201726367

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201726367 A

(43)公開日： 中華民國 106 (2017) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：106100239 (22)申請日： 中華民國 106 (2017) 年 01 月 05 日

(51)Int. Cl.： *B29C67/04 (2006.01)* *B33Y40/00 (2015.01)* *B33Y30/00 (2015.01)*

(30)優先權：2016/01/05 美國 62/275,035

(71)申請人：應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國

(72)發明人：維迪亞 考西克 VAIDYA, KAUSHIK (IN)；亞維格 賽蒙 YAVELBERG, SIMON (US)；巴杜法曼達 卡立艾帕艾查帕 BADUVAMANDA, CARIAPPA ACHAPPA (IN)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：5 共 42 頁

(54)名稱

三維列印之材料及配方

MATERIALS AND FORMULATIONS FOR THREE-DIMENSIONAL PRINTING

(57)摘要

本文描述的實施方案大體而言係關於增材製造。更具體言之，本文揭示的實施方案係關於用於經由三維列印（或 3D 列印）製程形成物件的配方和製程。在一個實施方案中，提供了一種增材製造方法。該方法包含在平臺上方分配進料的第一層。進料包括粉末混合物，該粉末混合物包含包含第一材料的複數個微粒及包含第二材料的複數個微粒，第二材料不同於第一材料。該方法進一步包含導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱進料。雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料的溫度。

Implementations described herein generally relate to additive manufacturing. More particularly, implementations disclosed herein relate to formulations and processes for forming articles via a three-dimensional printing (or 3D printing) process. In one implementation, a method of additive manufacturing is provided. The method comprises dispensing a first layer of a feed material over a platen. The feed material includes a powder mixture comprising a plurality of particulates comprising a first material and a plurality of particulates comprising a second material different from the first material. The method further comprises directing a laser beam to heat the feed material at locations specified by data stored in a computer readable medium. The laser beam heats the feed material to a temperature sufficient to fuse at least the second material.

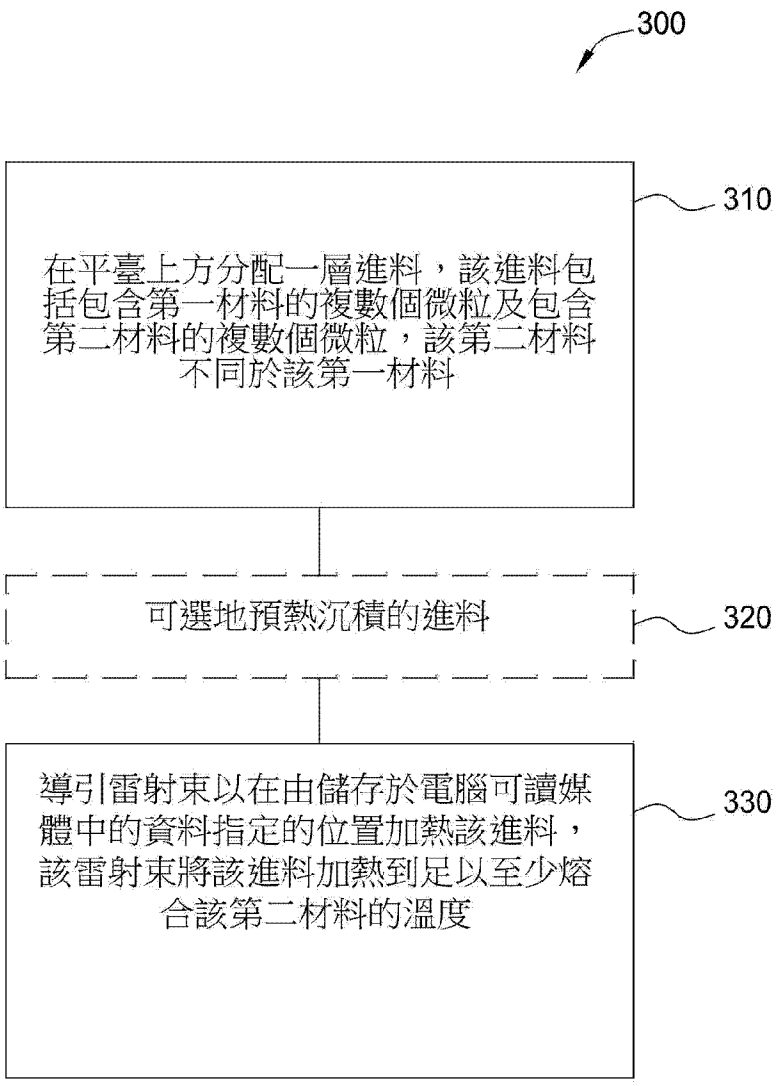
指定代表圖：

TW 201726367 A

符號簡單說明：

300・・・方法

310-330・・・操作



第3圖

201726367 專利案號：106100239

申請
IPC分類：申請日：106/01/05
IPC分類：B29C 67/04 (2006.01)
B33Y 40/00 (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01)

201726367

【發明摘要】

【中文發明名稱】三維列印之材料及配方

【英文發明名稱】MATERIALS AND FORMULATIONS FOR THREE-DIMENSIONAL PRINTING

【中文】

本文描述的實施方案大體而言係關於增材製造。更具體言之，本文揭示的實施方案係關於用於經由三維列印（或3D列印）製程形成物件的配方和製程。在一個實施方案中，提供了一種增材製造方法。該方法包含在平臺上方分配進料的第一層。進料包括粉末混合物，該粉末混合物包含包含第一材料的複數個微粒及包含第二材料的複數個微粒，第二材料不同於第一材料。該方法進一步包含導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱進料。雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料的溫度。

【英文】

Implementations described herein generally relate to additive manufacturing. More particularly, implementations disclosed herein relate to formulations and processes for forming articles via a three-dimensional printing (or 3D printing) process. In one implementation, a method of additive manufacturing is provided. The method comprises dispensing a first layer of a feed material over a platen. The feed material includes a powder mixture comprising a plurality of particulates comprising a first material and a plurality of particulates comprising a second material different from the first material. The method further comprises directing a laser beam to heat the feed material at locations specified by data stored in a computer readable medium. The

laser beam heats the feed material to a temperature sufficient to fuse at least the second material.

【指定代表圖】第（ 3 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

3 0 0　方 法

3 1 0 - 3 3 0　操 作

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】三維列印之材料及配方

【英文發明名稱】MATERIALS AND FORMULATIONS FOR THREE-DIMENSIONAL PRINTING

【技術領域】

【0001】 本文描述的實施方案大體而言係關於增材製造。更具體言之，本文揭示的實施方案係關於用於經由三維列印（或3D列印）製程形成物件的配方和製程。

【先前技術】

【0002】 增材製造（AM），也稱為固體自由成型製造或3D列印，是指以一系列的二維層或剖面從原料（通常為粉末、液體、懸浮液或熔融固體）建造三維物體的任何製造製程。相比之下，傳統加工技術涉及減材製程並產生從諸如木材或金屬塊的庫存材料切割出的物體。

【0003】 可以將各種增材製程用於增材製造。各種製程不同之處在於層被沉積以形成最終物體的方式及對於每種製程的使用相容的材料。一些方法熔化或軟化材料以產生層，例如選擇性雷射熔化（SLM）或直接金屬雷射燒結（DMLS）、選擇性雷射燒結（SLS）、熔合沉積模型化（FDM），而其他方法使用不同的技術來固化液體材料，例如立體微影術（SLA）。

【0004】 燒結是熔合小顆粒（例如粉末）以產生物體的製程。燒結通常涉及加熱粉末。當在燒結製程中將粉末材料加熱到足夠的溫度時，粉末顆粒中的原子擴散穿過顆粒

的邊界、將顆粒熔合在一起而形成固體塊。與熔化相反，燒結中使用的粉末不需要達到液相，因為燒結溫度不必達到材料的熔點，燒結時常用於具有高熔點的材料，例如鎢和鉬。

【0005】 燒結和熔化皆可被用於增材製造。選擇性雷射熔化（SLM）被用於具有不連續的熔化溫度並在SLM製程期間經歷熔化的金屬或金屬合金的增材製造。

【發明內容】

【0006】 本文描述的實施方案大體而言係關於增材製造。更具體言之，本文揭示的實施方案係關於用於經由三維列印（或3D列印）製程形成物件的配方和製程。在一個實施方案中，提供一種增材製造方法。該方法包含在平臺上方分配進料的第一層。進料包括粉末混合物，該粉末混合物包含包含第一材料的複數個微粒及包含第二材料的複數個微粒，第二材料不同於第一材料。該方法進一步包含導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱進料。雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料的溫度。

【0007】 在另一個實施方案中，提供一種增材製造方法。該方法包含在平臺上方分配進料的第一層。進料包括粉末混合物，該粉末混合物包含多個微粒，每一微粒具有芯材，該芯材為塗有第二材料的第一材料。該方法進一步包含導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指

定的位置加熱進料。雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料的溫度。

【0008】 在又另一個實施方案中，提供一種增材製造方法。該方法包含在平臺上方分配第一進料層。第一進料層包括複數個微粒，該等微粒包含第一材料，該第一材料具有熔化或燒結溫度。該方法進一步包含在第一進料層上方分配第二進料層。第二進料層包括複數個微粒，該等微粒包含第二材料，該第二材料具有熔化或燒結溫度。該方法進一步包含導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱第二進料層。雷射束將第二進料層加熱到足以至少熔合第二材料的溫度。

【0009】 在又另一個實施方案中，提供一種增材製造方法。該方法包含在選擇性雷射燒結方法或選擇性雷射熔化方法中雷射燒結或雷射熔化粉末混合物，其中該粉末混合物包含微粒，每個微粒具有塗有塗層材料的芯材，該塗層材料不同於該芯材，其中該芯材係選自由包含陶瓷材料、金屬材料、金屬合金及塑膠材料所組成之群組，並且該塗層材料係選自由包含陶瓷材料、金屬材料、金屬合金及塑膠材料所組成之群組。

【圖式簡單說明】

【0010】 為了可以詳細瞭解上述本揭示之特徵，可參照實施方案（其中一些圖示於附圖中）而對以上簡要概述的實施方案作更特定的描述。然而，應注意的是，附圖僅圖示本揭示之典型實施方案，因此不應將該等附圖視為限制

本揭示之範疇，因本揭示可認可其他同樣有效的實施方案。

【0011】 第1圖為可用於進行本文描述的一個或更多個實施方案的例示性增材製造系統之示意圖；

【0012】 第2圖為依據本文描述的一個或更多個實施方案形成的3D部件的一部分之示意圖；

【0013】 第3圖為依據本文描述的實施方案描繪形成3D部件的方法之流程圖；

【0014】 第4圖為依據本文描述的實施方案描繪形成3D部件的另一種方法之流程圖；及

【0015】 第5圖為依據本文描述的實施方案描繪形成3D部件的又另一種方法之流程圖。

【0016】 為了便於理解，已在可能處使用相同的元件符號來指稱對圖式而言相同的元件。構思的是，可以將一個實施方案的元件和特徵有益地併入其他實施方案中而無需進一步詳述。

【實施方式】

【0017】 以下的揭露描述用於經由三維列印（或3D列印）製程形成物件的配方和方法。在下面的描述和第1圖至第5圖中提出某些細節，以提供對本揭露的各種實施方案的全盤理解。未在以下揭露中闡述描述時常與增材製造製程相關的眾所周知結構和系統的其他細節，以避免不必要地模糊了各種實施方案的描述。

【0018】 圖式所示的許多細節、尺寸、角度及其他特徵僅是特定實施方案的說明。因此，在不偏離本揭露的精神或範疇之下，其他實施方案可以具有其他細節、元件、尺寸、角度及特徵。另外，可以在沒有幾個下述細節之下實施本揭露的進一步實施方案。

【0019】 三維列印允許開發獨特的材料和微結構。在3D列印中，材料是使用增材製造製程形成。由於3D列印技術的性質，可以使用在幾種長度尺度下具有不同性質的結構來製造組成物。大多數市售的3D列印部件著重於最終物件的形狀因子和幾何特徵。若藉由3D列印來實現沉積的性質，則可以製造具有熱力學介穩態的化學組成物的物件和經由目前可用的技術無法形成的微結構（孔洞率、結晶度、晶粒尺寸和方向及其他特徵）。

【0020】 本揭露的一些實施方案包括開發在從奈米到毫米的長度尺度上導致期望的最終性質(機械、電或熱等）的材料和沉積方法。依據本揭露開發的材料包括以下中的至少一者：（a）金屬、玻璃狀、玻璃-陶瓷或聚合組成物；（b）由纖維、嵌入第二相基質（例如鋁-碳化矽複合物）中的晶鬚所組成的複合物；（c）在整個厚度上具有受控的開放和封閉孔隙度的催化材料；及（d）有能力將微量合金元素量控制到0.1原子%的合金組成物。沉積之後，可以在原位使用熱源（例如雷射、微波、光學或電化學能源）將沉積的材料固結（燒結或緻密化）。

【0021】 在本揭露的一些實施方案中，使用冶金相圖、塗佈或電鍍、兩相混合物及金屬-玻璃狀或金屬-玻璃-陶瓷組成物來形成3D部件。在一些實施方案中，使用具有低溫共晶體的相圖。例示性組成物包括Al基合金（例如使用Zn、Cu、Mg及Si作為合金元素）。

【0022】 在一些實施方案中，將高導電性金屬材料（例如銅、銀或金）鍍在陶瓷粉末顆粒上並在3D列印過程中燒結（例如熔合）。此種組合提供與陶瓷材料的強度和硬度組合的金屬之獨特的熱和電特性。另一個實施方案包括在金屬粉末上塗佈低溫玻璃組成物，隨後列印和熔合，從而產生電和熱絕緣結構。

【0023】 在一些實施方案中，包括受控孔隙度（或孔洞）的列印結構的處理是藉由列印被塗有有機材料的金屬顆粒來實現。在高溫熔合（也稱為燒結或壓實）期間，有機材料被燒除，從而在金屬顆粒之間留下受控的孔洞。此等列印結構可被用作例如具有獨特的熱和電特性的膜、催化劑及過濾器。

【0024】 在一些實施方案中，列印結構的處理，包括受控孔隙度（孔洞率）、結晶度及晶粒尺寸和晶粒方向是藉由修改用以實現熔合的雷射源的參數（例如功率密度、曝光時間及脈衝持續時間）來實現。

【0025】 在一些實施方案中，使用增材製造來形成用於半導體製造設備的腔室物件或部件，其中腔室物件或部件是由不同的材料形成。一個此類的實例是腔室襯裡，其中

容積材料是塗有另一種（化學相容的）金屬的外部一次性塗層的鋁或不銹鋼合金（使用3D列印處理）。在預防性維護期間，外部一次性塗層與沉積的製程殘餘物一起被噴砂去除。可以在整修製程期間3D列印外部一次性塗層（例如～1毫米厚），從而允許重複使用腔室硬體，同時避免使用通常在元件清洗中使用的有害化學品。

【0026】 第1圖為可用於進行本文描述的一個或更多個實施方案的增材製造系統100之示意圖。本文所述的增材製造系統的描述是說明性的，不應被解讀或解釋為限制本文所述實施方案的範疇。增材製造系統100可以是例如用於選擇性雷射燒結（SLS）的系統、用於選擇性雷射熔化（SLM）的系統或立體微影術系統。增材製造系統100包括殼體104並且被殼體104包圍。殼體104例如可以允許真空環境被保持在殼體104的內部，但或者殼體104的內部體積可以是大體上純的氣體或氣體的混合物，例如已被過濾以去除微粒的氣體或氣體的混合物，或者殼體可以被排空到大氣中。真空環境或過濾的氣體可以在部件的製造過程中減少缺陷。在一些實施方案中，可以將殼體104保持在正壓（即高於大氣壓力），此舉可以有助於防止外部大氣進入殼體104。

【0027】 增材製造系統100包括分配器組件110，以在平臺120上方遞送粉末層，例如在平臺上或到平臺上的下層上。

【0028】 平臺120的垂直位置可以由活塞122控制。在分配了每一層的粉末並熔合之後，活塞122可以將平臺120及其上的任何粉末層下降一層的厚度，使得組件準備好接收新的粉末層。

【0029】 平臺120可足夠大以適應大規模工業部件的製造。例如，平臺120可以至少500 mm寬，例如500 mm乘500 mm的正方形。例如，平臺可以至少1公尺寬，例如1平方公尺。

【0030】 在一些實施方案中，分配器組件110可定位在平臺120上方。分配器組件110可以包括開口，在平臺120上方進料114例如藉由重力被遞送穿過該開口。例如，分配器組件110可以包括用以容納進料114的貯槽116。進料114的釋出可以由閘門118控制。當分配器平移到CAD相容檔案指定的位置時，電子控制訊號被發送到閘門118以分配進料。

【0031】 分配器組件110的閘門118可以由壓電列印頭及/或氣動閥、微機電系統（MEMS）閥、螺線閥或磁閥中的一者或更多者來設置，以控制從分配器組件110釋放的進料。

【0032】 或者，分配器組件110可以包括位置鄰近平臺120的貯槽和水平（平行於平臺的表面）移動的滾軸，以橫跨平臺120從貯槽推出進料114。

【0033】 控制器130控制連接到分配器組件110或滾軸的驅動系統（未圖示），例如線性致動器。驅動系統的

設置使得在操作期間分配器組件110或滾軸可以平行於平臺120的頂表面（沿著箭頭112指示的行進方向）前後移動。例如，分配器組件110或滾軸可以被支撐在橫跨腔室106延伸的軌道上。或者，可以將分配器組件110或滾軸保持在固定的位置，同時由驅動系統移動平臺120。

【0034】 在包括遞送進料穿過的開口的分配器組件110之實施方案中，當分配器組件110掃過平臺時，分配器組件110可以依據列印圖案在適當位置在平臺120上沉積進料，列印圖案可被儲存在非暫態電腦可讀媒體中。例如，列印圖案可以被儲存為檔案，例如電腦輔助設計（CAD）相容的檔案，隨後由與控制器130相關聯的處理器讀取。隨後電子控制訊號被發送到閘門118，以在分配器被平移到由CAD相容檔案指定的位置時分配進料。

【0035】 在一些實施方案中，分配器組件110包括複數個開口，進料可以穿過該等開口進行分配。每個開口皆可以具有獨立可控的閘門，使得穿過每個開口的進料遞送可以被獨立控制。

【0036】 在一些實施方案中，複數個開口橫跨平臺120的寬度延伸，例如在垂直於分配器組件110的箭頭112指示的行進方向的方向上延伸。在此實施方案中，在操作中，分配器組件110可以在箭頭112指示的行進方向上以單次掃掠掃過平臺120。在一些實施方案中，對於交替的層，分配器組件110可以以交替的方向掃過平臺120，例

如在箭頭112指示的行進方向上第一次掃掠並在相反方向上第二次掃掠。

【0037】 或者，例如，在複數個開口未橫跨平臺的寬度延伸的情況下，分配系統可被設置成使得分配器組件110在兩個方向上移動以掃過平臺120，例如光柵掃過平臺120，以遞送用於層的材料。

【0038】 或者，分配器組件110可以簡單地在平臺120上方沉積均勻的進料層。在此實施方案中，既不需要獨立控制各個開口，也不需要儲存在非暫態電腦可讀媒體中的列印圖案。

【0039】 可選地，可以由分配器組件110提供超過一種進料。在此類實施方案中，每一種進料可以被儲存在具有自己的控制閘門的不同貯槽中，並且可以被個別控制以在平臺120上由CAD檔案指定的位置釋出各別的進料。以此種方式，可以使用兩種或更多種不同的化學物質來生產增材製造的部件。

【0040】 進料114可以是金屬、塑膠及/或陶瓷顆粒的乾粉，在液體懸浮液中的金屬或陶瓷粉末，或材料的漿料懸浮液。例如，對於使用壓電列印頭的分配器來說，進料通常會是在液體懸浮液中的顆粒。例如，分配器組件110可以以載體流體遞送粉末，載體流體例如高蒸汽壓載體，例如異丙醇（IPA）、乙醇或N-甲基-2-吡咯啶酮（NMP），以形成粉末材料的層。載體流體可以在層的

燒結製程之前蒸發。或者，可以採用乾分配機構，例如由超音波攪動和加壓惰性氣體輔助的噴嘴陣列來分配顆粒。

【0041】 可與本文描述的實施方案一起使用的金屬顆粒之實例包括金屬、合金及金屬間合金。用於可與本文描述的實施方案一起使用的金屬顆粒的材料之實例包括鋁（Al）、金（Au）、銀（Ag）、鎳（Ni）、鐵（Fe）、銅（Cu）、鉻（Cr）、鈷（Co）、鎂（Mg）、鎢（W）、鈦（Ti）、鉭（Ta）、鉬（Mo）、釩（V）、不銹鋼及此等金屬的各種合金或金屬間合金。可與本文描述的實施方案一起使用的陶瓷材料之實例包括金屬氧化物，例如二氧化鈰、氧化鋁、二氧化矽、氧化鎂、氮化鋁、氮化矽、碳化矽或此等材料的組合。可與本文描述的實施方案一起使用的例示性塑膠材料包括尼龍、丙烯腈丁二烯苯乙烯（ABS）、聚氨酯、丙烯酸酯、環氧樹脂、聚醚亞醯胺、聚醚醚酮（PEEK）、聚醚酮酮（PEKK）、聚苯乙烯或聚醯胺。

【0042】 可選地，增料製造系統100可以包括壓實及/或調平機構，以將沉積在平臺120上的進料層壓實及/或平滑化。例如，系統可以包括滾軸或葉片，滾軸或葉片可平行於平臺表面被驅動系統移動，驅動系統例如線性致動器。設定滾軸或葉片相對於平臺120的高度，以將進料114的最外層壓實及/或平滑化。滾軸可以在橫跨平臺平移時旋轉。

【0043】 在製造過程中，進料層逐漸沉積和燒結或熔化。例如，進料114被從分配器組件110分配以形成接觸平臺120的層140。進料114的後續沉積層可以形成附加層，每個附加層被支撐在下層上。

【0044】 在每一層沉積之後，對最外層進行處理以使該層的至少一些熔合，例如藉由燒結或藉由熔化和再固化。層中未熔合的進料區域可用於支撐上層的某些部分。

【0045】 增料製造系統100包括設以對進料114的層供應足夠的熱以使粉末熔合的熱源。在將進料114分配成一個圖案的情況下，熱源可以同時加熱整個層。或者，假使進料114被均勻地沉積在平臺120上，則熱源可設以加熱由列印圖案指定的位置，以使在此等位置的粉末熔合，列印圖案被儲存在電腦可讀媒體中，例如被儲存為電腦輔助設計（CAD）相容檔案。可以使用充分加熱進料114的任何適當熱源。熱源的實例包括雷射源、微波源或電化學能源。

【0046】 在一些實施方案中，熱源是產生雷射束152的雷射源150。從雷射源150發射的雷射束152被導引到由列印圖案指定的位置。例如，用雷射束152光柵掃描整個平臺120，且在每個位置控制雷射功率以確定特定的立體像素是否熔合。雷射束152亦可以掃過由CAD檔案指定的位置，以選擇性地熔合在彼等位置的進料。為了使用雷射束152掃描整個平臺120，平臺120可以保持靜止，

同時將雷射束152水平移動。或者，雷射束152可以保持靜止，同時將平臺120水平移動。

【0047】 來自雷射源150的雷射束152設以將被雷射束152照射的進料114區域的溫度升高到足以熔合進料114的溫度。在一些實施方案中，將進料114區域定位在雷射束152的正下方。

【0048】 平臺120可以另外由加熱器（例如藉由嵌入平臺120中的加熱器）加熱到低於進料114的熔點的基礎溫度。以此種方式，雷射束152可設以提供較少的溫度增加來熔合沉積的進料114。經由小溫差的轉變可以使進料114能夠被更快地處理。例如，平臺120的基礎溫度可以是約攝氏1500度，並且雷射束152可以使溫度增加約攝氏50度。

【0049】 雷射源150可以相對於平臺120進行移動，或者雷射可以例如被鏡式檢流計偏轉。雷射束152可以產生足夠的熱來使進料114熔合。雷射源150及/或平臺120可被耦接到致動器組件，例如設以在垂直方向上提供移動的一對線性致動器，以在雷射源150與平臺120之間提供相對移動。可以將控制器130連接到致動器組件，以使雷射束152掃過進料114的整個層。

【0050】 雷射源150可以包括管道154，例如雷射束152傳播穿過的管。雷射束152可以朝向平臺120的表面傳播穿過管道154。管道154離平臺120最遠的端部156可以被窗158終止，窗158對雷射束152的波長是透明

的。雷射束152可以從雷射源150傳播穿過窗158而進入管道154中。

【0051】 管道154最靠近平臺120的端部可以是開放的或者可以是關閉的，除了允許雷射束152朝向平臺120穿過的孔之外。雷射源150的解析度可以是幾毫米，小至幾微米。換句話說，進料的化學反應可以被局部化到增料製造部件的幾毫米，從而對製造部件的實體性質提供優異的空間控制。

【0052】 在一些實施方案中，可以使用控制器130來控制雷射源150的參數，例如功率密度和脈衝密度，以調整遞送給進料114的熱。該調整可以結合雷射束在進料的特定層（z位置）上的位置（x-y位置）來進行。以此種方式，製造部件的期望實體性質（例如孔洞率、結晶度、晶粒尺寸及方向）可以作為特定進料層內的橫向（x-y）位置的函數而變化。

【0053】 在操作中，在每個層已被沉積和熱處理之後，將平臺120降低大致等於層的厚度的量。隨後，不需要在垂直方向上平移的分配器組件110水平地掃過平臺以沉積新的層，新的層覆蓋先前沉積的層，隨後可以對新的層進行熱處理以將進料熔合。可以重複此製程，直到製造出完整的三維物體。藉由對進料進行熱處理所得到的熔合進料可提供增料製造的物體。

【0054】 在一個實施方案中，分配器組件110是單點分配器，而且分配器組件110橫跨平臺120的x和y方向平移，以在平臺120上沉積完整的進料114的層。

【0055】 在另一個實施方案中，分配器組件110是橫跨平臺120的寬度延伸的線分配器。例如，分配器組件110包括可個別控制的開口（例如噴嘴）的線性陣列。分配器組件110可以僅沿著一個維度（例如大體上垂直於分配器組件110的長軸）平移，以在平臺120上沉積完整的進料114的層。

【0056】 可以使用分配器組件110來將進料114沉積到平臺120上或上方。控制器130以類似方式控制連接到分配器組件110的驅動系統（未圖示），例如線性致動器。驅動系統的設置使得在操作過程中分配器組件110可平行於平臺120的頂表面來回移動。

【0057】 參照第1圖，增料製造系統100的控制器130連接到系統的各種元件，例如致動器、閥及電壓源，以產生到彼等元件的訊號、協調操作並使系統執行各種功能性操作或上述操作的序列。控制器可被以數位電子電路或以電腦軟體、韌體或硬體實施。例如，控制器可以包括處理器來執行儲存在電腦程式產品中的電腦程式，例如儲存在非暫態機器可讀存儲媒體中。此類電腦程式（也稱為程式、軟體、軟體應用或代碼）可被以任何形式的編程語言編寫，包括編譯或解釋語言，而且此類電腦程式可被以任

何形式部署，包括作為獨立程式或作為模組、元件、子常式或其他適合在計算環境中使用的單元。

【0058】 如上所述，控制器130可以包括非暫態電腦可讀媒體來儲存資料對象，例如識別進料114應為每一層沉積的圖案的電腦輔助設計（CAD）相容檔案。例如，資料對象可以是STL格式的檔案、3D製造格式（3MF）檔案或增料製造檔案格式（AMF）的檔案。例如，控制器130可以從遠端電腦接收資料對象。控制器130中的處理器（例如由韌體或軟體控制）可以解釋從電腦接收的資料對象而產生控制系統的元件所需的訊號組，以列印每一層的指定圖案。

【0059】 第2圖為依據本文描述的一個或更多個實施方案形成的3D部件200的一部分之示意圖。3D部件包括複合材料210。複合材料210包括嵌入基質材料230（B相）中的內芯材料220（「A相」）。可用於A相和B相的例示性材料如下表1所示：

	實例 1	實例 2	實例 3	實例 4
A 相	金屬	陶瓷	金屬	金屬 1
B 相	陶瓷	金屬	有機物	金屬 2

表 I.

【0060】 複合材料210可被沉積為一系列的後續進料層，該等進料層被固化而形成3D部件200。例如，3D部

件200是藉由沉積四個層240a-d所形成，四個層240a-d是依據下述方法300沉積並於隨後固化。在一些實施方案中，每個層240a-d皆是藉由沉積含有A相材料的顆粒和B相材料的顆粒的粉末混合物所形成。在一些實施方案中，每個層240a-d皆是藉由沉積包括顆粒的粉末混合物所形成，該等顆粒含有塗佈B相材料的A相材料。在一些實施方案中，每個層240a-d皆是藉由沉積包括顆粒的粉末混合物所形成，該等顆粒含有塗佈A相材料的B相材料。在一些實施方案中，每個層240a-d皆是藉由沉積包括顆粒的粉末混合物所形成，該等顆粒含有A相材料或B相材料。使沉積的顆粒暴露於熔合製程（例如雷射燒結或雷射熔化）。在熔合製程期間，加熱B相材料形成了基質材料230。

【0061】 第2圖圖示3D部件200的一個實例。然而，應當理解的是，後續形成的層240b、240c及240d可以具有任何期望的形狀或厚度，並且可以與任何其他的層240a、240b、240c及240d相同或不同，取決於要形成的3D部件200的尺寸、形狀等。亦應當理解的是，3D部件200的四個層只是例示性的，而且3D部件可以包含任何數量的層。

【0062】 由於在每個層240a、240b、240c、240d形成之後至少有一些進料保持未固化；故3D部件200至少部分被平臺上的未固化進料圍繞。當3D部件200完成時可以被從平臺移出，而保持在平臺上的未固化進料可以

被重新使用。3D部件200可以用水或其他溶劑處理，以便去除仍留在3D部件200的表面上的任何未固化進料。

【0063】 第3圖為依據本文描述的實施方案描繪形成3D部件的方法300之流程圖。在一個實施方案中，使用方法300形成的3D部件是第2圖描繪的3D部件200。

【0064】 在操作310，將進料層分配在平臺上方。在一些實施方案中，進料是進料114，並且平臺是平臺120。在一些實施方案中，進料可以使用分配器組件110分配。進料至少包括第一材料和第二材料，其中第一材料不同於第二材料。在一個實施方案中，進料包括具有不同的熔化溫度、燒結溫度或熔化和燒結溫度兩者的兩種或更多種材料。該兩種或更多種材料中的至少一種是可燒結材料。在一些實施方案中，進料包括具有第一熔化及/或燒結溫度的第一材料和具有第二熔化及/或燒結溫度的第二材料，第二熔化及/或燒結溫度低於第一熔化及/或燒結溫度。在一些實施方案中，第一材料是選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠材料所組成之群組，而第二材料是選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠材料所組成之群組。可以如表1所示選擇第一材料和第二材料。參照第2圖，第一材料是內芯材料220，而第二材料形成基質材料230。

【0065】 在一個實施方案中，進料包括包含微粒的粉末混合物。在一個實施方案中，粉末混合物包含非金屬微粒和金屬微粒。微粒可以獨立具有介於約10至約300微米

之間（例如介於約10至約200微米之間；介於約50至約150微米之間；或介於約50至約100微米之間）的直徑。

【0066】 可與本文描述的實施方案一起使用的例示性金屬材料包括鋁（Al）、金（Au）、銀（Ag）、鎳（Ni）、鐵（Fe）、銅（Cu）、鉻（Cr）、鈷（Co）、鎂（Mg）、鎢（W）、鈦（Ti）、鉭（Ta）、鉬（Mo）、釩（V）、不銹鋼及此等金屬的各種合金或金屬間合金。

【0067】 可與本文描述的實施方案一起使用的例示性陶瓷材料包括金屬氧化物，例如二氧化鈰、氧化鋁、二氧化矽、氧化鎂、氮化鋁、氮化矽、碳化矽或此等材料的組合。

【0068】 可與本文描述的實施方案一起使用的例示性塑膠材料包括尼龍、丙烯腈丁二烯苯乙烯（ABS）、聚氨酯、丙烯酸酯、環氧樹脂、聚醚醯亞胺、聚醚醚酮（PEEK）、聚醚酮酮（PEKK）、聚苯乙烯或聚醯胺。

【0069】 在一個實施方案中，第一材料是金屬，第二材料是金屬。例如，第一材料是銅，第二材料是金。在一個實施方案中，金被鍍在銅芯上。

【0070】 在一個實施方案中，第一材料是陶瓷，第二材料是金屬。例如，第一材料是氧化鋁（Al_2O_3），第二材料是金、銅、鋁、鎂或鋅。在一個實施方案中，金、銅、鋁、鎂或鋅被鍍在氧化鋁芯上。

【0071】 在一個實施方案中，第一材料是金屬，第二材料是塑膠。

【0072】 可選地，在操作330中暴露於雷射束之前，在操作320將進料預熱。進行加熱來預熱進料。進料通常被預熱到低於可燒結材料的熔點(例如低於具有較低熔點的材料的熔點)的溫度。因此，所選擇的溫度將取決於所使用的可燒結材料。作為實例，加熱溫度可以比所使用的可燒結材料的熔點低約攝氏5至50度。在一個實施方案中，加熱溫度可以從約攝氏50度至約攝氏350度。在另一個實例中，加熱溫度的範圍從約攝氏60度至約攝氏170度。

【0073】 預熱進料114可以藉由任何適當的熱源來實現，該熱源使平臺120上的進料114暴露於熱。熱源的實例包括熱的熱源或光輻射源。在一個實施方案中，熱源被嵌入平臺120中。

【0074】 在操作330，將雷射束導引到進料的位置來加熱進料。位置是由儲存在電腦可讀媒體中的資料指定。在一些實施方案中，雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料的溫度。在一些實施方案中，雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料、同時至少一些第一材料仍未熔合的溫度。在一些實施方案中，雷射束將進料加熱到高於或等於第二熔化及/或燒結溫度的溫度，從而允許進料熔合(例如燒結、黏結、固化等)。

【0075】 可以修改用以實現熔合的雷射源的參數(例如功率密度、暴露時間及脈衝持續時間)，以實現期望的性質，包括3D部件中受控的孔隙度(孔洞率)、結晶度、晶粒尺寸及晶粒方向。例如，施加雷射的時間長度或能量

暴露時間可以取決於例如以下中之一者或更多者：雷射源的特性、進料的特性及/或3D部件的期望最終特性。

【0076】 在一個實施方案中，在操作330期間將雷射束脈衝化。

【0077】 應當理解的是，可以藉由改變暴露時間、脈衝持續時間、功率位準或功率密度中之至少一者來實現熔合位準和相應性質（例如孔洞率、孔隙度等）的變化。作為實例，假使理想的是熔合位準沿著Z軸降低，則輻射暴露時間可以在第一層中最長，並在隨後形成的層中縮短。

【0078】 因為3D部件的層是在Z方向上建構的，所以可以沿著XY平面及/或沿著Z軸實現性質的均勻性或變化。作為實例，假使理想的是結構中的孔洞量沿著Z軸增加，則所施加的輻射可以在第一層中最多，並在隨後形成的層中減少。

【0079】 如上所述，暴露於來自雷射束的輻射將較低熔點及/或燒結溫度的材料固化而形成3D部件200的層240a。應當理解的是，在施加能量的過程中吸收的、來自一部分進料的熱可以傳播到先前固化的層，例如層240a，使得該層的至少一些加熱到其熔化或燒結點以上，此舉有助於在3D部件200的相鄰層之間形成強的層間接合。

【0080】 可以重複操作310-330多次以形成後續層240b、240c及240d（第2圖）並形成3D部件200。例如，可以重複操作310以在第一層的進料上方分配第二層

的進料。可以重複操作330來導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱第二層的進料。可以改變選自雷射束的曝露時間、脈衝持續時間、功率位準及功率密度的至少一個雷射束參數，同時導引雷射束來加熱第二層。至少一個參數的改變是相對於在先前的進料層的沉積過程中使用的參數。

【0081】 第4圖為依據本文描述的實施方案描繪形成3D部件的方法400之流程圖。在一個實施方案中，使用方法400形成的3D部件是第2圖描繪的3D部件200。方法400類似於方法300，不同之處僅在於微粒包含第一芯材和不同於第一芯材的第二塗層材料。在一些實施方案中，第一芯材具有第一熔化及/或燒結溫度，而第二材料具有第二熔化及/或燒結溫度，其中第二熔化及/或燒結溫度低於第一熔化及/或燒結溫度。

【0082】 在操作410，將進料層分配在平臺上方。在一些實施方案中，進料是進料114，並且平臺是平臺120。在一些實施方案中，可以使用分配器組件110分配進料。進料包括複數個微粒，該等微粒包含第一芯材和不同於第一芯材的第二塗層材料，其中第二塗層材料被塗佈在第一芯材上。在一些實施方案中，進料包括複數個微粒，該等微粒至少包含具有第一熔化及/或燒結溫度的第一芯材及具有第二熔化及/或燒結溫度的第二材料，其中第二熔化及/或燒結溫度低於第一熔化及/或燒結溫度，並且該第二材料塗佈該第一材料。兩種或更多種材料中的至少一種是

可燒結材料。在一些實施方案中，第一材料是選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料、塑膠材料所組成之群組，而第二材料是選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠材料所組成之群組。可以如表1所示選擇A相的第一材料和形成B相的第二材料。參照第2圖，第一材料是內芯材料220，第二材料形成基質材料230。

【0083】 該等微粒可以獨立具有約10至300微米（例如約10至200微米；約50至150微米；或約50至100微米）的直徑。形成芯的第一材料可以具有例如約10至300微米（例如約10至200微米；約50至150微米；或約50至100微米）的直徑，而且形成塗層或殼的第二材料可以具有例如約3至500奈米（例如約100至500奈米；約3至50奈米；或約50至100奈米）的厚度。

【0084】 在一個實施方案中，第一材料是金屬，第二材料是金屬。例如，第一材料是被鍍在銅芯上的金。

【0085】 在一個實施方案中，第一材料是陶瓷，第二材料是金屬。例如，在一個實施方案中，金、銅、鋁、鎂或鋅被鍍在氧化鋁芯上。

【0086】 在一個實施方案中，第一材料是金屬，第二材料是塑膠。例如，在一個實施方案中，塑膠被塗佈在金屬材料上。

【0087】 可選地，在操作430中暴露於雷射束之前，在操作420將進料預熱。進行加熱來預熱進料。進料通常被預熱到低於可燒結材料的熔點(例如低於具有較低熔點的

材料的熔點）的溫度。因此，所選擇的溫度將取決於所使用的可燒結材料。作為實例，加熱溫度可以比所使用的可燒結材料的熔點低約攝氏5至50度。在一個實施方案中，加熱溫度可以從約攝氏50度至約攝氏350度。在另一個實例中，加熱溫度的範圍從約攝氏60度至約攝氏170度。

【0088】 預熱進料114可以藉由任何適當的熱源來實現，該熱源使平臺120上的進料114暴露於熱。熱源的實例包括熱的熱源或光輻射源。在一個實施方案中，熱源被嵌入平臺120中。

【0089】 在操作430，將雷射束導引到進料的位置來加熱進料。位置是由儲存在電腦可讀媒體中的資料指定。在一些實施方案中，雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料的溫度。在一些實施方案中，雷射束將進料加熱到足以至少熔合第二材料、同時至少一些第一材料仍未熔合的溫度。在一些實施方案中，雷射束將進料加熱到高於或等於第二熔化及/或燒結溫度的溫度，從而允許進料熔合（例如燒結、黏結、固化等）。可以類似於方法300的操作330來執行操作430。

【0090】 如在操作330所述，可以修改用以在操作430期間實現熔合的雷射源的參數（例如功率密度、暴露時間及脈衝持續時間等），以實現期望的性質，包括3D部件中受控的孔隙度（孔洞率）、結晶度、晶粒尺寸及晶粒方向。

【0091】 如上所述，暴露於來自雷射束的輻射至少熔合在較低熔化及/或燒結溫度下熔化及或燒結的進料，以形成3D部件200的層240a。應當理解的是，在施加能量的過程中吸收的、來自一部分進料的熱可以傳播到先前固化的層，例如層240a，使得該層的至少一些加熱到其熔化或燒結點以上，此舉有助於在3D部件200的相鄰層之間形成強的層間接合。

【0092】 可以重複操作410-430多次以形成後續層240b、240c及240d（第2圖）並形成3D部件200。例如，可以重複操作410以在第一層的進料上方分配第二層的進料。可以重複操作430來導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱第二層的進料。可以改變選自雷射束的曝露時間、脈衝持續時間、功率位準及功率密度的至少一個雷射束參數，同時導引雷射束來加熱第二層。至少一個參數的改變是相對於在先前的進料層的沉積過程中使用的參數。

【0093】 第5圖為依據本文描述的實施方案描繪形成3D部件的方法500之流程圖。在一個實施方案中，使用方法500形成的3D部件是第2圖描繪的3D部件200。方法500類似於方法300，不同之處僅在於包含第一材料的微粒與包含第二材料的微粒被沉積在不同的層中。

【0094】 在操作510，將第一進料層分配在平臺上方。在一些實施方案中，進料是進料114，並且平臺是平臺120。在一些實施方案中，可以使用分配器組件110分配

進料。進料包括複數個微粒，該等微粒至少包含具有第一熔化及/或燒結溫度的第一材料。在一些實施方案中，第一材料是選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠材料所組成之群組。

【0095】 該等微粒可以具有約10至300微米（例如約10至200微米；約50至150微米；或約50至100微米）的直徑。

【0096】 可選地，在操作520，將雷射束導引到第一進料層由儲存在電腦可讀媒體中的資料指定的位置。雷射束將進料加熱到高於或等於第一熔化及/或燒結溫度的溫度。

【0097】 在操作530，將第二進料層分配在第一進料層上。第二進料層包括複數個微粒，該等微粒至少包含具有第二熔化及/或燒結溫度的第二材料。在一些實施方案中，第二熔化及/或燒結溫度低於第一熔化及/或燒結溫度。在其他實施方案中，第一熔化及/或燒結溫度高於第二熔點。

【0098】 在操作540，導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱第二層的進料，雷射束將第二層的進料加熱到高於或等於第二熔化及/或燒結溫度的溫度。該兩種或更多種材料中的至少一種是可燒結材料。在一些實施方案中，第一材料是選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料、塑膠材料所組成之群組，而第二材料是選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠

材料所組成之群組。可以如表1所示選擇A相的第一材料和形成B相的第二材料。參照第2圖，第一材料是內芯材料220，而第二材料形成基質材料230。

【0099】 如在操作330所述，可以修改用以在操作520和540期間實現熔合的雷射源的參數（例如功率密度、暴露時間及脈衝持續時間等），以實現期望的性質，包括3D部件中受控的孔隙度（孔洞率）、結晶度、晶粒尺寸及晶粒方向。

【0100】 如上所述，暴露於來自雷射束的輻射固化較低熔化及/或燒結溫度的進料，以形成3D部件200的層240a的基質部分。可以重複操作510-540多次以形成後續層240b、240c及240d（第2圖）並形成3D部件200。應當理解的是，在施加能量的過程中吸收的、來自一部分進料的熱可以傳播到先前固化的層，例如層240a，使得該層的至少一些加熱到其熔化或燒結點以上，此舉有助於在3D部件200的相鄰層之間形成強的層間接合。

【0101】 總而言之，本揭露的一些實施方案的一些益處包括使用在若干長度尺度下具有不同性質的結構來製造部件3D部件的能力。目前可用的3D列印部件著重於最終物件的形狀因子和幾何特徵。相反地，使用本文描述的實施方案可以製造具有熱力學介穩態的化學組成物的物件及經由目前可用的技術無法形成的微結構（孔洞率、結晶度、晶粒尺寸和方向及其他特徵）。

【0102】 當介紹本揭露的要素或例示性態樣或實施方案時，冠詞「一（a）」、「一（an）」、「該（the）」及「該（said）」意在表示存在一個或更多個要素。

【0103】 用語「包含（comprising）」、「包括（including）」及「具有（having）」之意為涵括性的，並且表示除了列出的要素之外可以存在另外的要素。

【0104】 儘管前述係針對本發明之實施方案，但可以在不偏離本發明之基本範疇下設計出本揭示之其他的和進一步的實施方案，而且本發明之範疇係由隨後的申請專利範圍決定。

【符號說明】

【0105】

100 增材製造系統

104 殼體

106 腔室

110 分配器組件

112 箭頭

114 進料

116 貯槽

118 閘門

120 平臺

122 活塞

130 控制器

140 層

150 雷射源

152 雷射束

154 管道

156 端部

158 窗

200 3D部件

210 複合材料

220 內芯材料

230 基質材料

240a-d 層

300 方法

310-330 操作

400 方法

410-430 操作

500 方法

510-540 操作

【生物材料寄存】

【0106】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【0107】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種增材製造方法，包含以下步驟：

在一平臺上方分配一進料的一第一層，其中該進料包括一粉末混合物，該粉末混合物包含包含一第一材料的複數個微粒及包含一第二材料的複數個微粒，該第二材料不同於該第一材料；以及

導引一雷射束以在由儲存於一電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該進料，其中該雷射束將該進料加熱到一足以至少熔合該第二材料的溫度。

【第2項】 如請求項 1 所述之方法，其中該溫度高於或等於該第二材料的一熔化或燒結溫度但低於該第一材料的熔化或燒結溫度。

【第3項】 如請求項 1 所述之方法，其中該等微粒具有介於約 10 至約 300 微米之間的一直徑。

【第4項】 如請求項 1 所述之方法，其中該第一材料為非金屬的，並且該第二材料為金屬的。

【第5項】 如請求項 1 所述之方法，其中在該導引該雷射束以加熱該進料之步驟的過程中該第一材料的至少一部分保持未熔合。

【第6項】 如請求項 1 所述之方法，進一步包含以下步驟：

在該進料的該第一層上方分配該進料的一第二層；

及

導引該雷射束以在由儲存於一電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該進料的該第二層，其中該雷射束加熱該進料，同時改變至少一個選自該雷射束的曝露時間、脈衝持續時間、功率位準及功率密度的雷射束參數。

【第7項】 如請求項 1 所述之方法，其中該第一材料係選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠材料所組成之群組，且該第二材料係選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金及塑膠材料所組成之群組。

【第8項】 一種增材製造方法，包含以下步驟：

在一平臺上方分配一進料的一第一層，其中該進料包括一粉末混合物，該粉末混合物包含多個微粒，每一微粒具有一芯材，該芯材為塗有該第二材料的該第一材料；以及

導引一雷射束以在由儲存於一電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該進料，其中該雷射束將該進料加熱到一足以至少熔合該第二材料的溫度。

【第9項】 如請求項 8 所述之方法，其中該溫度高於或等於該第二材料的一熔化或燒結溫度但低於該第一材料的熔化或燒結溫度。

【第10項】 如請求項 8 所述之方法，其中該等微粒具

有介於約10至約300微米之間的一直徑。

【第11項】 如請求項8所述之方法，其中該第一材料係選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠材料所組成之群組，且該第二材料係選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金及塑膠材料所組成之群組。

【第12項】 如請求項8所述之方法，其中該第一材料為銅並且該第二材料為金。

【第13項】 如請求項8所述之方法，其中該第一材料為氧化鋁（Al_2O_3）並且該第二材料為金、銅、鋁、鎂或鋅。

【第14項】 如請求項8所述之方法，其中在該導引該雷射束以加熱該進料之步驟的過程中該第一材料的至少一部分保持未熔合。

【第15項】 如請求項8所述之方法，進一步包含以下步驟：

在該進料的該第一層上方分配該進料的一第二層；及

導引該雷射束以在由儲存於一電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該進料的該第二層，其中該雷射束加熱該進料，同時改變至少一個選自該雷射束的曝露時間、脈衝持續時間、功率位準及功率密度的雷射束參數。

【第16項】 一種增材製造方法，包含以下步驟：

在一平臺上方分配一第一進料層，其中該第一進料層包括複數個微粒，該等微粒包含一第一材料，該第一材料具有一熔化或燒結溫度；

在該第一進料層上方分配一第二進料層，其中該第二進料層包括複數個微粒，該等微粒包含一第二材料，該第二材料具有一熔化或燒結溫度；以及

導引一雷射束以在由儲存於一電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該第二進料層，其中該雷射束將該第二進料層加熱到一足以至少熔合該第二材料的溫度。

【第17項】 如請求項16所述之方法，其中該溫度高於或等於該第二材料的該熔化或燒結溫度但低於該第一材料的該熔化或燒結溫度。

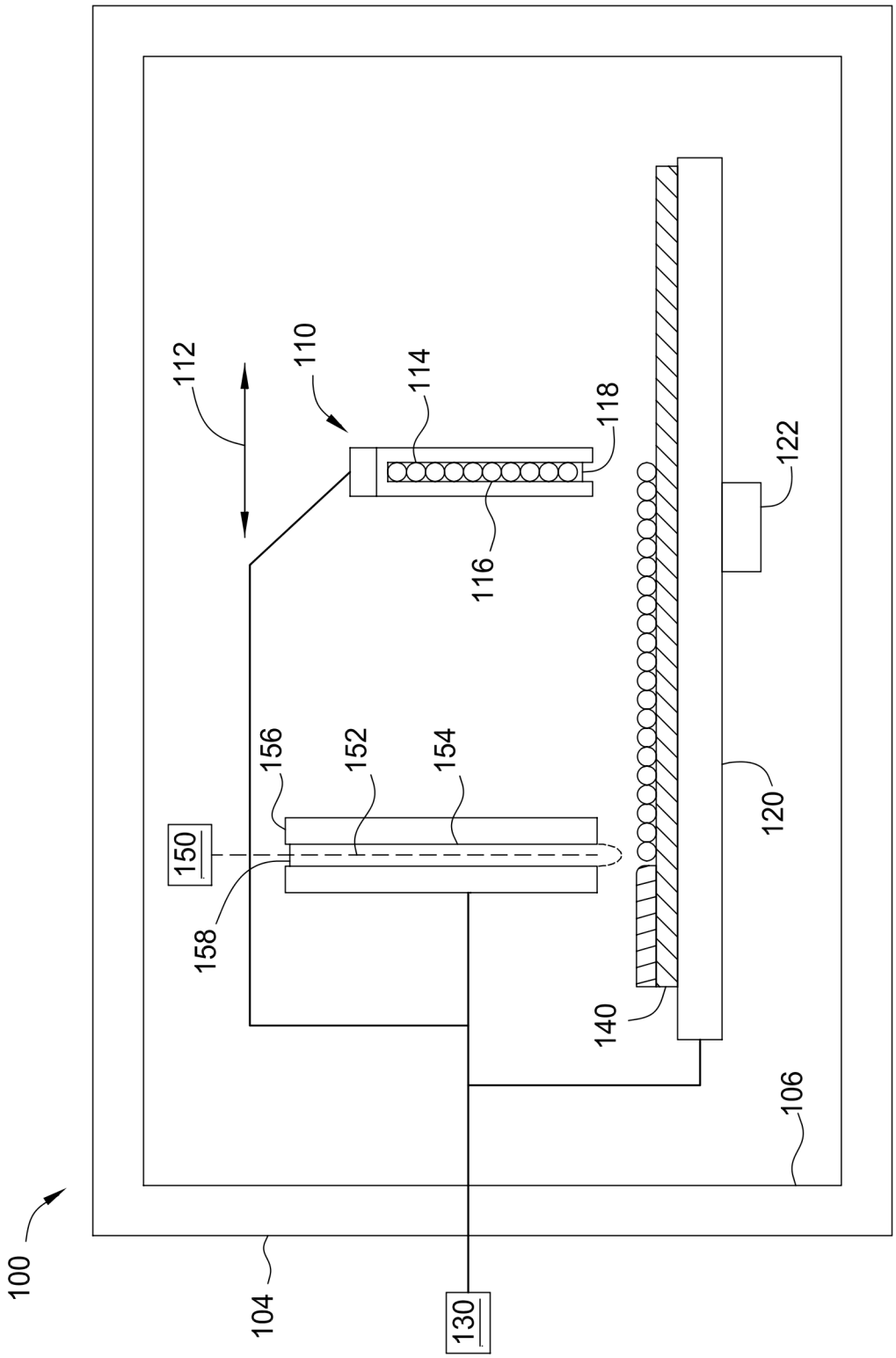
【第18項】 如請求項16所述之方法，其中該等微粒具有介於約10至約300微米之間的一直徑。

【第19項】 如請求項16所述之方法，其中該第一材料係選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金材料及塑膠材料所組成之群組，且該第二材料係選自由陶瓷材料、金屬材料、金屬合金及塑膠材料所組成之群組。

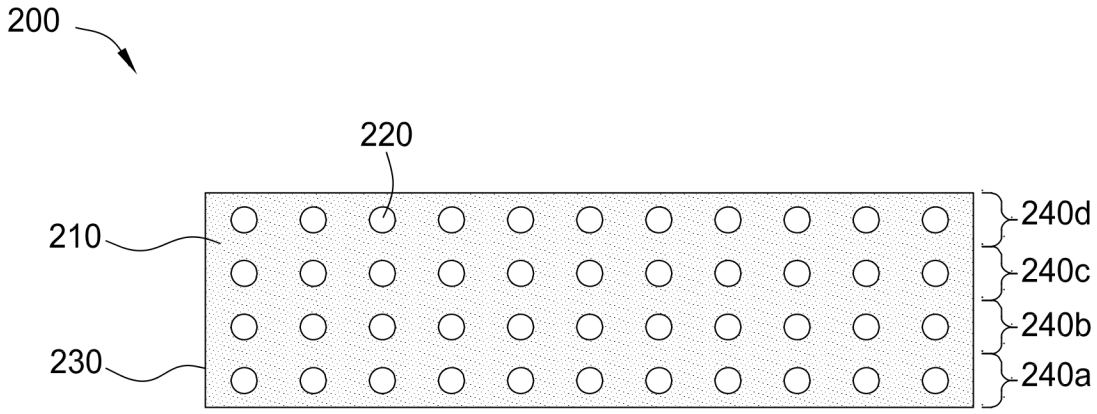
【第20項】 如請求項16所述之方法，其中在該導引該雷射束以加熱該第二進料層之步驟的過程中該第一材

料的至少一部分保持未熔合。

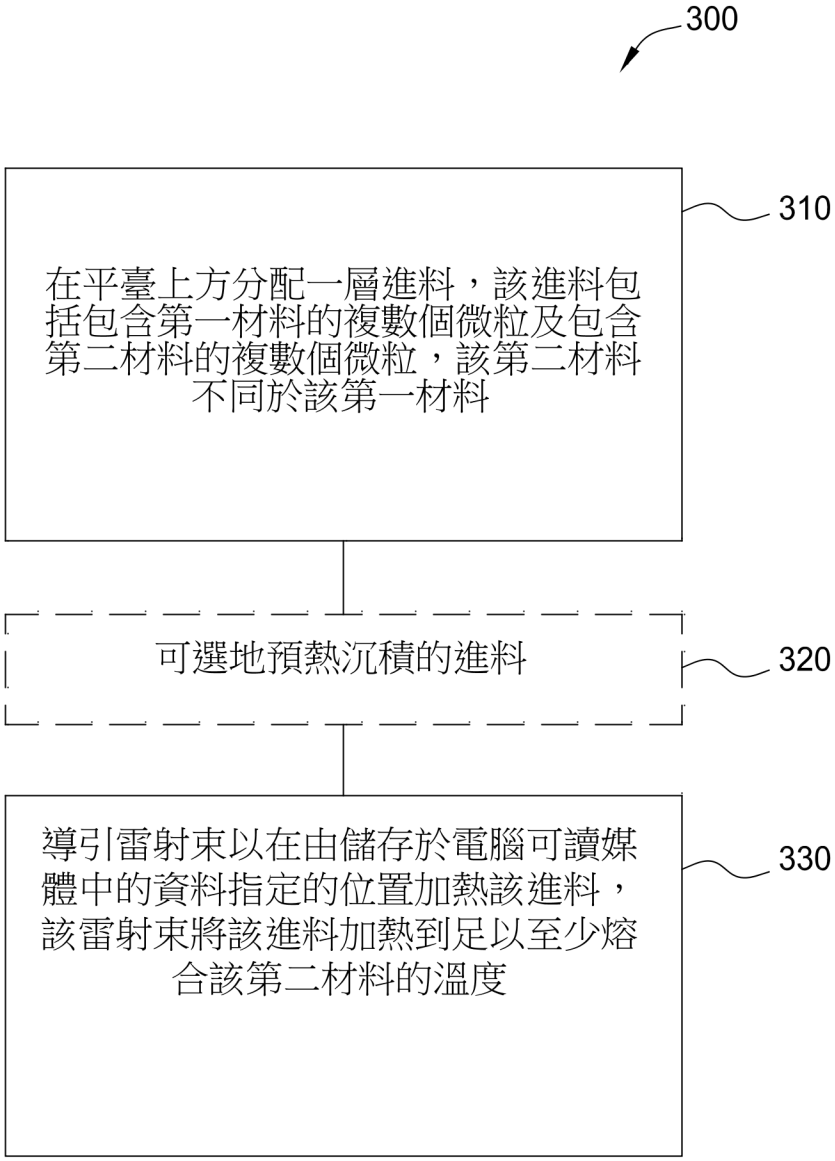
【發明圖式】


100
104
130
106
112
110
114
118
116
122
120
156
152
154
150
158
140

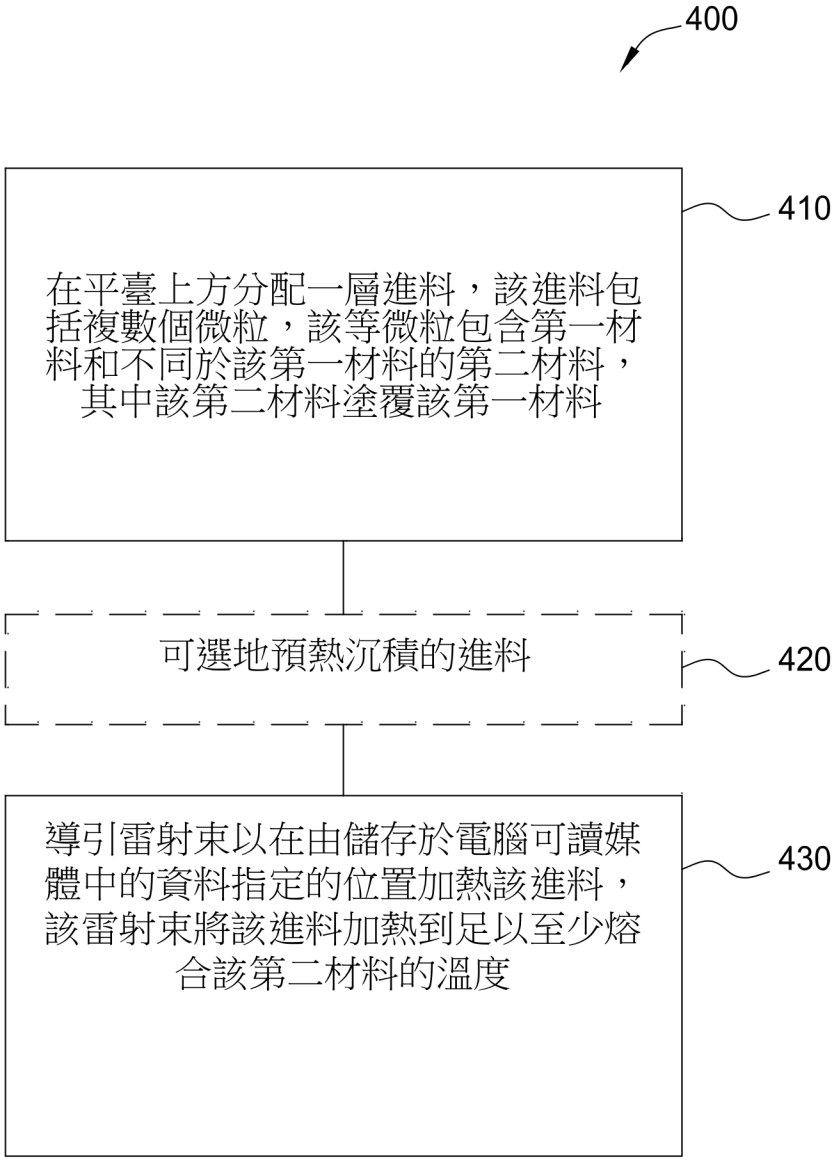
第1圖



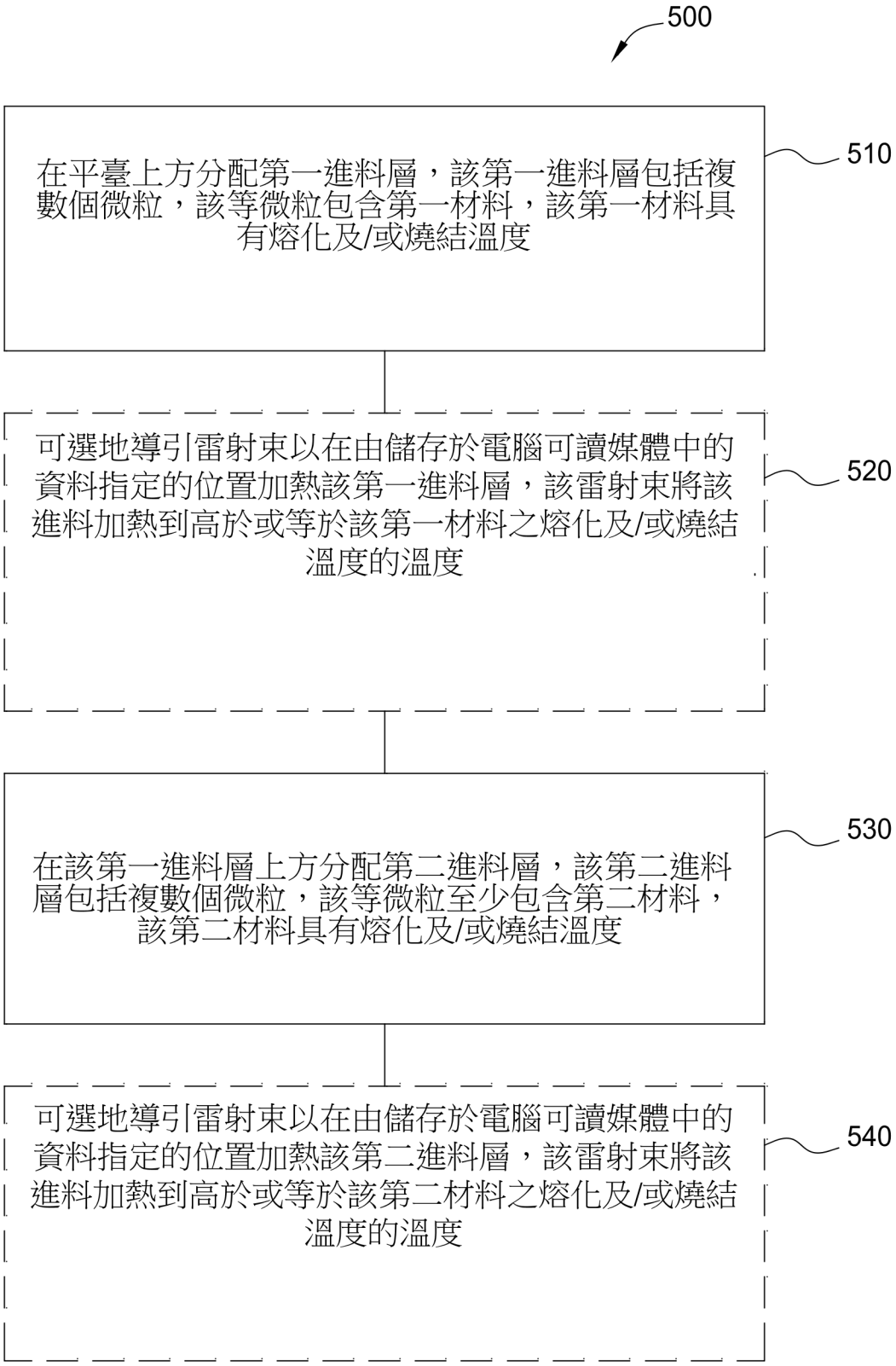
第2圖


300
310
在平臺上方分配一層進料，該進料包括包含第一材料的複數個微粒及包含第二材料的複數個微粒，該第二材料不同於該第一材料
320
可選地預熱沉積的進料
330
導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該進料，該雷射束將該進料加熱到足以至少熔合該第二材料的溫度

第3圖


400
410
在平臺上方分配一層進料，該進料包括複數個微粒，該等微粒包含第一材料和不同於該第一材料的第二材料，其中該第二材料塗覆該第一材料
420
可選地預熱沉積的進料
430
導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該進料，該雷射束將該進料加熱到足以至少熔合該第二材料的溫度

第4圖


500
在平臺上方分配第一進料層，該第一進料層包括複數個微粒，該等微粒包含第一材料，該第一材料具有熔化及/或燒結溫度
510
可選地導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該第一進料層，該雷射束將該進料加熱到高於或等於該第一材料之熔化及/或燒結溫度的溫度
520
在該第一進料層上方分配第二進料層，該第二進料層包括複數個微粒，該等微粒至少包含第二材料，該第二材料具有熔化及/或燒結溫度
530
可選地導引雷射束以在由儲存於電腦可讀媒體中的資料指定的位置加熱該第二進料層，該雷射束將該進料加熱到高於或等於該第二材料之熔化及/或燒結溫度的溫度
540

第5圖