

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4959687号
(P4959687)

(45) 発行日 平成24年6月27日(2012.6.27)

(24) 登録日 平成24年3月30日(2012.3.30)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 2 F 3/105 (2006.01) B 2 2 F 3/105

請求項の数 13 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-512714 (P2008-512714)	(73) 特許権者	503267906
(86) (22) 出願日	平成18年4月28日(2006.4.28)		イーオーエス ゲゼルシャフト ミット
(65) 公表番号	特表2008-542529 (P2008-542529A)		ベシュレンクテル ハフツング イレクト
(43) 公表日	平成20年11月27日(2008.11.27)		ロ オプティカル システムズ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2006/003991		ドイツ連邦共和国, 82152 クライリ
(87) 国際公開番号	W02006/125507		ンク, ミュンヘン, ロバート-シュティル
(87) 国際公開日	平成18年11月30日(2006.11.30)		リンカーリング 1
審査請求日	平成20年4月2日(2008.4.2)	(74) 代理人	100077838
(31) 優先権主張番号	102005024790.3		弁理士 池田 憲保
(32) 優先日	平成17年5月26日(2005.5.26)	(74) 代理人	100082924
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		弁理士 福田 修一
		(72) 発明者	フィリップ, ヨッヒェン
			ドイツ連邦共和国, 81377 ミュンヘ
			ン, ハーシッゲル シュトラッセ 10

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射加熱器及びレーザー焼結装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

二次元熱放射素子(113, 213, 313)を備えるレーザー焼結装置において成形材料を加熱するための放射加熱器であって、

前記熱放射素子(113, 213, 313)が温度20 において $1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{秒}$ より高い熱拡散率を有する材料から成ることを特徴とする放射加熱器。

【請求項 2】

前記熱放射素子(113, 213, 313)が温度20 において $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{秒}$ より高い熱拡散率を有する材料から成る、請求項1に記載の放射加熱器。

【請求項 3】

前記熱放射素子(113, 213, 313)が2 mmまたはそれ以下の厚さを有する、請求項1または2に記載の放射加熱器。

【請求項 4】

前記熱放射素子(213, 313)がグラファイト箔から成る、請求項1~3のいずれか一つに記載の放射加熱器。

【請求項 5】

前記熱放射素子がグラファイト板(113)から成る、請求項1~3のいずれか一つに記載の放射加熱器。

【請求項 6】

電流端子(116, 116')が熱放射素子(113)に設けられており、電流が熱放

10

20

射素子内を表面の方向に循環して前記熱放射素子を抵抗加熱素子として動作させるように構成されている、請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の放射加熱器。

【請求項 7】

熱放射素子 (2 1 3) を加熱するために、熱線 (2 1 5) が該熱放射素子 (2 1 3) と接して設けられている、請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の放射加熱器。

【請求項 8】

熱放射素子 (3 1 3) を加熱するために、赤外線放射ヒータ (3 1 4) が設けられている、請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の放射加熱器。

【請求項 9】

絶縁シェル (3 1 5) をさらに備え、
前記絶縁シェル (3 1 5) と前記熱放射素子 (3 1 3) との間に放射ヒータ (3 1 4) が設けられており、
前記絶縁シェル (3 1 5) の放射ヒータ (3 1 4) 側の面が放射ヒータ (3 1 4) によって放射される熱に対して反射性を有する、請求項 8 に記載の放射加熱器。

10

【請求項 10】

熱放射素子 (1 1 3 , 2 1 3 , 3 1 3) がその中心部にレーザビームを通過させるための開口部を備える、請求項 1 ~ 9 のいずれか一つに記載の放射加熱器。

【請求項 11】

熱放射素子 (1 1 3 ') の少なくとも一部が蛇行シート状経路の形状に形成されている、請求項 6 または 7 に記載の放射加熱器。

20

【請求項 12】

前記熱放射素子の片側にグラファイトから成る絶縁膜 (2 1 6) が距離をおいて設けられている、請求項 1 ~ 11 のいずれか一つに記載の放射加熱器。

【請求項 13】

レーザ放射熱によりそれぞれの断面に対応する位置において固化可能な粉末材料の各層を順次固化することにより三次元物体を製造するレーザ焼結装置であって、
固化可能な前記材料を加熱するための請求項 1 ~ 12 のいずれか一つに記載の放射加熱器 (1 1 2 , 2 1 2 , 3 1 2) をさらに有することを特徴とするレーザ焼結装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、請求項 1 の前文に記載の放射加熱器、および該放射加熱器を有するレーザ焼結装置に係る。

【背景技術】

【0002】

このような放射加熱器および三次元の物体を製造するためレーザ焼結装置については特許文献 1 から公知である。

【0003】

1200 までの温度にて半導体ウェーハを加工するためのグラファイト製抵抗加熱素子については、特許文献 2 から公知となっている。この場合の抵抗素子の厚さは 0.1 インチ (2.54 mm) またはそれ以上である。抵抗加熱素子の厚さが大きいことから、その熱慣性が高くなっている。特に低温においては、それを用いた高速の温度制御や調節は不可能である。

40

【0004】

レーザビームによって粉末材料から成る各層を順次固化することにより三次元の物体を製造する場合、三次元物体の品質を保証するためには材料温度を所定のプロセスウィンドウの範囲内に留める必要がある。この温度を高速かつ正確に調節制御するためには、放射加熱器の動的挙動が決定的に重要である。

【0005】

【特許文献 1】国際公開 92 / 08566 号明細書

50

【特許文献2】米国特許公開公報2004/0074898号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って、材料温度を高速かつ正確に調節制御できるレーザー焼結装置用放射加熱器、およびかかる放射加熱器を有するレーザー焼結装置を提供するという目的が本発明の根幹を成すものである。

【0007】

この目的は、請求項1に記載の放射加熱器および請求項14に記載の三次元物体を製造するためのレーザー焼結装置によって達成される。本発明のその他の成果については下位請求項に記載の通りである。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

ランプや加熱ロッドと言った従来の放射ヒータを使用した場合と比較して、レーザー焼結装置にパネルラジエータを使用することで、低温でも同等の放射パワーで作動することができるという利点を得られる。これによって、プロセスチャンバの壁部へと向かう横方向の放射が減少し、プロセスチャンバ内の雰囲気は低温となる。

【発明の効果】

【0009】

本発明の放射加熱器は、熱慣性の低い熱放射素子を有するという利点がある。従って、熱放射素子から放射されるパワーを迅速に変化させることができる。これによって、放射加熱によって加熱される材料の温度調節制御を高速かつ正確に行うことができるようになる。

20

【0010】

また、本発明によると、高品質の三次元物体を短い製造時間で製造することが可能となる。

【0011】

本発明の熱放射素子にグラファイトを使用することで、グラファイトの持つ高い熱伝導率と同時に低い比熱容量の利点を得られる。このことは、熱拡散率 a が高いことに相当する。熱拡散率 a は、比熱伝導率、密度、比熱容量 c から下記の式により計算することができる。

30

【0012】

$$a = \frac{k}{\rho \cdot c}$$

熱拡散率が高くなると、それに伴って熱慣性が低くなり、熱放射素子の温度分布または放射パワーが均等となる。また、グラファイトには高温でも使用できるという利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明のその他の特長および利便性については、添付図面に基づく以下の実施態様の説明から明らかとなる。

40

【0014】

図1は本発明の放射加熱器を有するレーザー焼結装置を示す。このレーザー焼結装置は、上部を開放したコンテナ1を含む。形成しようとする物体3を支持する支持部2がコンテナ1内に設けられている。支持部2は、駆動部4によりコンテナ1内を垂直方向Aに上下運動することができる。コンテナ1の上縁部が作業面5を規定する。照射装置6はレーザーであり、作業面5の上方に配置されて有向レーザービームを照射し、有向レーザービームは偏向装置7によって作業面5に向けて偏向される。さらに、支持部2または予め固化した層の表面に固化用の粉末材料層を塗布する塗布装置8が設けられている。この塗布装置8は矢印Bによって略示する駆動部によって作業面5上を前後に移動することができる。塗布装置8は作製場の左右において2つの粉末貯蔵槽10から2つの注入装置9を介して原料供

50

給を受ける。さらに、2つのスピルオーバーコンテナ11が作製場の左右に設けられており、粉末塗布の間に累積する余剰粉末を取集する。

【0015】

さらに、本装置は放射加熱器12を備える。放射加熱器12は、作業面5の上方に配置されて、未焼結の塗布粉末層を焼結に適する作業温度 T_A まで予熱する。放射加熱器12は塗布粉末層を均等に加熱できるように構成されている。

【0016】

作業面5の上方には温度測定装置13が距離をおいて配設されており、予め塗布された粉末層または最上粉末層の温度を非接触測定する働きをする。

【0017】

作業領域はプロセスチャンバ16により周囲から隔離されている。これによって必要に応じて粉末の酸化およびプロセスガスの放出を防止することができる。

【0018】

制御および/または調節装置17は、放射加熱器12のパワーと共に照射装置6のパワーを制御および/または調節する働きをする。この目的で、制御および/または調節装置17は放射加熱器12、温度測定装置13及び照射装置6に接続されている。

【0019】

図2は放射加熱器の第1の実施態様を示す。

【0020】

第1の実施態様による放射加熱器112は、熱放射素子として抵抗素子113を備える。抵抗素子113は、温度20で熱拡散率 a が $1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{秒}$ より高く、2.0mmの厚さ d を有するグラファイト板(例えば、エスジーエル・カーボン社(SGL Carbon)の炭素繊維強化グラファイト板、シグラボンド(SigraBond:登録商法))で形成される。抵抗素子113は実質的に矩形形状を有し、レーザービーム用の方形開口部114を備えており、温度測定装置の光路がその中心に位置決めされる。方形開口部を取り囲む抵抗素子は、その周縁部においてギャップ115により中断されている。ギャップの両側において、それぞれ銅帯として形成された接点116, 116'が抵抗素子に取り付けられている。高電流(電圧30~60Vにおいて約20~40A)用に構成された可変電圧源117が接点116, 116'に接続される。開口部115の角から抵抗素子の外縁の角に向けてスリット118が延びており、抵抗素子の接点116, 116'に電圧が印加されるとすぐに、外周角部の領域における電流密度の分布をより均等にすると共に、加熱パワーを増加させる働きをしている。

【0021】

次に、上述のレーザー焼結装置と本発明の放射加熱器の動作について説明する。

【0022】

まず、塗布装置8により支持部2上に第1粉末層を塗布する。

【0023】

完成した物体の品質上特に重要なのが、未固化の最上粉末層の温度をプロセスウィンドウの所定範囲内の温度とすることである。プロセスウィンドウより高くなると、粉末はさらに放射エネルギーを与えなくても既に焼結される、一方、温度がプロセスウィンドウより低くなると固化層に反りが生じる恐れがある。固化層の縁が上に折れ曲がったり、巻き上がったたりする所謂カール効果についても、最上粉末層の温度が低すぎることに起因することが多い。従って、良好な結果を得るため、特に製造物の反りを防止するためには、塗布装置によって塗布された粉末層を固化する前にプロセスウィンドウ内の作業温度 T_A まで放射加熱器12により加熱する必要がある。

【0024】

この目的で、粉末層の塗布後、温度測定装置13により粉末層の温度を非接触で測定する。こうして測定した温度に応じて放射加熱器12の加熱パワーが決定される。最上粉末層を作業温度 T_A まで加熱した後、物体の断面に相当する位置の粉末層をレーザー照射により固化させる。

10

20

30

40

50

【0025】

粉末層を固化した後、支持部2を層の厚さに相当する距離だけ降下させ、先に照射した層の上に新たな粉末層を塗布装置8により塗布する。その後、三次元の物体の製造を完了するまで、上記のステップを繰り返し行う。

【0026】

図3に第1の実施態様の変形例が示されている。この変形例による熱放射素子113'が図2の熱放射素子と異なる点は、蛇行状の領域経路を含む点であり、それによって、オーミック抵抗値、ひいては抵抗素子に印加される一定の電圧に対する加熱パワーを増加させることができる。

【0027】

図4は本発明の放射加熱器の第2の実施態様を示す断面図である。

【0028】

第2の実施態様による放射加熱器212においては、グラファイト箔213(例えば、エスジーエル・カーボン社(SGL Carbon)のグラファイト箔、シグラフレックス(Sigraflex:登録商標))が熱放射素子として設けられており、該グラファイト箔は、温度20において箔に対して平行な方向の熱拡散率 a が $2.14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{秒}$ であり、0.5mmの厚さ d を有する。

【0029】

放出係数を高くするために、グラファイト箔213は黒体スプレーで処理される。細かい剛性プロファイルバー214を介してグラファイト箔213が熱線215に押圧されることにより、熱線215とグラファイト箔213との間に良好な熱的接触が形成される。プロファイルバーはまた、グラファイト箔の機械的安定性にも寄与する。

【0030】

熱線215のグラファイト箔とは反対側に第1絶縁膜216が設けられる。第1絶縁膜216の底部側は熱放射に関して反射性となっている。第1絶縁膜の材料としては、機械的安定性の高いものが選択される。この第1絶縁膜216は、熱伝導率が低いグラファイト製硬質フェルト(例えばエスジーエル・カーボン社(SGL Carbon)のグラファイト製硬質フェルト、シグラサーム(SigraTherm:登録商標))(グラファイト製硬質フェルト、シグラサーム(SigraTherm:登録商標)の熱伝導率は温度1000以下で 0.3 W/mK より低い)で形成するのが好ましい。

【0031】

第1絶縁膜216の熱線215と反対側に第2絶縁膜217が設けられる。この第2絶縁膜に機械的安定性は必要ないが、断熱性の良いものであることが必要である。第2絶縁膜は、400より低い温度における熱伝導率が 0.03 W/mK またはそれ以下である材料(たとえばプロマ社(Proma)のプロマライト(Promalight:登録商標))で形成するのが好ましい。

【0032】

グラファイト箔とは反対側の面、および第1および第2絶縁膜の両側面がステンレス鋼棒218によって取り囲まれており、プロファイルバー214もこのステンレス鋼棒218に装着されている。また、機械的安定性を得るために、絶縁性材料から成るスペーサがグラファイト箔と第1絶縁膜216との間に横方向に設けられている。

【0033】

図5は本発明の放射加熱器の第3の実施態様を示している。

【0034】

第3の実施態様による放射加熱器312においても、第2の実施態様と同様に熱放射素子としてグラファイト箔313が設けられている。しかしながら、第2の実施態様とは異なり、このグラファイト箔は熱線ではなく、グラファイト箔の一面から距離をおいて配置された赤外線放熱器314によって加熱される。グラファイト箔とは反対側において、赤外線放熱器314は絶縁シェル315によって距離をおいて横方向に取り囲まれている。この絶縁シェルは、赤外線放熱器の側に向かう熱放射に対して反射性を有するという特徴

10

20

30

40

50

があり、好ましくは低い熱伝導率を持つ。第2の実施態様の第1絶縁膜と第2絶縁膜とから成る断熱と同様に、絶縁シェル315も多層構造とすることにより、機械的安定性と良好な絶縁性とを併せ持つことが可能となる。

【0035】

上述のレーザ焼結装置、放射加熱器、および上述の方法については代替および変更が可能である。

【0036】

以上の説明では、本発明の放射加熱器を矩形の外形を有する熱放射素子を備えるものとした。この熱放射素子の形状は、矩形の目標領域を均等に加熱するのに特に適している。しかしながら熱放射素子の形状はこれに限定されるものではなく、対応する幾何学的比率に適合するものであれば任意の二次元形状とすることができる。例えば、熱放射素子を円形の外形を有するものとして形成しても良い。従って、方形開口部についても円形など異なる形状とすることができる。

10

【0037】

また、複数の加熱帯を設けることも可能である。この場合、第1の実施態様による放射加熱器において複数の抵抗加熱素子を設けること、また第2の実施態様による放射加熱器において複数の熱線を設けること、第3の実施態様による放射加熱器において複数の赤外線放射器を設けることができる。いずれの場合にもそれぞれ独立して動作できるようにすることで、相互に独立した複数の加熱帯を形成することができる。

【0038】

20

第1の実施態様において、グラファイト板が熱放射素子の材料として説明されている。温度20における熱拡散率 a の値が約 $1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{秒}$ より高ければ、異なる材料を用いても良い。特に、第2の実施態様のように、グラファイト箔を熱放射素子として使用することができる。熱放射素子が自立式でない場合、必要に応じて機械的安定性を与える要素を設けなければならない。例えば、グリッド上にグラファイト・フィルムを固定または貼付することができる。

【0039】

第2の実施態様は、熱線に押圧した熱放射素子を含むものとして説明されている。しかしながら、熱線は熱放射素子内に延設しても良く、特に熱放射素子の溝の中に延設することができる。また、熱線を圧縮により2つのグラファイト素子の間に挟設しても良い。

30

【0040】

第2および第3の実施態様では、熱放射素子としてグラファイト箔を使用すると説明されている。しかしながら、20において熱拡散率 a が約 $1.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{秒}$ より高い、好ましくは $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{秒}$ より高い別の材料を使用しても良い。特に、グラファイト板の使用も可能である。

【0041】

以上の放射加熱器に関する各種実施態様では、ある厚さの熱放射素子を有するものとして説明されている。異なる厚さ、特により薄いもの使用できる。熱的特性の点ではより薄い厚さが望ましい。厚さの下限は機械的安定性によって決まる。

【図面の簡単な説明】

40

【0042】

【図1】レーザ焼結装置の一例を示す概略図である。

【図2】第1の実施態様による放射加熱器を示す図である。

【図3】図2の放射加熱器の変形例を示す図である。

【図4】第2の実施態様による放射加熱器を示す図である。

【図5】第3の実施態様による放射加熱器を示す図である。

【 図 1 】

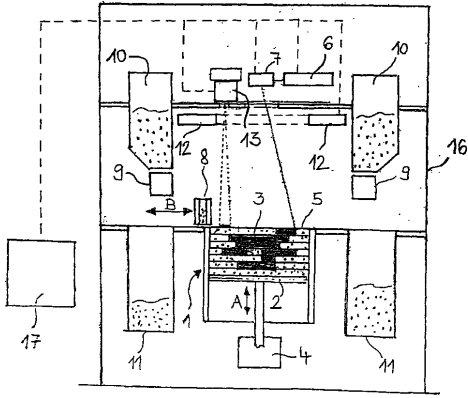


Fig. 1

【 図 2 】

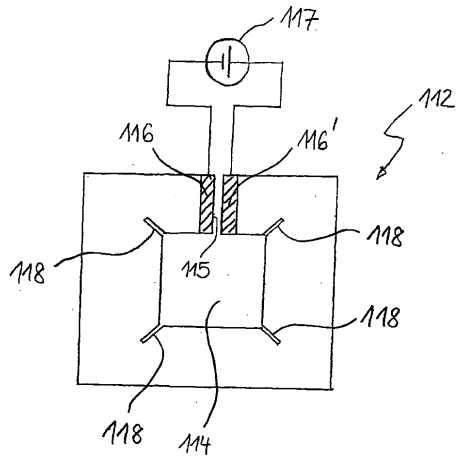


Fig. 2

【 図 3 】

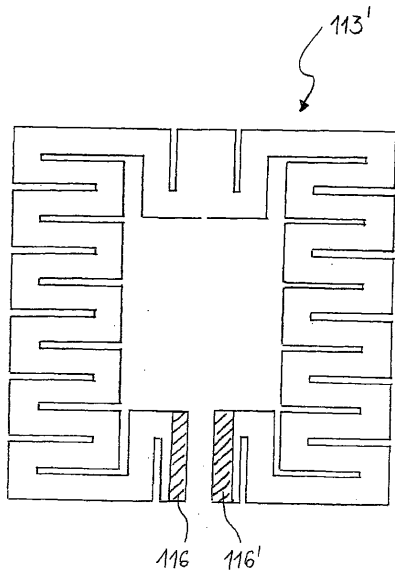


Fig. 3

【 図 4 】

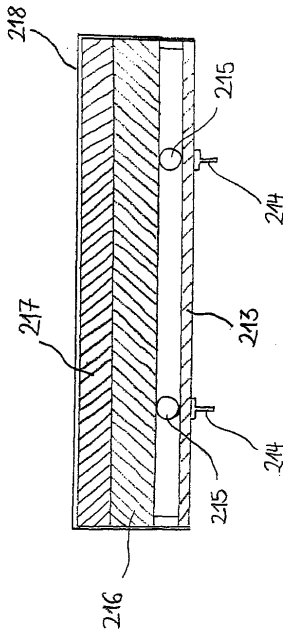


Fig. 4

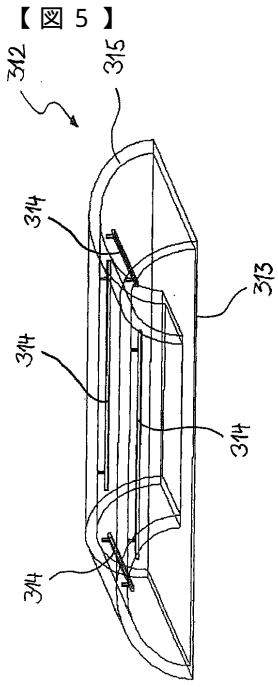


Fig. 5

フロントページの続き

審査官 浅井 雅弘

(56)参考文献 特表平11-508322(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

B22F 3/105

B26C67/00