樹脂に対して所定の光を照射することにより前記光硬化性樹脂をスライス状に一括して硬化させ、この硬化したスライス状の光硬化性樹脂を積層させて前記 3 次元構造物を作製していたため、硬化に際して長時間を要するという問題もあった。

【0006】本発明は、簡易かつ比較的短時間で微小な構造物を作製することのできる新規な光造形法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく、本発明は、液状の光硬化性樹脂の内部にレーザー光を走査させながら連続的に照射し、前記光硬化性樹脂の前記内部を線分的に連続させて硬化することにより、面状の微小構造物を作製することを特徴とする、マイクロ光造形法に関する。

【0008】また、本発明は、液状の光硬化性樹脂の内部にレーザー光を走査させながら連続的に照射し、前記光硬化性樹脂の前記内部を線分的に連続させて硬化することにより、複数の面状体から 3 次的に構成されてなる 3 次元微小構造物を作製することを特徴とする、マイクロ光造形法に関する。

【0009】本発明者らは、上記目的を達成すべく新規な光造形法を見出すべく鋭意検討を行った。その結果、液状の光硬化性樹脂の内部の所定の部位に焦点が合うようにしてレーザー光を照射するとともに、前記レーザー光を走査することによって前記光硬化性樹脂の前記内部を線分的に硬化し、これをある一定方向に対して連続的に行うことにより前記線分状に硬化した光硬化性樹脂が積層され、その結果、前記光硬化性樹脂が面状に硬化してなる微小構造物が得られることを見出した。

【0010】さらに、前記操作を前記光硬化性樹脂の前記内部に対して 3 次的に連続して行うことにより、前記面状の構造物が 3 次的に結合してなる 3 次元微小構造物が得られることを見出した。

【0011】図 1 は、本発明のマイクロ光造形法によって微小構造物が作製されるまでの過程を示すモデル図である。最初に、液状の光硬化性樹脂の内部にレーザー光

を、ある一定方向に連続的に走査させて照射すると、図 1 (a) に示すように、前記液状の光硬化性樹脂の前記内部において、硬化した線分状の光硬化性樹脂 A が複数積層されるようになる。そして、この操作を継続して実施し、線分状の光硬化性樹脂 A がある程度の量で積層されると、図 1 (b) に示すように、面状の微小構造体 B 1 が形成される。

【 0 0 1 2 】さらに、前記レーザー光の照射位置を移動させて、前記光硬化性樹脂の前記内部の他の部分を照射することにより、前記同様にして、図 1 (c) に示すような面状の微小構造体 B 2 及び B 3 が形成される。さらに、図 1 (d) に示すような面状の微小構造体 B 4 及び B 5 が形成されて、最終的には、図 1 (e) に示すような 3 次元微小構造体 C が形成されるものである。

【 0 0 1 3 】本発明のマイクロ光造形法によれば、面状の微小構造体あるいは 3 次元微小構造体を構成する光硬化性樹脂の表層部分に相当する、光硬化性樹脂の内部の所定部位に焦点が有るようにレーザー光を照射し、この所定部位のみを線分的に硬化させるので、前記構造体を比較的短時間で作製することができる。

【 0 0 1 4 】さらには、光硬化性樹脂を線分的に硬化させ、硬化した線分状の光硬化性樹脂を積層させることによって目的とする微小構造物を作製するので、例えば突起状物であっても、これを線分状の光硬化性樹脂から構成することによって、支持部材を必要とすることなく形成することができる。

【 0 0 1 5 】なお、図 1 (e) に示すような 3 次元微小構造物を作製した後において、その内部に残留する未硬化の光硬化性樹脂は、必要に応じて図 1 (e) に示すような 3 次元微小構造物を作製した後、この構造物全体に紫外光を照射することによって硬化することができる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。図 2 は、本発明のマイクロ光造形法において好適に用いることのできるマイクロ光造形装置の構成を示す概略図である。図 2 に示すマイクロ光造形装置は、レーザー光源 1 と、このレーザー光源 1 から発せられたレーザー光のスポット径を絞るための倒立型光学顕微鏡 2 と、熔融状態の光硬化性樹脂を配置し、レーザー光照射によって微小構造物を作製するための 3 次元電動ステージ 3 とを具備している。

【 0 0 1 7 】レーザー光源 1 と倒立型光学顕微鏡 2 との間には、電動シャッタ 4 が設けられており、3 次元電動ステージ 3 にドライバ 5 を介して接続されたコンピュータ 6 からの信号に基づき、3 次元電動ステージ 3 の動作に連動して開閉するように構成されている。また、3 次元電動ステージ 3 の上方には CCD カメラ 7 及び V T R 8 が具備されており、レーザー照射による線分状の光硬化性樹脂の形成過程、及びこれら線分状の光硬化性樹脂が積層されることによる、面状又は 3 次元状の微小構造物の

形成過程がリアルタイムで観察できるように構成されている。

【 0 0 1 8 】3 次元電動ステージ 3 上には、スポイトなどを用いて滴下した液状の光硬化性樹脂 X が配置されている。レーザー光源 1 から発せられたレーザー光は、開状態の電動シャッタ 4 を通って倒立型光学顕微鏡 2 に入射し、光の波長程度にまでスポット径が絞られた後、3 次元電動ステージ 3 上に設置された光硬化性樹脂 X の内部に照射される。そして、3 次元電動ステージ 3 を任意の方向に適宜に走査させることによって、レーザー光を光硬化性樹脂 X の内部に走査させながら連続的に照射し、図 1 (a) に示すような線分状に硬化した複数の光硬化性樹脂 A を作製する。

【 0 0 1 9 】次いで、3 次元電動ステージ 3 を他の方向に連続的に走査させながらレーザー光を照射することによって、図 1 (b) ~ (d) に示すような面状の微小構造物を作製し、最終的に図 1 (e) に示すような 3 次元微小構造物を作製する。電動シャッタ 4 は、レーザー光の走査方向、すなわち 3 次元電動ステージ 3 の走査方向の変換及び中断などに応じ、コンピュータ 6 からの信号に基づいて適宜に閉状態を採る。

【 0 0 2 0 】レーザー光源は、使用する光硬化性樹脂の種類及び要求されるレーザー光強度などに応じて任意のものを用いることができる。例えば、He - Cd レーザ、Nd : YAG レーザの第 3 高調波、チタン酸サファイアレーザの第 2 高調波、及び青色半導体レーザを用いることができる。図 2 に示すその他の構成要素においては、市販のものを用いることができる。

【 0 0 2 1 】さらに、本発明において使用する光硬化性樹脂の種類についても、作製すべき面状又は 3 次元状の微小構造物の種類に応じて任意に選択することができる。具体的には、ウレタンアクリルレート系、エポキシアクリルレート系、エステルアクリルレート系、及びアクリルレート系を例示することができる。また、使用するレーザー光源の波長の光を吸収できるように、上記光硬化性樹脂に対して所定の増感剤、例えば、ベンゾフェノン系を添加することもできる。

【 0 0 2 2 】本発明においては、上述したような微小構造物を作製した後、内部に残留している未硬化の光硬化性樹脂は、紫外線を照射することによって一括して硬化させることができる。本発明によれば、光硬化性樹脂の表層部分のみを硬化させるとともに、内部の未硬化樹脂についても紫外線照射によって一括して硬化させるので、最終的に光硬化性樹脂を全体的に硬化させる必要がある場合においても、その硬化時間は従来の比で極めて短くすることができる。

【 0 0 2 3 】本発明のマイクロ光造形法によれば、1 mm 以下のオーダ、特に 10 μ m 以下のオーダ、すなわち μ m オーダの大きさの微小構造物を簡易に作製することができる。なお、ここでいう「1 mm 以下のオーダ」

及び「 $10\ \mu\text{m}$ 以下のオーダ」とは、例えば、図1(e)に示すような矩形の3次元微小構造物を作製した場合の、一辺当たりの大きさをいう。

【0024】なお、3次元微小構造物を作製する場合、光硬化性樹脂の表層部分にレーザ光を照射させて硬化させることにより、最初にその構造物の底面を構成し、順次側面及び上面を構成することが好ましい。これによって、前記3次元微小構造物を構成する各面を連続させて強固に作製することができるため、最終的に得られる構造物の強度も増大する。

【0025】

【実施例】図3は、図2に示すような装置を用い、光硬化性樹脂としてノボキュア800（アクリル系樹脂）を用いるとともに、レーザ光源としてチタン酸サファイアレーザ（波長 $800\ \text{nm}$ ）を用い、これをSHGを用いて $400\ \text{nm}$ に変換したパルス光を用い、ノボキュア800を二光子吸収による誘起を利用して硬化させた、一辺が約 $10\ \mu\text{m}$ の三角柱型の3次元微小構造体である。このように、本発明のマイクロ光造形法に従うことによって、 $10\ \mu\text{m}$ オーダの3次元微小構造体を得られることが分かる。なお、図3に示す3次元微小構造体の作製に際しては、本発明の好ましい態様にしたがって最初に底面を作製することにより実施した。

【0026】以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変形や変更が可能である。例えば、上記図2においては、レーザ光のスポット径を絞るための倒立型光学顕微鏡を用いているが、正立

型光学顕微鏡を用いることもできる。

【0027】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のマイクロ光造形法によれば、光硬化性樹脂の表層部分にレーザ光を照射し、この部分を硬化させることによって目的とする微小構造物を作製するので、比較的短時間の作製が可能となる。さらには、線分状に硬化させた光硬化性樹脂を積層させることによって、目的とする構造物を作製するので、突起状物などの特異形状物もこの線分で構成することにより、支持部材を必用とすることなく簡易に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のマイクロ光造形法によって微小構造物が作製されるまでの過程を示すモデル図である。

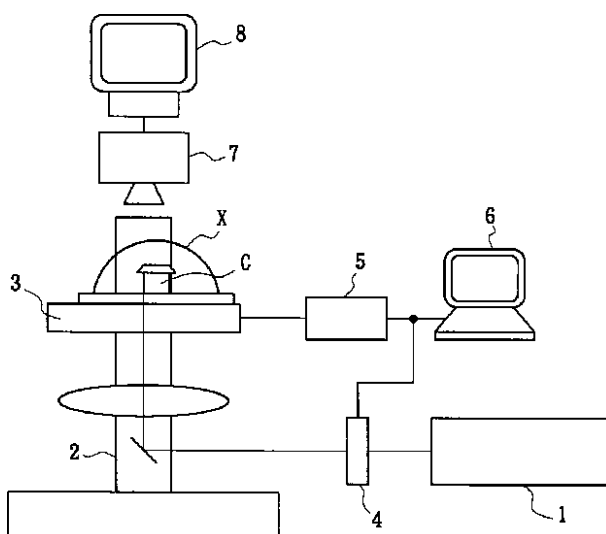
【図2】 本発明のマイクロ光造形法において好適に用いることのできるマイクロ光造形装置の構成を示す概略図である。

【図3】 本発明のマイクロ光造形法によって作製した3次元微小構造物の一例を示す写真である。

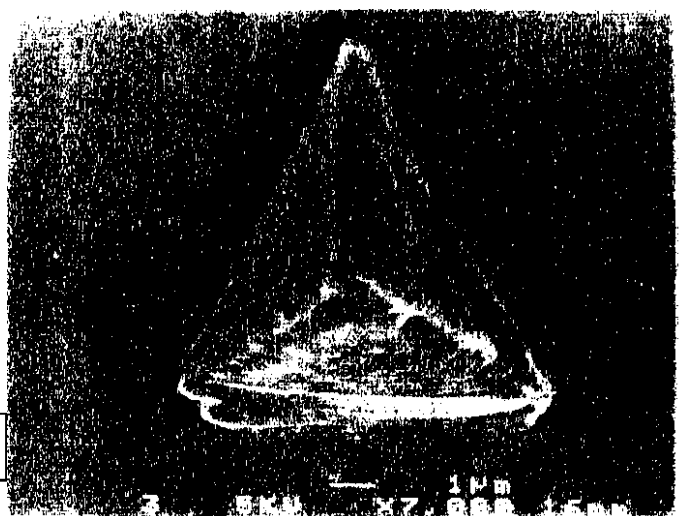
【符号の説明】

- 1 レーザ光源
- 2 倒立型光学顕微鏡
- 3 3次元電動ステージ
- 4 電動シャッタ
- 5 ドライバ
- 6 コンピュータ
- 7 CCDカメラ
- 8 VTR

【図2】



【図3】



【図 1】

