



(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 202224211 A

(43)公開日：中華民國 111 (2022) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：111105458

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 31 日

(51)Int. Cl. : *H01L33/16 (2010.01)*

(30)優先權：2016/03/31 美國 62/315,913

2016/10/13 美國 62/407,848

(71)申請人：美商伊雷克托科學工業股份有限公司 (美國) ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC. (US)

美國

(72)發明人：卻瑞本恩 傑伊爾 SCHRAUBEN, JOEL (US)；克雷能特 傑恩 KLEINERT, JAN (DE)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：23 共 80 頁

(54)名稱

用於導電電鍍的雷射種晶之方法

(57)摘要

一具有例如是一玻璃基板的基板之工件(100)可以藉由一雷射或是藉由其它手段來加以蝕刻以產生凹陷的特點(200、202)。一雷射誘導向前轉移(LIFT)製程或是金屬氧化物印刷製程可被利用以施加一例如是金屬的晶種材料(402)到該玻璃基板之上，尤其是到該些凹陷的特點(200、202)中。若為所要的話，該些種晶後的凹陷的特點可以藉由例如是無電的電鍍之習知的技術來加以電鍍，以提供具有可預測且更佳的電氣特性的導電的特點(500)。該工件(100)可以用一堆疊來加以連接，使得後續堆疊的工件(100)可以在適當處加以修改。

A workpiece (100) having substrate, such as a glass substrate, can be etched by a laser or by other means to create recessed features (200, 202). A laser-induced forward transfer (LIFT) process or metal oxide printing process can be employed to impart a seed material (402), such as a metal, onto the glass substrate, especially into the recessed features (200, 202). The seeded recessed features can be plated, if desired, by conventional techniques, such as electroless plating, to provide conductive features (500) with predictable and better electrical properties. The workpieces (100) can be connected in a stacked such that subsequently stacked workpieces (100) can be modified in place.

指定代表圖：

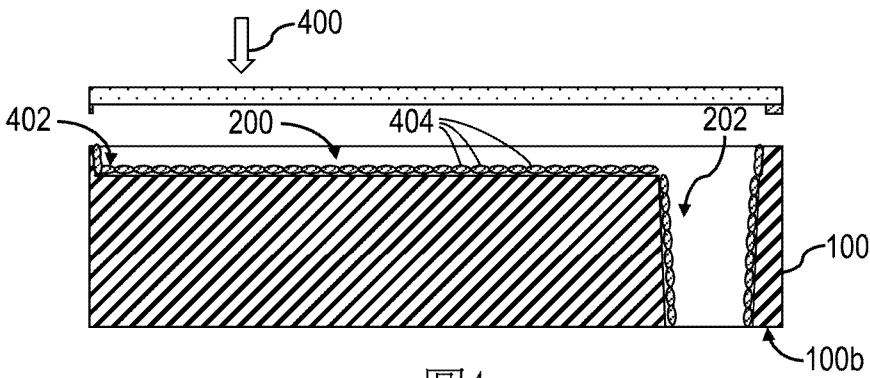


圖4

符號簡單說明：

- 100:工件
- 100b:第二工件表面
- 200:溝槽
- 202:穿透貫孔
- 400:雷射能量
- 402:沉積的材料
- 404:熔滴(微粒)

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用於導電電鍍的雷射種晶之方法

【英文發明名稱】 METHODS OF LASER-SEEDING FOR
ELECTRO-CONDUCTIVE PLATING

【中文】

一具有例如是一玻璃基板的基板之工件(100)可以藉由一雷射或是藉由其它手段來加以蝕刻以產生凹陷的特點(200、202)。一雷射誘導向前轉移(LIFT)製程或是金屬氧化物印刷製程可被利用以施加一例如是金屬的晶種材料(402)到該玻璃基板之上，尤其是到該些凹陷的特點(200、202)中。若為所要的話，該些種晶後的凹陷的特點可以藉由例如是無電的電鍍之習知的技術來加以電鍍，以提供具有可預測且更佳的電氣特性的導電的特點(500)。該工件(100)可以用一堆疊來加以連接，使得後續堆疊的工件(100)可以在適當處加以修改。

【英文】

A workpiece (100) having substrate, such as a glass substrate, can be etched by a laser or by other means to create recessed features (200, 202). A laser-induced forward transfer (LIFT) process or metal oxide printing process can be employed to impart a seed material (402), such as a metal, onto the glass substrate, especially into the recessed features (200, 202). The seeded recessed features can be plated, if desired, by conventional techniques, such as electroless plating, to provide conductive features (500) with predictable and better electrical properties. The workpieces (100) can be connected in a stacked such that subsequently stacked workpieces (100) can be modified in place.

【指定代表圖】 圖4

【代表圖之符號簡單說明】

- 100:工件
- 100b:第二工件表面
- 200:溝槽
- 202:穿透貫孔
- 400:雷射能量
- 402:沉積的材料
- 404:熔滴(微粒)

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 用於導電電鍍的雷射種晶之方法

【英文發明名稱】 METHODS OF LASER-SEEDING FOR
ELECTRO-CONDUCTIVE PLATING

【技術領域】

【0001】 在此所述的實施例係大致有關於導線在基板之內的形成。更具體而言，在此所述的實施例係有關於凹陷的導線在介電基板之內的形成。

【0002】 相關申請案的交互參照

【0003】 此申請案係從2016年3月31日申請的美國臨時申請案號62/315,913、以及從2016年10月13日申請的美國臨時申請案號62/407,848主張優先權益處，該些美國臨時申請案係以其整體被納入在此作為參考。

【0004】 著作權聲明

【0005】 ©2017 伊雷克托科學工業股份有限公司 (Electro Scientific Industries, Inc.)。本專利文件之揭示內容的一部分係包含受著作權保護之材料。著作權所有人並不反對任何人對如同出現於專利商標局之專利檔案或記錄中之專利文件或專利揭示內容之複製再現，但除此之外的任何情況下都保留所有著作權的權利。

【先前技術】

【0006】 對於高的資料傳輸速率之增大的需求正驅動著開發更小的印刷電路板(PCB)特點。電路正到達傳統PCB介電材料的電磁相容性可加以控制的物理極限。此外，例如是在先進的覆晶封裝中之高密度的特點係需要基板具有低的熱膨脹係數(CTE)、高的尺寸穩定性、高的導熱度、以及適當的介電常數。就

此點而言，玻璃係提供一些優點，包含其就電氣特性、濕氣吸收、以及老化而論是非常穩定的，並且具有一CTE是類似於矽的CTE，此係使得其對於IC封裝而言是理想的。再者，在某些實例中，玻璃的介電常數係低於FR4的介電常數。此再加上相較於高效能的材料的一低正切損失以及低材料成本，其係使得玻璃適合用於高頻的應用。

【0007】 許多不同的方式已經被採用朝向玻璃基板的導電的電鍍的實現，其係包含：化學氣相沉積、蒸鍍及濺鍍；化學、機械及雷射粗糙化來改善電性及無電的電鍍；雷射直寫技術，其係包含金屬粉末的燒結；以及利用自組裝單分子膜以更佳的吸收或結合用於無電的電鍍的催化劑。在玻璃金屬化上的困難係起因於在脆性硬的玻璃與金屬之間的化學及機械不相容性，例如是CTE不相容以及強的介面應力。平滑的玻璃表面並無呈現機械式互鎖的可能性，因而金屬膜可能會輕易地從該基板分離。

【0008】 雷射誘導向前轉移(laser-induced forward transfer, LIFT)是一種已經被用來在基板上形成導電的金屬結構之特定的方法，並且也已經朝向氧化物、有機物、以及生物材料的沉積來加以應用。在LIFT中，一層用於沉積之所要的材料(亦即，"施體(donor)材料"、"施體層"、"施體膜"、等等)係黏著至一透明的載體；該透明的載體的組合的結構(亦被稱為"載體基板")；並且該施體層係被稱為"施體基板"或是"施體結構"。一雷射係透過具有該施體的透明的載體而聚焦到該材料之上，此係產生該材料至一"接收的"基板的轉移。

【0009】 用於轉移金屬材料的LIFT技術係首先於1987年被描述，以用於利用一ArF準分子雷射的銅到二氧化矽基板之上的向前轉移，並且自當時以來已經被應用來沉積包含有機及生物材料的各種材料到許多不同的基板之上。導電墨水以及奈米膏的印刷已經是最近進入到LIFT應用的研究的一聚焦。利用導電墨水的技術係提供沉積的材料之高度的形狀及尺寸控制的希望(例如，利用空間

的光調變器)，但是該墨水本身係具有導電度是數個數量級小於其基體的對等部分，其中的一些可以透過沉積的墨水之原位的雷射固化來加以減輕。**LIFT**也已經用於製備內嵌的構件，其係藉由直寫導電墨水以在已經內嵌的構件之間做成連接、或是藉由利用**LIFT**來置放該些構件本身。銅柱可以利用**LIFT**來加以雷射切割、彎曲以及沉積，但是需要導電膏以用於黏著。

【發明內容】

【0010】 此發明內容係被提供以用一種簡化的形式來介紹一批所選的概念，其係在以下更加詳細地進一步加以敘述。此發明內容並不欲指明所主張的標的之關鍵或重要的發明概念，也不欲用於決定所主張的標的之範疇。

【0011】 在某些實施例中，一晶種層係被形成在一工件上，其中形成該晶種層係包含導引一雷射能量的射束到一晶種材料之上；以及一電鍍製程係利用該晶種層作為一晶種來加以執行，以在該晶種層上形成一導電的特點。

【0012】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一施體結構係相鄰一工件來加以配置，該施體結構係包括對於一雷射能量的射束為通透的一載體基板以及一施體膜，其中該施體膜係面向該工件；以及一雷射誘導向前轉移(**LIFT**)製程係藉由導引該雷射能量的射束通過該載體基板而到該施體膜之上來加以執行，其中該雷射能量的射束的特徵是一小於200kHz的脈衝重複速率以及一小於20W的平均功率。

【0013】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一施體結構係相鄰一工件來加以配置，該施體結構係包括對於一雷射能量的射束為通透的一載體基板以及一施體膜，其中該施體膜係面向該工件；以及一雷射誘導向前轉移(**LIFT**)製程係藉由導引該雷射能量的射束通過該載體基板而到該施體膜之上來加以執行，其中該雷射能量的射束的特徵是一大於10MHz的脈衝重複速率以及一大於

100W的平均功率。

【0014】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一印刷電路板(PCB)係包括：一玻璃基板；被蝕刻到該玻璃基板中的凹陷的特點；以及一被沉積在該些凹陷的特點之內的導電的特點。

【0015】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一工件基板係被設置，其中該工件基板係包含一主要表面，其中該工件基板係包含被蝕刻到該工件基板中的凹陷的特點，其中該些凹陷的特點分別包含一凹陷的表面，其中該凹陷的表面係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度，並且其中該些凹陷的特點係包含藉由一雷射誘導向前轉移(LIFT)製程沉積的金屬晶種材料；以及一電鍍製程係利用該金屬晶種材料作為一晶種來加以執行，以在該晶種材料上形成一導電的特點。

【0016】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一工件基板係被設置，其中該工件基板係包含一主要表面，其中該工件基板係包含被蝕刻到該工件基板中的凹陷的特點，其中該些凹陷的特點分別包含一凹陷的表面，並且其中該凹陷的表面係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度；一雷射誘導向前轉移(LIFT)製程係被執行以將金屬晶種材料沉積到該些凹陷的特點中；以及一電鍍製程係利用該金屬晶種材料作為一晶種來加以執行，以在該晶種材料上形成一導電的特點。

【0017】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一具有一工件基板的工件係被設置，其中該工件基板係包含一主要表面，其中該工件基板係包含被蝕刻到該工件基板中的凹陷的特點，其中該些凹陷的特點分別包含一凹陷的表面，並且其中該凹陷的表面係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度；一施體結構係相鄰一工件來加以配置，其中該施體結構係包括一金屬施體材料，該金屬施體材料係附接至一對於一雷射能量的射束為通透的載體基板，並且其中

該金屬施體材料係面向該工件；以及一雷射誘導向前轉移(LIFT)製程係藉由導引該雷射能量的射束通過該載體基板來加以執行，以使得金屬施體材料被沉積到該些凹陷的特點中。

【0018】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一具有一工件基板的工件係被設置，其中該工件基板係包含一主要表面，其中該工件基板係包含被蝕刻到該工件基板中的凹陷的特點，其中該些凹陷的特點分別包含一凹陷的表面，並且其中該凹陷的表面係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度；一包含一金屬材料的金屬的墨水係被沉積至被蝕刻到該工件中的該些凹陷的特點中；以及該金屬材料係被還原以在該些凹陷的特點中形成導電的特點。

【0019】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一具有一工件基板的工件係被設置，其中該工件基板係包含一主要表面，其中該工件基板係包含被蝕刻到該工件基板中的凹陷的特點，其中該些凹陷的特點分別包含一凹陷的表面，並且其中該凹陷的表面係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度；一墨水組成物係被沉積至被蝕刻到該工件中的該些凹陷的特點中，其中該墨水組成物係包含一金屬材料；以及一光熱(photothermal)製程係被施加至該墨水組成物，以在該些凹陷的特點中形成導電的特點。

【0020】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一具有一工件基板的工件係被設置，其中該工件基板係包含一主要表面，其中該工件基板係包含被蝕刻到該工件基板中的凹陷的特點，其中該些凹陷的特點分別包含一凹陷的表面，並且其中該凹陷的表面係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度；一墨水組成物係被沉積至被蝕刻到該工件中的該些凹陷的特點中，其中該墨水組成物係包含一金屬材料；以及電子係被供應至在該墨水組成物中的該金屬材料，以在該些凹陷的特點中形成導電的特點。

【0021】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包括一玻璃

基板，金屬材料係被沉積、或是該晶種層係被形成在該玻璃基板之上。

【0022】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該基板係包括一對於可見光是通透的非晶二氧化矽為基礎的材料。

【0023】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包括該晶種層係被形成在其之上的一玻璃基板，其中該玻璃基板係包含：二氧化矽玻璃、鈉鈣玻璃(soda-lime glass)、硼矽酸鹽玻璃(borosilicate glass)、鋁矽酸鹽玻璃(aluminosilicate glass)、鋁硼矽酸鹽玻璃(aluminoborosilicate glass)、或是其之任意組合，其係選配地包含一或多種鹼金屬及/或鹼土金屬改質劑。

【0024】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包含一基板，該基板係包含：氧化鋁、鋁氮化物、鉍氧化物、或是其之任意組合、一玻璃陶瓷、一玻璃接合的陶瓷、一聚合物、一玻璃填充的聚合物、一玻璃纖維強化的聚合物、或是其之任意組合。

【0025】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包含一具有一主要表面的工件基板，其中該主要表面是一接收該晶種層的裸露的主要表面。

【0026】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包含一具有一主要表面的工件基板，其中該晶種層係被形成在一凹陷的特點之內，該凹陷的特點係相對於該主要表面凹陷的，其中該凹陷的特點係包含一凹陷的側壁表面以及一凹陷的底表面中的至少一個。

【0027】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該凹陷的側壁表面以及該凹陷的底表面中的至少一個係接收該晶種層的裸露的表面。

【0028】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該凹陷的側壁表面以及該凹陷的底表面中的至少一個係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度。

【0029】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該凹陷的側壁表面以及該凹陷的底表面中的至少一個係具有一大於或等於500nm、介於500nm到

1500nm之間、或類似者的粗糙度(Ra)。

【0030】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該凹陷的特點係包括一溝槽、盲貫孔(blind via)、或是穿透式貫孔(through hole via)。

【0031】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該晶種層是無機的，其係包含銅、或類似者。

【0032】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，形成該晶種層係包括沉積晶種材料的熔滴(globule)，其中該些熔滴係具有一小於10 μ m、小於2 μ m、小於1 μ m、大於100nm、或類似者的直徑。

【0033】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該些熔滴係在一大於50m/s的速度、在一大於100m/s的速度、在一大於400m/s的速度、或類似者之下影響該基板。

【0034】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該些熔滴係貫穿該基板到一大於1微米的深度。

【0035】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該晶種層係在光、溫度、壓力、以及大氣的組成物的一或多個環境狀況的存在下加以形成。

【0036】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，執行該電鍍係包括執行一無電的電鍍製程。

【0037】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該導電的特點係包括銅。

【0038】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體材料或是該金屬材料係包括金、鋁、鈦、鎢、銅、鎳、鉻、鉑、鈮、銻、或類似者、其之氧化物、其之氮化物、其之一合金、或是其之任何其它組合。

【0039】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體膜係具有在一從0.01 μ m到250 μ m的範圍內、在一從0.1 μ m到250 μ m的範圍內、在一從0.01 μ m到

1 μm 的範圍內、在一從0.1 μm 到1 μm 的範圍內、大於或等於1 μm 、大於或等於2 μm 、大於或等於3 μm 、或類似者的一厚度。

【0040】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該導電的特點係被形成在該工件的一凹陷的特點中，並且其中該導電的特點係具有一小於12 μm 、小於9 μm 、小於或等於5 μm 、或類似者的寬度。

【0041】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該導電的特點係被形成在該工件的一凹陷的特點中，並且其中該導電的特點係具有一小於或等於5 μm 、小於或等於1 μm 、或類似者的深度。

【0042】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該導電的特點係具有一大於或等於1mm的長度。

【0043】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包含一工件基板，其中多個導電的特點係以一小於或等於12 μm 、小於或等於9 μm 、小於或等於5 μm 、或類似者的間距而被形成在該工件基板中。

【0044】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該導電的特點係包括銅，其中該導電的特點係具有小於或等於25 μm 的寬度，其中該導電的特點係具有一小於或等於25 μm 的深度，其中該導電的特點係具有一大於或等於5mm的長度，並且其中該導電的特點係具有一小於或等於基體銅的電阻率的1.5倍的電阻率。

【0045】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包含一具有一厚度的工件基板，並且其中該導電的特點係具有一等於該工件基板的厚度的深度，以形成一穿過該工件基板的導電的穿透孔洞。

【0046】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該導電的特點的任何橫截面當透過一在150倍放大下的光學顯微鏡觀看時係呈現沒有空孔的。

【0047】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該些導電的特點中的

至少一個係形成一高頻的電路構件、形成一用於一行動電話的天線、或類似者。

【0048】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該用於沉積晶種材料的雷射能量的射束係具有一短於550nm的波長。

【0049】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該雷射能量的射束的特徵是一小於200kHz的脈衝重複速率以及一小於20W的平均功率、一大於10MHz的脈衝重複速率以及一大於100W的平均功率、或類似者。

【0050】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係具有一主要表面以及凹陷的特點，其中該雷射能量的射束係將晶種材料沉積到該些凹陷的特點中，而不沉積晶種材料到該主要表面之上。

【0051】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，形成該晶種層係包括：在該工件上設置一墨水，該墨水係包括一金屬氧化物以及一還原劑；以及藉由利用該雷射能量的射束來照射該墨水以化學還原該金屬氧化物。

【0052】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，蝕刻該基板的步驟以及沉積金屬材料的步驟係同時或實質同時加以執行。

【0053】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，形成該晶種層係包括：設置一施體結構，其係包括一對於該雷射能量的射束是通透的載體基板以及一施體膜，其中該施體膜係面向該工件；以及導引該雷射能量的射束通過該載體基板以撞擊該施體膜的一部分，使得該施體膜的被該雷射能量所撞擊的至少一部分係被轉移到該工件之上。

【0054】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體膜是無機的。

【0055】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體膜被該雷射能量所撞擊的部分係從該施體結構被射出到該工件之上。

【0056】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體膜被該雷射能量所撞擊的部分係被加熱，以從該施體結構流動到該工件之上。

【0057】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體結構在該晶種層的形成期間係和該工件間隔開。

【0058】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體材料或是金屬材料係從一小於 $10\mu\text{m}$ 、小於 $5\mu\text{m}$ 、小於 $1\mu\text{m}$ 、小於 500nm 、小於 100nm 、或類似者的距離被沉積到該工件之上。

【0059】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體結構係在該晶種層的形成期間接觸該工件。

【0060】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該施體結構係包含一在該載體基板以及該施體膜之間的黏著劑。

【0061】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該沉積的材料係具有相較於相同金屬的燒結的奈米粒子更類似於一基體金屬的性質。

【0062】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該雷射能量的射束係具有一焦點，並且其中該雷射能量的射束的該焦點係被設置在該載體基板以及該施體膜之間、或是其中該雷射能量的射束的該焦點係被設置在該載體基板以及該施體膜之間的一介面處。

【0063】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一凹陷的特點係被形成在該工件中以接收該晶種層，並且其中該凹陷的特點係藉由一雷射加工的射束的施加來加以產生。

【0064】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該雷射加工的射束係包含具有一短於 500ps 、短於 1ps 、或類似者的脈衝寬度的雷射脈衝。

【0065】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，用於蝕刻該基板的該雷射加工的射束係具有一短於 550nm 的波長。

【0066】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包含一具有一主要表面的工件基板，其中用於蝕刻該基板的該雷射加工的射束係形成一雷

射加工的系統的部分，其中該雷射加工的射束係具有一焦點，其中該雷射加工的系統係利用感測器回授以在該雷射加工的射束的該焦點以及該主要表面之間維持一預設的高度範圍。

【0067】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一脈衝式雷射係被採用以提供撞擊該施體材料的該雷射能量的射束。

【0068】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，一連續波(CW)雷射及/或一準連續波(QCW)雷射係被採用以提供撞擊該施體材料的該雷射能量的射束。

【0069】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該沉積的金屬材料係被用來形成一導線網格(mesh)。該導線網格係被採用在一顯示器、觸控螢幕、光伏裝置、太陽能電池、光檢測器、或是防霧裝置中。

【0070】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件的基板以及該些導電的特點係呈現一小於或等於 $1\Omega\text{sq}^{-1}$ (每平方歐姆)的片電阻、以及大於或等於90%的光透射。

【0071】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件的基板是撓性的。

【0072】 在某些替代、額外、或是累加的實施例中，該工件係包含一具有一主要表面的工件基板，其中該工件基板係包含被蝕刻到該工件基板中的凹陷的特點，其中該些凹陷的特點係包含至少一凹陷的側壁表面以及一凹陷的底表面，其中該凹陷的側壁表面以及該凹陷的底表面中的至少一個係具有一粗糙度是大於該主要表面的粗糙度，其中該晶種材料係包括一金屬材料，其中晶種材料係藉由一雷射誘導向前轉移(LIFT)製程而被沉積到該些凹陷的特點中，其中該電鍍製程係在該些凹陷的特點中形成導電的特點，其中該些導電的特點係具有一小於或等於 $12\mu\text{m}$ 的寬度以及一大於 $250\mu\text{m}$ 的長度，其中間隔開的導電的特點

係具有一小於或等於 $12\mu\text{m}$ 的間距，並且其中該些導電的特點的任何橫截面當透過一在150倍放大下的光學顯微鏡觀看時係呈現沒有空孔的。

【0073】 額外的特點及優點從以下範例實施例參考所附的圖式所進行的詳細說明來看將會是明顯的。

【圖式簡單說明】

【0074】

[圖1]是一具有第一及第二表面的工件的橫截面圖。

[圖2]是一具有例如是一溝槽以及一穿透貫孔的範例的特點之工件的橫截面圖。

[圖3]是一被設置在一具有特點的工件之上的範例的施體結構的橫截面圖。

[圖4]是展示施體材料從一施體結構到一工件的特點之內的露出的表面之上的範例的轉移的橫截面圖。

[圖5A]是展示在被形成於該工件中的特點的表面上的施體材料之上進行一電鍍製程的一範例的結果的橫截面圖。

[圖5B]是一用於在一基板中形成一導線之範例的製程流程圖。

[圖6]是展示藉由在此揭露的方法所形成的多個經處理的工件之範例的堆疊的橫截面圖。

[圖7]是用於在一介電基板的單一層中形成一具有兩層的導電材料的結構之範例的製程流程圖。

[圖8]是一用於形成一種多層結構的導電的特點之範例的製程流程圖(例如是在圖7中所示的製程之後)。

[圖9]是一用於形成電連接至一內嵌在一基板之內的構件的導電貫孔之範例的製程流程圖。

[圖10]是一顯示利用不同的脈衝能量在一平板玻璃表面上的沉積的銅之顯微照片。

[圖11A]是在種晶及電鍍之前，藉由一基板的雷射剝蝕所產生的凹陷的特點的一高度量測之UV雷射掃描顯微照片。

[圖11B]是一藉由在此揭露的製程所產生的一電鍍的導線及墊之照片。

[圖11C]是5mm以及10mm導線連接至墊以用於電阻率測試之顯微照片。

[圖11D]是一被用來藉由在此揭露的製程產生一長的導線圖案之一長的導線圖案的CAD繪圖設計。

[圖11E]是根據來自圖11D的設計的被蝕刻到硼矽酸鹽玻璃中的長的導線圖案的一部分之一顯微照片。

[圖12A]係展示在一玻璃基板中的雷射蝕刻的溝槽在一UV雷射掃描顯微照片之上的重疊的深度量測。

[圖12B]是在圖12A中所示的溝槽已經透過在此描述的製程而被電鍍以形成導線之一暗場的顯微照片。

[圖12C]是在圖12B中所示的電鍍的導線的橫截面之一顯微照片。

[圖13A]是在一玻璃基板中的雷射蝕刻的穿透式貫孔之一顯微照片。

[圖13B]是在圖13A中所示的穿透式貫孔已經透過在此描述的製程加以電鍍之一暗場的顯微照片。

[圖13C]是在圖13B中所示的電鍍的穿透式貫孔的橫截面之一顯微照片。

[圖14A]是在種晶及電鍍之前，被雷射蝕刻成為一150微米厚的玻璃基板的一個兩面的PCB圖案之一照片。

[圖14B]是詳細描繪在圖14A中的設計在電鍍之後的一部分之一複合的顯微照片。

[圖15A]是一種三個觸控板的(RGB)LED展示器的一CAD繪圖。

[圖15B]是在圖15A中所示的觸控板的LED展示器之一簡化的佈線圖。

[圖15C、圖15D、以及圖15E]是藉由在此所述的製程所做成的圖15A的LED展示器的個別的觸控板的照片影像，其係被一手指觸碰以點亮個別的LED。

[圖16A及16B]是藉由不同的雷射系統鑽孔並且接著藉由在此揭露的製程電鍍的穿透及盲貫孔的一種多層結構的橫截面之顯微照片。

[圖17A]是藉由一被修改以沉積更離散且/或更大量的被轉移的材料的LIFT製程所沉積的銅的一高度圖之一UV掃描顯微照片。

[圖17B]是藉由一被修改以沉積更離散且/或更大量的被轉移的材料的LIFT製程所沉積的銅的橫截面之一顯微照片。

[圖17C]是藉由一被修改以沉積更離散且/或更大量的被轉移的材料的LIFT製程所沉積的銅的俯視面之一顯微照片。

[圖18]是一範例的替代的LIFT製程的流程圖，其係展示用於逐體積像素地沉積一圖案的雷射閘控。

[圖19]是一範例的替代的LIFT製程的流程圖，其係展示一用於沉積一圖案的射束軸之連續的相對的運動。

[圖20A]是在一玻璃基板上的一交叉的導線網格圖案的高度量測之一UV雷射掃描顯微照片。

[圖20B]是展示和圖20A相關的導線及交叉的輪廓量測之圖。

[圖20C及圖20D]是展示沉積於一在中間具有重疊的墊的透明的基板的兩側上的一導線網格設計的相對的通透性之照片影像。

[圖21A及圖21B]是展示在利用10 μ m寬的導線的玻璃上的一觸控板設計的相對的通透性之照片影像。

[圖22]是藉由在此揭露的方法產生的一觸控板之一光學顯微鏡影像。

[圖23]是藉由在此揭露的方法所產生的一導線網格設計之一光學顯微鏡影

像。

【實施方式】

【0075】 範例實施例係在以下參考所附的圖式加以描述。除非另有明確地陳述，否則在圖式中的構件、特點、元件等的尺寸、位置等、以及介於兩者之間的任何距離並不一定是按照比例，並且可能為了清楚起見而為不成比例且/或誇大的。

【0076】 在此所用的術語只是為了描述特定的範例實施例之目的而已，因而並不欲為限制性的。如同在此所用的，除非上下文清楚地指出，否則該些單數形"一"、"一個"以及"該"係欲亦包含複數形。應該體認到的是，該些術語"包括"及/或"包含"當被使用在此說明書時，其係指明所述特點、整數、步驟、操作、元件、及/或構件的存在，但是並不防礙一或多個其它特點、整數、步驟、操作、元件、構件、及/或其之群組的存在或添加。除非另有指明，否則一範圍的值當被陳述時，其係包含該範圍的上限及下限、以及任何介於兩者之間的子範圍。除非另有指明，否則例如是"第一"、"第二"、等等的術語只是被用來區別一元件與另一元件而已。例如，一節點可被稱為一"第一節點"，並且類似地，另一節點可被稱為一"第二節點"、或是反之亦然。在此使用的章節標題只是為了組織的目的而已，而不是欲被解釋為限制所敘述的標的。

【0077】 除非另有指明，否則該些術語"約"、"大約"、等等係表示量、尺寸、配方、參數以及其它數量及特徵並非而且不需要是確切剛好的，而是可以根據需要為近似的、及/或較大或較小的，從而反映容限、轉換因子、捨位、量測誤差與類似者、以及具有此項技術中的技能者已知的其它因素。

【0078】 為了便於說明，例如是"之下"、"下面"、"下方"、"之上"以及"上方"與類似者的空間上相對的術語在此可被使用來描述一元件或特點的如同在該

些圖中所繪的相對於另一元件或特點的關係。應該體認到的是，除了描繪在圖式中的方位之外，該些空間上相對的術語係欲涵蓋不同的方位。例如，若一物體係在圖式中加以翻轉，則被敘述為在其它元件或特點"之下"或"下面"的元件於是將會被定向在該其它元件或特點"之上"。因此，該範例的術語"下方"可以涵蓋上方以及下方的方位兩者。一物體可以用其它方式被定向(例如，被旋轉90度或是在其它方位)，因而在此使用的空間上相對的描述符可以相應地加以解釋。

【0079】 相同的元件符號係在全篇中指稱相似的元件。因此，相同或類似的元件符號可以參考其它圖式來加以描述，即使它們在對應的圖中既沒有被提及、也沒有描述。再者，甚至未被元件符號表示的元件也可以參考其它圖式來加以描述。

【0080】 在不偏離此揭露內容的精神及教示下，許多不同的形式及實施例是可能的，因而此揭露內容不應該被解釋為受限於在此闡述的範例實施例。而是，這些範例實施例係被提供以使得此揭露內容將會是徹底且完整的，並且將會傳達本揭露內容的範疇給熟習此項技術者。

【0081】 I.概論

【0082】 根據在此論述的某些實施例，用於玻璃以及其它介電材料的金屬化之方法可能會牽涉到金屬箔到工件表面之上的LIFT，以形成用於一後續的電鍍製程的晶種，藉此形成被堅固地固定的導電的圖案。在此揭露的實施例係容許在單層或多層的全玻璃的結構以及多層混合材料的結構中的導電線路、貫孔、以及其它結構的電鍍。所揭露的實施例亦容許其它結構(例如，其可以是導電的、電性絕緣的、電性半導的、等等)的形成、主動或被動電子構件的嵌入、或類似者、或是其之任意組合。

【0083】 II.討論

【0084】 圖1是一工件100的橫截面圖。參照圖1，在一實施例中，該工件

100是由一種例如是玻璃的材料所形成的，其可被強化(例如，熱、化學、藉由一或多個離子交換製程、或是其之某種組合)或是未被強化的。該工件100可被形成所來自的玻璃之範例的類型係包含熔融的二氧化矽玻璃、鈉鈣玻璃、硼矽酸鹽玻璃、鋁矽酸鹽玻璃、鋁硼矽酸鹽玻璃、或類似者、或是其之任意組合，其可以選配地包含一或多種鹼金屬及/或鹼土金屬改質劑。除了玻璃之外(或是作為玻璃的一替代物)，該工件100可以是由一種例如是一陶瓷(例如，氧化鋁、鋁氮化物、鈹氧化物、或類似者、或是其之任意組合)、一玻璃陶瓷、一玻璃接合的陶瓷、一聚合物(例如，一聚醯胺、一聚醯亞胺、或類似者、或是其之任意組合)、一玻璃填充的聚合物、一玻璃纖維強化的聚合物、或類似者、或是其之任意組合的材料所形成的。在某些實施例中，該工件100可被設置為任何適當或已知的PCB。該工件100的一表面(例如，一第一工件表面100a)可以是平坦的、彎曲的、或類似者、或是其之任意組合。

【0085】 圖2是具有範例的特點之工件100的橫截面圖。參照圖2，一或多個例如是一溝槽(例如，溝槽200)、一穿透貫孔(例如，穿透貫孔202)、一盲貫孔(未顯示)、一槽、一溝槽、或類似者、或是其之任意組合的特點可被形成在該工件100中，以便於從該第一工件表面100a、一第二工件表面100b(例如，與該第一工件表面100a相對的)、或是該第一工件表面100a以及該第二工件表面100b兩者延伸。該第一工件表面100a以及該第二工件100b兩者都可被視為一主要表面。因此，儘管圖2是描繪該溝槽200為從第一工件表面100a延伸，但將會體認到的是該溝槽200可被形成以便於從該第二工件表面100b延伸。儘管圖2是描繪該溝槽200為和該穿透貫孔202連通，但將會體認到的是該溝槽200可以和一盲貫孔連通、或是可以和該穿透貫孔202分開的(例如，其係藉由該工件100的一部分來分開的)、或是和該盲貫孔分開的。

【0086】 前述的特點(在此亦被稱為一"工件特點"或是"凹陷的特點")可以

藉由一或多個適當的製程(例如，化學蝕刻、反應性離子蝕刻、機械式鑽孔、水刀切割、研磨料噴流切割、雷射處理、或類似者、或是其之任意組合)來加以形成。在一實施例中，該些特點係藉由導引一雷射能量的射束(例如，被表現為雷射能量的一連續的射束、為雷射能量的一系列的脈衝(在此亦被稱為"雷射脈衝")、或類似者、或是其之任意組合)到該工件100之上，並且在該工件100以及該雷射加工的射束204的射束軸之間造成相對的移動(例如，在圖2中藉由一箭頭來加以代表)所形成的。相對的移動可以藉由移動該工件100、藉由移動該雷射加工的射束204(例如，藉由移動輸出該雷射加工的射束204所來自的一掃描頭、藉由偏轉該雷射加工的射束204利用一或多個振鏡(galvanometer)反射鏡(亦以"振鏡(galvo)"著稱的)、一或多個旋轉的多邊形反射鏡、一或多個快速操控的反射鏡、一或多個聲光的偏轉器、一或多個光電的偏轉器、或類似者、或是其之任意組合)、或類似者、或是其之任意組合來加以引發的。

【0087】 當藉由雷射處理來加以形成時，一工件特點可以利用一例如是那些由俄勒岡州波特蘭市的伊雷克托科學工業股份有限公司所製造的雷射處理的系統(例如，LODESTONE™系統、GEMSTONE™系統、CORNERSTONE™系統、NVIANT™系統、5335™系統、等等)來加以形成。可被用來在該工件100中形成一或多個工件特點之範例的系統、以及可被用來在該工件100中形成一或多個工件特點之雷射處理的方法亦被敘述在美國專利號7,259,354、8,237,080、8,350,187、8,404,998、8,648,277、9,227,868中、或是在美國專利申請案公開號2010/0252959、2014/0197140、2014/0263201、2014/0263212以及2014/0312013、或是其之任何組合中，該些美國專利案的每一個都是以其整體被納入在此作為參考。尤其，美國專利號8,648,277係針對於形成適合用於提供具有受控制的信號傳遞特徵的導電線路之凹陷的特點。

【0088】 為了在此討論之目的，當雷射能量被用來在該工件100中形成一

特點時，該雷射加工的射束可被導引(例如，沿著一射束軸)，以便於在該第一工件表面100a入射在該工件100之上。考量該工件100的厚度以及該工件100被形成所來自的材料，若至少某些入射在該第一工件表面100a之上的雷射能量之後係傳播通過該工件100以便於透過該第二工件表面100b來離開該工件100，則該工件100係在以下被視為是一"透明的工件"。考量該工件100的厚度以及該工件100被形成所來自的材料，若入射在該第一工件表面100a之上的雷射能量都沒有透過該第二工件表面100b而離開該工件100，則該工件100係在以下被視為是一"不透明的工件"。

【0089】 在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被聚焦(例如，藉由一如同此項技術中已知的掃描透鏡)。若該工件100是一透明的工件，則該雷射能量的射束可以被聚焦來產生一射束腰部，其係位於(處於一高度)在該第一工件表面100a之處或之上、在該第二工件表面100b之處或之下、在該工件100之內(例如，以便於與該第一工件表面100a以及該第二工件表面100b間隔開)。在該工件特點的形成期間，該射束腰部的位置或高度(例如，沿著該射束軸)可加以改變，以橫跨該工件100維持在該射束腰部以及目標的位置之間的一適當或是所要的空間的關係，以致能或者是使得一或多個特點在該工件100之內的形成變得容易。

【0090】 一般而言，該被導引的雷射加工的射束204的特徵是一或多個參數，例如是波長、光斑(spot)尺寸、空間的強度輪廓、時間的強度輪廓、脈衝能量、平均功率、波峰功率、能量密度(fluence)、脈衝重複速率、脈衝持續期間(亦即，根據在該脈衝中的光功率的半高全寬(FWHM)相對於時間)、掃描速度(例如，在該射束軸以及該工件100之間的相對的運動)或類似者、或是其之任意組合。這些參數可被選擇或者是控制以致能或者是使得該工件100的基板的處理(例如，經由沸騰、經由電子加熱、晶格加熱、熔化、蒸鍍、昇華、表面電子發射、衝擊離子化、多光子吸收、或類似者、或是其之任意組合)變得容易，以於其中

形成一或多個特點。可在導引該雷射加工的射束204之上加以執行的範例的製程係包含一或多個製程，例如是沸騰、電子加熱、晶格加熱、熔化、蒸鍍、昇華、表面電子發射、衝擊離子化、剝蝕(例如，由於雷射光的線性或非線性吸收)、或類似者、或是其之任意組合。非線性吸收的一個例子係包含多光子吸收。如同在此所用的，該術語"光斑尺寸"係指一雷射脈衝在一其中該射束軸橫越將(至少部分地)藉由該雷射脈衝處理的工件100的一區域的位置處的直徑或是最大的空間寬度。

【0091】 在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於1fs到100μs之間的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於1fs到1μs之間的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一短於500ns的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於1fs到1ns之間的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射能量204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一短於500ps的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一短於50ps的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一短於1ps的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射加工的射束204係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於10fs到1ps之間的脈衝持續期間。

【0092】 一旦被形成後，該工件特點在該工件100之內的空間的範圍可被描述特徵為藉由一或多個表面所界定的。例如並且參考圖2，該溝槽200的空間的範圍(例如，深度)可以藉由一溝槽底表面206以及一溝槽側壁表面208來界定。

同樣地，該穿透貫孔202的空間的範圍(例如，深度)可以藉由一貫孔側壁表面210來界定。工件特點的表面(例如是前述的表面206、208及210)在此可以大致被稱為"特點表面"。根據一工件特點被形成所利用的方式，一特點表面可以就一或多個特徵(例如，表面粗糙度、自由電子密度、化學組成物、或類似者、或是其之任意組合)而論，而與該工件100的另一並未受到處理以形成一工件特點的表面不同的。例如，被形成在一工件中的一工件特點的一特點表面可能是比該工件的一並未受到處理以形成一工件特點的表面粗糙的。

【0093】 圖3是一被設置在一具有特點的工件100之上的範例的施體結構300的橫截面圖。參照圖3，在許多實施例中，一施體結構300係被設置在該第一工件表面100a之上。該施體結構300係包含一載體基板302以及一施體膜304，該施體膜304係被黏著或是以其它方式固定至該載體基板302(例如，直接的固定、或是經由一例如是黏膠的一動態釋放層或其它犧牲層的中間層(未被展示)之間接的固定)。在該舉例說明的實施例中，該施體結構300係被配置成使得該施體膜304係和該工件100間隔開。在另一實施例中，該施體結構300係被配置成使得該施體膜304(例如，在該第一工件表面100a)接觸該工件100。

【0094】 該施體結構300可被提供為一實質剛性板、或是為一撓性的膜結構(例如，其係能夠在一捲對捲的製程中加入索引的)。該載體基板302通常是由一種對於在一後續的步驟中被導引至該施體結構300的雷射能量的波長通透的材料所形成的。例如，該基板302可以是由一種例如是熔融的二氧化矽玻璃、硼矽酸鹽玻璃、一透明的聚合物、或類似者、或是其之任意組合的材料所形成的。一般而言，該施體膜304是由一種例如是金、鋁、鈦、鎢、銅、鎳、鉻、鉑、鈮、銻、或類似者、其之氧化物、其之氮化物、其之一合金、或是其之任何其它組合的材料所形成的。然而，在其它實施例中，該施體膜304係包含至少一種從由一膏、凝膠、墨水、或類似者所構成的群組中選出的材料。該膏、凝膠、

墨水、等等可以選配地包含一或多個金屬的膠體、微粒、晶體(例如，微晶體、奈米晶體、等等)，其可以被溶液沉積、旋轉塗覆、網版印刷、刀片沉積、等等到該載體基板302之上。該施體膜304可被形成到在一從 $0.01\mu\text{m}$ 到 $250\mu\text{m}$ 的範圍內的一厚度。該施體膜304可被形成到在一從 $0.1\mu\text{m}$ 到 $250\mu\text{m}$ 的範圍內的一厚度。在一實施例中，該施體膜304係被形成到在一從 $0.01\mu\text{m}$ 到 $1\mu\text{m}$ 的範圍內的一厚度。在一實施例中，該施體膜304係被形成到在一從 $0.1\mu\text{m}$ 到 $1\mu\text{m}$ 的範圍內的一厚度。

【0095】 圖4是展示施體材料從一施體結構300到在該工件100的特點之內的露出的表面206、208及210之上的一範例的轉移的橫截面圖。參照圖4，雷射能量400係如同由箭頭所表示地被導引(例如，成為雷射能量400的一連續的射束、或是成為一系列的雷射脈衝)通過該載體基板302，以照射該施體膜304的背表面。該雷射能量400可以是聚焦或是未聚焦的。然而，一般而言，該雷射能量400的特徵(例如，波長、平均功率、波峰功率、脈衝能量、脈衝重複速率、在該施體膜304的光斑尺寸、在該施體膜304的能量密度、在該射束軸以及該工件100之間的相對的移動的掃描速率、或類似者、或是其之任意組合)係被選擇，以便於從該施體結構300剝蝕、噴射或者是逐出該施體膜304的一部分朝向該工件100，以便於在該工件100上(例如，在一例如是該溝槽200以及該貫孔202的特點的一或多個表面上)形成一"層"沉積的材料402(亦被稱為晶種材料)。

【0096】 具有技能者將會體認到該雷射能量400可以從和該雷射加工的射束204的雷射來源相同的雷射來源來加以提供的。然而，該雷射能量400可以從一與該雷射加工的射束204的雷射來源不同的雷射來源來加以提供的。在其中用於兩個製程步驟的雷射來源是相同的實施例中，至少某些雷射參數將會是不同的。若不同的雷射係被使用於兩個製程步驟，則至少某些雷射參數將會是不同的。例如，該雷射加工的射束204可以提供具有一比該雷射能量400的射束所提供的脈衝的脈衝寬度短的脈衝寬度之雷射脈衝。

【0097】 該層沉積的材料402可以是由微粒或熔滴404所形成的，使得該沉積的層是連續或斷續的。在許多實施例中，沉積的材料的微粒或熔滴404是大於透過一摻雜或離子植入製程所會產生的微粒的尺寸。在某些實施例中，該些熔滴係具有一大於50nm的直徑。在某些實施例中，該些熔滴係具有一大於100nm的直徑。在某些實施例中，該些熔滴係具有一大於1 μ m直徑。在某些實施例中，該些熔滴係具有一大於或等於25 μ m的直徑。在某些實施例中，該些熔滴係具有一小於或等於25 μ m的直徑。在某些實施例中，該些熔滴係具有一小於10 μ m的直徑。在某些實施例中，該些熔滴係具有一小於2 μ m的直徑。在某些實施例中，該些熔滴係具有一小於1 μ m的直徑。

【0098】 在某些實施例中，該雷射能量400係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於1fs到100 μ s之間的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射能量400係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一大於10fs脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射能量400係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於500fs到1 μ s之間的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射能量400係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一大於800fs的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射能量400係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於1ps到500ns之間的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射能量400係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一短於100ns的脈衝持續期間。在某些實施例中，該雷射能量400係被表現為一系列的雷射脈衝，每一個雷射脈衝係具有一介於500ps到100ns之間的脈衝持續期間。

【0099】 在某些實施例中，該脈衝能量係被設定為足夠高的，使得單一脈衝就可以從該施體結構300的一被導引的雷射能量所照射的區域剝蝕、噴射或者是逐出該施體膜304的整個厚度。如此做可以致能該射束的快速的移動，以降低

或者是最小化被施加的雷射能量的依序被導引的脈衝的重疊。根據被施加的雷射能量400的特徵，材料可以在一從1mm/s到5000mm/s的範圍內的速率下(例如，沿著一所要的軌跡)沉積到該工件100之上。在某些實施例中，材料係在一從250mm/s到3000mm/s的範圍內(例如，700mm/s)的速率下(例如，沿著一所要的軌跡)被沉積到該工件100之上。在某些實施例中，材料可以在一從500mm/s到2500mm/s的範圍內的速率下(例如，沿著一所要的軌跡)沉積到該工件100之上。

【0100】 儘管圖4是描繪一其中單一層的沉積到該工件100之上的材料402(例如，銅)的實施例，但是具有技能者將會體認到多層的沉積的材料可加以沉積在該工件100上(例如，以便於形成一堆疊的沉積的材料層)。在一堆疊之內，不同的層可以是由相同的材料(例如，銅)或是由不同的材料所形成的。當不同的材料被沉積時，一或多層的材料(例如，作用為一由氮化鈦、氮化鋁、等等所形成的阻障層)最初可加以沉積，並且之後一或多層的材料(例如，作用為一由銅所形成的晶種層)可以在之後加以沉積。

【0101】 儘管圖4是描繪一其中一層的沉積的材料402係被形成在該工件100中所形成的一特點之內，而未被形成在該第一工件表面100a上的實施例，但將會體認到的是該層的沉積的材料402可被形成在一特點之外(例如是在該第一工件表面100a上)。

【0102】 若一或多個特點被形成在該第二工件表面100b中，則該工件100可被翻轉，並且上述的製程可加以重複以便於在該工件100上(例如，在該第二工件表面100b中所形成的一特點的一或多個表面上)形成一層的沉積的材料。(一用於兩面的製程之簡化的製程流程圖係被展示在圖7中。)

【0103】 在一用於一LIFT製程的替代實施例中，其並不是從該施體子結構300轉移材料以形成該層的沉積的材料402，一沉積的材料(例如，一有機金屬的先驅物材料、內嵌在聚合的材料中的銅或銅離子、一包含氧化銅(CuO)的膜或

膏、等等)402可加以沉積到該基板100之上(例如，在該第一工件表面100a中所形成的特點之內)，並且之後利用具有一或多個足以轉換該先驅物材料成為一阻障層、一晶種層、或類似者、或是其之任意組合的特徵的雷射能量來加以照射。例如，一包含CuO的墨水之膜或膏(例如，100nm-100μm厚的)可以被印刷、旋轉塗覆、塗層、或是刮刀，以填入該些工件特點。該CuO墨水接著可以在一液相或氣相還原劑，例如是氫氣、氫/氮混合物、乙醇蒸氣、或甲醇蒸氣的存在下，被轉變成為元素銅。例如，熱乙醇蒸氣已經被用來將薄的CuO層還原銅(Satta等人的電化學學會雜誌2003年、150(3)、G300-G306)。該些還原反應可以透過銅的中間的氧化狀態來進行。

【0104】 此印刷及轉換製程(其亦可被稱為光熱電鍍)可以取代相關該些實施例的任一個所敘述的LIFT步驟的任一個。在某些實施例中，此光熱電鍍製程可以取代或補充相關該些實施例的任一個所敘述的一LIFT步驟及/或一電鍍步驟。例如，此光熱電鍍製程可加以執行，以取代一電鍍製程、或是取代該LIFT製程以及該電鍍製程兩者。亦應注意的是，當上述的化學反應性係藉由一雷射來加以提升時，該工件100的基板材料亦可以在該晶種層被產生時的相同的步驟期間被移除。

【0105】 圖5A是展示在該工件100中所形成的特點的表面206、208及210上的施體材料之上進行一電鍍製程之一範例的結果的橫截面圖。參照圖5A，具有被形成在其上的沉積的材料層的工件係遭受到一電鍍製程，以形成一導電的特點，例如是導電的特點500。如同在圖5A中所示，導電的特點500係包含一被設置在該溝槽200中的導線502、以及一被設置在該貫孔202中的導電貫孔插塞502。該導電的特點500可以是由和任何層的沉積的材料402相同的材料所形成的。例如，該導電的特點500可以是由和一先前沉積的晶種層相同的材料所形成的。該電鍍製程可包含一電鍍製程、一無電的電鍍製程、或類似者、或是其之

任意組合。

【0106】 由該電鍍製程所形成的一導電的特點(例如，導電的特點500)的上表面可以是凹陷的(例如，相對於該第一工件表面100a)、或是與該工件表面(例如，如同所示的第一工件表面100a)共平面的。在一實施例中，一導電的特點的上表面最初可以突出在一例如是一溝槽或貫孔的特點之外。在此種實施例中，回蝕或化學機械拋光(CMP)製程可加以執行，以平坦化或凹陷該導電的特點。

【0107】 圖5B是一用於在一工件100的一基板中形成及電鍍一溝槽200以形成一導電線路(亦被稱為一導線)之製程的一範例的簡化的流程圖。參考圖5B，一範例的製程起始狀況5A係展示該工件100的基板，其可以是任意的半導體製造材料，特別是任意的晶圓或PCB工件材料、以及尤其是如同先前論述的任何介電質或玻璃材料。工件100的基板可以是剛性或撓性的。在步驟512中，該工件100係被蝕刻以形成一或多個凹陷的特點，例如是一或多個溝槽200。如先前所論述的，該蝕刻可以在無微影技術或是在無微影遮罩層之下，藉由一"直寫"雷射製程來加以達成、或是該蝕刻可以藉由習知的技術來加以達成。根據該基板材料的性質以及雷射參數，該雷射製程可以是剝蝕或是非剝蝕的。

【0108】 一經蝕刻的基板係被展示在製程狀況5B中。在某些實施例中，所產生的特點係具有比該主要表面100a粗糙的底表面206以及側壁表面208，尤其是若該基板係由玻璃所組成時。若該基板是玻璃並且藉由習知的微影製程而被蝕刻，則該蝕刻製程可以額外利用一粗糙化步驟。該粗糙化步驟可以在一遮罩位於該主要表面100a上利用一被單獨導引在該溝槽200的雷射、或是該主要表面100a可被遮蔽，同時該溝槽係藉由一雷射射束(具有一大於該溝槽寬度的光斑尺寸)或是藉由化學手段來加以處理。

【0109】 在步驟514中，用於一LIFT製程的一施體結構係被對準在該工件100之上。在某些實施例中，該施體膜304可以是一層連續的施體材料，例如是

銅箔。在此種實施例中，該施體結構300的對準並不需是精確的，即使該雷射的射束軸至該工件100以及尤其是至例如是該些溝槽200的特點的對準是精確的。在其它實施例中，該施體膜304可以是之前就藉由雷射或微影製程來加以圖案化，以匹配例如是該些溝槽200的特點。在此種實施例中，該施體結構300以及特別是該施體膜304的圖案化的線路的對準係準確地對準至該工件100以及特別是該些特點，因而這些也準確地對準至該射束軸。製程狀況5C係展示該施體結構300對準至該工件100。

【0110】 在步驟516中，該LIFT種晶製程係被執行。製程狀況5D係展示該施體膜304的晶種材料被沉積到溝槽200的底表面206以及側壁表面208之上。在某些實施例中，形成該層的沉積的晶種材料402的熔滴404是過於稀疏而無法作用為一導線502；然而，該些熔滴404可被利用作為晶種，以用於一例如是銅的電鍍材料透過典型無電的沉積方法的沉積。

【0111】 步驟518係指明該無電的電鍍步驟。在許多實施例中，該電鍍材料是和該施體膜相同的材料。將會體認到的是，該電鍍材料可以是一種和該沉積的材料402不同的材料，只要該電鍍材料係提供至該沉積的材料402的良好的黏著即可。例如，化學作用已經存在於將一金屬電鍍到一不同的晶種金屬之上。尤其，銅、金及銀、以及其之合金可以電鍍到一鈹晶種材料之上。在其它實施例中，如同稍後敘述的，該沉積的材料可以是足夠厚且連續的，以形成一例如是導線502的導電的特點。製程狀況5E係展示被形成在該層的沉積的晶種材料402上之一導電材料的電鍍的層508。該電鍍的層508可能會包含過多的材料，其係存在而超出該主要表面100a的高度。若此種過多的材料係非所要的，則該過多的材料可以在一拋光步驟520中被移除，只在該些凹陷的特點中留下該電鍍的層508。拋光後的電鍍的層係在製程狀況5F中被展示為一導線510。

【0112】 在某些實施例中，以上相關圖1-5B所述的製程可以針對於多個工

件100來加以重複。例如，在該工件100如上所述地加以處理之後(例如，其係產生在圖5A中所示的經處理的(或是電鍍的)工件506)，一待被處理的新的工件606可被接合、焊接、黏著、或者是用其它方式固定到至該經處理的工件506，並且以上相關圖1-5B所述的方法可加以執行，以產生一經處理的多個堆疊的工件600(圖6)，其係使得一或多個導電的特點電連接至該經處理的工件506的一或多個導電的特點。將會體認到的是，該個別的工件100可以個別地被蝕刻、種晶、以及電鍍，並且接著加以彼此附接。然而，在此所述的製程，尤其是該些雷射為基礎的製程係使得將一未經處理的工件100堆疊在一經處理的工件506之上，並且接著處理已經接合至該經處理的工件506的在適當處的未經處理的工件100之能力變得容易。

【0113】 圖6是展示多個經處理的工件100及606之範例的堆疊以形成該多個堆疊的工件600的橫截面圖，其中在該工件606中的導電的特點的一部分係接觸在工件100中的導電的特點，而且是與其連續的。參考圖6，該工件606可以是和該工件100相同的、或是可包含不同的基板材料。該工件606可以具有和在圖5A中那些被展示為500者相同或是不同的蝕刻的特點。額外或是替代地，例如是被用來形成該導線602及/或該導電貫孔插塞604的溝槽200及/或貫孔202(圖2)的特點可以是與那些在圖5A中相關該導線502及/或該導電貫孔插塞504所展示者不同地加以設置。換言之，儘管該些工件506及606在佈局及材料上可以是相同的，但是該些工件506及606可以具有不同的佈局、或是使用不同的材料。在某些實施例中，該些工件506及606係具有不同尺寸的特點，且/或該些特點可以利用不同的材料來加以電鍍。圖8是一用於形成一種導電的特點的多層的結構的範例的製程之流程圖，並且稍後加以敘述。

【0114】 圖7是一用於形成一種多層的結構之範例的製程流程圖，其係在一工件100的一介電基板的單一層中具有兩層的導電材料。在圖7中所示的步驟

係類似於在圖5B中所示的步驟，因此有關於類似的步驟的細節及變化將不會予以重複。製程狀況7A係展示最初的工件100。該第一工件表面100a係在製程步驟712中被蝕刻。製程狀況7B係展示被蝕刻到該工件100的第一工件表面100a中的一溝槽200a以及一貫孔202a。

【0115】 在製程步驟714中，該工件100可以被翻轉、對準、以及蝕刻，以在該第二工件表面100b中形成特點。尤其，該工件100係被翻轉，使得側邊100b係在頂端被展示。然而，具有技能者將會體認到該工件100可以維持其原始的方位，並且該雷射射束可以從底部側處理該工件100，以處理該第二工件表面100b。尤其，該雷射射束所源自於的雷射頭可以重新設置，使得該雷射射束係從底部處理該工件100。或者是，一第二雷射可被設置以從底部側來處理該工件100、或是摺疊鏡可被利用以從一頂端安裝的雷射頭導引一射束，繞過在該工件100的側邊以從底部撞擊該工件100。

【0116】 然而，在其中該工件100的基板是透明的某些實施例中，該些雷射參數(特別是該雷射射束的焦點的高度)在某些情形中可被調整，以藉由在無不利地影響該第一工件表面100a之下首先通過該第一工件表面100a，來蝕刻該第二工件表面100b。在這些實施例的某些實施例中，該雷射射束的焦點可被設置在待被蝕刻的材料的高度處、或是超過該高度。因此，該翻轉以及對準的步驟可以是選配的。

【0117】 在一對於兩個蝕刻步驟都維持一透明的工件100的原始的方位的替代實施例中，該第二工件表面100b可以首先藉由在無不利地影響該第一工件表面100a之下先通過該第一工件表面100a來加以蝕刻，其例如是藉由有利地選擇該焦點高度以及其它雷射參數。接著，該焦點高度以及其它雷射參數可被調整，以在不翻轉或是重新對準該工件100之下蝕刻該第一工件表面100a。從該雷射射束至該工件100的相同的相對的方位來雷射蝕刻該第一及第二工件表面兩者的

一優點是耗時的翻轉以及對準的步驟可被消除，以增進處理量。製程狀況7C係展示被蝕刻到該第二工件表面100b之中的一溝槽200b以及一貫孔202b。

【0118】 製程步驟716係將該施體結構300對準在該第二工件表面100b的溝槽200b及貫孔202b之上。(具有技能者將會體認到若所有的蝕刻都是在該工件處於相對於該雷射射束的單一方位下達成時，則第一工件表面100a將會先受到該LIFT程序。)經對準的施體結構300係被展示在製程狀況7D中。製程步驟718係牽涉到一第一LIFT程序。製程狀況7E係展示在該溝槽200b以及貫孔202b中的一晶種層的沉積的材料402。在製程步驟720中，該工件100係被翻轉，並且一第二施體結構300係被對準在該第一工件表面100a的溝槽200a以及貫孔202a之上。(具有技能者將會體認到若所有的蝕刻都是在該工件處於相對於該雷射射束的單一方位下達成時，則第二工件表面100b將會是第二個受到該LIFT程序的。)

【0119】 製程步驟722係牽涉到一第二LIFT程序，並且製程狀況7G係展示在該溝槽200a以及貫孔202a中的一晶種層的沉積的材料402，因而有一層晶種材料402被沉積到該工件100的第一及第二表面100a及100b兩者上的特點之中。製程步驟724係提供無電的電鍍。該電鍍可以同時在該工件100的第一及第二表面100a及100b兩者上的沉積的晶種材料402之上加以執行。或者是，該電鍍製程可以一次在一側上加以執行。製程狀況7H係展示導電材料的一電鍍的層508被形成在該工件100的兩側上的沉積的晶種材料402的層上。任何過多的材料都可以在一拋光步驟726中被移除，只在該工件100的兩側上的凹陷的特點中留下該電鍍層508。拋光後的電鍍的層係在製程狀況7I中被展示為在該工件100的兩側上的導電的特點706。

【0120】 圖8是用於形成導電的特點的一種多層的結構800之範例的製程的流程圖。在圖7中所示的步驟中的某些個係類似於在圖5B及7中所示的步驟，因此有關於類似的步驟的細節及變化將不會予以重複。該製程狀況8A係展示一

最初經處理的工件506，其可以類似於在圖7中所示的製程結束時所展示的工件506。在製程步驟812中，一新的基板材料層800係被疊層在該工件506之上。如同相關圖6所論述的，該層800可以是和在該工件506中的基板材料相同的材料、或是不同的材料。製程狀況8B係展示該層800附接至該工件506。在製程步驟814中，該層800係如先前所述地加以蝕刻，並且經蝕刻的層800係被展示在製程狀況8C中。製程步驟816係將該施體結構300對準在該工件表面100a的溝槽200以及貫孔202之上，並且製程狀況8D係展示該施體結構對準在該層800之上。製程步驟818係牽涉到一LIFT程序，並且製程狀況8E係展示在該層800中的溝槽200及貫孔202中的一晶種層的沉積的材料402。製程步驟820係移除該載體基板302，並且製程狀況8F係展示該層的沉積的晶種材料402係備妥以用於電鍍。製程步驟822係提供無電的電鍍，並且製程狀況8G係展示導電材料的一電鍍的層508被形成在層800中的溝槽200及貫孔202中的該層的沉積的晶種材料402上。任何過多的材料都可以在一拋光步驟824中被移除，只在該基板層800中的凹陷的特點中留下該電鍍層508。該拋光後的電鍍的層係在製程狀況8H中被展示為在該基板層800中的一導電的特點706。

【0121】 圖9是一用於形成導電貫孔(亦稱為導電貫孔插塞)910之範例的製程流程圖，其係電連接至一內嵌在一例如是玻璃基板的基板之內的構件。在圖9中所示的步驟中的某些個係類似於在圖5B、7及8中所示的步驟，因此有關於類似的步驟的細節及變化將不會予以重複。製程狀況9A係展示一具有一玻璃組成物基板的工件100，其係在製程步驟912中被蝕刻。製程狀況9B係展示一被蝕刻到該工件100的工件表面100a中的特點901。在許多實施例中，該特點901係具有適合用以接收一插入的構件904的長度、寬度以及高度的尺寸。換言之，該特點901的長度及寬度將會是大於或等於該插入的構件904的個別的長度及寬度。在許多實施例中，該特點901的深度將會是大於或等於該插入的構件904的高

度。在某些實施例中，該特點901的深度將會是小於該插入的構件的高度，因而其上表面將會架高在該第一工件表面100a之上。

【0122】 在製程步驟914中，該特點901可被處理成是黏性的。在某些實施例中，該特點901的表面可以藉由化學手段而被做成是黏性的。在某些實施例中，黏膠902可被施加至該特點901的表面。在替代的實施例中，該插入的構件904的底表面可以被化學處理成黏性的、或是黏膠可被施加至該插入的構件904的底表面。在某些實施例中，這些附接手段的一組合可被採用。該製程狀況9C係展示一層塗覆該特點901的黏膠902。

【0123】 該插入的構件904可包含具有例如是一介電質、陶瓷、或是玻璃的任意的半導體製造材料的一基板。該插入的構件可包含簡單的導電的特點906或是預先製造的電路元件。該插入的構件904可以是一預先製造的電路元件或晶片。

【0124】 該插入的構件904係在製程步驟916中被設置到該凹陷的特點901中，並且製程狀況9D係展示該插入的構件904被黏著至在該工件100中的特點901。根據相關於該特點901的尺寸的該插入的構件904的尺寸，間隙908可能會發生在該特點901的側壁表面以及該插入的構件904的外部壁之間。在某些實施例中，過多的黏膠及/或間隔物可能會被引入該間隙908中。在某些實施例中，該些間隙908可被維持以作用於某些其它目的。在某些實施例中，該些間隙908係在一基板900的一後續的分層期間被填入。

【0125】 製程步驟918可包含一基板900的堆疊或是一基板900的布置到該工件100之上(以及到該插入的構件904的頂端之上)。製程步驟918可以封入該插入的構件904。該堆疊的基板900係在製程狀況9E中被展示。在製程步驟920中，該工件100可以與該雷射射束的射束軸對準，因而該貫孔202係被鑽孔穿過該堆疊的基板900以到達該些導電的特點906。經鑽孔的基板900係在製程狀況9F中被

展示，其中該些貫孔202係對準且到達該些導電的特點906。

【0126】 製程步驟922係將該施體結構300對準在該基板900中的貫孔202之上，並且製程狀況9G係展示被對準在該基板900之上的施體結構300。製程步驟924係牽涉到一LIFT程序，並且製程狀況9H係展示在該些貫孔202中的一晶種層的沉積的材料402。製程步驟926係提供無電的電鍍以及拋光。該拋光後的電鍍的層係在製程狀況9I中被展示為在該基板900中的一導電的特點910，其係提供一導電路徑至該些導電的特點906。

【0127】 先前論述的技術係提供數個優於傳統的PCB製程的優點。例如，上述的製程係消除對於一微影製程的需求，可用於新穎而且難以處理的介電材料(例如是玻璃)，並且容許快速的製作原型。對於電鍍而言，在此所述的製程係遠比傳統使用錫/鈮的電鍍製程簡單的。在此製程中所做出的特點的尺寸係僅受限於該雷射射束的光斑尺寸。該些光斑尺寸可以是非常大的以容納大的特點，並且小的尺寸可以被做成幾乎和波長一樣小的，以提供具有最小的尺寸的特點。該製程可以透過現有的機器/製程的使用而被整合到現有的生產線中。

【0128】 相較於習知的製程，在此所述的技術係提供優點。例如，在此所述的製程係遠快於在中國專利公開案號CN 101121575B中所揭露的方法，其係使用1-100 $\mu\text{m/s}$ 速度於玻璃蝕刻以及銀的沉積。再者，在此所述實施例中的製程並不需要任何化學預先處理或塗層、以及在暗處中的處理，而此係對於利用 AgNO_3 來工作而言是必須的。再者，在此所述的製程可以產生沒有可識別的空孔的導電的特點，因而產生具有較小電阻率的導電的特點。

【0129】 在另一習知的製程中，所理解的是國際專利公開案號2011/124826A1係描述一種製程是牽涉到利用金屬離子來摻雜玻璃，接著是在一無電的浴中的照射，以沉積金屬到該玻璃之上：一加強的製程係涉及溶膠凝膠的製造、摻雜該些凝膠、以及在高溫烤箱中的烘烤步驟。對比之下，在此所敘

述的實施例中的製程並不需要任何特殊的玻璃化學性質、烘烤、或是化學摻雜。

【0130】 再者，在某些實施例中，在此所述的技術可以在一工件100的一"裸露的"表面上加以執行。在某些實施例中，一裸露的表面係包含一未被塗覆一例如是黏著劑的額外的材料之工件基板，亦即一未塗覆的工件基板的一表面。在某些實施例中，一裸露的表面係包含一未被摻雜為了直接的金屬電鍍的目的之金屬離子的工件基板的一表面。在某些實施例中，一裸露的表面係包含一已經被蝕刻以形成凹處，並且該些凹處的表面是未被塗覆的、以及未被摻雜為了直接的金屬電鍍的目的之金屬離子之工件基板的一表面。

【0131】 III.實例

【0132】 A.實例1

【0133】 為了一用於強化的電鍍製程之範例的LIFT程序的展示，被提供為一具有在 $3\mu\text{m}$ 至 $7\mu\text{m}$ 的範圍內的一厚度的銅箔之一施體膜304係利用一薄層的黏著劑而被安裝在一鈉鈣玻璃載體基板302上。該銅箔係被設置成接觸一具有被形成於其中的溝槽200的介電材料的表面，並且在一系列的實驗上，雷射能量400的一聚焦的射束係被導引穿過該載體基板302以照射該施體膜304。該聚焦的雷射能量的被導引的射束係剝蝕該銅箔，並且該玻璃基板以及黏著劑係容納該被剝蝕的材料，使得該被剝蝕的材料只流入該工件特點中。在這些實驗中，雷射能量400的被導引的射束係具有一 532nm 的波長、一在從 5ns 到 20ns 的範圍內的脈衝持續期間、一在從 $40\mu\text{J}$ /脈衝到 $300\mu\text{J}$ /脈衝的範圍內的脈衝能量、以及一在射束腰部具有 $40\mu\text{m}$ 的光斑尺寸。以上指明的參數的脈衝重複速率係受到該雷射能量的射束可被偏轉以移動一藉由該雷射能量的射束而被照射在該工件100的光斑所利用的速度(射束速度)的影響。例如，當操作在一 30kHz 的脈衝重複速率時， $500\text{-}1000\text{mm/s}$ 的射束速度係提供該施體膜304的良好的覆蓋，而不損壞該載體基板302。在較快的射束速度下，較高的脈衝重複速率可被採用。

【0134】 B.實例2

【0135】 並非是利用該施體結構300來形成一層沉積的材料，而是一"印刷"及轉換方法係被展示以種晶該些溝槽200。在實驗中，一黑色氧化銅(CuO)墨水係被沉積到一被提供為PCB的工件的工件特點中，並且在一系列的實驗上，雷射能量的一聚焦的射束係被掃描在該墨水上以驅動一化學還原反應，其係產生元素銅。該墨水係包含具有一約50nm的直徑、分散在一包含1-十二醇及甲醇的溶液中的CuO微粒。該墨水係被刷塗在該工件100之上，並且過多的墨水係從該第一工件表面100a被移除，此係讓墨水保留在該些工件特點之內。在這些實驗中，雷射能量的被導引的射束係具有一532nm的波長、一在從5ns到20ns的範圍內的脈衝持續期間、一在從10μJ/脈衝到100μJ/脈衝的範圍內的脈衝能量、以及一在該射束腰部具有40μm的光斑尺寸。當操作在一30kHz的脈衝重複速率時，20-100mm/s的射束速度係在該工件100提供在連續被照射的點之間的大的重疊。然而，應該體認到的是該化學反應可以在利用一大於30kHz的脈衝重複速率之較快的射束速度下加以實行。例如，有效的種晶已經利用一具有一1060nm的波長、一1MHz的脈衝重複速率、一在從10μJ/脈衝到20μJ/脈衝的範圍內的脈衝能量、以及一在從500mm/s到2000mm/s的範圍內的射束速度、針對於50μm光斑尺寸的雷射能量的射束來加以證明。

【0136】 C.額外的實例

【0137】 形成該晶種層的沉積的材料402的方法可以在平滑的(無特點的)平坦或彎曲的玻璃基板上加以實行，但是最終被形成在這些表面上的導電的特點並不如在蝕刻的凹處之內所做的導電的特點一樣好的機械穩定及/或尺寸受控制的。因此，該玻璃基板的雷射蝕刻已經被採用以產生工件特點(例如，當其被電鍍時，其係形成例如是墊、導線、貫孔、等等的導電的結構)，接著是一或多個晶種層的形成(例如，其係藉由執行一適當的種晶方法，例如是一LIFT方法或

是一印刷及轉換方法)。玻璃的雷射剝蝕(在此亦被稱為雷射蝕刻)係在一ESI LODESTONE™系統上來加以實行,其係採用一操作在515nm的具有約800fs脈衝的持續期間的EOLITE CHINNOOK™雷射。所用的雷射蝕刻參數係包含針對於一12-15 μm 的光斑尺寸的一1MHz的脈衝重複速率、3 μJ /脈衝以及一1000mm/s的射束掃描速率。(更慢的掃描速率可被利用,例如是500-1000mm/s。)當在聚焦於該玻璃基板的頂端下操作時,溝槽200係利用約7 μm 寬以及5 μm 深的這些參數,而在單次通過中被做成在硼矽酸鹽玻璃中。應注意的是,額外的通過可以已經被採用來加深該溝槽200,而不顯著地影響該寬度。較窄及較淺的特點亦可以已經藉由降低該脈衝能量、或是散焦該射束來加以做成。相同的參數可以已經被使用於藉由利用一具有7 μm 間距的填充線的圖案來產生墊以及貫孔202。該些填充線亦可以已經畫有交叉影線的。貫孔202可以已經藉由施加該圖案多次來加以產生,並且藉由在進行此製程時掃描該基板的Z範圍,該些貫孔202的形狀可被改善。隨著該貫孔直徑接近該玻璃片的厚度(亦即,特點比例接近1),較大的脈衝能量可以已經被採用。盲貫孔亦可以已經利用該LODESTONE™系統(上述的)、或是ESI的NVIANT™CO₂為基礎的microvia平台,採用一9.3 μm 的Coherent™ J5 CO₂雷射來加以鑽孔。

【0138】 用於無電的電鍍的雷射種晶係如下加以實行的。一操作在30kHz以及40-200 μJ /脈衝,具有約11ns脈衝寬度的Spectra-Physics HIPPO™綠光雷射(532nm)係被聚焦成一30-40 μm 直徑的光斑至一被疊層到一玻璃片之上的薄的銅箔之上,其係剝蝕該銅,並且導引被剝蝕的材料朝向所要的基板。為了製備用於此施體結構300的載體基板302,一4%的聚乙烯醇(PVA)的含水的溶液係被旋轉塗覆到一1mm厚的硼矽酸鹽玻璃片之上,並且該膜係被容許乾燥數小時以產生一約1 μm 厚的均勻的塗層。由一10- μm 厚的銅箔所組成的箔(例如從Oak-Mitsui接收到的)係被接合至一35- μm 的銅的"載體"層。該薄的箔係利用一接近PVA的熔點

操作的熱壓數分鐘，而被疊層到該PVA層之上。對於此疊層製程而言，該10- μm 銅層係被設置成接觸該PVA層，並且該載體側是面向外的。在疊層之後，該載體層係輕易地被剝離，此係留下該薄層黏著至該支撐玻璃的載體基板302。最佳的雷射製程係利用該聚焦的光斑直徑的50-75%之咬合距離(bite size,在脈衝之間的射束位移)。

【0139】 圖10是顯示利用上述的方法在一平坦的硼矽酸鹽玻璃表面上的沉積的銅之一顯微照片，其中在該向前轉移的施體結構300以及該接收的工件100的基板之間並沒有偏移。該製程係利用上述的參數，其中單一雷射脈衝係在該工作表面具有30- μm 聚焦的光斑、以及在該圖10中所展示的可變的脈衝能量。該線狀比例尺是100 μm 。圖10係展示該方法係在低脈衝能量處具有一約50 μm 的解析度(沉積的光斑直徑)：在越高的脈衝能量處，該特點尺寸係增加。被轉移的銅係被堅固地固定，並且導電的圖案可以直接從此技術，利用多次通過及/或適當的間距來加以做成，儘管這些多重的沉積在平滑的玻璃表面上並不是在結構上強的。圖10亦展示在該些被固定的特點之間有無束縛的銅灰塵。此灰塵係輕易地藉由輕輕地擦拭該表面來加以移除。圖10係在2017年2月14-17日的IPC Apex Conference的一論文中被提出。

【0140】 一ESI 5335TM微加工平台係在需要該施體基板的精確的對準的實例中被利用於銅LIFT。該系統係利用一第三諧波Nd：YAG雷射(355nm)，其係具有達到90kHz的脈衝重複頻率、約100ns的脈衝持續期間、約12 μm 的聚焦的射束直徑、以及在11W左右的最大平均功率。上述相同的施體結構300以及施體膜304係在適當的雷射劑量狀況下加以利用，亦即其係利用足夠大的咬合距離以最小化對於該工件100的接收的基板的損壞、以及足夠低的脈衝能量以維持該沉積的銅的良好的解析度。其它利用不同的雷射、不同的製程參數(其包含雷射波長、脈衝持續期間、能量、脈衝重複速率、以及基板的偏移)、以及不同的向前轉移

基板、特別是具有不同厚度的不同的施體膜材料之向前轉移製程亦已經成功地被實施用於此方法，並且可以提供低於 $10\mu\text{m}$ 的種晶解析度。

【0141】 該些銅沉積可以作用為晶種，以用於銅的無電的電鍍。若在被蝕刻的特點以及銅晶種之間在解析度上有不匹配，則該表面的拋光的一步驟可以在向前轉移之後被採用，使得銅晶種只保持在被蝕刻的特點之內。一第二拋光步驟可以在銅電鍍之後被施加，以消除任何非所要的連接或是銅在雷射蝕刻的邊界之外的生長。該製程的一代表性的流程圖係被概要地展示在圖7及8中。在一薄的銅層係從該無電的電鍍製程沉積之後，提供遠快於無電的電鍍的電鍍速率之銅電鍍可加以實行，以建構更厚的銅層。在如同稍後敘述的替代的實施例中，該LIFT製程可以被修改以沉積適合用於直接的電鍍之較厚的導電材料層，此係跳過該無電的電鍍步驟。

【0142】 在電鍍之後，拋光可被實行以製備一具有凹陷的導電的特點之平滑的表面，其係適合用於進一步的層的積層。該製程可加以重複，其係鑽孔盲貫孔而不是穿透孔洞，以積層來製備全玻璃或是混合材料的多層結構。修改後的方法可被利用於在全玻璃的結構中製造具有內嵌的構件之結構。

【0143】 上述的方法(雷射蝕刻，接著是一薄的金屬箔的雷射向前轉移，並且接著是電鍍)亦可被應用至傳統以及高效能的介電材料，並且被應用至各種金屬的電鍍。

【0144】 一種藉由一 5mm 或 10mm 長、 $25\mu\text{m}$ 寬的導線連接的兩個 $1000\times 400\mu\text{m}$ 墊的簡單的設計係被產生在一硼矽酸鹽玻璃基板上，並且被用來進行電阻率量測。在電鍍之前，該線的橫截面積係利用一掃描雷射顯微鏡而被判斷出。圖11A是在種晶及電鍍之前，藉由一硼矽酸鹽玻璃基板的雷射剝蝕所產生的凹陷的特點的一高度量測之一UV雷射掃描顯微照片。圖11B是藉由在此揭露的製程所產生的一電鍍的導線以及墊之一顯微照片。圖11C是用於電阻率測試的

連接至墊的5mm以及10mm導線之一照片。

【0145】 在無電的電鍍之後的銅沉積的電阻率量測係利用四點的探針量測來加以完成。該電阻率係根據以下計算出的

方程式1： $\rho = (V \cdot \sigma) / (I \cdot L)$ (1)

其中V是橫跨該導線量測到的電壓， σ 是該導線的橫截面面積，I是所施加的電流，並且L是該導電的特點的長度。該些導線係具有一橫截面是一約25 μ m寬以及25-30 μ m深的等腰三角形，其係具有一量測到的 $3.53 \pm 0.38 \times 10^{-10} \text{m}^2$ 的橫截面。四點的探針量測係對於每一個樣本在不同被施加的電流下加以實行，以測量在該電阻量測中的誤差；該電阻的標準差是小於該平均的1%(表1)。該計算出的電阻率值是在1-1.5倍的 $1.68 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$ (在20°C下)的基體銅值之間。在該些電阻率量測中的誤差的大部分係起因於在該導電的橫截面的面積上的不確定性。

表1. 內嵌在玻璃中的10mm以及5mm導線的電阻率量測。

樣本	導線長度 (mm)	電阻 Ω	電阻率 $\Omega \cdot \text{m} \times 10^{-8}$	%基體 值
1	10	0.593 ± 0.003	2.08 ± 0.23	124
2	10	0.723 ± 0.005	2.55 ± 0.28	152
3	5	0.284 ± 0.003	2.01 ± 0.22	119
4	5	0.279 ± 0.002	1.97 ± 0.22	117

【0146】 一也在玻璃上的被採用於電阻率測試的第二圖案係包含分開100 μ m間距的連接的5mm長度的導線，其係具有一411.14mm的總長度。圖11D是被用來做成此長的導線圖案之一CAD繪圖，其係藉由在此揭露的製程來加以產生，並且圖11E係展示被蝕刻到一玻璃基板之中的此圖案的一部分之一顯微照片。該導線的尺寸係在10個不同的位置處量測的，此係產生一 $24.3 \pm 2.2 \mu\text{m}$ 的寬度、 $38.9 \pm 2.9 \mu\text{m}$ 的深度、以及 $6.08 \pm 0.51 \times 10^{-10} \text{m}^2$ 的橫截面面積。對於這些尺寸而言，一由基體銅所構成的圖案將會具有一 $10.7 \pm 0.9 \Omega$ 的電阻。針對於四個這些圖案利用一萬用表的電阻量測係給出一 $24.1 \pm 0.6 \Omega$ 的值，大約是基體銅在此幾何下

所預期的值的2.25倍。圖11A-11E係在2017年2月14-17日的IPC Apex Conference 的一論文中被提出。

【0147】 使得導線內嵌在一介電材料中的一項優點是精細地控制個別的導線的幾何以及在導線之間的間距的能力，藉此致能對於任何給定的圖案之一更可預測的總材料(銅)體積。

【0148】 圖12A-12C係展示具有一非常細微的間距以及可控制的深度的導線。圖12A係展示在一玻璃基板中的雷射蝕刻的溝槽200之一UV雷射掃描的顯微照片上的重疊的深度量測。該些溝槽200是藉由在該LODESTONE™系統上，1-4次通過一利用3μJ、1MHz以及500mm/s的雷射參數之雷射加工的射束所產生的。在該射束軸的一次通過之後，該第一溝槽大約是8μm寬以及7μm深的。該第二溝槽200是利用該射束軸的兩次通過所做成的，該第三溝槽200是利用該射束軸的三次通過所做成的，並且該第四溝槽是利用該射束軸的四次通過所做成的。該些溝槽200的寬度係在後續的通過之後被增大，並且在深度上的增量則隨著通過的次數而減小，使得在第四次通過後，該溝槽是9.5μm寬以及20μm深的。該些溝槽200係被分開大約10μm。圖12B是在圖12A中所示的溝槽已經透過在此描述的製程而被電鍍以形成導線之一暗場的顯微照片。圖12C是在圖12B中所示的電鍍的導線的橫截面之一顯微照片。圖12A-12C係在2017年2月14-17日的IPC Apex Conference的一論文中被提出。

【0149】 圖13A-13C係展示在150μm厚的硼矽酸鹽玻璃中之具有133μm以及87μm直徑(在雷射入口(較大的)側)的電鍍的穿透式貫孔202。在兩種情形中，該側壁角度是大約82°，使得在出口處的直徑分別是85μm以及41μm。圖13A是在該玻璃基板中的雷射蝕刻的穿透式貫孔之一UV雷射掃描的顯微照片。圖13B是在圖13A中所示的穿透式貫孔已經透過在此描述的製程而被種晶及電鍍之一暗場的顯微照片。圖13C是在圖13B中所示的電鍍的穿透式貫孔的橫截面之一顯微

照片。穿透式貫孔亦已經利用該LODESTONE™雷射處理的系統而在50- μm 厚的Schott AF32 Eco玻璃(未顯示)中被鑽孔，該鑽孔的貫孔202係具有一40 μm 的頂端直徑以及一16 μm 的出口直徑。圖13A-13C係在2017年2月14-17日的IPC Apex Conference的一論文中被提出。

【0150】 施加上述的雷射為基礎的玻璃蝕刻以及銅種晶的方法，一量測為20×35mm之兩面的PCB圖案係被製備。該圖案是一實際的電路設計，儘管其係被縮小到約原始尺寸的25%，因而其將會配合一150 μm 厚的22mm×50mm硼矽酸鹽玻璃蓋片。圖14A是在種晶及電鍍之前，被雷射蝕刻到一150微米厚的玻璃基板之中的一個兩面的PCB圖案之一照片。在此設計中的最小特點是約35 μm 寬的。該設計的ESI標誌、墊、導線、以及對準點係利用單一組的雷射參數，在個別的多邊形之內利用一7 μm 交叉線圖案，而被加工到該玻璃中。接著，該些貫孔係利用一不同組的參數來加以鑽孔。該工件100係被翻轉，並且利用在該玻璃片的頂端上所做的對準標記來加以對準；並且在底部上的導線、墊、以及額外的文字係被加工。在該向前轉移製程之後，該頂表面以及底表面兩者都被輕輕地拋光以從該表面移除過多的銅，只在雷射加工的區域中留下銅晶種。電鍍係在一無電的電鍍浴中加以實行。圖14B是詳細描繪在圖14A中的設計的一部分在電鍍之後的一複合的顯微照片。在圖14B中，較淺色的特點是在該基板的近側上，而較深色的特點是在另一側上。圖14B係在2017年2月14-17日的IPC Apex Conference的一論文中被提出。

【0151】 為了描繪功能並且獲得有關於銅至一玻璃基板的黏著是否承受來自烙鐵的直熱的洞察，一個兩層的電路板係被設計及建構。所產生的電路板設計的三個觸控板的(RGB)LED展示器的一CAD繪圖係被展示在圖15A中。在圖15A中，某些特點是在該板的正面側上，該些圓是穿透孔洞，並且該些長的直的導線中的某些個是在該板的背面側上。圖15B是在圖15A中所示的觸控板的LED

展示器之一簡化的佈線圖。此以"焦耳小偷"著稱的電路係以一種類似一升壓轉換器的方式來操作，其中其係取一較小的DC電壓並且利用感應尖峰以經由一用於開關的電晶體以及一變壓器來產生一較大的電壓。該設計係具有三個平行的電路，其係控制一共陰極的RGB LED的一個別的色彩，並且一電阻性觸控板係啟動每一個電路。一1.5V鈕扣電池係被用來供電該電路，並且該開關頻率係被量測到大約是400kHz。儘管該電路本身係具有一相當低的部件數，因而並不需要一種兩層的PCB設計，但是一個兩層板係被設計以展示產生電鍍的穿透孔洞的功能。在該板上的線路寬度範圍是從100到400 μm (4mils到16mils)，其係在無利用上述方法的問題下加以產生。

【0152】 在該電路板的組裝期間，銅至該玻璃基板的黏著的品質係被觀察到是類似於銅在FR4上的品質。並沒有剝離的線路或墊，並且某些墊係進行多個溫度週期(高達大約300°C)，而無任何問題。圖15C、圖15D以及圖15E是藉由在此所述的製程所做成的圖15A的LED展示器的個別的觸控板之照片影像，其係藉由一手指觸碰來點亮個別的LED。該系列的照片係展示每一個觸控板係啟動單一LED。圖15A-15E係在2017年2月14-17日的IPC Apex Conference的一論文中被提出。

【0153】 多層PCB架構可以藉由對準及膠合額外的玻璃層到電鍍的玻璃層之上並且重複在以上概述的方法來加以積層。圖16A及16B係展示盲貫孔的鑽孔、種晶以及電鍍，以便於積層多個玻璃層。圖16A及16B是藉由不同個別的雷射系統鑽孔，並且接著藉由先前論述的製程種晶及電鍍的穿透及盲貫孔的多層的結構的橫截面之顯微照片。尤其，參考圖8、16A及16B，一具有20 μm 深的圖案、200 μm 直徑的墊、以及50 μm 直徑的穿透貫孔係利用操作在1MHz、3-4 μJ 、在1m/s的LODESTONE™雷射微加工的系統，而被做成在Schott AF32-ECO玻璃工件100中。該雷射蝕刻的工件100係接著如先前例如是相關圖8所述地加以種晶

及電鍍。該種晶及電鍍後的工件506係在圖16A中被描繪為底部的基板。光學黏膠係被旋轉塗覆到一第二玻璃的工件800之上，使得該黏膠的厚度係小於 $5\mu\text{m}$ ，並且此玻璃的工件800(圖8)係接著被黏貼至該電鍍後的工件506。該圖案係被對準(例如是藉由將該射束軸對準至該電鍍後的工件506的特點)，並且盲貫孔係被鑽孔一路穿過該工件800，使得該玻璃係被移除，而不損壞在該電鍍後的工件506中的在下面的銅墊。該LODESTONE™雷射微加工的系統係利用類似於那些用於在該工件100中的穿透孔洞的參數，而被用來執行該盲貫孔的鑽孔。藉由該LODESTONE™雷射微加工的系統鑽孔的種晶及電鍍後的多層的結構的橫截面係被描繪在圖16A中。或者是，對於中IR波長的銅的高反射度以及玻璃的高吸收的橫截面係使得ESI的NVIANT™系統是用於此應用中的盲貫孔的鑽孔之一理想的解決方案。具有一 $50\mu\text{m}$ 的頂端直徑以及 $35\mu\text{m}$ 的底部直徑的貫孔係利用該NVIANT™雷射微加工的系統鑽孔的。藉由該NVIANT™雷射微加工的系統鑽孔的種晶及電鍍後的多層的結構的橫截面係被描繪在圖16B中。圖16A及16B係在2017年2月14-17日的IPC Apex Conference的一論文中被提出。

【0154】 IV.額外的討論

【0155】 除了描述一種只具有很少目前的微影及濕式製程的限制之獨特的用於產生PCB及IC封裝之方法之外，在所揭露的實施例中敘述的製程係代表一種用於將玻璃介電材料引入傳統的PCB生產線中之方便的方法。舉例而言，一種具有一高頻的玻璃層的多層板可以藉由首先應用在此所述的蝕刻、種晶以及電鍍的技術至一薄的玻璃基板，接著是額外的玻璃或較傳統的介電質的疊層到該玻璃層之上來加以積層。該些疊層的層接著可以利用典型的製程來加以蝕刻、鑽孔以及電鍍。再者，在此揭露的方法可加以修改，以在全玻璃的結構中製備內嵌的構件。

【0156】 在此所述的方法以及典型的PCB製造技術之間的一比較點是不

同於典型的製程，在此所述的方法並不需要微影步驟、一用於無電的電鍍的觸媒、以及銅蝕刻步驟。

【0157】 例如，並非是進行微影步驟，導線、墊以及貫孔的圖案可以直接藉由一雷射而被蝕刻到該介電材料中。該些特點的導線寬度及間隔是僅受限於處理的雷射、參數、以及該雷射-材料的相互作用的物理。並非是開發一組完全新的化學作用/材料以用於進一步改進PCB特點的小型化，在雷射技術、脈衝成形、以及射束定位上的進步可以驅動此趨勢。再者，錫及鈮的化學作用可以從該無電的電鍍製程被移除。清洗、調節、微蝕刻、觸媒的預浸、觸媒活化、以及加速步驟都從該無電的電鍍製程生產線被移除。危險及昂貴的化學品亦從該製程串流被移除。最後，並不需要銅蝕刻。藉由在此揭露的種晶技術以及電鍍技術沉積的銅是代表在該PCB的一特定層中的全部的銅。

【0158】 因此，所揭露的製程係代表一種"綠色化學"方法，亦即一種目標是最小化危險材料的使用及處置之方法(最佳的綠色化學方式是那些完全避開危險材料的方式)。所揭露的製程亦提出相當大的基底材料節省的機會，其中玻璃比起目前的高頻介電質是高達100倍更負擔得起的、以及透過不具有熱微影疊層製程的能量節省。即使在無針對於全玻璃或是玻璃核心的PCB的探索用於該雷射種晶製程的製程速率、處理量、以及能量及材料需求相較於典型的PCB製造的那些需求之全生命週期的分析下，在該兩種製程之間的一項大差異仍然是相當明顯的：目前習知的方法並沒有用於將玻璃介電質納入到傳統的PCB製造生產線中，並且在此所述的方法係提供一允許有此種製造的途徑。

【0159】 將會受益的PCB應用係包含任何具有需要受控制的阻抗之長的線路的構件、包含用於行動電話的天線之高頻的構件。

【0160】 V.該些實驗中的許多實驗的一般狀況，除非另有指明

【0161】 除非另有指明，否則該些實驗中的許多實驗係採用以下的設備及

材料。玻璃的大部分的雷射蝕刻係在一ESI LODESTONE™雷射微加工的系統上加以實行。用於該些實驗中的許多實驗之典型的玻璃基板是顯微鏡的蓋片(鈉鈣或硼矽酸鹽玻璃)，藉由利用甲醇來沖洗並且利用一透鏡擦拭器來擦乾而被清潔的，並且只用戴手套的手來傳輸。對於許多實驗而言，一具有7 μm 間距的90°交叉線圖案係用於填入在雷射蝕刻圖案中的多邊形內。某些貫孔係藉由重複該交叉線圖案一些次數、或是藉由一賽道圖案的施加所做成的。對於該些實驗中的某些實驗，被使用作為展示器的150 μm 厚的玻璃片是由Ted Pella Inc.所銷售的Schott D263M玻璃蓋片，亦即一具有低的鐵含量的硼矽酸鹽玻璃。該50 μm 玻璃係由Schott體貼提供的，並且是AF32 ECO，其係一種無鹼金屬的玻璃，其係具有一熱膨脹係數匹配矽的熱膨脹係數以用於晶片封裝的應用。

【0162】 所有使用的溶劑及電鍍化學品都是試劑級。五水硫酸銅(Copper sulfate pentahydrate)、酒石酸鉀鈉(potassium sodium tartrate)、甲醛、以及氫氧化鈉係從Sigma-Aldrich購得的。銅種晶係藉由雷射照射被安裝在一1mm厚的顯微鏡載片之上的銅箔來加以實行。用於該些實驗的銅箔係由Oak-Mitsui所提供的。該些箔是在一35 μm 載體層下10 μm 厚的。該箔係被保持平坦的，並且藉由將其疊層到一具有一1 μm 厚的聚乙烯醇層的玻璃片之上來加以支承，並且該載體層就在實行向前轉移之前被移除。無電的銅電鍍係在種晶之後，利用標準的配方來加以實行。一典型的無電的銅電鍍配方係利用蒸餾水作為該溶劑，五水硫酸銅作為該銅來源，酒石酸鉀鈉作為一螯合劑(chelator)，並且甲醛作為一還原劑(reductant)。該含水的溶液的pH係利用氫氧化鈉來提高，以調整還原電位來驅動該電鍍反應。該電鍍係在室溫下，在一200ml燒杯中以200rpm的磁力攪拌下加以實行的。

【0163】 輪廓量測是在一Keyence VK9700掃描雷射顯微鏡上加以實行的。雕刻的特點的橫截面係利用該VK分析應用程式版本3.1.0.0來加以分析。對

於電阻率量測而言，橫截面面積係在導線中的10個不同的位置處量測以獲得一平均值，其係在 $\pm 1\sigma$ 下得到報告。四點的探針量測係採用一Agilent E3612A DC電源供應器，以用於橫跨電鍍的特點建立從50到200mA的電流，並且記錄該電壓降。對於每一個電鍍的特點所報告的電阻率值是在不同施加的電流下的四個量測的平均。

【0164】 VI.更多額外的討論

【0165】 對於某些實施例而言，該施體膜304可以具有一小於1 μ m的厚度，其可以使得在該晶種層沉積製程期間的精確控制變得容易。然而，此種薄的施體膜304的使用係限制到可從該施體結構300上的單一處加以沉積的晶種材料量。因此，多次通過可加以實行來將一充分材料量積層到該工件100之上。

【0166】 在某些實施例中，以上論述的LIFT技術係利用單一雷射脈衝來將材料從該施體結構300轉移至該工件100。在不束縛到任何特定的理論下，據信該雷射脈衝係在該施體膜304以及該載體基板302之間的介面處，被該施體結構300所吸收，並且在數奈秒內，該能量係被轉換成加熱該施體膜304的材料。一熔體前緣係開始傳播通過該施體膜304，並且若該施體膜304是足夠薄的(或是若該雷射能量密度是足夠大的)，則該熔體前緣將會在熱擴散下降溫度到低於該施體膜304的熔點之前先到達該施體膜304的正面側。一旦該熔體前緣到達該施體膜304的正面後，該施體膜304的材料的液滴可以從該載體基板302被排出。通常，施體材料的排出係藉助於一在該施體膜304以及該載體基板302之間的介面處所累積的大壓力，該壓力係產生自該施體膜304的材料的蒸鍍、該選配或動態的釋放層、或是其它犧牲層。在一非所要的高雷射能量密度下，一非所要的施體材料量可能會非所要地以蒸氣從該施體膜304被排出，而不是以一液體被排出，因而該沉積的材料幾何可能會變得更加難以控制。在一非所要的低雷射能量密度下，該熔體前緣將不會傳播至該施體膜304的正面，因而沒有材料會被

轉移至該工件100。隨著施體膜的厚度增加到超過 $1\mu\text{m}$ (或是在 $1\mu\text{m}$ 左右)，和一被傳遞的雷射脈衝相關的雷射能量密度將會相應地被增大，此可能會產生該沉積的晶種材料在該工件100上的降低的解析度、以及在該施體膜304以及該載體基板302之間的介面處的較高的壓力。

【0167】 在另一實施例中，以上論述的LIFT技術可以利用多個雷射脈衝或是多個雷射來源，以達成該沉積的材料的子光斑尺寸的解析度。例如，一雷射來源可被利用以熔化一光斑的施體膜，並且一第二來源係被採用以轉移該被熔化的施體材料。

【0168】 在又一實施例中，以上論述的LIFT技術可以利用準連續波(QCW)雷射裝置，以用於比 $1\mu\text{m}$ (或是在 $1\mu\text{m}$ 左右)厚的施體膜之受控制的LIFT。QCW雷射係利用數十到數百MHz的脈衝重複頻率(PRF)。近來，具有平均功率 $>100\text{W}$ 的QCW綠光雷射已經變成是可供利用的。在QCW LIFT下，來自該QCW雷射之個別的脈衝並不足以觸發一向前轉移事件，但是該PRF是足夠大的，該熱化的脈衝能量係無法在下一個脈衝到達之前，完全地擴散在該施體膜304之內。因此，每一個後續的脈衝係有一熱能的積聚，使得在已經傳遞一充分數量的脈衝之後，該熔體前緣將會到達該施體膜的正面側。不同於單一脈衝LIFT，QCW LIFT的多個脈衝係代表該施體膜304之一更溫和且更受到控制的加熱，因此其係容許有該向前轉移製程之更佳的控制。例如，該些脈衝能量可以在照射期間動態地加以改變，以精細地調整該製程。此種程度的控制是單一脈衝LIFT所無法提供的。因此，從該施體膜304噴射的材料之噴射速度、溫度、以及組成物可加以控制，此最終係影響到該沉積的材料的幾何。再者，因為QCW雷射係操作在一相當高的平均功率下，因此QCW LIFT製程可以按比例增加到適合多邊形掃描器的速度，以用於大的填充因數的圖案的產生。

【0169】 在一實施例中，一QCW LIFT製程可以牽涉到施加一充分數量或

是其它預設數量的脈衝，以將該施體膜304加熱到接近該向前轉移狀況(例如，接近該熔體前緣傳播至該施體膜304的正面所在的點)，並且接著在該施體膜304的材料開始向前流動時的期間(或是就在開始之前)，改變該脈衝能量。此將會改變該材料的溫度及速度，因而影響該沉積的材料之幾何。聲光的裝置可以每 $1\mu\text{s}$ (或是在 $1\mu\text{s}$ 左右)或是更短地(例如，每數百奈秒)加以驅動，以將一雷射脈衝定位到一獨特的位置。用於每一個體積像素的沉積之實際的持續期間係依據該些雷射參數、材料特徵、以及材料幾何而定。

【0170】 為了試圖增加所傳遞的晶種材料量，用於強化的銅向前轉移之初步的實驗是利用來自一IPG 200W QCW雷射的一雷射能量400的射束來加以實行，該雷射係操作在50MHz、1.4ns的脈衝持續期間、140W的平均功率、以及聚焦到一 $30\mu\text{m}$ 直徑的射束腰部。這些實驗的結果係被展示在圖17A-17C中。尤其，圖17A是藉由一經修改以沉積更多離散及/或更大量的被轉移的材料的LIFT製程所沉積的銅的一高度圖之一UV雷射掃描的顯微照片；圖17B是藉由一經修改以沉積更多離散及/或更大量的被轉移的材料的LIFT製程所沉積的銅的一橫截面之一顯微照片；並且圖17C是藉由一經修改以沉積更多離散及/或更大量的被轉移的材料的LIFT製程所沉積的銅的一俯視圖之一顯微照片。單一無潑濺的體積像素係從一 $10\mu\text{m}$ 厚的施體膜沉積的，其係約 $20\mu\text{m}$ 寬以及 $10\text{-}20\mu\text{m}$ 高的。每一特點的總照射時間是 $2\mu\text{s}$ 。該些沉積的橫截面係展示它們是由固體的銅所組成的，其中並無空孔被觀察到。熟習技術者將會注意到的是，該些特點的高度係大於該膜厚度，並且該特點的寬度係小於該聚焦的光斑直徑。此情況可以是當該熔體前緣到達該施體膜的正面側時，該施體膜的熔化的區域的幾何的一結果(一寬的熔化的區域係在該載體基板/施體膜的介面處被觀察到，並且一窄開口係在該熔體前緣到達該施體的正面側處被觀察到)。根據這些結果，此方法可被用來充分地印刷用於電路板圖案的銅並且填入貫孔，而不需要任何的銅電鍍製程。

【0171】 將該製程從單一體積像素按比例放大至導線以及更複雜的特點可以用兩種不同的方式廣泛地加以實行。在一第一種方法中，個別的體積像素係彼此相鄰地被印刷，並且該雷射係在體積像素之間被閘控關斷，同時該樣本及/或射束係被重新定位以用於下一個體積像素。該些體積像素可以被設置成接觸的，以產生導電的特點。圖18是此種範例的替代的LIFT製程的流程圖，其係展示用於逐體積像素地沉積一圖案的雷射閘控。參考圖18，製程狀況18A係展示該雷射能量1800的射束的一"開通"狀況，其中在製程步驟1812中，一或多個雷射脈衝係被容許傳播通過該載體基板302以撞擊該施體膜304，並且造成該施體膜材料至該工件100的轉移。製程狀況18B係展示在該雷射處於一"關斷"狀況下的施體材料的沉積的體積像素1802，其中一或多個雷射脈衝係被阻擋(例如是藉由一聲光的裝置加以阻擋)，因而避免撞擊到該施體材料。(該雷射在該"關斷"狀況期間可以實際上加以關閉，但是傳統上很少如此做。)在製程步驟1814中，該射束軸、施體結構300、及/或該工件100係相對於彼此被移動，因此該雷射能量的射束係被對準來撞擊在該施體膜上的一個新的位置。此射束對準係在製程狀況18C中被展示。在製程步驟1816中，雷射脈衝係撞擊該施體膜並且轉移施體材料以形成一體積像素1802a，該體積像素1802a係相鄰先前沉積的體積像素1802，以產生一細長的導電的特點。具有技能者亦將會體認到體積像素1802a的轉移可被設置以在先前沉積的體積像素1802的頂端上增加施體膜材料，以增加其高度及橫截面面積，而不是延伸其長度。此高度延伸可以在一用以延伸其長度之後續的體積像素轉移之前先被完成。儘管該高度延伸可以透過在一第一次通過的沉積的體積像素之上的該雷射射束軸的一第二次通過加以達成，但是在單次通過期間增加該高度可以有益於當較高的沉積是所要情形時的處理量。製程狀況18D係展示該體積像素1802a被沉積成相鄰並且連結該體積像素1802。該射束軸、載體結構300、及/或工件100的相對的移動可以單獨利用工作台來加以實行(具有長

的定位時間)、或是利用工作台再加上振鏡來加以實行，此係產生每秒數千點、或是納入一聲光的偏轉器以進一步增加頻寬。

【0172】 在一第二種方法中，該雷射係被開控開通，並且快速的射束控制係被利用。維持和相關圖17A-17C所施加的相同的劑量可能會需要以15m/s左右來移動該射束，此或許會要求有一多邊形掃描器。在此例中的一可能的情節是個別的體積像素並不被轉移，而是一穩定串流的熔化的材料係從該施體結構300被轉移至該工件100。圖19是一範例的替代的LIFT製程的流程圖，其係展示一射束軸的連續相對的運動，以用於沉積一圖案。參考圖19，製程狀況19A係展示該雷射能量1900的射束的一"開通"狀況，其中在製程步驟1912中，該些雷射脈衝係被容許傳播通過該載體基板302以撞擊該施體膜304，並且造成該施體膜材料至該工件100的轉移。製程狀況19B係展示在該雷射仍然處於該"開通"狀況下的施體材料的沉積的材料1902。在製程步驟1914中，該射束軸、施體結構300、及/或該工件100係相對於彼此被移動，因此該雷射能量1900的射束係被對準來撞擊在該施體膜304上的一個新的位置。此射束對準係在製程狀況19C中被展示，其中額外的施體材料係被加到該沉積的材料1902a。在製程步驟1916中，雷射脈衝係繼續撞擊在又一位置處的施體膜304，並且轉移更多該施體膜304的材料以形成一連續細長的導電的特點。如先前所論述的，具有技能者亦將會體認到施體材料的轉移可被設置以在先前沉積的材料的頂端上增加施體膜材料，以增加其高度及橫截面面積，而不是延伸其長度。

【0173】 上述的QCW LIFT製程是可擴充至遠高於利用具有在數十到數百kHz的領域中的PRF之雷射所可能有的射束定位速度。該QCW LIFT方法亦顯露出使得相當厚的施體膜(例如，具有大於1 μ m的厚度)的使用變得容易，並且容許有較厚的沉積。平均功率在照射期間的動態控制係提供該製程一種程度的控制，其係利用單一脈衝的LIFT方法所不可得的。該QCW LIFT方法亦致能高於該

施體膜的厚度之沉積的特點的形成，此似乎是在不束縛至任何特定的理論下)當該熔體前緣到達該施體膜304的正面側時，該熔化區域的獨特的幾何的一結果(由於來自多個脈衝的熱能在該載體基板/施體膜介面處的累積)。

【0174】 VI.更多額外的討論及實例

【0175】 透明的導電電極(TCE)係被使用在包含顯示器、觸控螢幕、太陽能電池、光檢測器、以及防霧裝置的各種電子應用中。最廣泛使用的TCE是摻雜錫的銦氧化物(ITO)。該材料通常是被真空濺鍍到一通常是玻璃的透明基板之上，並且此材料的流行係由具有約 $10\Omega\Box^{-1}$ (歐姆每平方)的片電阻以及超過90%的透射率的ITO薄膜所引發的。該材料的價格係受限於銦的價格、一種佔地殼中0.05ppm的相當稀有的元素，並且2007年時只被生產約400噸/年。英國皇家化學學會已經聲明銦的供應可能在本世紀末就枯竭。再者，該些膜是脆性的，因而無法修正來朝向撓性的應用。因此，一些研究團體目前正努力於用於產生透明的導電材料之替代的策略，其係利用地球上豐富且撓性的材料。

【0176】 有數種用於利用地球上更豐富的材料來取代ITO的策略：微米及奈米線金屬(值得注意的是銅或銀)的網格、石墨烯膜、奈米碳管網路、以及導電的聚合物膜(例如PEDOT:PSS)。在這些之中，金屬網格以及奈米線膜(整體稱為導電的網路)係呈現最佳的透射率及片電阻值的某些個，同時提供最低的製程及材料成本。這些製程可被分成樣版及非樣版為基礎的製程，其中該些樣版為基礎的方法係依賴微影，而該些非樣版的方法係具有構成的部分之隨機對準，其係利用旋轉塗覆、浸漬塗覆、或是噴霧塗覆。

【0177】 數種雷射為基礎的方法已經被採用於製備透明的導電網路。一種雷射直寫的方法係由Paeng等人所採用，以用於薄的銅透明的導體的製造(先進材料期刊2015年,27,2762)。一安裝在玻璃或是撓性的基板之上的薄的銅膜之選擇性的雷射剝蝕係加以實行，其係留下一具有83%透射率以及約 $17\Omega\Box^{-1}$ 的片電阻的導

線網格網路。Lee等人係透過NiO奈米粒子之雷射為基礎的還原的燒結來製備Ni網路，以製備約40nm深的鎳的導線，其分別是10 μ m寬的(ACS Nano期刊2014年,8,9807)。該圖案的透射率可以藉由修改沉積的特點的間距來加以控制。

【0178】 在此揭露的蝕刻、種晶、及/或電鍍方法是非常適合來在剛性及撓性的基板上(或是在其中)建構透明的導電的特點。一用於建構透明的導電的特點之範例的製程可以是類似於那些在圖5B、7、8、18及19中所示者。LIFT文獻是廣泛的，並且描述該製程可以用一些方式來加以控制所藉由的手段，以在變化的速度及溫度下噴射具有變化的尺寸的液滴。在許多實施例中，在此所述的強化的LIFT程序可以使用遠比那些常見於該文獻者厚的施體膜304，其係容許沉積較大量的材料，但是可能會顯著地依賴較高的雷射能量密度及/或劑量。該些特點的幾何及連接完全是藉由雷射處理參數來加以決定，此係給予針對於調整該透明的導體的電性及光學性質之大的彈性。

【0179】 在其中沉積的材料熔滴404是過於稀疏的而無法製備一導電的圖案的實施例中，它們可以透過典型的無電的沉積方法而被利用作為用於銅或其它金屬材料的沉積的晶種。在電鍍之後，過多的材料可被拋光掉，只留下凹陷的電鍍的特點。在其它實施例中，例如是相關圖18及19所論述的，該沉積的材料可以是足以形成所要的導電的特點。拋光可能是所期望的，以移除沉積超出該些凹陷的特點的任何過多的金屬材料。

【0180】 數種導線網格設計係藉由一類似於在圖5B中所示者的製程來加以建構。該些導線網格設計係在玻璃基板上包含具有10 μ m寬的導線以及可變的間距的交叉線的圖案。這些圖案係具有小於1 $\Omega\Box^{-1}$ (歐姆每平方)的片電阻以及超過90%的透射，其係遠超出針對於具有類似透射率的片電阻之典型的ITO的效能。微觀的缺陷係在該電鍍之後被觀察到，並且其係代表富有成效的空間以用於該製程的進一步最佳化，其將會致能更小的導線尺寸。

【0181】 圖20A是該導線網格圖案的一交叉的高度量測之一UV雷射掃描的顯微照片。在該顯微照片的邊緣處的記號標記係代表一100 μm 的間隔。圖20B是展示和圖20A相關的導線及交叉的輪廓量測之圖。該導線的輪廓量測係利用上方的實線來描繪，並且該些導線的交叉的輪廓量測係利用下方的虛線來描繪。圖20C及圖20D是展示一導線網格設計的相對的通透性之照片影像。圖21A及圖21B是展示一沉積在一透明的玻璃基板的兩側上的導線網格設計之相對的通透性之照片影像，其中重疊的墊是在中間。

【0182】 圖22是藉由在此揭露的方法所產生的一觸控板之一顯微照片，並且圖23是藉由在此揭露的方法所產生的一導線網格設計之顯微照片。參考圖22及23，該些顯微照片係具有10倍的放大，並且展示具有200 μm 間距的導線網格設計，但是其係在該些導線中具有一些微觀的缺陷。

【0183】 所述的製程係提供一些優於現有的努力之優點，以製備下一代透明的導電材料。相較於奈米線的方法，其係被發現有較高的導電度以及光透射，其全部同時都避免掉和這些方法相關的合成化學、濕式處理步驟、以及燒結。再者，有關銅奈米線的氧化之顧慮係被消除。相較於ITO、石墨烯、導電的聚合物、奈米碳管、或是銀基的方法(銀奈米線膜、或是奈米粒子膏)，該製程係具有非常低的材料成本。最後，並沒有例如和薄膜的沉積方法相關的高度真空沉積、惰性氣體、等等之特殊的環境狀況是必須的。

【0184】 VII.結論

【0185】 先前的內容是舉例說明本發明的實施例，因而並不是欲被解釋為其之限制。儘管一些特定的範例實施例已經參考該圖式來加以敘述，但是熟習此項技術者將會輕易地體認到許多對於所揭露範例實施例及實例的修改以及其它實施例都是可能的，而不實質脫離本發明的新穎的教示及優點。

【0186】 於是，所有的此種修改都欲被納入在如同於申請專利範圍中所界

定的本發明的範疇內。例如，具有技能者將會體認到任何句子或段落之標的都可以和其它句子或段落的一些或是全部之標的組合，除非其中此種組合是相互互斥的。

【0187】 因此，本發明的範疇應該藉由以下的申請專利範圍來加以決定，其中該些申請專利範圍的等同物係被納入於其中。

【符號說明】

【0188】

5A:製程起始狀況

5B、5C、5D、5E、5F:製程狀況

7A、7B、7C、7D、7E、7G、7H、7I:製程狀況

8A、8B、8C、8D、8E、8F、8G、8H:製程狀況

9A、9B、9C、9D、9E、9F、9G、9H、9I:製程狀況

18A、18B、18C、18D:製程狀況

19A、19B、19C:製程狀況

100:工件

100a:第一工件表面

100b:第二工件表面

200、200a、200b:溝槽

202:穿透貫孔

202a、202b:貫孔

204:雷射加工的射束

206:溝槽底表面

208:溝槽側壁表面

210:貫孔側壁表面
300:施體結構
302:載體基板
304:施體膜
400:雷射能量
402:沉積的材料
404:熔滴(微粒)
500:導電的特點
502:導線
504:導電貫孔插塞
506:經處理的工件
508:電鍍的層
510:導線
512、514、516、518、520:步驟
600:堆疊的工件
602:導線
604:導電貫孔插塞
606:待被處理的新的工件
706:導電的特點
712、714、716、718、720、722、724、726:製程步驟
800:多層的結構(基板材料層)
812、814、816、818、820、822、824:製程步驟
900:基板
901:特點

902:黏膠

904:插入的構件

906:導電的特點

908:間隙

910:導電貫孔(導電貫孔插塞)

912、914、916、918、920、922、924、926:製程步驟

1800:雷射能量

1802、1802a:體積像素

1812、1814、1816:製程步驟

1900:雷射能量

1902、1902a:沉積的材料

1912、1914、1916:製程步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種從透明施體結構轉移施體膜之一部分之方法，該施體膜由金屬所形成且由該透明施體結構所支撐，該方法包括：

導引雷射能量的射束通過該透明施體結構以撞擊該施體膜之第一位置，其中該雷射能量的射束之特徵足夠在該施體膜之第一區域內產生熔體前緣，該熔體前緣從在該透明施體結構和該施體膜之間的介面延伸到該施體膜的與該介面相對之一側上；以及

在該施體膜之該第一區域內產生該熔體前緣之後，導引該雷射能量的射束通過該透明施體結構以撞擊該施體膜之第二位置，其中該雷射能量的射束之特徵足夠將該熔體前緣從該施體膜之該第一區域延伸到該施體膜之第二區域。

【請求項2】如申請專利範圍第1項之方法，其中該施體膜具有大於1 μm 之厚度。

【請求項3】如申請專利範圍第2項之方法，其中該施體膜具有大於10 μm 之該厚度。

【請求項4】如申請專利範圍第3項之方法，其中該施體膜具有小於250 μm 之該厚度。

【請求項5】如申請專利範圍第1項之方法，其中該雷射能量的射束具有大於100 W之平均功率。

【請求項6】如申請專利範圍第1項之方法，其中該雷射能量的射束被表現為一系列的雷射脈衝。

【請求項7】如申請專利範圍第6項之方法，其中該系列的雷射脈衝之脈衝重複速率至少為10 MHz。

【請求項8】如申請專利範圍第7項之方法，其中該系列的雷射脈衝之該脈衝重複速率至少為100 MHz。

【請求項9】一種藉由將施體膜之一部分轉移到工件上以在該工件之表面上直接形成特點之方法，該施體膜由透明施體結構所支撐，其中該施體膜具有厚度，且該透明施體結構定位為靠近該工件而該施體膜面向該工件，該方法包括：

導引雷射能量的射束通過該透明施體結構以撞擊該施體膜之第一位置，其中該雷射能量的射束之特徵足夠熔化該施體膜之第一區域且將該施體膜之經熔化的該第一區域排出到該工件之該表面上，使得該特點在該工件上之高度大於該施體膜之該厚度。

【請求項10】如申請專利範圍第9項之方法，其中該施體膜具有大於 $1\text{ }\mu\text{m}$ 之該厚度。

【請求項11】如申請專利範圍第10項之方法，其中該施體膜具有大於 $10\text{ }\mu\text{m}$ 之該厚度。

【請求項12】如申請專利範圍第11項之方法，其中該施體膜具有小於 $250\text{ }\mu\text{m}$ 之該厚度。

【請求項13】如申請專利範圍第9項之方法，其中該雷射能量的射束具有大於 100 W 之平均功率。

【請求項14】如申請專利範圍第9項之方法，其中該雷射能量的射束被表現為一系列的雷射脈衝。

【請求項15】如申請專利範圍第14項之方法，其中該系列的雷射脈衝之脈衝重複速率至少為 10 MHz 。

【請求項16】如申請專利範圍第15項之方法，其中該系列的雷射脈衝之該脈衝重複速率至少為 100 MHz 。

【請求項17】如申請專利範圍第9項之方法，其在形成該特點之後進一步包括藉由導引該雷射能量的射束通過該透明施體結構以撞擊該施體膜之第二位置來延伸該特點之該高度，其中該雷射能量的射束之該特徵足夠熔化該施體膜之

第二區域且將該施體膜之經熔化的該第二區域排出到該特點上。

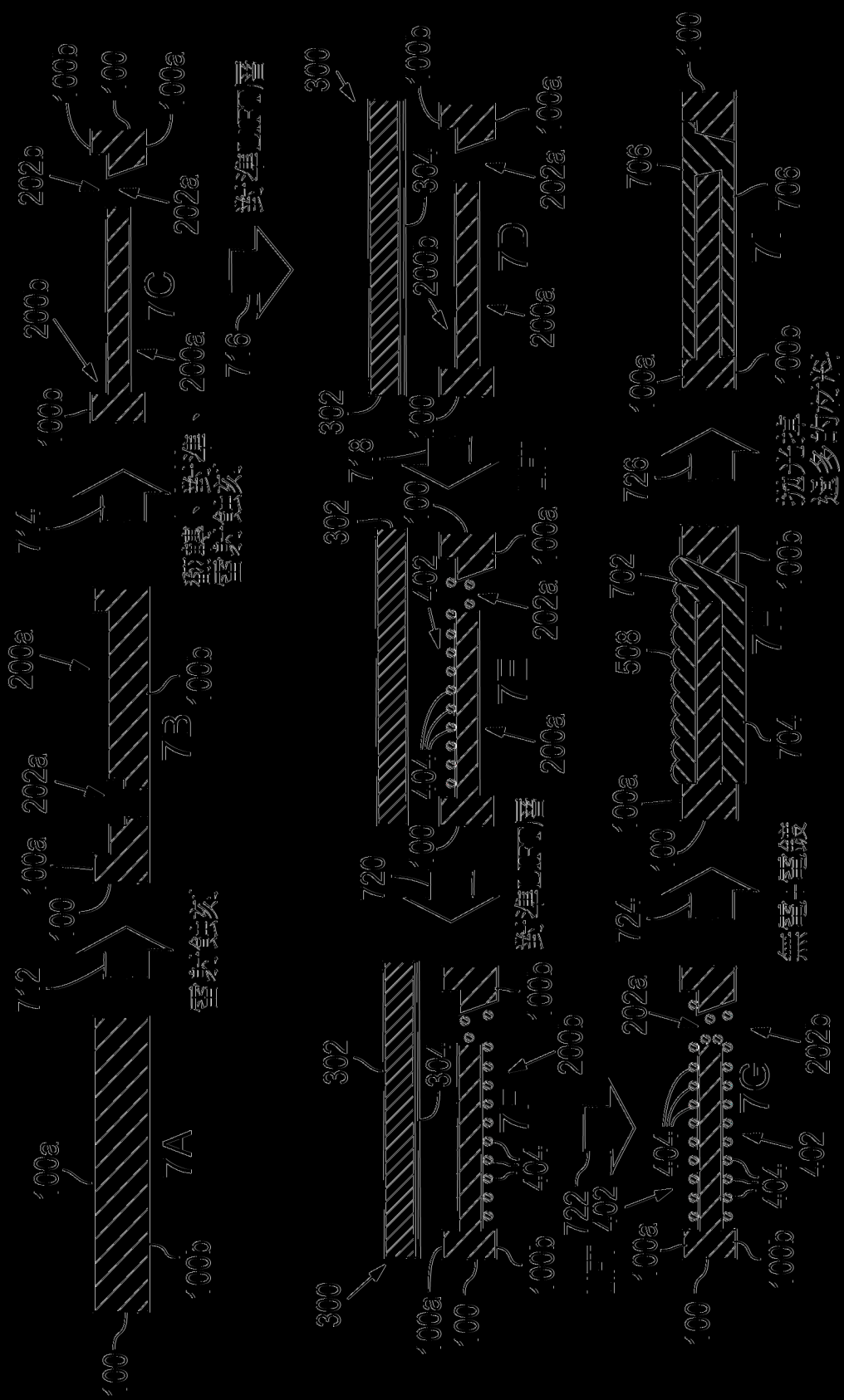
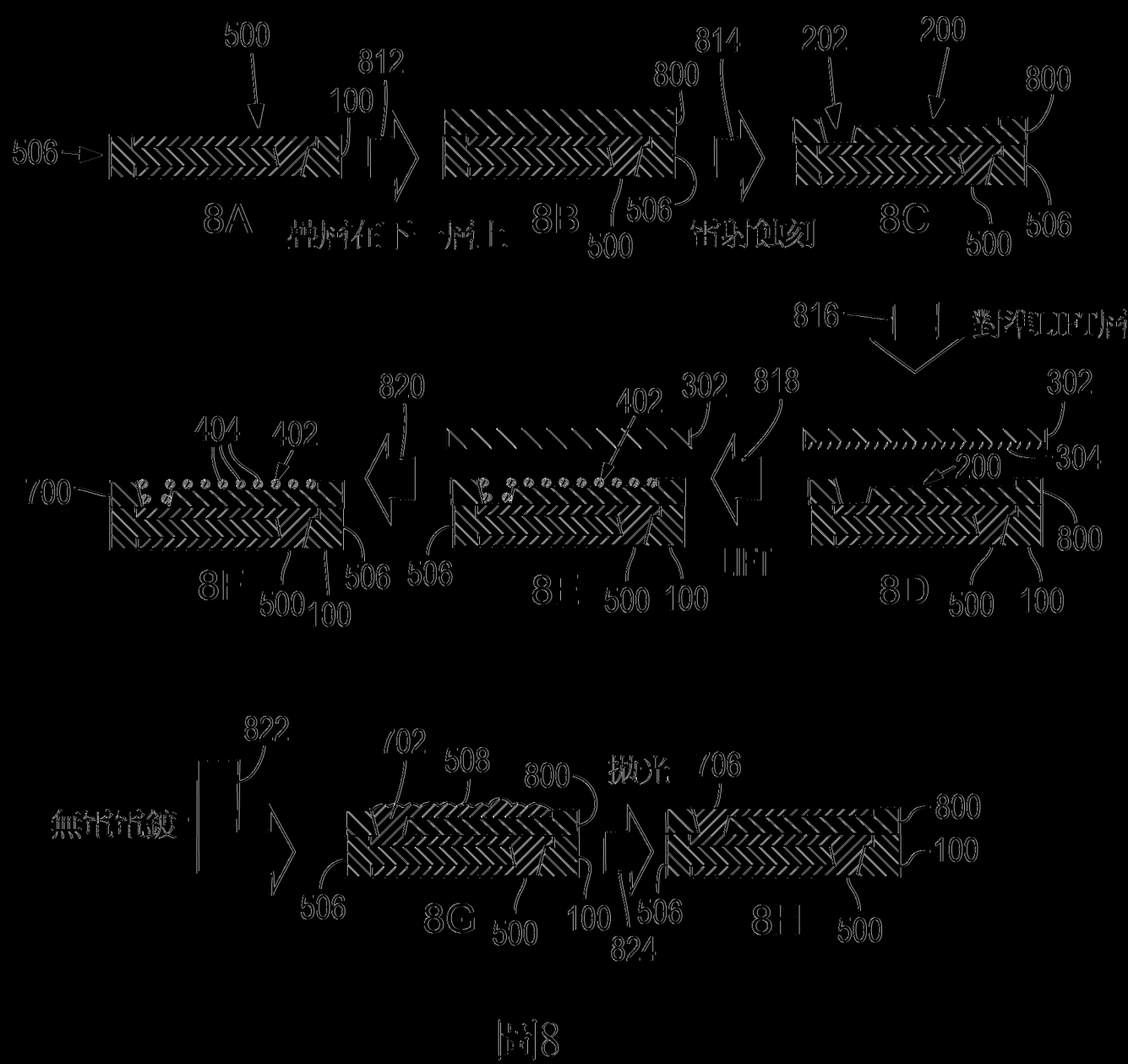


圖7



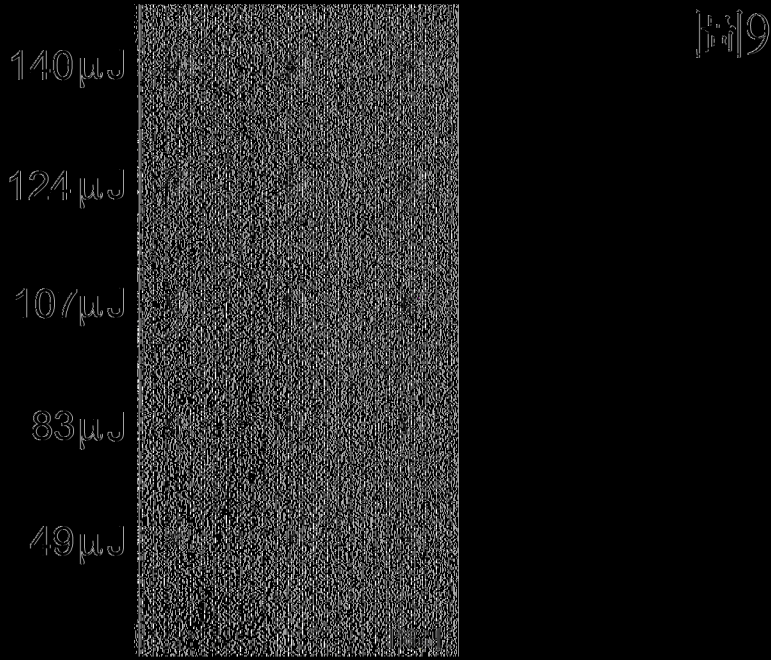
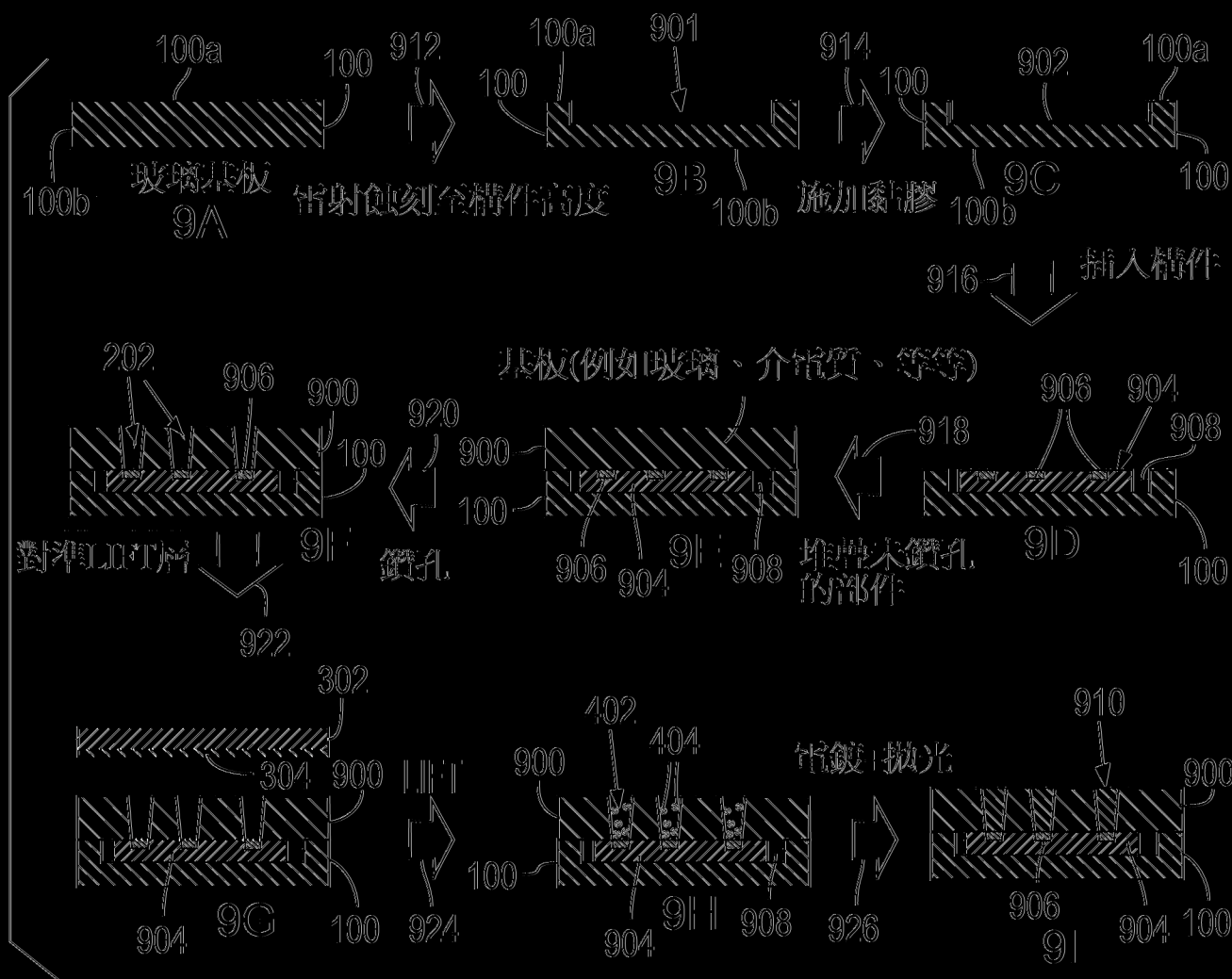


Fig 10

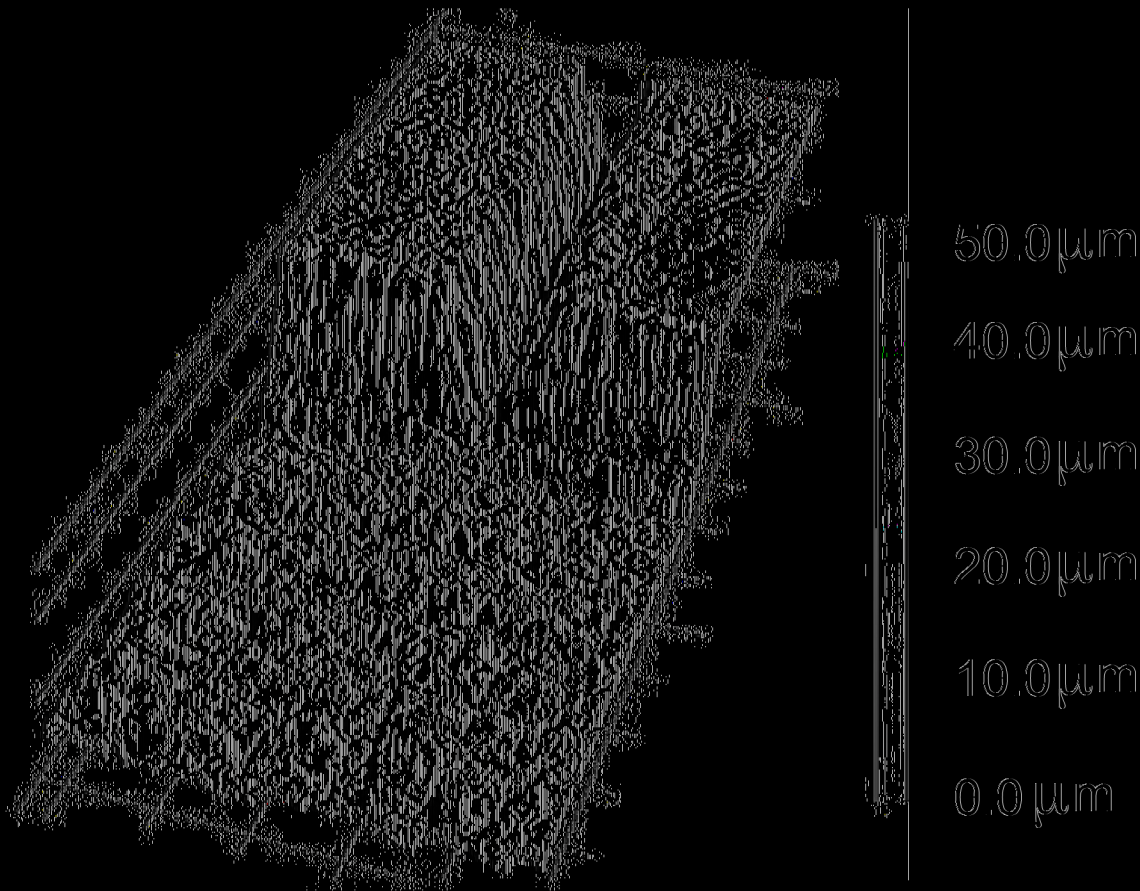
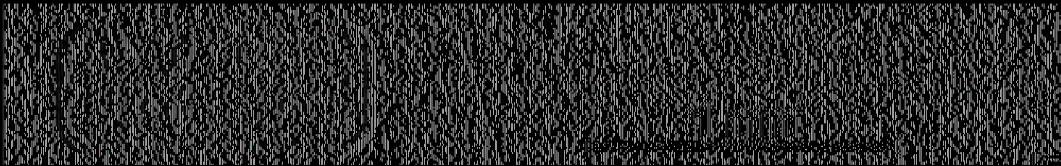


図11A



1mm

図11B

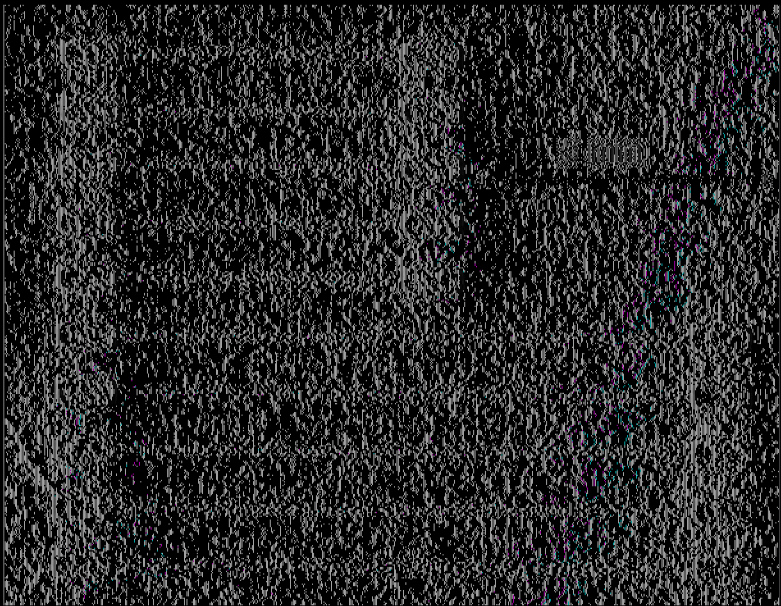


圖 11C

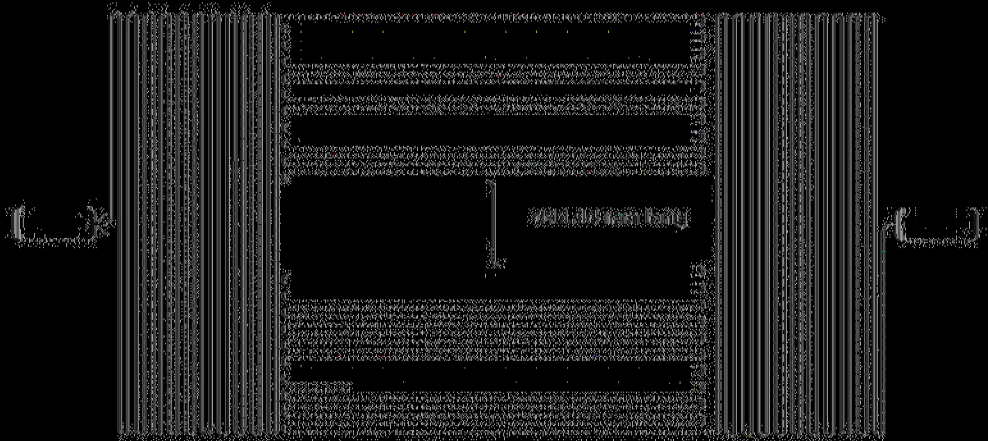


圖 11D

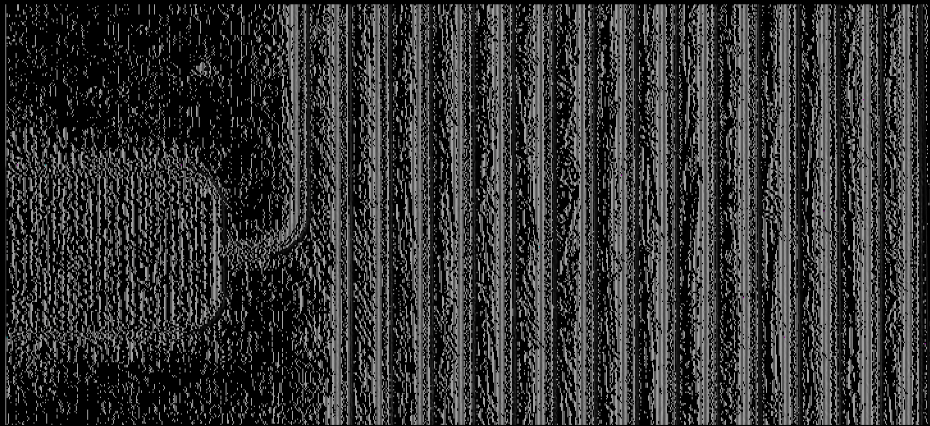


圖 11E

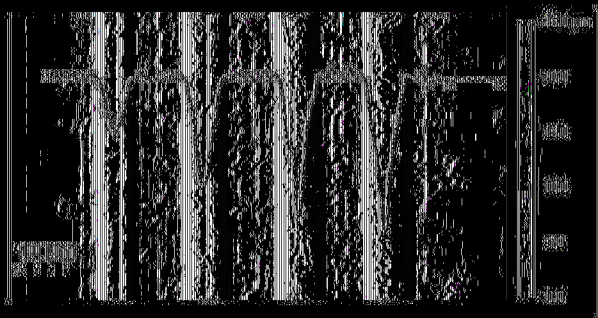


圖12A

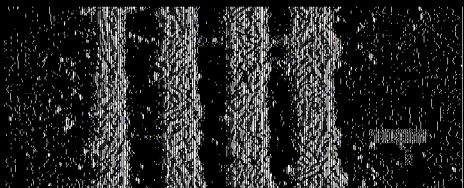


圖12B



圖12C



圖13A

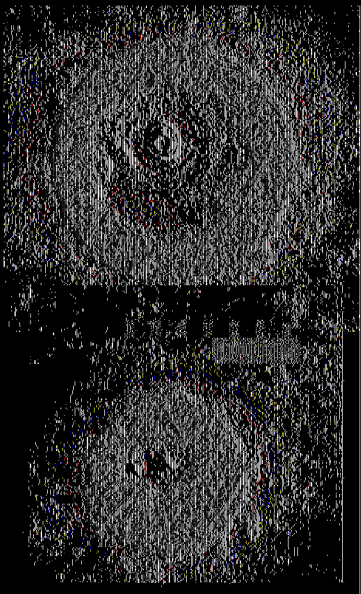


圖13B

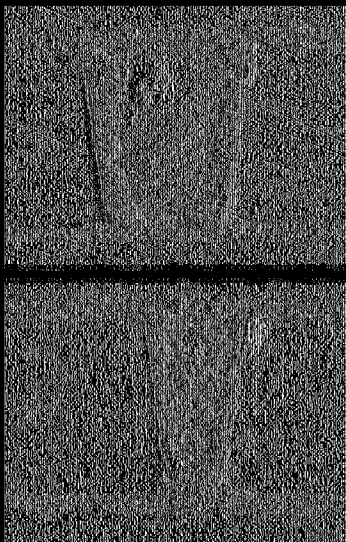


圖13C

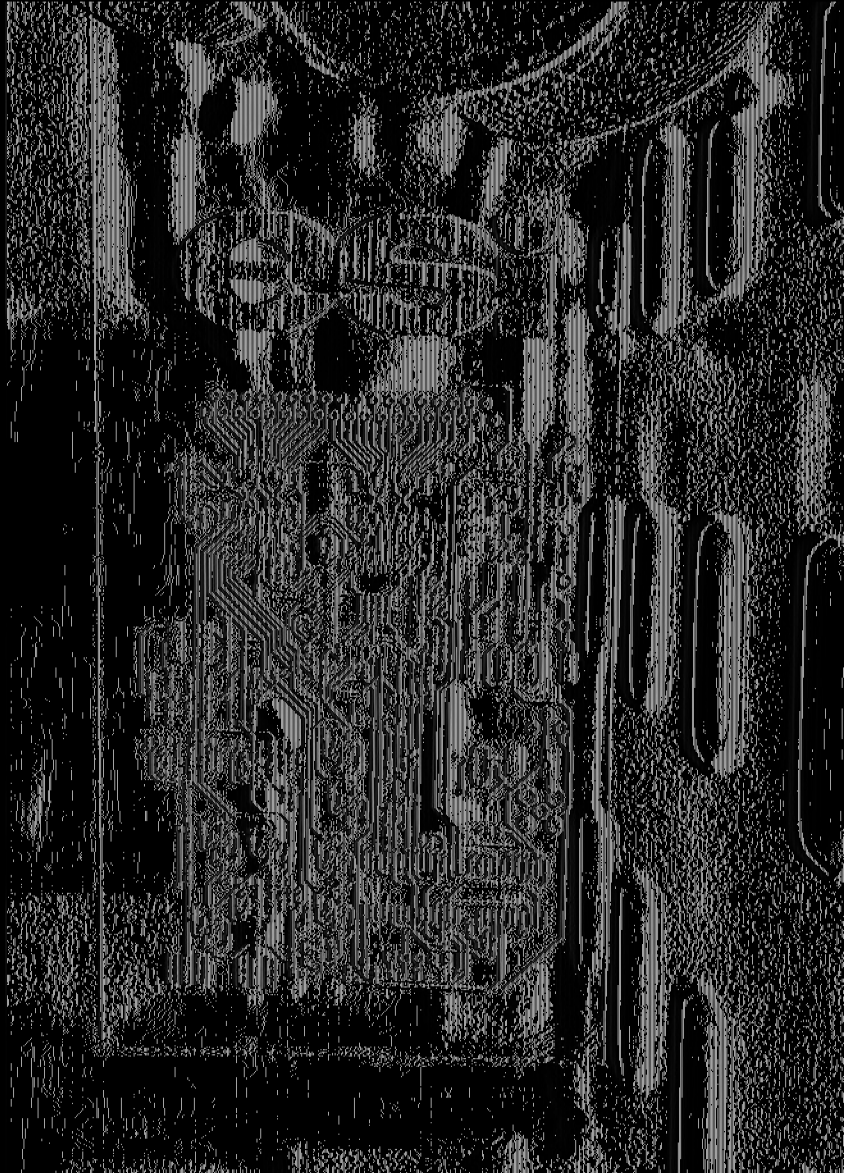


圖14A

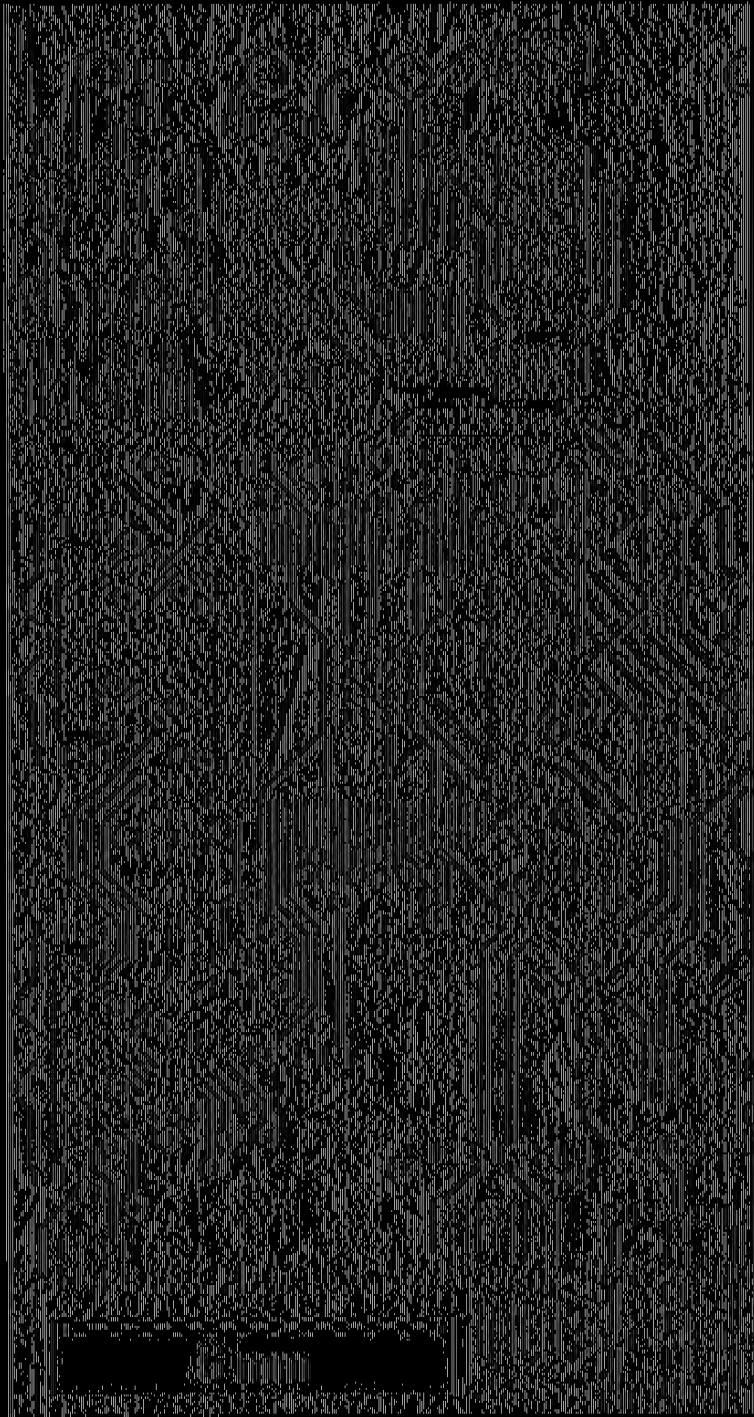


圖14B

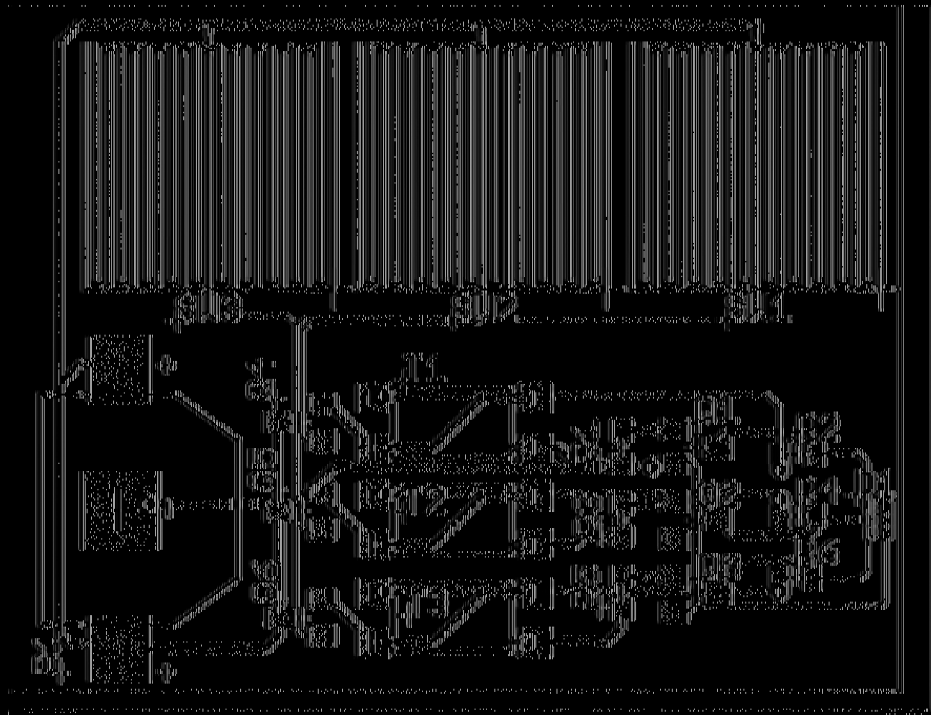


圖15A

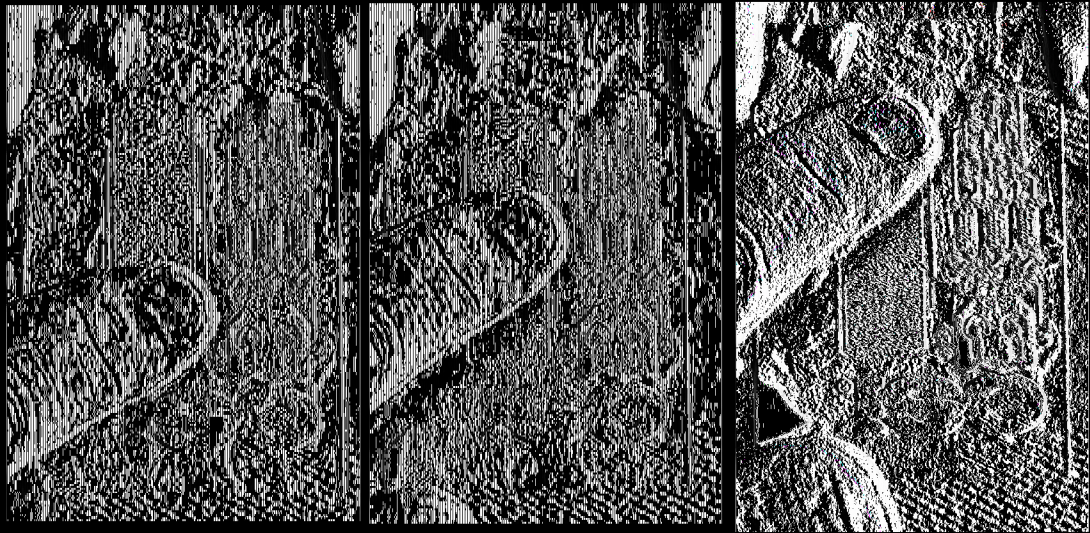


圖15C

圖15D

圖15E

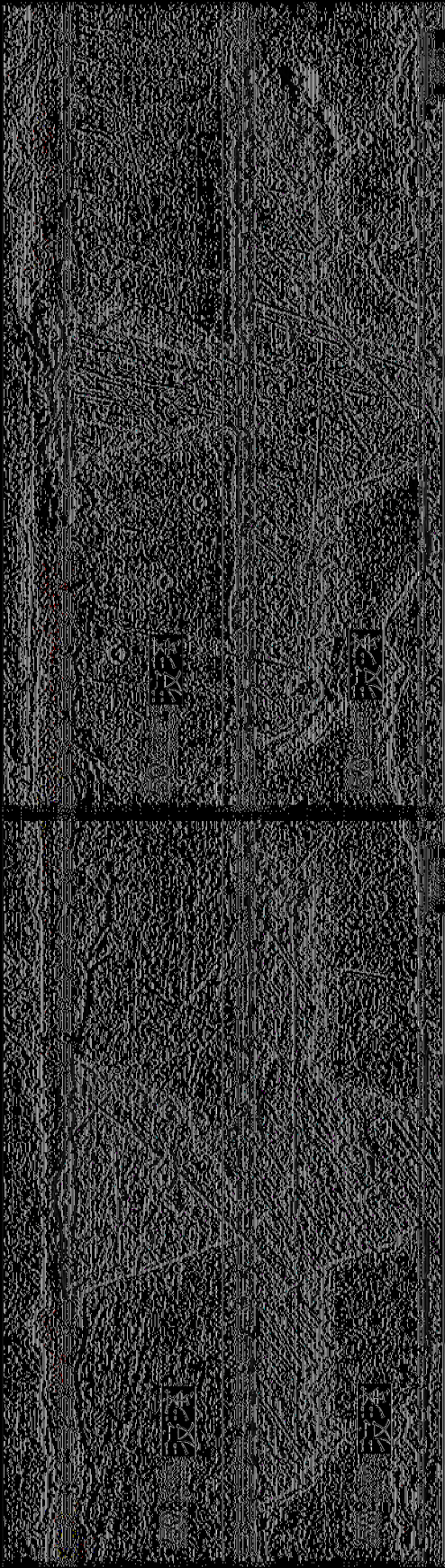


圖 16B

圖 16A

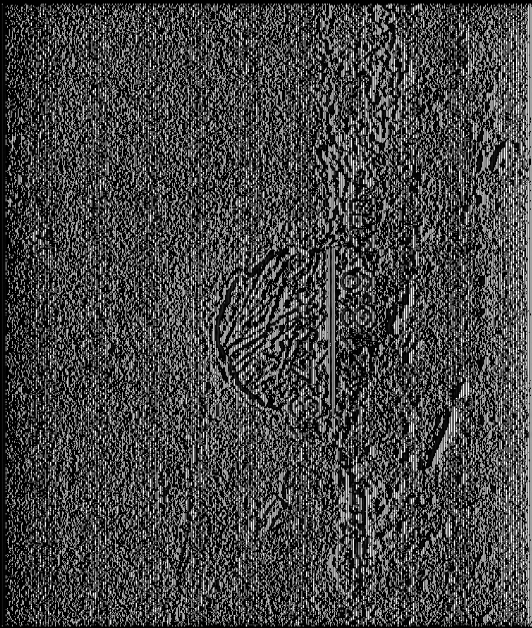


圖 73



圖 7C

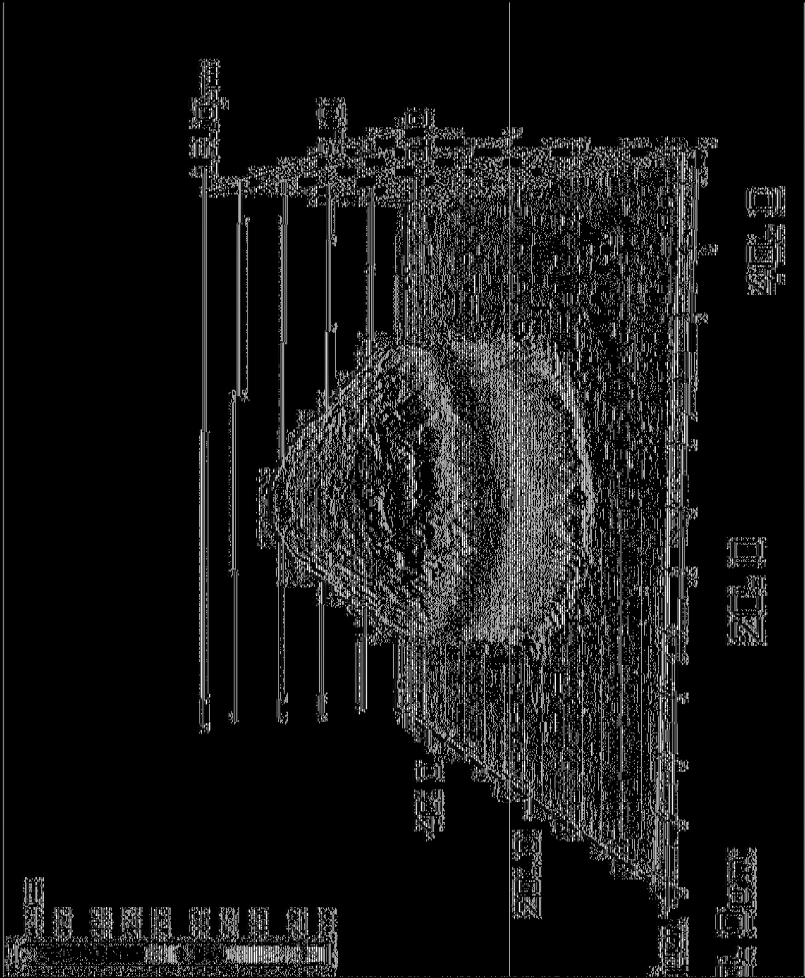


圖 7A



圖20A

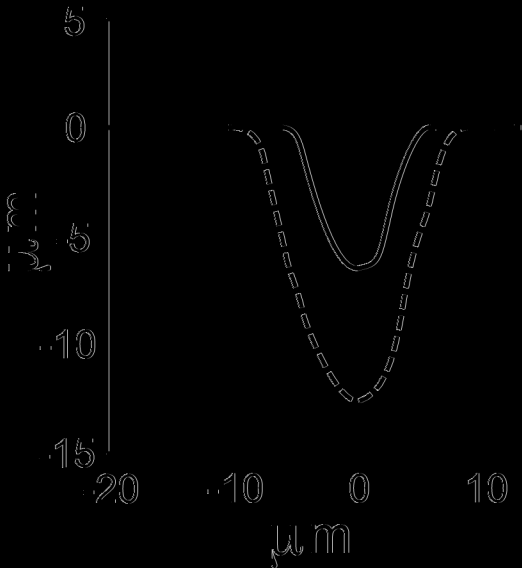


圖20B



圖20C

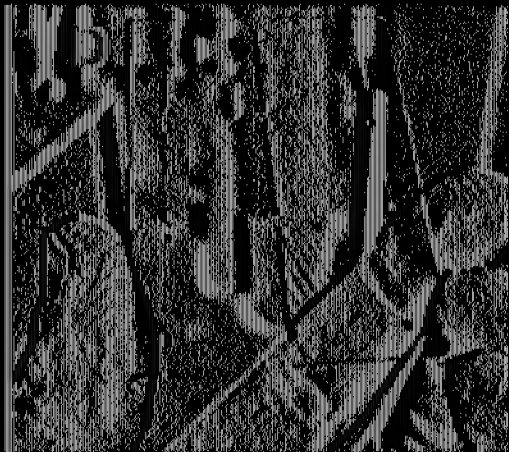


圖20D



圖21A

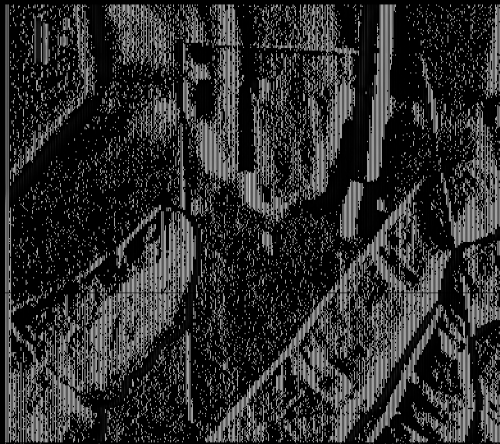


圖21B

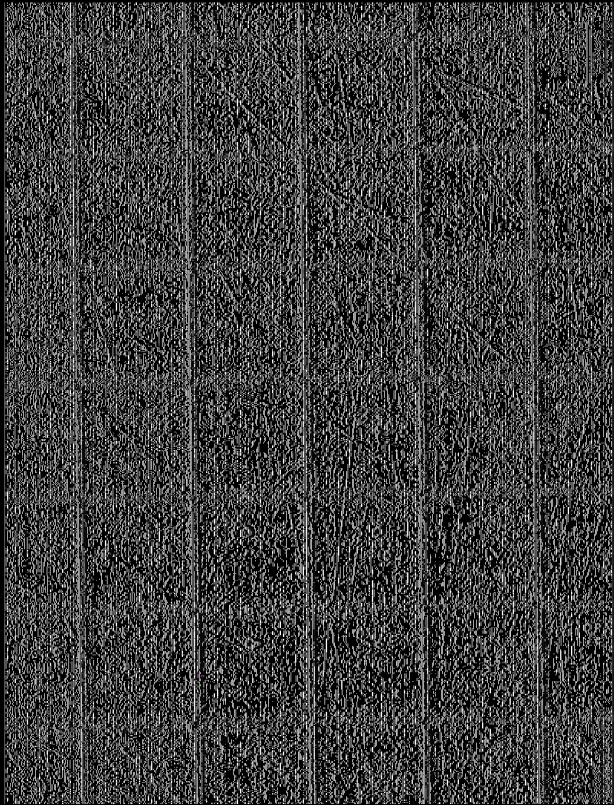


圖 23

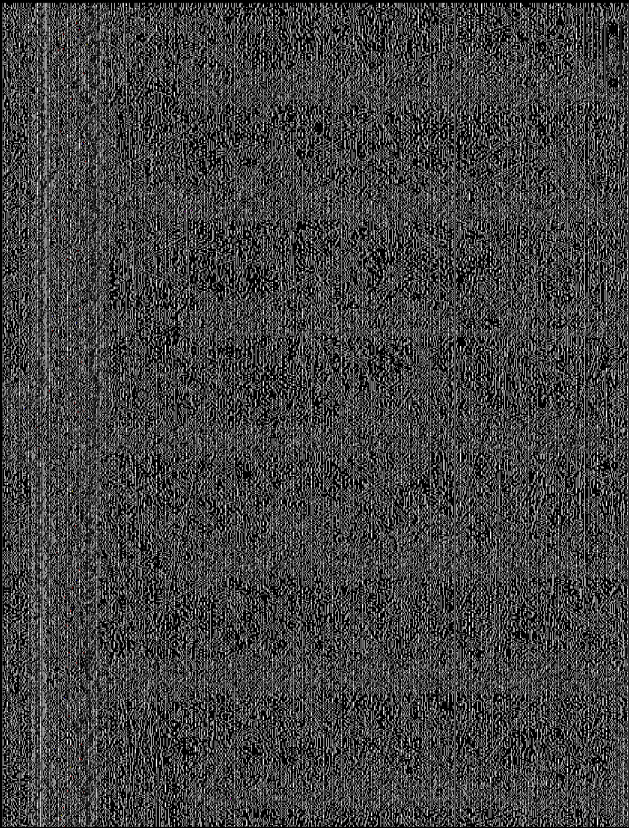


圖 22