

申請日期：88.12.24	案號：88122907
類別：	

(以上各欄由本局填註)

公告本

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	一種製作陶瓷工件之方法及設備
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 湯華興
	姓名 (英文)	1.
	國籍	1. 中華民國
	住、居所	1. 台北縣永和市國中路4號3樓之1
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 行政院國家科學委員會
	姓名 (名稱) (英文)	1.
	國籍	1. 中華民國
	住、居所 (事務所)	1. 台北市和平東路二段一〇六號十八樓
	代表人 姓名 (中文)	1. 黃鎮台
	代表人 姓名 (英文)	1.



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

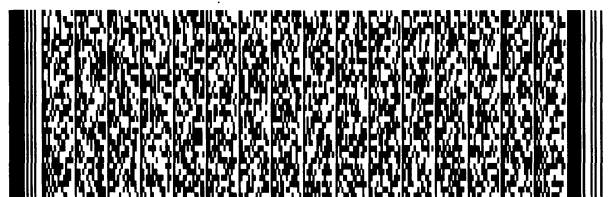
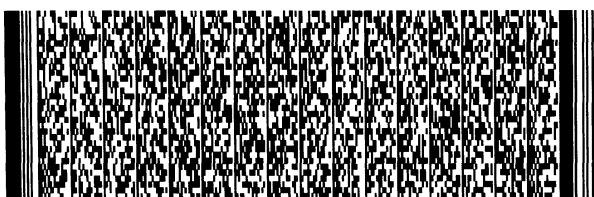
無

## 五、發明說明 (1)

本發明係提供一種直接快速製作陶瓷工件之製程及設備；特別是一種以膠結及加熱連結兩種不同機制將材料連結兩次，也就是先以耐火性黏劑連結一層陶瓷粉末成極薄的，簡單形狀的生坯，再以高功率能量束，如雷射，燒結部分陶瓷生坯成為陶瓷成品的某一剖面的形狀，未經雷射掃描之生坯部分與陶瓷不但強度不同，而且因連結機制不同，二者之物理、化學性質也不同，可以適當方法將之分離，如此可快速地製出陶瓷工件。

過去數年來，結合電腦之設計及製造技術開創了快速原型(Rapid Prototyping)的產業，發明了很多製造方法，這些製程使用不同的連結機制，有的使用光引起化學鍵結，有的使用熱使材料溶解而連結。有的使用黏接劑連結工件材料。也有使用不同的工件材料如分子材料、金屬材料、陶瓷材料，也有使用不同的能源如用雷射的，也有使用電熱的。故我們可因使用能源，使用工件材料，使用連結機制的不同將其分成五大類，這些製程也可用來製造陶瓷工件之生坯。

1. 以紫外線掃描液態樹脂使之產生聚合而固化。此技術以3D System Inc. 之立體顯像法(Stereo Lithography 簡稱SL)(US Patent NO. 4,575,330)為代表。美國密西根大學(University of Michigan) Brady教授使用陶瓷樹脂(陶瓷粉末與感光樹脂之混合物)為工件材料，以UV光線照射陶瓷樹脂，使液態樹脂鍵結固化而黏結陶瓷粉末，形成陶瓷生坯，可以習用陶瓷熱加工技術去黏劑並且緻密化。

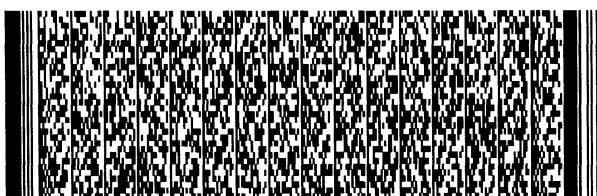


## 五、發明說明 (2)

2. 以雷射燒結粉末材料，此技術可以德克薩斯-奧斯汀大學Deckard先生在1986年發明(U.S. Patent NO. 4,863,538, September, 1989 Deckard)之選擇性雷射燒結法(Selective Laser Sintering, 簡稱SLS)為代表。且由DTM公司商品化，可以應用於各種不同材料，做出快速原型產品。只要是粉末狀的材料，皆可能利用此法製成三次元之工件。現階段以粉末選擇燒結(SLS)法製作陶瓷工件係以陶瓷粉末被覆樹脂，再以雷射照射樹脂，樹脂溶解後黏接陶瓷粉末成為生坯，再以傳統技術燒結成陶瓷工件，如美國德克薩斯-奧斯汀大學(University of Texas at Austin)使用氧化鋁及高分子材料結合成粒，利用SLS法製成生坯，再以燒結處理製成陶瓷工件。

3. 加熱使線狀材料溶解後擠壓成形，此法可以Stratasys Inc.之熔解積層製模法(Fused Deposition Modeling 簡稱FDM)為代表。美國Center for Ceramic Research, Rutgers University之Agarwala教授以陶瓷粉末混合有機黏劑製成細線，然後以FDM系統製成陶瓷生坯，可再施以燒結後處理製造陶瓷工件。

4. 噴黏劑連結粉末材料，此法可以美國麻省理工學院(MIT)之三次元印製法(Three Dimensional Printing 簡稱3DP)(U.S. Patent NO. 5,204,055, April 1993, Sachs et al.)為代表。此法利用噴墨技術將黏劑選擇性的噴於粉末材料上而將之連結。首先鋪一薄層粉末，以噴墨頭將液狀黏結劑噴到粉末表面，將粉末連結成一薄層剖面，此



## 五、發明說明 (3)

面下降後，再鋪一層粉末，重覆上述動作直到實體工件完成，要做成陶瓷工件可使用陶瓷粉末為材料，以黏結劑連結而製作陶瓷生坯，再施以燒結即可成為陶瓷工件。

5. 以雷射切割薄層固態材料，並以黏劑黏接之，此法以美國HYDRONETICS公司發明的層狀物體製造(Laminated Object Manufacturing)(US Patent NO. 4,752,353 Feygin)簡稱LOM為代表。將薄層材料切成適當形狀，每層之間利用黏劑連結並互相堆疊成形，此法之每層材料內之材料粒子已互相鍵結，每層材料均事先備置，可用紙、金屬片等材料來製作。Klosterman教授應用此法做陶瓷工件時，先以粉末及高分子黏劑混合製成薄板，將薄板材料以雷射切成適當形狀，每層之間利用黏劑連結並互相堆疊成生坯，這些生坯必須再施以燒結後處理以成為陶瓷燒結成品。

這五大類技術均為製造陶瓷生坯的技術，必須備置燒結設備，發展燒結技術以做後續的燒結處理，此種製程因此稱為間接製作陶瓷工件之方法，不但延長製造時間，而且使製程複雜化，故在快速原型機上直接做出陶瓷材質的工件不需要再做後段燒結是快速原型製造追求的目標。

間接製作陶瓷工件之方法可製出複雜生坯並可免模具，但仍有下列缺點：

\* 必須有後段燒結設備及燒結技術

\* 必須去除黏劑而會因此產生污染，產品孔洞也會增多



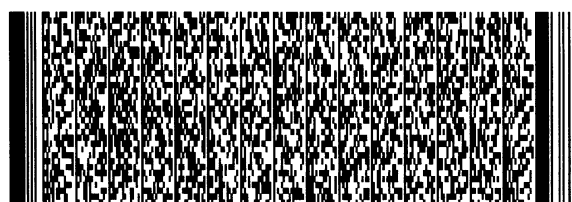
## 五、發明說明 (4)

\* 產品不能在快速原型機器一次製成，製造時間拖長

有鑑於此，本發明的主要目的乃針對習知陶瓷製造技術之不足進行研究改善，以期對小量多樣之陶瓷模型製造，在不需生坯傳統燒結技術配合下，利用高能量束將以無機黏結劑成型之陶瓷生坯反覆加熱，逐層燒結成三次元實體，而可以快速製作出陶瓷材質的工件。

根據本發明製作陶瓷工件的基本步驟為：將無機黏劑及稀釋劑加入陶瓷粉末成為塑性物；然後，以適當方法塗佈塑性配料成生坯薄層，最好再加熱令其快速乾燥硬化。再以高能量束，最好是雷射，聚焦掃描之。陶瓷生坯局部受熱熔解並互相黏結。控制高能量束掃描路徑可製出任意形狀之2次元薄剖面。利用相同方法可在第一層陶瓷薄層上堆出第二層陶瓷薄層，此層且能與第一層陶瓷薄層連接。如此，可一層一層地堆積出3次元陶瓷工件形狀，未經雷射掃描之生坯部份以適當方法去除，如此可快速的製出陶瓷工件。

故本發明之特徵為以膠結及加熱熔解連結兩種不同機制將材料連結：先以無機黏劑連結一層陶瓷顆粒成極薄的、簡單形狀的生坯薄層，再以雷射液態燒結部分陶瓷生坯成為陶瓷工件的某一剖面的形狀。因連結機制不同，陶瓷工件的強度較生坯強度高，可以浸水或以水束衝擊將之與生坯分離。而且二者之化學性質也不同，陶瓷工件比生坯較耐化學侵蝕，可以浸氫氧化鈉或氫氧化鉀水溶液將之與生坯分離。



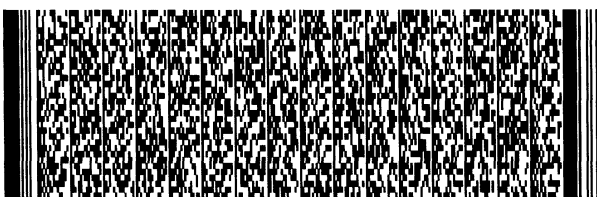
## 五、發明說明 (5)

本發明與先前技術SLA、SLS、FDM、3DP、LOM之比較見表一。本發明製作生坯與燒結成陶瓷在一台原型機上先後完成，利用先前技術之原型機製作陶瓷工件只能製作生坯，兩者比較，本發明之功能較多，利用本發明之製程及設備製作陶瓷工件不但整體費用較低而且製作時間可以縮短。

表一本發明與先前技術SLA、SLS、FDM、3DP、LOM之比較

製程	製作生坯	燒結成陶瓷
本發明	以無機黏劑之膠合作用使陶瓷顆粒連接，產生強度，並製作極薄的，與下層連結的片狀生坯	以高能量束燒結
SLA	使用陶瓷樹脂為工件材料，以UV光線照射陶瓷樹脂，使液態樹脂鍵結固化而黏結陶瓷粉末，形成特定之形狀的陶瓷生坯	在高溫爐燒結
SLS	鋪上一層互不相連之被覆有機黏劑之粉末，再以高能量束燒結分散的粉末製成特定之形狀的生坯	在高溫爐燒結
FDM	以陶瓷粉末混合有機黏劑製成細線，然後以FDM系統製成特定之形狀的陶瓷生坯	在高溫爐燒結
3DP	利用噴墨技術將黏劑選擇性的噴於粉末材料上而將之連結成特定之形狀的生坯	在高溫爐燒結
LOM	裁剪薄片材料然後使用黏劑與下層黏結，再以雷射切割成特定之形狀的生坯	在高溫爐燒結

高熔點之工業陶瓷之燒結需要特殊的高溫爐，本發明使用中功率雷射機，只需3W以上功率即可製造高熔點之氧化鋁工件，設備低廉且消耗能源甚少。可增加相關產業之競爭力。此外，製造陶瓷成品時，可一次建構多個不同零件，或一次建構多個相同零件，機器容易自動化，所需之



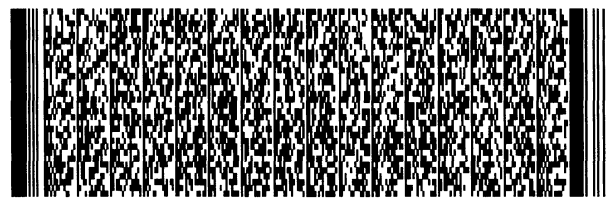
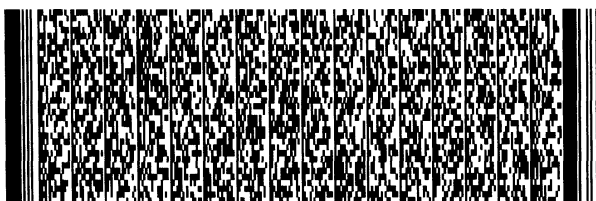
## 五、發明說明 (6)

陶瓷材料不但費用便宜且在安全及環保方面的考量有其潛在優勢：氧化鋁及氧化矽在地球儲量最多、便宜、且安全衛生，沒添加有機黏結劑，加熱連結時不產生有毒氣體，且材料可循環使用。

綜合本製程上述功能及性能之特點，可見本發明可供產業上應用，具新穎性與進步性。

另依據Kingery在"Introduction to Ceramics"一書所述：陶瓷工件越厚或製造時周遭溫度變化越快，抵抗熱衝擊之能力越低。傳統粉末冶金燒結過程通常必須慢慢加熱，以防止產品龜裂，以雷射直接燒結陶瓷之加熱及冷卻過程非常快速，例如從室溫加熱到氧化鋁的熔點在一秒之內即完成，故以此方式製作之陶瓷工件因溫度變化甚大而產生甚大之熱應力而非常容易龜裂，只有在工件之厚度極薄之情況下才有機會不會產生裂痕。依此，若能鋪設極薄之生坯並燒結成極薄之陶瓷薄層或可以雷射快速燒結陶瓷工件而不會產生裂痕。

為驗證此理念，經實驗將陶瓷粉末與無機黏劑、稀釋劑混合，攪拌成塑性狀態，製成厚度極薄之生坯，藉著無機黏劑之膠合作用使生坯中之陶瓷顆粒互相連結，產生強度，此陶瓷生坯以雷射快速燒結後陶瓷顆粒不聚集成球狀，利用此方法可以使用細陶瓷粉製出極薄的陶瓷燒結工件剖面薄層(0.2 mm以下)，且發現由這些薄層堆疊製出之工件不易龜裂，此技術適合成形複雜的陶瓷工件，得到高解析度，並在合理的時間內完成，適合快速製作陶瓷工件





## 五、發明說明 (7)

原型，並適合少量生產之用。

圖式之簡單說明：

為使本發明之上述目的、特徵、和優點能更明顯易懂，下文特舉較佳實施例並配合圖示作詳細說明：

第1A圖至第1L圖顯示本發明製作陶瓷工件的一個製程特例之各道步驟。

第2A圖顯示本發明之一個陶瓷快速原型機特例之組合圖。

第2B圖為第2A圖一個陶瓷快速原型機特例之前視圖。

第2C圖為第2A圖一個陶瓷快速原型機特例之俯視圖。

第2D圖為第2A圖一個陶瓷快速原型機特例之側視圖。

第2E圖為第2A圖中的陶瓷快速原型機特例之分解圖。

第2F圖所示為第2A圖中一個陶瓷快速原型機特例之一製薄層用具之分解圖。

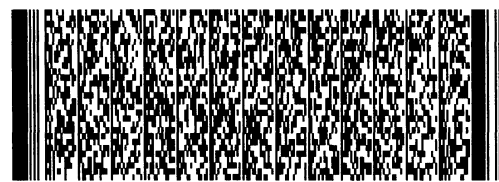
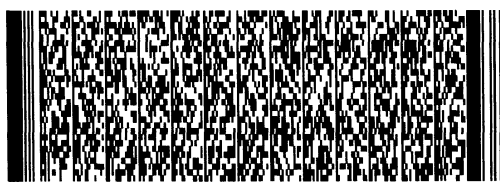
第2G圖所示為該陶瓷快速原型機特例之控制系統架構方塊圖。

第3圖所示為一劈形梭動饋料裝置圖。

第4A圖至第4D圖為本發明與SLS法不同處之對照圖。

符號說明：

1~陶瓷快速原型機；2a~陶瓷粉末；2b~無機黏劑；  
2c~稀釋劑；3~攪拌裝置；4~塑性陶瓷配料；5~饋料槽；  
6~工件座；7~滾輪；8~鬆散塑性配料層；9~劈形板；10~  
壓實塑性配料層；11~塑性配料薄層；12~劈形出料梭動  
板；13~紅外線加熱器；14~檔板；15~生坯薄層；16~第一



## 五、發明說明 (8)

層生坯；17~高能量束；18~陶瓷工件；19~陶瓷薄層；20~昇降台；21~中間階段工件；22~生坯塊；23~去生坯容器；24~溶劑；25~製薄層設備；26~雷射燒結設備；27~工件框；28~製薄層用具支持架；29~製薄層用具導軌；30~第一螺母；31~第一滾珠導螺桿；32~製薄層用具馬達；33~時規皮帶；34~皮帶輪；35~製薄層用具控制器；36~儲料槽；37~出料機構；38~出料馬達；39~出料控制器；40~饋料機構；41~饋料馬達；42~饋料控制器；43~滾輪彈簧；44~劈形板彈簧；45~步進馬達；46~第二滾珠導螺桿；47~第二螺母；48~昇降台控制器；49~雷射機；50~雷射控制器；51~雷射光；52~反射鏡；53~雷射聚焦頭；54~聚焦鏡；55~X-Y工作台；56~Y軸導軌；57~X軸導軌；58~X軸伺服馬達；59~X軸導螺桿；60~Y軸伺服馬達；61~Y軸導螺桿；62~X-Y工作台控制器；63~製程電腦；64~攪動桿；66~調整板；67~饋料裝置。

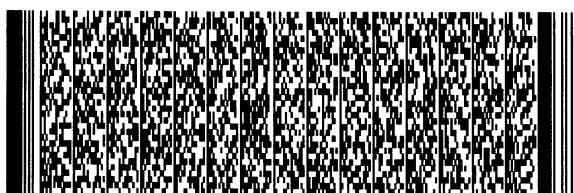
技術內容及較佳實施例之詳細說明：

在此先探討本發明製程中各道步驟相關之技術及設備，再敘述一個設備的特例及一個製程的特例，最後以一實作功效顯示出本發明之可行性。

本發明之製程包括下述四個步驟：1. 備製原料、2. 製造生坯薄層、3. 高能量束掃描生坯燒結成陶瓷工件、4. 去除未燒結之生坯。

第一步驟：備製原料

陶瓷粉末2a指氧化鋁、氧化矽、氧化鋯等單一成分之



## 五、發明說明 (9)

陶瓷粉末2a及兩種以上陶瓷粉末2a混和之複合粉末。

無機黏劑2b為水玻璃、黏土、磷酸二氫鋁等無機耐火黏結劑，其功能為將陶瓷粉末2a連結成為生坯，並在燒結時防止陶瓷粉末2a移位、凝聚成球狀。

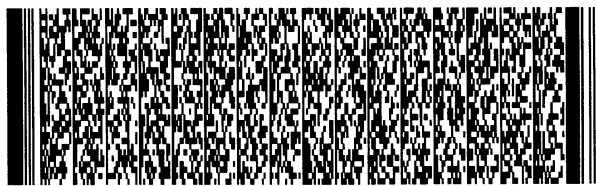
水玻璃、黏土、磷酸二氫鋁皆可以水為稀釋劑2c，借助稀釋劑2c可將無機黏劑2b均勻的與陶瓷粉末2a混合。

以上所述之三種材料以適當比例混合，置於一攪拌裝置3或習用之混練機中均勻攪拌，維持潮濕狀態，以備製造生坯。在一實施例中以氧化矽(顆粒大小： $79\mu\text{m}\sim 53\mu\text{m}$ )加入6%的水玻璃及6%的水即可獲得連結良好之生坯。

上述之無機黏劑2b中，經實驗以磷酸二氫鋁之使用效果最佳。再另一實施例中以220目粒度之氧化鋁加上5%的磷酸二氫鋁( $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ )與6%的水混合成塑性配料，在 $150^\circ\text{C}$ 以上加熱10分鐘，塑性配料脫水，氧化鋁顆粒互相連結而硬化，將之置於常溫下此硬化之配料會吸濕而軟化，可見加熱脫水硬化，在常溫吸水軟化可重複發生，為可逆反應。因為此特性，加磷酸二氫鋁之氧化鋁塑性配料可回收繼續使用，而且經實驗加磷酸二氫鋁之氧化矽塑性配料也有同樣特性，也可回收重複使用。

#### 第二步驟：製造生坯薄層

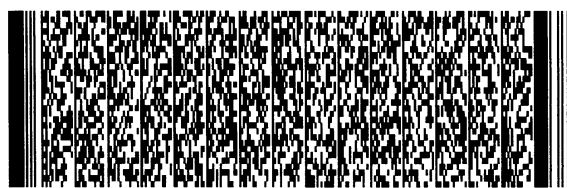
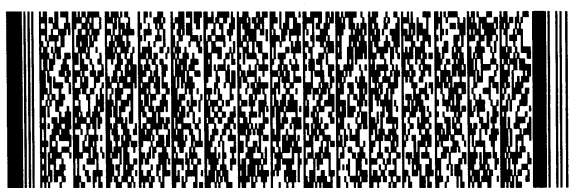
製造生坯薄層15乃將備製好的塑性配料鋪成極薄的一層生坯薄層。為達此目的，首先，必須將塑性配料定量的輸送到工件座6上，若塑性配料無堵塞之虞時，可利用葉片式之饋料機構(見第2F圖件號40)來定量，利用重力將塑



## 五、發明說明 (10)

性配料輸送到工件座6上，其出料口可做成長方形，其長邊約等於生坯薄層15之寬邊，令輸出之塑性配料做X方向之運動而形成生坯薄層15大致之形狀。若塑性配料易於堵塞時，可利用螺桿式擠壓機並接裝一出口為長方形之模具，出口之長邊約等於生坯薄層15之寬邊，令被強迫擠出之塑性配料做X方向之運動而形成生坯薄層15大致之形狀。螺桿式擠壓機也可連結一出口為圓形之模具，令擠出之圓柱狀塑性配料做X、Y二方向之平面運動而形成生坯薄層15大致之形狀。

利用螺桿擠壓塑性配料必須有大功率的動力設備，若欲以較小功率之動力設備並防止配料堵塞，經實驗可使用一劈形梭動饋料裝置(如第3圖所示)。此饋料裝置包括一饋料槽5，一劈形梭動板12，一調整板66，複數攪動桿64，及一擋板14。該饋料槽5備裝塑性配料，並在饋料時隨著該整組饋料裝置做單一方向之直線運動以順勢鋪設一鬆散塑性配料層8。一劈形梭動板12則設置於饋料槽5下方出料口，且垂直相對於該饋料裝置之運動方向作快速的左右運動，而該複數攪動桿64是被設置在劈形出料梭動板上並朝外伸出於一縱向側邊緣，隨劈形梭動板12做垂直相對於該饋料裝置之運動方向的左右運動，可防止塑性配料產生架橋現象，並使上方的配料受攪動而跌落到容器底部，經劈形梭動板12之壓磨與重力作用排出饋料裝置外，成為扁平狀之鬆散塑性配料層8。劈形梭動板12與容器底部之距離可調，以變更扁平鬆散塑性配料層8之厚度。欲停止



## 五、發明說明 (11)

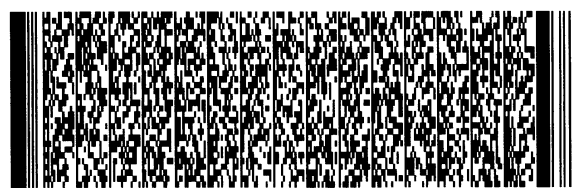
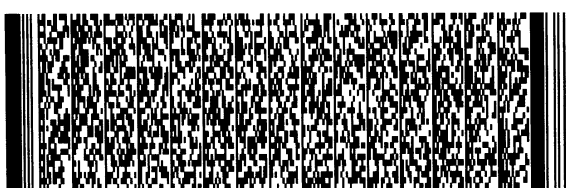
饋料時，可將檔板14插入饋料槽5之出料口處且置於劈形梭動板12之下，而藉此截斷塑性配料至出料口之通路。

由上述饋料裝置形成生坯薄層15大致之形狀後，塑性配料必須均勻的塗佈在工件座6上並加壓力以與下層生坯連結以及控制生坯之密度。可行的塗佈塑性配料的方法有滾動輾壓法及滑動刮壓法。滾動輾壓法乃施壓力於滾輪(見第1C圖、第2E圖、第2F圖，件號7)，輾壓過塑性配料。塑性配料受壓後由受壓點流向壓力低處，有減少厚度及壓實的效果。滑動刮壓法乃施壓力於一劈形板(見第1D圖、第2C圖、第2D圖，件號9)，同時推動此劈形板9向前，因劈形板9與塑性配料表面呈一小角度的夾角 $x$ (第2F圖，件號9)，劈形板9前述動作有壓實、滑磨及括平塑性配料的三重效果。

因濕的塑性配料會黏附在輾壓工具上，故配料中水量應少，但水量也不能太少，否則塑性配料不易輾軋成薄層，而太濕的塑性配料易附著於輾壓工具表面。經實驗使用6%到12%之水分可得到滿意的結果。同時，也經實驗得知輾壓工具之材料性質與塑性配料沾黏的程度有關，使用鐵弗龍材質製造之輾壓工具可降低塑性配料附著於輾壓工具之傾向。

實驗顯示使用滾輪7有壓平塑性配料之效果，但不易將塑性配料輾壓成薄層，使用劈形板9可以將塑性配料擴展並刮壓成薄層。

使用劈形板9必須加壓，才有壓平塑性配料之效果，



## 五、發明說明 (12)

且此工具刮壓密實之塑性配料較刮壓鬆散之塑性配料可以得到更好的結果。故若饋料裝置67下來之塑性配料為密實者，單獨使用劈形板9即可將塑性配料刮壓成薄層，但饋料裝置67下來之塑性配料多為鬆散者，先使用滾輪7壓實塑性配料再使用劈形版將塑性配料刮壓成薄層可得到較穩定的成果。

潮濕之塑性配料薄層11含有水分。若沒有將其硬化就使用雷射光來燒結在製作上困難度較高。因製作塑性配料薄層11時，若使用較有效的滑動刮壓法，塗佈塑性配料時必須使用推力，容易使下層的工件剖面移動，導致上下層工件剖面不能對正，製出之工件尺寸不正確。若將塑性配料薄層11烘乾硬化，使其強度增加，可以承受在塗佈上層塑性配料時所產生的側向推力，下層的工件剖面不會移動，則此問題可以解決。

烘乾塑性配料薄層11時，由工件上方加熱效果良好，可用電熱絲、微波、紅外線以及CO<sub>2</sub>雷射光等方式加熱。實驗顯示使用輻射熱傳直接將能量加到塑性配料薄層11上，能迅速的使塑性配料薄層11硬化，尤其使用遠紅外線（波長6 μm以上）效果最佳。

塑性配料塗佈的面積可用一工件框來規範。製薄層時，塑性配料置於此框內。此框之大小、形狀可視工件的大小、形狀而改變。為了使多餘的配料能順利的離開工件框，可將工件框外緣製成斜邊（參見第2E圖件號27）。

製薄層時，工具（滾輪7、劈形板9等）與工件必須有相



## 五、發明說明 (13)

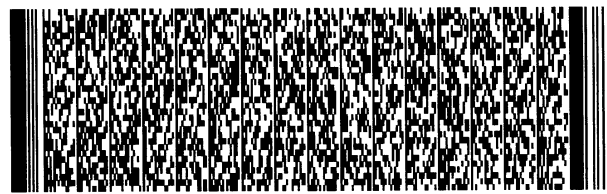
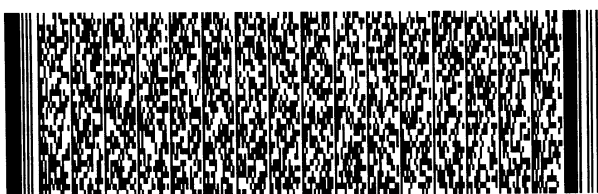
對運動。工具運動或工件運動皆可，較佳的配置為工具做水平(X軸)方向之移動，工件做垂直(Z軸)方向之移動。這些相對運動可以時規皮帶、導螺桿、索線、鏈條等來實現。

工具可各別的動作，用此方法，則各個工具的速度可以個別的調整成最佳值。工具也可以裝置於一工具支持架上，以同一速度同時動作，用此方法，則驅動機構較簡單。

當工件之每一剖面燒結後，工件即下降，剛燒結過之剖面生坯層即與工件框分離，而空出一空間以備再次鋪設一層生坯薄層15。

第三步驟：高能量束掃描生坯燒結成陶瓷工件

以高能量束，最好是雷射束，掃描生坯時，其與生坯材料在表面產生交互作用而生熱，經由表面向裏面傳導，可將一定深度的生坯熔解，而使掃描過的區域互相連結，因此，可以調節製程參數控制材料熔解的深度，點與點互相重疊而成線，線與線互相重疊而成面，面與面互相重疊而成三次元的工件。將無機結合劑如黏土、水玻璃等添加於二氧化矽粉末並加水攪拌、做成塑性配料、鋪成一薄層，鋪塗之薄層經風乾硬化，或一加熱器將之快速加熱硬化，再以雷射掃描之，利用液相燒結使生坯變成陶瓷，燒結成之陶瓷薄層與周遭及下面的未燒結之硬化生坯薄層15保持連接，不產生局部捲曲變形，陶瓷薄層19厚度約等於鋪砂厚度，經實驗可製出薄於0.2mm之薄層。另以雷射掃

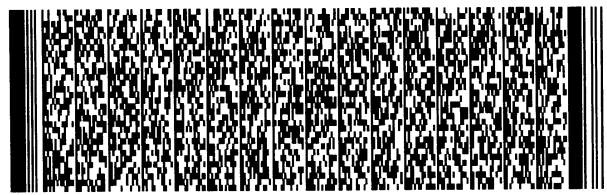
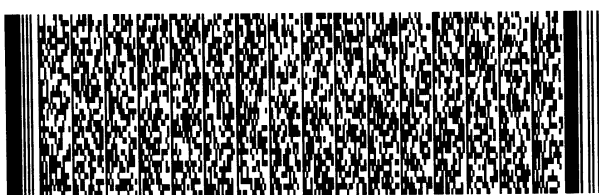


## 五、發明說明 (14)

描無機黏劑2b磷酸二氫鋁添加於三氧化二鋁並事先硬化之生坯亦可得到相同之結果。由此可證以高功率能量束掃描添加無機黏劑2b並事先硬化之生坯可以製成正確的三次元陶瓷工件18。

本發明以無機黏劑2b黏結陶瓷粉末2a可填補陶瓷粉末2a間隙，將空氣驅除，也就是減少陶瓷顆粒受熱移位之動力來源。而且可以使陶瓷粉末2a固定在原來的位址，可防止陶瓷粉末2a被受熱膨脹的氣體推離原位，因此本發明之製造方法可以高能量束直接燒結生坯，陶瓷顆粒受熱時不易移動，經熔解、凝固後不會聚集，陶瓷薄層厚度與生坯薄層的厚度約略相等。

陶瓷粉末2a對CO<sub>2</sub>雷射光束之吸收率約為90%以上。故以CO<sub>2</sub>雷射光束照射陶瓷生坯時，極易達到材料的熔點。另外，極短波長雷射光也容易被陶瓷粉末2a吸收。故高能量束掃描生坯燒結成陶瓷的效果以使用遠紅外線如CO<sub>2</sub>雷射光束及極短遠紫外線為最佳。高能量束與生坯之相對運動可以是生坯運動，能量束靜止，也可以是能量束運動，生坯靜止，但後者的設計較佳。能量束運動可利用掃描機(Scanner)或X-Y工作台(X-Y table)來達成，此二種技術已很成熟，廣泛應用於雷射雕刻、標記上。掃描機技術利用電腦以數控程式控制掃描機之兩片反射鏡來操縱高能量束之運動路徑及運動速度。高能量束經一組複合透鏡可正確的聚焦在一平面上。X-Y工作台技術利用電腦以數控程式控制兩個互相垂直之軸，X軸，Y軸。高能量束經反射鏡





## 五、發明說明 (15)

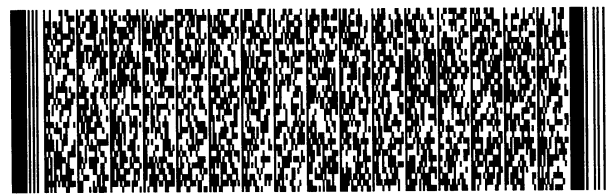
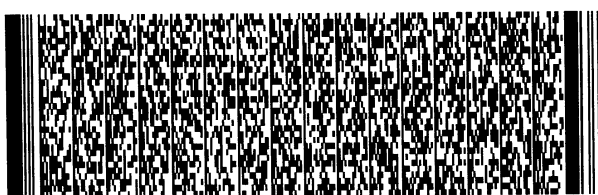
等導光裝置到達聚焦裝置內，經一聚焦透鏡可聚焦在工作平面上。雷射光之掃描路徑可為向量式或掃描式。以向量式掃描路徑加工所需時間較掃描式為短。利用習用之CAD/CAM套裝軟體可以自動創出向量式的掃描路徑，首先，利用三次元繪圖軟體將工件之立體圖繪出，再將之切成很多平行的剖面，再製作每一剖面的NC程式，將困難的三次元加工問題轉變成簡單的二次元加工方式，避開了三次元加工常遇到的加工死角問題。

高能量束掃描生坯時，在進入工件剖面的輪廓內時，高能量束要開啟，當其離開工件剖面的輪廓時，高能量束要關閉，這些開啟及關閉動作的配合可由一數控程式控制高能量束控制器來達成。

高能量束掃描生坯之製程參數主要為光功率及掃描速度。本製程所需功率視光熱轉換效率而定，以CO<sub>2</sub>雷射光束掃描氧化矽陶瓷生坯在3W以上的功率即有熔解生坯的能力。掃描速度的設定亦與材料性質息息相關，舉凡熔點高，熔解層厚度大，熱傳導率低的材料需要較低的掃描速度。

#### 第四步驟：去除未燒結生坯

本製程之配料包括陶瓷粉末2a與無機黏劑2b、稀釋劑2c，攪拌成塑性狀態，可製成厚度極薄之生坯，在雷射掃描前藉著無機黏劑2b之膠合作用使生坯中之陶瓷顆粒互相連結，縱不刻意乾燥也可產生若干強度。雷射掃描時，縱使不事先烘乾，施加的熱量也足夠將工件周圍的生坯乾燥



## 五、發明說明 (16)

而硬化，因燒結成之陶瓷工件埋在硬化之生坯裡面，故在高功率能量束掃描生坯以堆疊法製出陶瓷工件後必須將生坯從陶瓷工件周圍去除。

形成燒結陶瓷工件的陶瓷顆粒係經高能量束照射加熱熔解而互相連結，陶瓷工件周圍的生坯係經化學反應或藉著無機黏劑2b之膠合作用而互相連結，因二者連結機制不同，故其強度不同，化學性質也不同，可用外力或化學藥劑使二者分離。

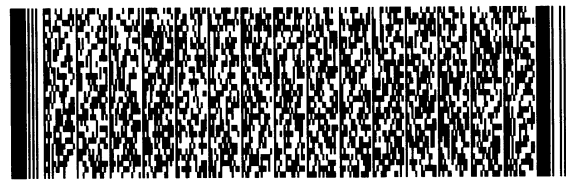
使用水玻璃當黏劑之生坯在經雷射燒結製出陶瓷工件後若浸於水中，未燒結生坯不會自動與燒結陶瓷工件分離，但生坯會軟化，容易以外力，如利用水束衝擊而去除。這生坯若浸於適量的氫氧化鈉水溶液，生坯自動解離，但陶瓷工件仍保持原狀。

使用磷酸二氫鋁當黏劑之生坯可以浸入水內去除。但於燒結陶瓷工件周邊1mm以內之生坯受到高溫產生不可逆的化學反應，浸入水內不能自動去除。實驗證實將之浸於氫氧化鈉水溶液或氫氧化鉀水溶液可以使它完全溶解去除。

故經試驗可使用水或外力如水束，化學藥劑如氫氧化鈉水溶液將未燒結生坯去除。未燒結生坯連同燒結陶瓷工件可於燒結完成後移置於一容器中，於此容器中放入水、化學藥劑或以水束沖刷，以達到去除未燒結生坯的目的。

## 設備實施例

本發明的製程包括四個步驟。第一步驟(備製原料)可



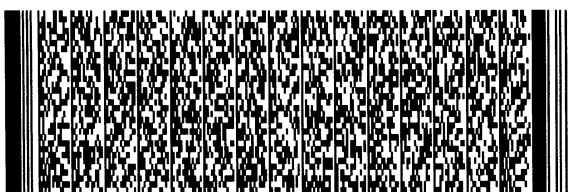
## 五、發明說明 (17)

用習用的混練機做為攪拌裝置(見第1A圖件號3)。第四步驟(去除未經雷射掃描燒結之生坯)可使用習用的盛液體容器做為去生坯容器(見第1K圖件號23)，必要時使用耐強鹼容器來裝盛溶劑以供去除未經雷射掃描燒結之生坯。第二步驟(製造生坯薄層)及第三步驟(高能量束掃描生坯燒結成陶瓷工件)必須重複執行無數次，是本發明的重心，執行此二步驟的設備稱為陶瓷快速原型機1。此機器雖可以人工控制。但因其相同動作重複多次，故有必要發展自動化的工具及機構，並以現代的控制技術例如製程電腦代替人力來操控工作。

第2A圖顯示根據本發明之陶瓷快速原型機1之組合圖，此機器包含製薄層設備25，雷射燒結設備26二部分。第2B圖為該陶瓷快速原型機1之前視圖，第2C圖為該陶瓷快速原型機1之俯視圖，第2D圖為該陶瓷快速原型機1之側視圖，該三視圖顯示此二部分的相對位置。雷射燒結設備26位於製薄層設備25之正上方。第2E圖為陶瓷快速原型機1之分解圖，顯示各零組件之形狀及位置。此設備之各重要組件係依照第1B圖至第1H圖所示之工作方法運動。

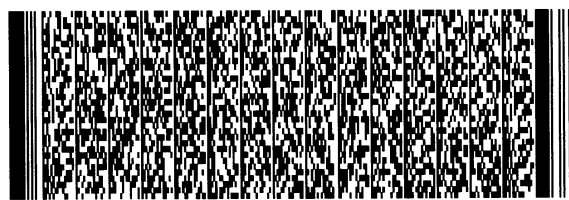
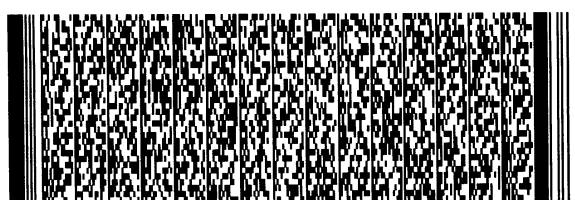
製薄層設備25主要由製薄層用具及工作台組成。製薄層用具包括饋料裝置67、滾輪7、劈形板9、紅外線加熱器13及相關運動機構，此四種製薄層用具之零件圖顯示於第2F圖。另工作台則包括：工件框27、工件座6、昇降台20及相關運動機構。

第2E圖顯示製薄層用具固定在製薄層用具支持架28



## 五、發明說明 (18)

上，製薄層用具支持架28支撐於二製薄層用具導軌29上，並由四個第一螺母30及二支第一滾珠導螺桿31組成之變速機構帶動。此二第一滾珠導螺桿31由一製薄層用具馬達32經由時規皮帶33及皮帶輪34帶動。製薄層用具之運動由製薄層馬達32及製薄層用具控制器35來實現。製薄層用具支持架28可於X軸方向來回走動，當製薄層用具支持架28走到-X方向之盡頭時，饋料槽5位於儲料槽36之下方，儲料槽36內盛裝大量混合攪拌過之塑性配料4，故饋料槽5要經常在此接受儲料槽36送出之配料。儲料槽36之出料量由一出料機構37控制，出料機構37之轉速由一出料馬達38及出料控制器39控制。饋料裝置67由一饋料機構40控制饋料量(參見第2F圖)，饋料機構40之轉速由一饋料馬達41及饋料控制器42控制。只當其由+X方向盡頭向-X方向前進經過工件框27上方適當位置始開始饋料，將鬆散塑性配料層8鋪設於工件座6上方之工件框27內。其後之滾輪7將鬆散塑性配料層8壓實，劈形板9將壓實塑性配料層10擴展成塑性配料薄層。紅外線加熱器13放射出遠紅外線照射於塑性配料薄層上，可將潮濕之塑性配料薄層11乾燥硬化，成為生坯薄層15。；饋料裝置67、滾輪7、劈形板9固定在製薄層用具支持架28上之高度可以調整，藉以變化塑性配料薄層之厚度。利用滾輪彈簧43施力於滾輪7(參見第2F圖)，利用劈形板彈簧44施力於劈形板9上，這些彈簧之作用力可調整，以便經由滾輪7及劈形板9施加各種不同大小的壓力於塑性配料上，以調整生坯之密度。

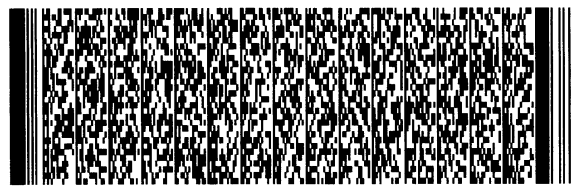
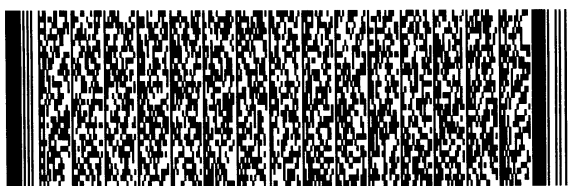


## 五、發明說明 (19)

工件座6位於工件框27之正下方，置於昇降台20上。其功能為裝載陶瓷生坯，其頂面可做數個凹槽，以便其上之陶瓷生坯在鋪設時不至於因受力而滑動。每次形成陶瓷薄層後昇降台20即向下移動一定高度，以備繼續製作另一層陶瓷薄層。昇降台20由一步進馬達45連結一第二滾珠導螺桿46及第二螺母47變速機構驅動，由一昇降台控制器48來控制其運動。

雷射燒結設備26包括雷射光產生裝置、雷射光導光裝置、雷射光聚焦裝置、雷射光掃描裝置四部分。雷射光產生裝置包括雷射機49及雷射控制器50。雷射機49將電能轉換成光能。雷射控制器50能依數控程式之指令開啟及關閉雷射光51，並控制其功率及脈衝頻率。雷射光導光裝置包括二只反射鏡52，將雷射光51前進的方向轉變90度。雷射光聚焦裝置為一雷射聚焦頭53，內裝一聚焦鏡54，將由反射鏡52引入之雷射光聚焦，增大雷射光束之能量密度，以行陶瓷生坯之燒結。雷射光掃描裝置為一X-Y工作台55。此X-Y工作台55依數控程式之指令引導雷射光束51在X-Y平面上沿特定路徑運動。

雷射聚焦頭53可於X-Y工作台55之Y軸導軌56上來回移動。Y軸導軌56可於X-Y工作台55之X軸導軌57上來回移動。故雷射光聚焦頭53可做X-Y平面運動。X-Y工作台55係利用X軸伺服馬達58連結X軸導螺桿59及Y軸伺服馬達60連結Y軸導螺桿61來驅動，其運動係利用X-Y工作台控制器62來控制。X-Y工作台控制器62接受數控程式之指令然後指



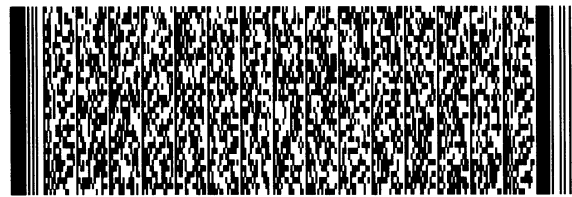
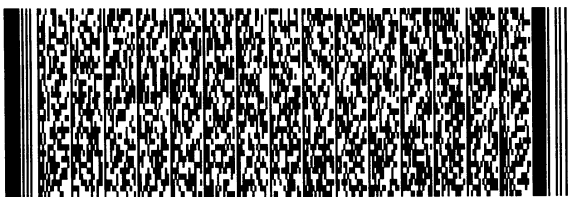
## 五、發明說明 (20)

揮X軸伺服馬達58及Y軸伺服馬達60運動。

第3圖所示為陶瓷快速原型機1之控制系統架構方塊圖。陶瓷快速原型機1之動作由儲料槽36之出料控制器39、饋料槽5之饋料控制器42、製薄層用具控制器35、昇降台控制器48、X-Y工作台控制器62來控制，而燒結時必須的雷射光的開啟及關閉、功率大小、脈衝頻率由雷射控制器50來調控。這些運動之先後順序則由一製程電腦63來掌控。製程電腦63係一個人電腦，將3次元繪圖軟體如PRO-E所繪製之3次元工件實體模型以設定的精度將實體模型切成多片的2次元剖面圖，轉換成NC碼後，開始進行陶瓷成品製作，先選擇要做的剖面，通知昇降台控制器48將昇降台20下降，然後命令儲料槽36之出料控制器39出料到饋料槽5，製薄層用具支持架28隨後開始依製薄層用具控制器35之設定速度運動，製程電腦63在適當位置令饋料槽5之饋料控制器42送出塑性配料，隨後滾輪7、劈形板9、紅外線加熱器13依序經過並作用於塑性配料，形成此剖面的生坯薄層15，再協調雷射控制器50及X-Y工作台控制器62依照NC程式碼之指令以雷射掃描生坯，燒結成陶瓷薄層19。掃描完後，再選擇下一剖面，直到三次元陶瓷工件18完成為止。

## 製程實施例

前述已說明本發明製程各道步驟相關之技術及設備，在此由第1A圖至第1L圖說明一個應用本發明來製作陶瓷工件的較佳製程實施例。



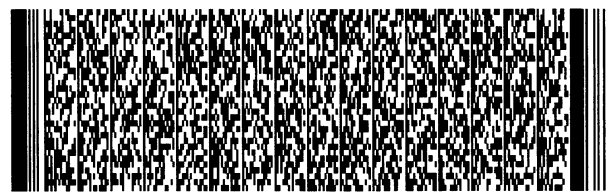
## 五、發明說明 (21)

第1A圖顯示製備原料之過程(相當於第一步驟)。陶瓷粉末2a、無機黏劑2b與稀釋劑2c置於攪拌裝置3中以適當比例混合、攪拌，將製備完成之塑性陶瓷配料4倒入饋料槽5中。

第1B圖至第1F圖顯示製作一層生坯之過程(第二步驟)。以饋料裝置鋪設塑性陶瓷配料4於工件座6的頂面(第1B圖)，滾輪7隨後輥壓鬆散塑性配料層8的表面，將材料壓實(第1C圖)，再以劈形板9將壓實塑性配料層10擴展成薄層(第1D圖)，然後以紅外線加熱器13施加能量於塑性配料薄層11，使之昇溫(第1E圖)，乾燥硬化成一生坯薄層15(第1F圖)。第一層生坯16之厚度可較厚，約5mm，隨後的生坯薄層15覆蓋在前一層之上，厚度應儘可能減少，通常在200  $\mu\text{m}$ 以下，以便做出工件的細微部分形狀。

第1G圖顯示燒結生坯之過程(第三步驟)。以高能量束17照射生坯，生坯受熱溶解而互相連結。高能量束17之行進路徑係依欲成形的三次元陶瓷工件18之剖面由電腦程式自動創造出來的。控制高能量束17掃描路徑可製出任意形狀之二次元陶瓷薄層19。高能量束17由上向下垂直掃描平面，生坯表面任何一點均可照射到，任意複雜的物體均無加工死角的問題。此後，工件座6隨一升降台20下降，下降距離等於每層陶瓷薄層19之厚度(第1H圖)。

一再重覆第1B圖至第1H圖之過程即可將三次元陶瓷工件18所需的薄層剖面依序堆疊製出。第1I圖顯示已經做好數層，適值中間階段的工件21形狀。第1J圖顯示完成階段



## 五、發明說明 (22)

之三次元陶瓷工件18及包圍在其四周之生坯塊22。

最後(第四步驟)，取出含三次元陶瓷工件18之生坯塊22連同工件座6置於去生坯容器23內，容器內之溶劑24使生坯與燒結陶瓷工件18分離(第1K圖)，得到所要製作的三次元陶瓷工件18(第1L圖)。

## 實作功效

利用本發明之製程及設備之原理已製出三次元氧化鋁陶瓷工件。將220目粒度之氧化鋁加上5%之磷酸二氫鋁( $Al(H_2PO_4)_3$ )及6%之水分以習用之攪拌機混合成塑性配料。

將塑性配料送入一半自動之原型機中，因饋料裝置67下來之塑性配料為鬆散者，故必須先使用滾輪7壓實塑性配料再使用劈形板9將塑性配料滑軋成薄層。烘乾塑性配料薄層11時，使用1000W遠紅外線(波長6~12  $\mu m$ )加熱器置於塑性配料薄層11之上，由上面直接照射加熱，約一分鐘即硬化。

以 $CO_2$ 雷射光束，以3瓦特之功率，1280 mm/min之掃描速度經由X-Y工作台之運動以向量方式掃描照射生坯薄層15，在二次元陶瓷薄層19形成後昇降台20向下移動0.2mm，繼續製作另一層陶瓷薄層19，直到三次元陶瓷工件18完成。X-Y工作台接受HPGL檔之指令，工件各剖面之HPGL檔由一個人電腦供給。

工件各剖面之HPGL檔係利用功能強大的三次元繪圖軟體Pro/Engineer建構立體模型，再以此軟體製作剖面的功





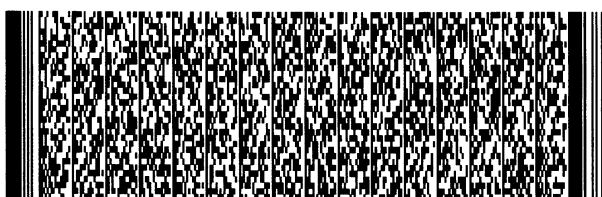
## 五、發明說明 (23)

能在Z軸垂直方向製作很多平行的剖面及剖面線，每一剖面有個別的名稱，以PLT格式輸出，經過簡單的座標轉換，可輸入RP原型機的控制器，控制X-Y工作台做平面向量運動及雷射光開關以掃描生坯薄層15做出一層層互相連結的陶瓷薄層19。

燒結後將陶瓷工件18連硬化之生坯浸入水中，生坯吸水分離去除。但於成品周邊1mm以內之生坯不能用水去除，將之浸入氫氧化鈉水溶液中，周邊之生坯可以完全溶解去除，而燒結後的成品不受氫氧化鈉水溶液之侵蝕，可見燒結後的陶瓷工件18具陶瓷耐鹼性物質的特性。

經顯微鏡檢驗，陶瓷粉末2a顆粒經過熔解而連結，故推斷本製程之燒結成品之耐火溫度約為主要陶瓷粉末2a材料之耐火溫度。將此工件置於高溫爐中，加熱至1000℃，工件毫無損傷，證明此工件可耐1000℃以上之高溫。經顯微鏡觀察雷射燒結各道次之間連結良好，沒有裂痕，且因陶瓷燒結後燒結成品與其周遭硬化之生坯連結良好，成品之變形也得以降低，本實作例每層厚度約0.2mm，各層連結良好。以電子密度計量測此工件之密度為3.558 g/cm<sup>3</sup>。由此實作例證明可利用本發明之製程與設備直接在原型機上製作陶瓷生坯並燒結成陶瓷工件，不需再做後段燒結。

本發明所提供之快速直接製造陶瓷原型的方法，可以製作複雜的產品，降低陶瓷原型之生產成本，並促進陶瓷材料的應用，除可製作三次元概念模型，亦可製作結構工



## 五、發明說明 (24)

件以及耐熱、耐磨、絕緣的機能工件。陶瓷材料硬度高，切削加工不易，又不導電故不易利用放電加工的方式做去除加工，焊接及機械連接均不容易，故大多是使用粉末冶金的方式來製造。工業用精密陶瓷之粉末冶金製造，必須先製作金屬模具以壓製生坯，再經高溫爐燒結才完成，不但複雜的產品不易製作，且件數太少時其製作單價相當昂貴。在耐高溫、隔熱、耐磨耗、絕緣等應用領域使用陶瓷材料可以製出高性能的機器，提高產業之競爭力，故此項生產技術的進展，對國民經濟的重要性極高。

另外，本發明與SLS法之製程不同在於，如第4A圖顯示，以SLS法鋪上一層互不相連結之陶瓷粉末2a，在第4B圖以高能量束17燒結這些分散的陶瓷粉末2a可能造成陶瓷粉末2a的移位，聚集成球狀等現象。第4C圖表示本發明先以無機黏劑2b之膠合作用使陶瓷顆粒連結，產生強度，成為片狀的生坯。再如第4D圖所示以高能量束17掃描此互相連結的生坯，其被掃描過的陶瓷顆粒不易移位。以SLS法不適合用來直接燒結製出陶瓷工件。若嘗試以SLS法直接使用雷射照射陶瓷粉末2a薄層，令其互相連接成形，以免除後段燒結之製程時，實驗顯示，鋪設0.2mm之互不相連結氧化矽陶瓷粉末2a層，直接使用雷射燒結，陶瓷粉末2a在受熱時產生位置移動、熔解、凝固後聚集，其高度大約在1~2mm之間，難以製出原先想要的0.2mm薄層。

本發明雖以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此項技藝者，在不脫離本發明之精神和



五、發明說明 (25)

範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。



## 四、中文發明摘要 (發明之名稱：一種製作陶瓷工件之方法及設備)

本發明的目的係在提供一種直接快速製作3次元陶瓷工件的製程及設備；特別是提供一種可精密的在該設備上直接製作陶瓷材質工件，而不需做後段燒結的製作陶瓷工件之方法及設備。

## 英文發明摘要 (發明之名稱：)



## 六、申請專利範圍

1. 一種陶瓷工件之製造方法，包括下述步驟：

(1) 將陶瓷粉末與無機黏劑、稀釋劑混合、攪拌以配製成塑性配料；

(2) 將上述塑性配料在一限定區內鋪成配料薄層，並令此薄層因連結陶瓷粉末之無機黏劑乾燥而硬化；

(3) 以高能量束依特定之路徑掃描上述已硬化之薄層，而使上述已硬化之薄層上被掃描過的區域昇溫而燒結成陶瓷薄層，而此陶瓷薄層具陶瓷工件之剖面形狀；

(4) 重複步驟(2)、(3)至預定次數，而製出預定數量的堆疊層，且上述堆疊層在受到步驟(3)高能量束掃描時互相連結；以及

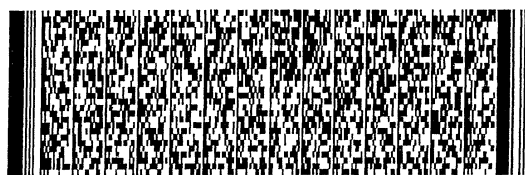
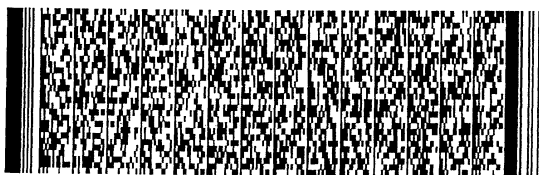
(5) 將未經高能量束掃描燒結之配料層從已燒結之陶瓷工件上去除，而得到陶瓷工件。

2. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該配料薄層在以高能量束依特定之路徑掃描之前事先被加熱使之快速硬化。

3. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該陶瓷粉末為單一成分之陶瓷粉末或兩種以上陶瓷粉末混合之複合粉末。

4. 如申請專利範圍第3項所述之製造方法，其中該單一成分之陶瓷粉末為氧化鋁、氧化矽或氧化鋯等氧化物，或碳化物、氮化物等之陶瓷粉末。

5. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該無機黏劑為水玻璃、黏土、磷酸二氫鋁等之無機黏劑。



## 六、申請專利範圍

6. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該稀釋劑為水。

7. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中將塑性配料在一限定區內鋪成薄層之方法為滾動輾壓法。

8. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中將塑性配料在一限定區內鋪成薄層之方法為滑動刮壓法。

9. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中將塑性配料在一限定區內鋪成薄層之方法為先施行滾動輾壓法後施行滑動刮壓法。

10. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該高能量束為雷射光。

11. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該高能量束為CO<sub>2</sub>雷射光。

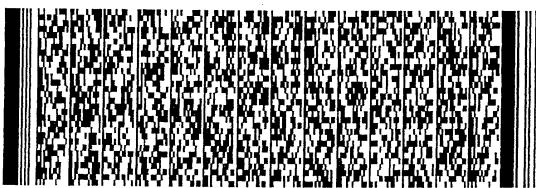
12. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該高能量束為遠紫外線雷射光。

13. 如申請專利範圍第2項所述之製造方法，其中該加熱方法為利用光線或微波來照射。

14. 如申請專利範圍第2項所述之製造方法，其中該加熱方法為利用遠紅外線來照射。

15. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該去除未經高能量束掃描燒結之配料層的方法為浸氫氧化鈉水溶液。

16. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該去除未經高能量束掃描燒結之配料層的方法為浸水。



## 六、申請專利範圍

17. 如申請專利範圍第1項所述之製造方法，其中該去除未經高能量束掃描燒結之配料層的方法為浸氫氧化鉀水溶液。

18. 一種陶瓷工件製造設備，包括：

一攪拌裝置，將陶瓷粉末與無機黏劑、稀釋劑混合、攪拌以製成塑性配料；

一製薄層設備，包括一工作台與製薄層用具；該製薄層用具包括一附有饋料槽的饋料裝置，並且藉由與工作台做一既定距離之相對運動而將塑性配料鋪製成配料薄層於工作台上，並可令此薄層因連結陶瓷粉末之無機黏劑經乾燥而硬化；工作台用來接受且支撐該饋料裝置所供給的塑性配料薄層之堆疊；

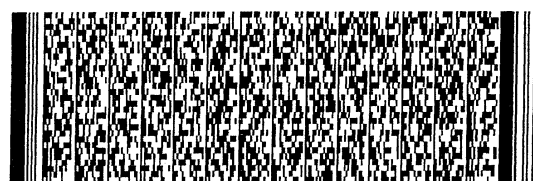
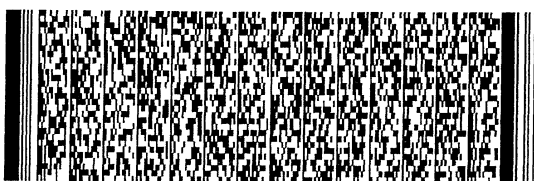
一雷射燒結設備，包括有一雷射光產生裝置與一雷射光掃描裝置，其中，該雷射光掃描裝置引導雷射光束在上述已硬化之配料薄層上沿特定路徑掃描運動，而使上述已硬化之配料薄層被雷射掃描過之區域昇溫而燒結成陶瓷薄層；以及

一去除裝置，用以去除未燒結的上述配料層。

19. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該製薄層設備尚包括一加熱器，以將配料薄層加熱使之快速硬化。

20. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該製薄層用具為一劈形梭動饋料裝置，包括：

一饋料槽，在饋料時隨著該劈形梭動饋料裝置做單一



## 六、申請專利範圍

方向之直線運動；

一出料口，位於該饋料槽之下方；

一劈形梭動板，裝設有複數攪動桿在其縱向側邊緣且朝外伸出，該劈形梭動板可將配料壓磨成扁平狀以由出料口送出；

複數攪動桿，隨著劈形梭動板做垂直相對於該饋料裝置之運動方向的左右運動以防止儲料槽中的塑性配料產生架橋現象並協助饋料；

一調整板，在製作第一層配料薄層時，用來調整出料口之扁平塑性配料層之厚度；以及

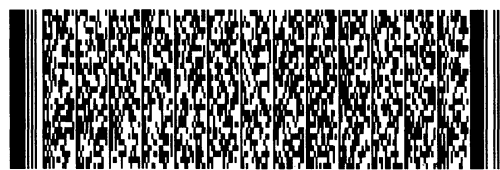
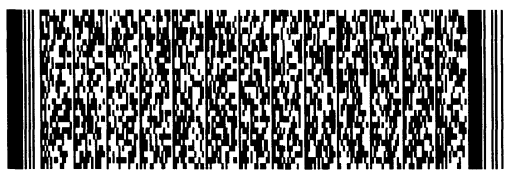
一檔板，可在欲停止饋料時關閉出料口。

21. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該饋料裝置為螺桿式擠壓機並接裝一出口為長方形之模具，出口之長邊約等於配料薄層之寬邊，擠出之塑性配料並做X方向之運動而形成配料薄層大致之形狀。

22. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該饋料裝置為螺桿式擠壓機並接裝一出口為圓形之模具，擠出之塑性配料並做X-Y方向之運動而形成配料薄層大致之形狀。

23. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該饋料裝置為旋轉葉片式，其出口為長方形，出口之長邊約等於配料薄層之寬邊，擠出之塑性配料並做X方向之運動而形成配料薄層大致之形狀。

24. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該製薄





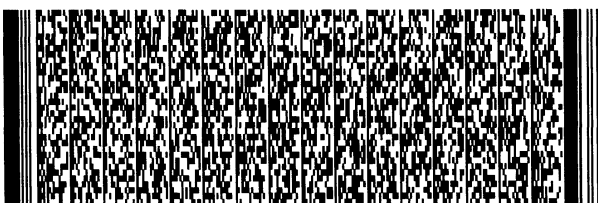
## 六、申請專利範圍

層用具尚包括一滾輪，其在空間之高度可配合高能量束工作位置而調整，並可在垂直方向移動，在其上付一向下之施力裝置，施力之大小可調，以便於擴展塑性配料時，可改變壓力之大小。

25. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該製薄層用具尚包括一劈形板，其作用於塑性配料之板面與水平面成一小角度傾斜，其在空間之高度可配合高能量束之工作位置而調整，並可在垂直方向移動，在其上付一向下之施力裝置，施力之大小可調，以便於擴展塑性配料時，可改變壓力之大小。

26. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該製薄層用具尚包括一滾輪及劈形板；滾輪在空間之高度可配合高能量束之工作位置而調整，並可在垂直方向移動，在其上付一向下之施力裝置，施力之大小可調，以便於擴展塑性配料時，可改變壓力之大小；劈形板作用於塑性配料之板面與水平面成一小角度傾斜，其在空間之高度可配合高能量束之工作位置而調整，並可在垂直方向移動，在其上付一向下之施力裝置，施力之大小可調，以便於擴展塑性配料時，可改變壓力之大小；滾輪先作用於塑性配料，劈形板後作用於塑性配料。

27. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該工作台包括一工件框，工件座及升降台，工件框限制配料薄層之鋪設範圍，工件座承載配料層，其上設有凹槽，以防止配料層受力滑動，升降台承載工件座做垂直運動。



## 六、申請專利範圍

28. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該雷射光掃描裝置包括光束運動裝置及光束聚焦裝置。

29. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該雷射光產生裝置包括一雷射機與一雷射控制器，該雷射機將電能轉換成光能以產生雷射光束，而該雷射控制器被用來開啟及關閉上述雷射光束。

30. 如申請專利範圍第28項所述之設備，其中該雷射光束運動裝置為掃描機，其特徵為雷射光束經二只轉動的反射鏡改變其方向而可做二次元平面之掃描。

31. 如申請專利範圍第28項所述之設備，其中該雷射光束運動裝置為X-Y工作平台，其特徵為雷射光束經二只移動的反射鏡改變其方向而可做二次元平面之掃描。

32. 如申請專利範圍第28項所述之設備，其中該光束聚焦裝置為透鏡。

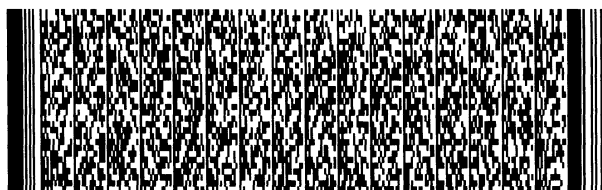
33. 如申請專利範圍第28項所述之設備，其中該光束聚焦裝置為面鏡。

34. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該饋料裝置、製薄層工具與塑性配料接觸部分使用鐵弗龍材料製造。

35. 如申請專利範圍第19項所述之設備，其中該加熱器為紅外線加熱器。

36. 如申請專利範圍第19項所述之設備，其中該加熱器為微波產生裝置。

37. 如申請專利範圍第19項所述之設備，其中該加熱



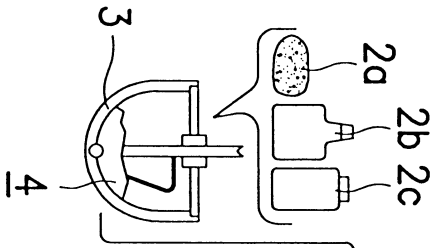
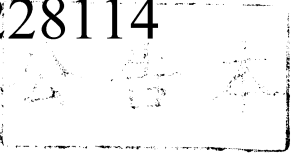
六、申請專利範圍

器為電熱絲。

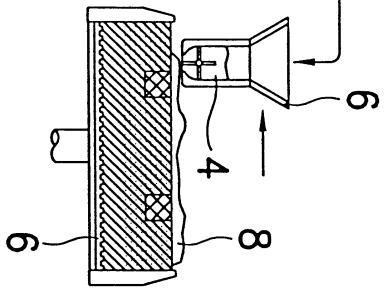
38. 如申請專利範圍第19項所述之設備，其中該加熱器為CO<sub>2</sub>雷射機。

39. 如申請專利範圍第18項所述之設備，其中該去除裝置為一去生坯容器，內裝氫氧化鈉水溶液，以將與成品連結之未燒結配料層去除。

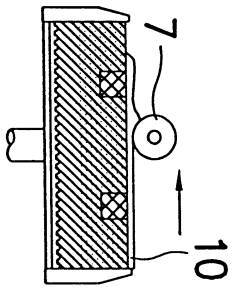




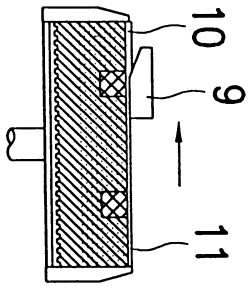
第1A圖



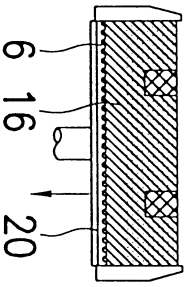
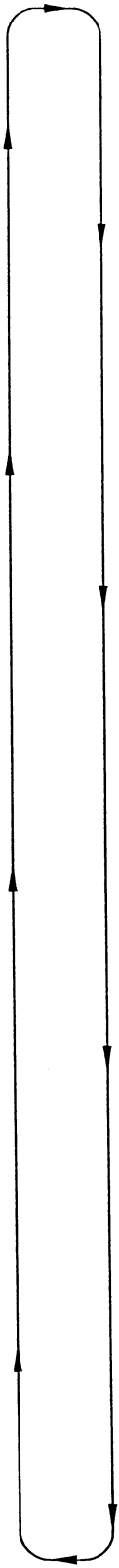
第1B圖



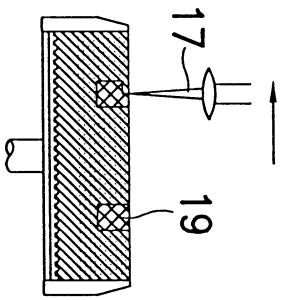
第1C圖



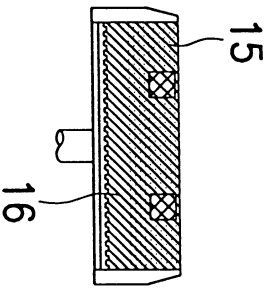
第1D圖



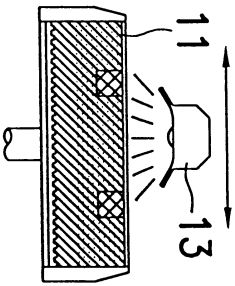
第1H圖



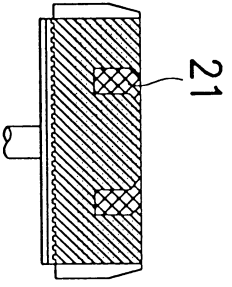
第1G圖



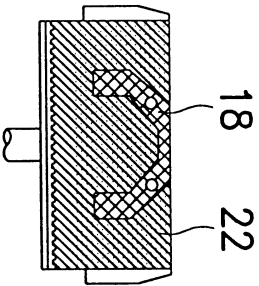
第1F圖



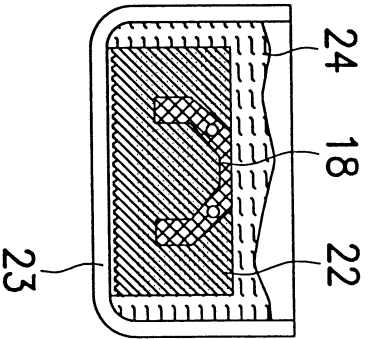
第1E圖



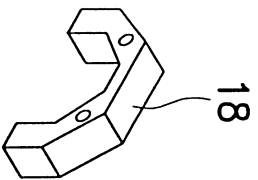
第1I圖



第1J圖



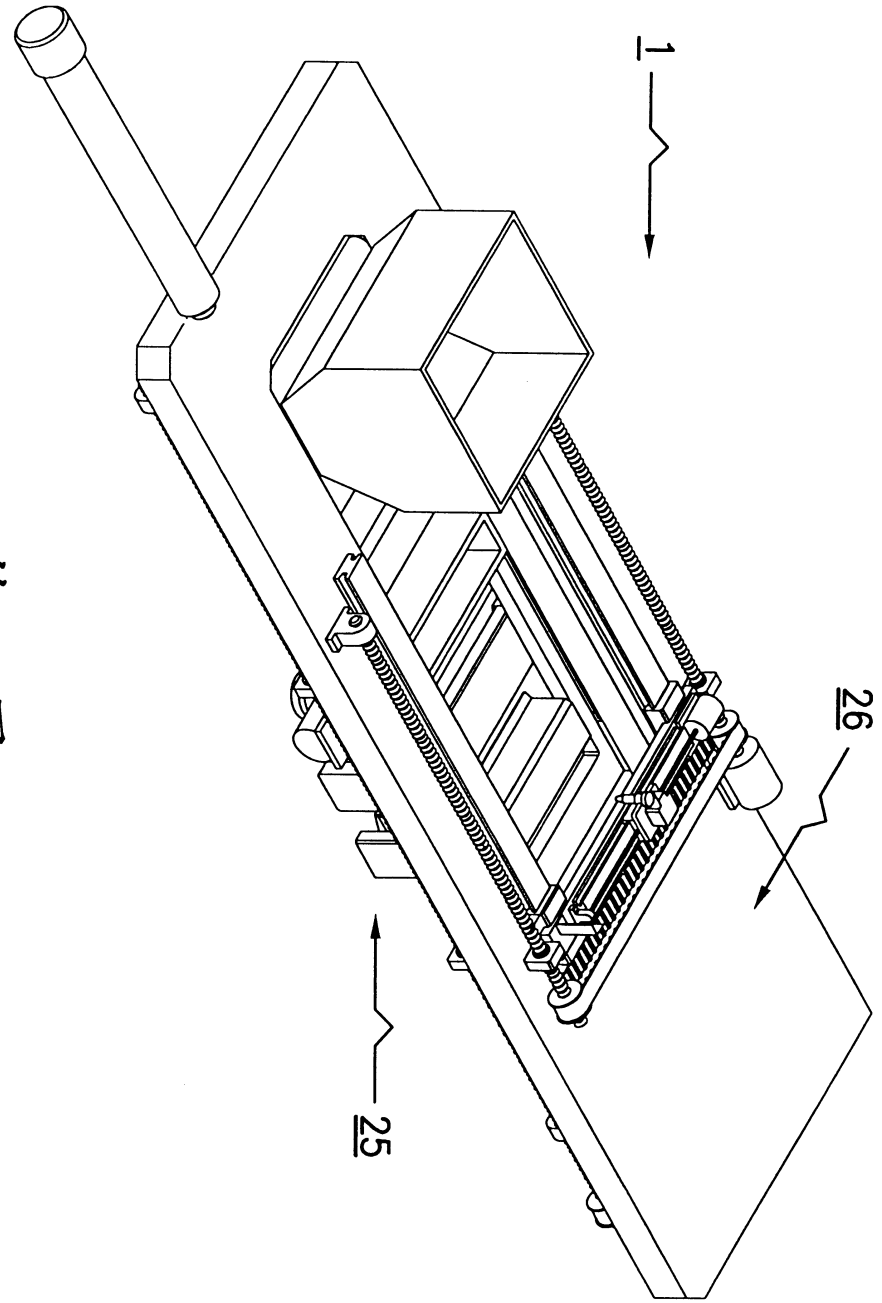
第1K圖

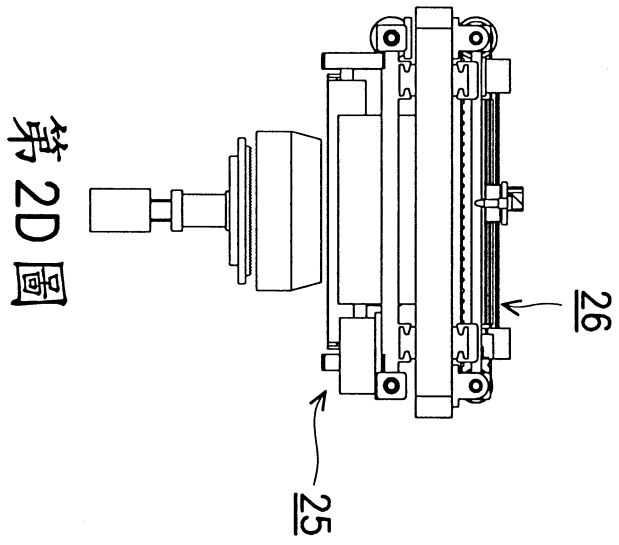


第1L圖

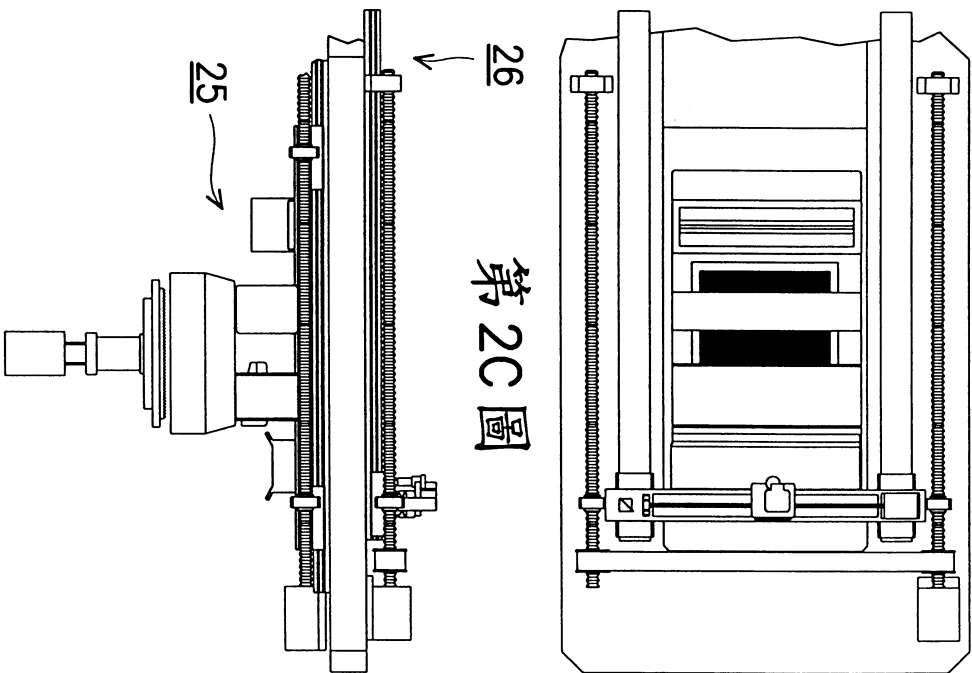


第2A圖



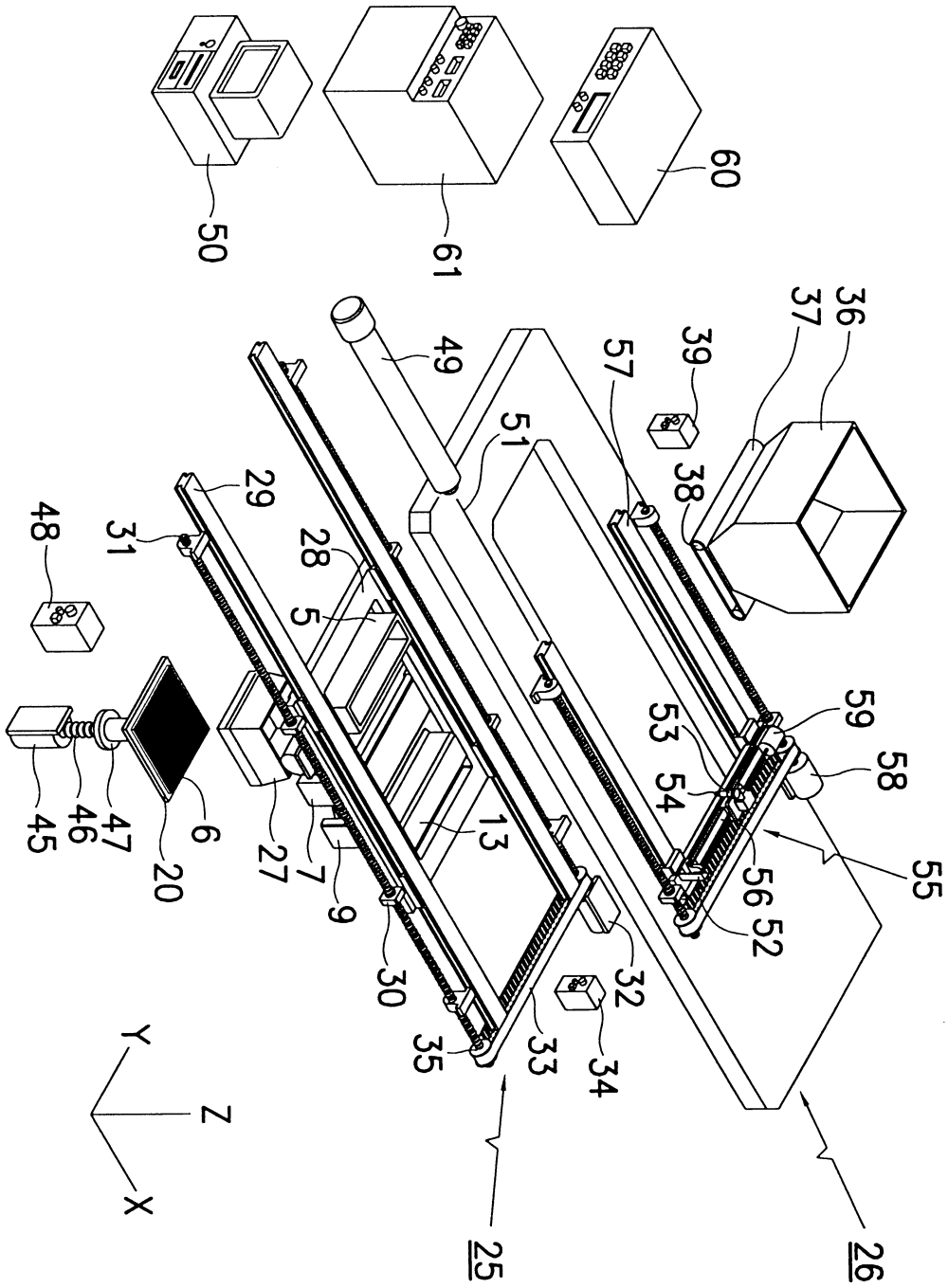


第2D圖



第2C圖

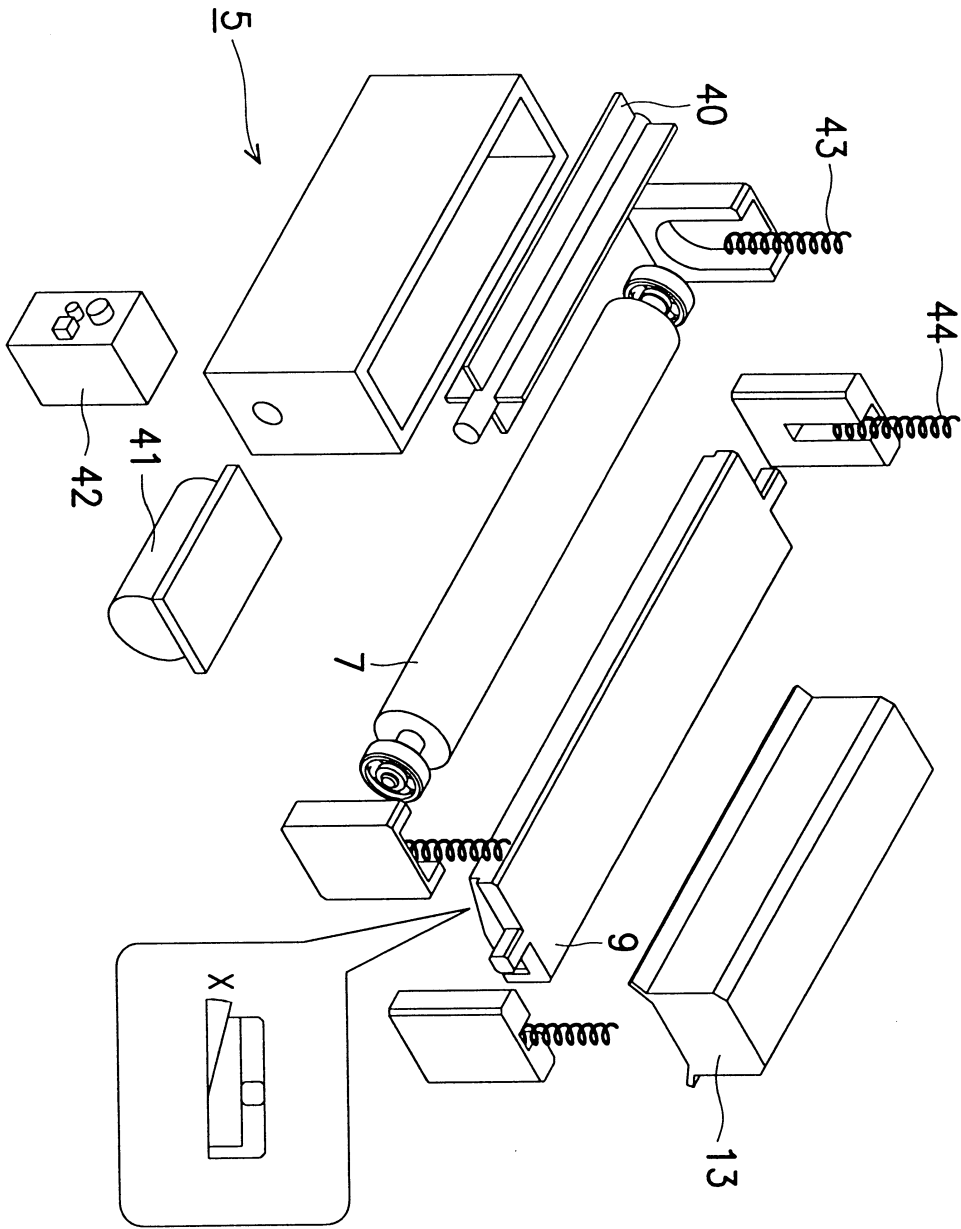
第2B圖



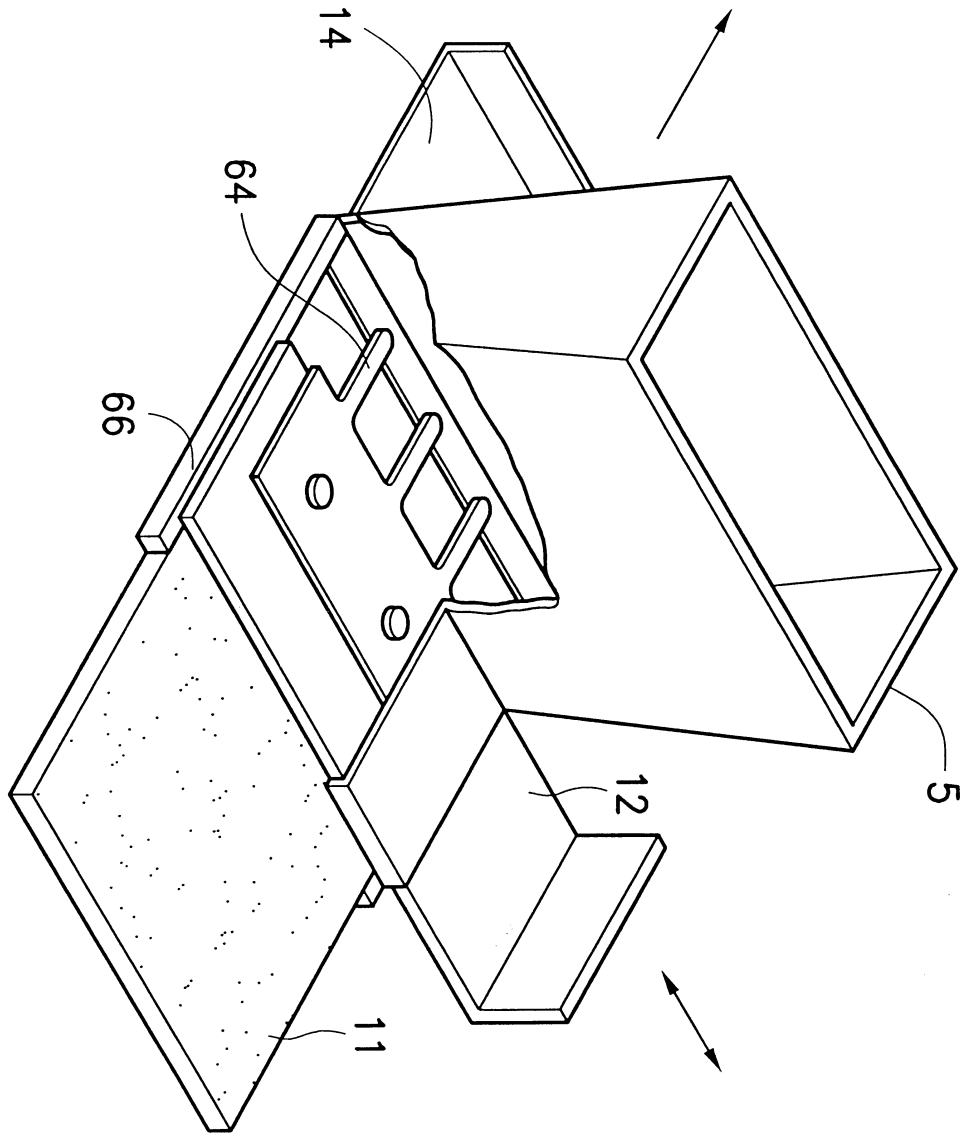
第2E圖

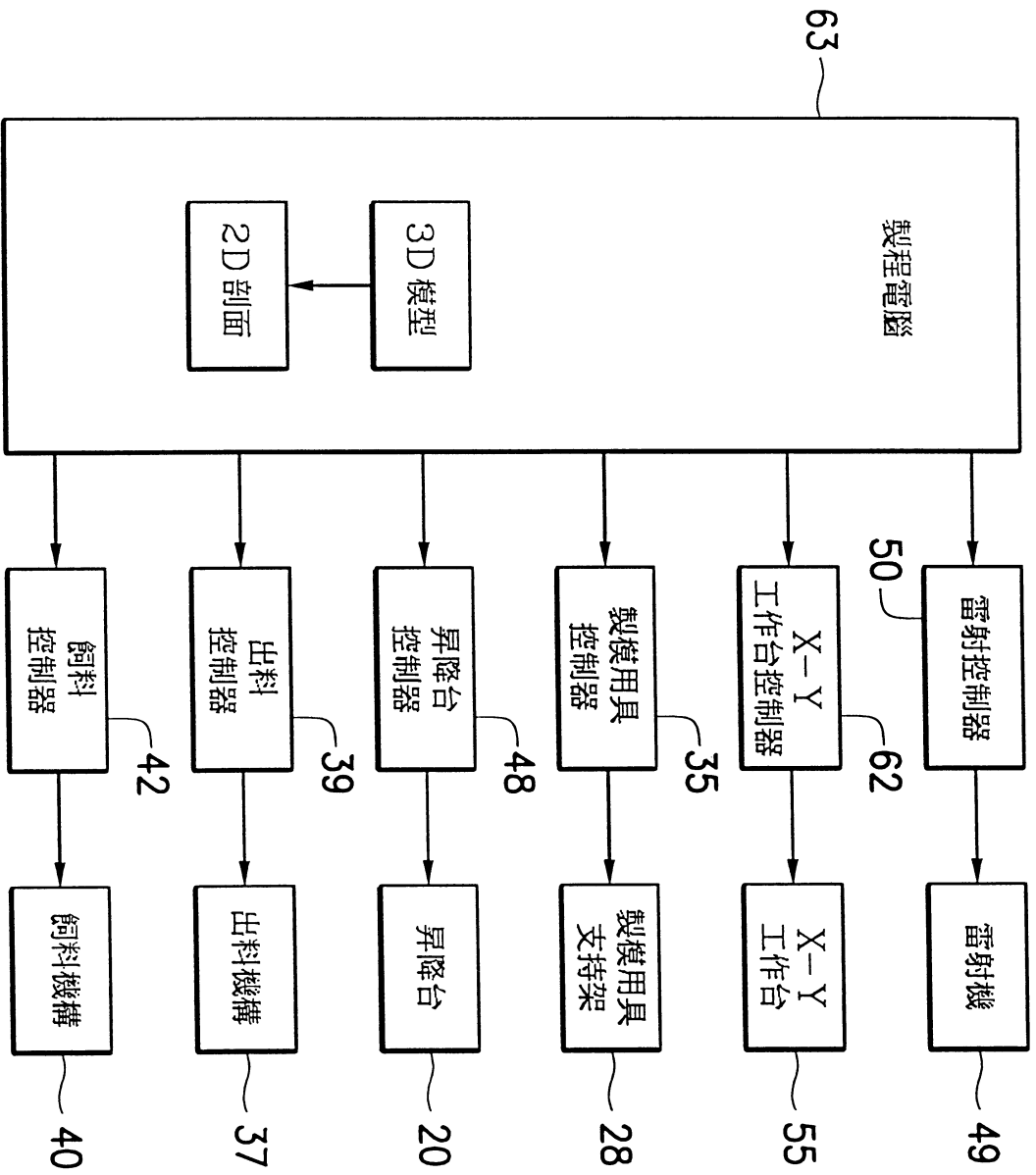


第2F圖

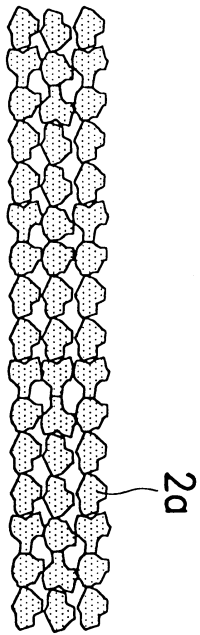


第26圖

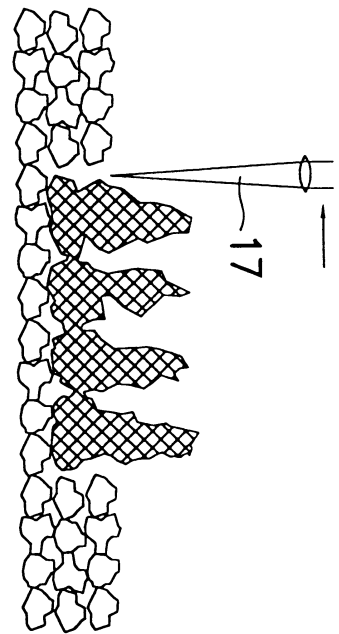




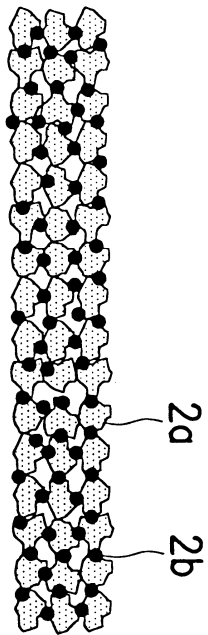
第 3 圖



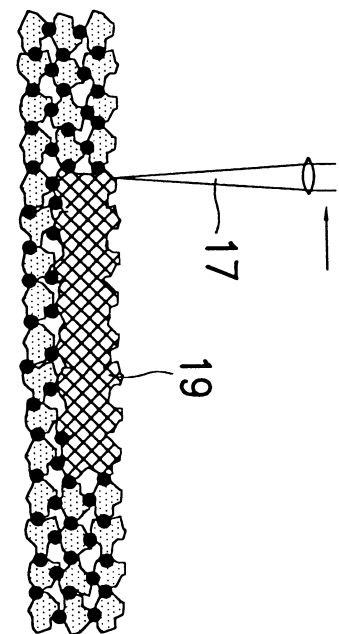
第4A圖



第4B圖



第4C圖



第4D圖