



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I853828 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：108127933 (22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 06 日

(51)Int. Cl. : **C09D11/52 (2014.01)** **B05D3/02 (2006.01)**
 B29C45/14 (2006.01) **H01B5/14 (2006.01)**
 H01B13/00 (2006.01) **H05K3/00 (2006.01)**
 H05K3/12 (2006.01) **H05K3/28 (2006.01)**

(30)優先權：2018/08/07 美國 62/715,609

(71)申請人：加拿大國家研究委員會 (加拿大) NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA
(CA)
加拿大
加拿大商 E 2 I P 科技公司 (加拿大) E2IP TECHNOLOGIES INC. (CA)
加拿大

(72)發明人：楚杜 保羅 TRUDEAU, PAUL ARTHUR (CA) ；凱爾 艾諾德 KELL, ARNOLD
JASON (CA) ；劉 向陽 LIU, XIANGYANG (CA) ；莫湛森 奧爾加 MOZENSON,
OLGA (CA)

(74)代理人：何愛文；王仁君

(56)參考文獻：

TW	201709780A	CN	102300415A
CN	104761957A	CN	107851973A
JP	2012-216808A	JP	2017-538247A
WO	2018/076110A1		

審查人員：林君燕

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：17 共 107 頁

(54)名稱
包覆成型的印刷電子零件和其製造方法

(57)摘要

本申請案關於包覆成型的印刷電子零件以及使用導電跡線油墨(諸如分子油墨)、熱固性樹脂、和強化材料(諸如玻璃微球和玻璃布)製備包覆成型的印刷電子零件之方法。

The present application relates to overmolded printed electronic parts as well as to methods for preparing overmolded printed electronic parts using conductive trace inks such as molecular inks, thermoset resins, and reinforcing materials such as glass microspheres and glass fabric.

I853828

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 包覆成型的印刷電子零件和其製造方法**【英文發明名稱】** OVERMOULDED PRINTED ELECTRONIC PARTS
AND METHODS FOR THE MANUFACTURE THEREOF**【中文】**

本申請案關於包覆成型的印刷電子零件以及使用導電跡線油墨(諸如分子油墨)、熱固性樹脂、和強化材料(諸如玻璃微球和玻璃布)製備包覆成型的印刷電子零件之方法。

【英文】

The present application relates to overmolded printed electronic parts as well as to methods for preparing overmolded printed electronic parts using conductive trace inks such as molecular inks, thermoset resins, and reinforcing materials such as glass microspheres and glass fabric.

【指定代表圖】 無**【代表圖之符號簡單說明】**

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 包覆成型的印刷電子零件和其製造方法

【英文發明名稱】 OVERMOULDED PRINTED ELECTRONIC PARTS
AND METHODS FOR THE MANUFACTURE THEREOF

【技術領域】

【0001】 本申請案關於包覆成型的印刷電子零件以及關於製備包覆成型的印刷電子零件之方法。

【先前技術】

【0002】 包覆成型已用於藉由將印刷油墨合併在熱塑性薄膜接著用熱塑性樹脂包覆成型來製造立體結構的電子產品。

【0003】 例如，目前使用於印刷電子產品中的金屬片油墨可(例如)具有有限的成形性(伸長)之潛力、高電阻率及/或需要實質的沉積厚度以達到足夠的導電性。當標準類型的熔融樹脂在射出模具的模穴射出時，此等金屬片油墨也可能易受施加在導電跡線上的熱及/或力之影響。也可能存在視覺缺陷，諸如鬼影(ghosting)或環行印刷(circuit printing)，並且連接器及/或發光二極體(LED)也可能在包覆成型的零件之裝飾面留下視覺痕跡(visual mark)。

【0004】 藉由已知手段製備的結構印刷電子零件，即使比習知的薄，也可能具有大於所要的重量。零件的最終厚度隨基板膜層和樹脂二者而改變。零件的整體厚度使其可能掩蓋電特徵，諸如，LED、有機發光二極體(OLED)及/或連接器。設計師已使用肋條和增加的零件厚度來增加剛性並產生足夠的空間用於 LED、OLED 和連接器的遠離(stand-off)。所得典型結構電子零件的厚度為約 3 mm 或更大。結果，該等零件可為重的且使用大量的熱塑性

樹脂。所得熱性能差。結果，這些技術主要被考慮用於內部非結構應用。

【發明內容】

【0005】 因此需要提供一種製造包覆成型的印刷電子零件之現有方法的替代方案。

【0006】 因此，本申請案包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

在基板上沉積分子油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線；

燒結在基板上的油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導電銀跡線；

射出包覆成型樹脂或其前驅物在基板的第一表面上之導電銀跡線上；
及

硬化包覆成型樹脂或固化其前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0007】 在一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨。在另一實施態樣中，分子油墨為高溫分子油墨。在一其他實施態樣中，該方法另外包含沉積與分子油墨組合使用之奈米粒子油墨。

【0008】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

射出熱固性包覆成型樹脂的前驅物在基板的第一表面上之導電跡線上；
及

固化熱固性包覆成型樹脂的前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0009】 在一實施態樣中，在基板的第一表面上之導電跡線係藉由一種包含下列之方法獲得：

在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線；及

固化在基板上的油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導電跡線。

【0010】 在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨或奈米粒子油墨。在又一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨及固化包含燒結。在又一其他實施態樣中，導電跡線之固化包含一或多個階段。在相關實施態樣中，第一階段包含乾燥非導電跡線及第二階段包含燒結。在又一相關實施態樣中，固化的第二階段之前先將一或多種材料或物質沉積在非導電跡線上。在再一相關實施態樣中，固化之第一階段先於將基板熱成形和固化的第二階段。

【0011】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

射出一種包含下列之組成物

包覆成型樹脂或其前驅物；及

玻璃微球，

在基板的第一表面上之導電跡線上；及

硬化包覆成型樹脂或固化其前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0012】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

在獲得發泡包覆成型的樹脂或其發泡前驅物之條件下、射出包覆成型樹脂或其前驅物在基板的第一表面上的導電跡線上；及

硬化發泡包覆成型樹脂或固化其發泡前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0013】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導

電跡線；

固化在基板上之油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導電跡線；

在基板的第一表面上引入玻璃纖維強化層；

射出包覆成型樹脂或其前驅物在玻璃纖維強化層上；及

硬化包覆成型樹脂或固化其前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0014】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電銀跡線，導電銀跡線由如本申請案之實施態樣中所定義之低溫分子油墨製造；及

包覆成型在耦合至該基板的第一表面之導電銀跡線上的樹脂。

【0015】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；及

包覆成型在耦合至該基板的第一表面之導電跡線上的熱固性樹脂。

【0016】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；及

包覆成型在耦合至該基板的第一表面之導電跡線上的樹脂，其包含嵌入其中的複數個玻璃微球。

【0017】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；及

包覆成型在耦合至該基板的第一表面之導電跡線上的發泡樹脂。

【0018】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；

在耦合至基板的第一表面之導電跡線上的玻璃纖維強化層；及

包覆成型在玻璃纖維強化層上的樹脂。

【0019】 在一些實施態樣中，本申請案之包覆成型的印刷電子零件係根據本申請案製造包覆成型的印刷電子零件之方法製造。

【0020】 從下列詳細說明，本申請案之其他特徵和優點將變得顯而易見。然而，應理解，詳細說明和具體實例雖然指示本申請案的實施態樣，但是僅以說明的方式給出，因為在本申請的精神和範圍內的各種改變和修改對於熟該項技術者從此詳細說明將是顯而易見的。

【圖式簡單說明】

【0021】 現在將參考附圖更詳細地描述本申請案，其中：

【0022】 圖 1 描述由本申請案之低溫分子油墨(NRC-848A3a)製造的印刷和燒結跡線之立體輪廓儀影像，及所得橫截面，其突顯使用該油墨可達成的線寬和線間距(L/S)。

【0023】 圖 2 描述由低溫分子油墨(NRC-848A3a)製造的印刷和燒結跡線之另一立體輪廓儀影像，及所得橫截面，其進一步突顯使用該油墨可達成的線寬和線間距(L/S)。

【0024】 圖 3 描述下列之片電阻($m\Omega/\square$ /密耳)對溫度($^{\circ}C$)的圖：(1)具有約 $512\ \mu m$ 線寬的導電銀跡線，其由本申請案另一油墨(NRC-849A1)在不同溫度下處理製得(上)；及(2)具有約 $444\ \mu m$ 線寬的導電銀跡線，其由本申請案另一油墨(NRC-850A)在不同溫度下處理製得(底部)。

【0025】 圖 4 描述由下列製造的網版印刷跡線：(1)油墨 NRC-849A1，其已在 $120^{\circ}C$ 下熱燒結 5 分鐘，證明當油墨中不包括觸變劑且油墨在高(>50%)溼度下印刷時，對跡線形狀的影響(左圖像)；及(2)油墨 NRC-850A1，其已在 $120^{\circ}C$ 下熱燒結 5 分鐘，證明當油墨中包括觸變劑且油墨在高(>50%)溼度下印刷時，對跡線形狀的影響(右圖像)。

【0026】 圖 5 描述油墨 NRC-850A2 之跡線的頂視圖，其印刷在二醇

(glycol)改質的聚對酞酸乙二醇酯(PET-G)基板上，在 75℃ 下乾燥，在梯形上熱成形，並用 15 J/cm² 的能量光燒結，以將油墨轉化成銀跡線。

【0027】圖 6 描述油墨 NRC-850A3 之跡線的頂視圖，其印刷在二醇改質的聚對酞酸乙二醇酯(PET-G)基板上，在 75℃ 下乾燥，在 120℃ 下燒結以將油墨轉化成銀跡線，及隨後在圓頂與半圓柱形上面熱成形。

【0028】圖 7 描述由油墨 NRC-850A 和杜邦(Dupont)的 PE873 油墨印刷之銀線的標準化電阻隨施加應變改變，其中線係印刷於經臭氧處理之聚酯聚胺甲酸酯(American Polyfilm VLM-4001)上。

【0029】圖 8 描述由油墨 NRC-850A 和杜邦(Dupont)的 PE873 油墨印刷之銀線的標準化電阻隨施加應變改變，其中線係印刷於聚胺甲酸酯軟性接縫膠帶(Bemis ST604)上。

【0030】圖 9 描述(1)蛇形圖案，其用於將油墨 NRC-850A 印刷至聚胺甲酸酯(上)；及使用油墨 NRC-850A(底部)印刷之銀線的標準化電阻隨施加應變改變，其中線印刷在經臭氧處理之聚酯聚胺甲酸酯(American Polyfilm VLM-4001)上。對於「預應變」樣品，當油墨沉積於基板時，聚胺甲酸酯基板在線方向拉伸 10%。

【0031】圖 10 為根據本申請案的一實施態樣之單面包覆成型的印刷電子零件之示意圖。

【0032】圖 11 為根據本申請案的一實施態樣之雙面包覆成型的印刷電子零件之示意圖。

【0033】圖 12 為根據本申請案的一實施態樣之雙面包覆成型的印刷電子零件之示意圖(頂視圖：左；斷面：右)，其顯示通氣和澆注特徵的整合。

【0034】圖 13 用 DYMAX 泛光燈系統(藍色圓圈和藍色趨勢線；參見上趨勢線)和 UV 輸送帶系統(綠色圓圈和綠色趨勢線；參見下趨勢線)進行 UV 處理後熱成形的 3D 直線跡線之電阻對線寬的圖，與沒有熱成形下進行

相同處理的跡線相比，其中 DYMAX 泛光燈系統處理的樣品以紅色圓圈表示及 UV 輸送帶系統處理的樣品以黃色圓圈表示。

【0035】圖 14 在 1 cm 高圓頂形上熱成形之直線跡線(a)的照片及放大「a」面板之右上角以黃色矩形突顯之三個最寬跡線。請注意，藉由熱成形製造的跡線僅龜裂(bi-iii)，而使用來自 DYMAX 泛光燈系統(ci-iii)和 UV 輸送機系統(di-iii)的 UV 光處理的跡線則不易龜裂。

【0036】圖 15、16 基於草酸銀之分子油墨的 SEM 圖像，其中網版印刷油墨已用 DYMAX 泛光燈系統(a)或 UV 輸送帶系統(b)進行 UV 光處理，以引發銀奈米粒子的形成。在 UV 處理之後，將跡線熱成形以製造包含互連銀奈米粒子的導電銀薄膜。用 DYMAX 泛光燈系統(c)處理之後所製造的跡線具有比在用 UV 輸送帶系統(d)處理之跡線中所製造者稍大的粒子且較少的聚結。

【0037】圖 16 熱成形電容式觸控 HMI 電路之直線跡線的照片，該電路已熱成形並連接至具有 MPR121 電容式觸控模組(Capacitive Touch Sensor Breakout)之 Arduino Micro (a)，且為使用導電銀環氧樹脂(b)連接至電路表面之 3 個 LED 的照明的實例。

【0038】圖 17 由直接熱燒結而未經 UV 處理製造的熱成形跡線之 SEM 圖像。注意，於其中存在較大銀奈米粒子處有空隙和裂縫存在，及其中奈米粒子較小的區域是均勻的。

【實施方式】

I. 定義

【0039】除非另有指示，否則在此段和其他段中所述的定義和實施態樣意欲適用於如熟習該項技術者將理解為適用的本文所述本申請案之所有實施態樣和態樣。

【0040】 在理解本申請案的範圍時，術語「包含」及其衍生詞，如本文所使用，意欲為開放式術語，其指定所述特徵、元素、組分、基團、整數及/或步驟的存在，但不排除其他未說明的特徵、元素、組分、基團、整數及/或步驟的存在。前述也適用於具有類似意義的單詞，諸如術語，「包括」、「具有」及彼等的衍生詞。術語「由...組成」及其衍生詞，如本文所用，意欲為封閉式術語，其指定所述特徵、元素、組分、基團、整數及/或步驟的存在，但排其他未說明所述特徵、元素、組分、基團、整數及/或步驟的存在。術語「基本上由...組成」，如本文所用，意欲指定所述特徵、元素、組分、基團、整數及/或步驟及彼等不會嚴重影響所述特徵、元素、組分、基團、整數及/或步驟的基本和新穎特性者的存在。

【0041】 程度的術語諸如「實質上」、「約」和「大約」如本文所用意指偏離所修飾之術語而使最終結果不會顯著改變的合理量。此等程度的術語應解釋為若該偏離不會否定其修飾之詞的意義，則包括偏離所修飾之術語至少 $\pm 5\%$ 。

【0042】 術語「及/或」如本文所用意指所列項目單獨或組合存在或使用。實際上，該術語意指使用或存在所列項目中「之至少一者」或「一或多者」。

【0043】 如在本申請案所用，單數形式「一(a、an)」和「該」包括複數引用，除非內容另外明確指出。例如，包括「一導電銀跡線」的實施態樣應當理解為存在一個導電銀跡線或二或更個多個額外的導電銀跡線之某些態樣。

【0044】 在包含「額外的」或「第二」組分(諸如額外的或第二導電銀跡線)之實施態樣中，該第二組分如本文所用係與其他組分或第一組分不同。「第三」組分係與其他成分、第一和第二組分不同，且進一步列舉或「額外」的組分類似地不同。

【0045】術語「適當」如本文所用意指特定試劑或條件的選擇將取決於將進行的反應或方法步驟以及所要的結果，但仍然通常可在熟習該項技術者知道所有相關信息後就進行。

【0046】術語「導電跡線油墨」如本文所用係指一旦沉積(例如印刷)在基板上就可導電的油墨，或者可使用該項技術已知的適當方法(諸如固化(包括燒結))進一步處理以變成導電的油墨。示例性導電跡線油墨包括分子油墨和奈米粒子油墨。

【0047】如本文所用關於處理在基板上的導電跡線油墨之術語「固化」係指最終使油墨導電性的手段。固化可以一或多個階段進行，該階段可按順序進行或可不按順序進行。例如，在製造成形電子零件或元件的熱成形方法中，可在第一階段中乾燥沉積在基板上之導電跡線油墨及在第二階段中燒結。固化的第一階段之後，在進行第二階段(即燒結)之前，在熱成形方法中可採取其他步驟以用沉積導電跡線油墨將基板塗布、包覆成型、成形等等。當使用關於熱固性包覆成型樹脂之術語「固化」時，其類似地係指處理樹脂之前驅物以固化樹脂而獲得包覆成型的零件。

【0048】術語「分子油墨」如本文所用係指一種包含在燒結時可還原為 0 氧化態的金屬陽離子之油墨。

【0049】術語「高溫分子油墨」如本文所用係指在約 125-250°C (例如約 150-230°C)之溫度範圍下可燒結之分子油墨，諸如 PCT 申請案公開號 WO 2015/192248 中所述之分子油墨。例如，該等包含銀陽離子之高溫分子油墨可在約 200-230°C 的範圍之溫度下燒結。例如，該等包含銅陽離子之高溫分子油墨可在約 125-175°C 的範圍之溫度下燒結。

【0050】術語「低溫分子油墨」如本文所用係指在低於包含相同陽離子之高溫分子油墨的溫度範圍下可燒結之分子油墨。包含銅陽離子之低溫分子油墨係描述於 PCT 申請案公開號 WO 2016/197234 和 WO 2018/018136

中。包含銀陽離子之低溫分子油墨係描述於本申請案之實施態樣中，其在約 80°C 至約 140°C (例如，約 85°C 至約 140°C，或約 90°C 至約 130°C) 之溫度範圍下可燒結。其他示例性包含銀陽離子之油墨係描述於 WO 2018/146616 中。也可提供包含熱保護劑之低溫油墨，以使該油墨可印刷在低溫/可熱成形基板上且可以廣譜紫外線 (UV) 光燒結成導電跡線 (參見 PCT/IB2019/056612)。

【0051】術語「奈米粒子油墨」如本文所用係指一種包含 0 氧化態的金屬奈米粒子之油墨，其在固化時熔融。奈米粒子可為片狀或其他形狀。

【0052】術語「銀片油墨」如本文所用係指包含 0 氧化態的銀奈米粒子片之油墨，其在固化時熔融。

II. 方法

【0053】設計為製造包覆成型的電子零件的多步驟製造方法中，必須考慮許多方法設計考慮因素，以有效地發揮用於製造該等零件的組成物和元件的不同性質之重要功效，其通常涉及對層化物質和將電子元件整合成包覆成型的電子零件。材料/物質和元件的不同且通常不相容的性質所引起的挑戰之決解，以及需要實現決定材料或物質、處理方法以及製造包覆成型的電子零件所採用的處理步驟之順序的選擇之處理效率。在一實施態樣中，製造包覆成型的印刷電子零件之方法包含材料或物質至基板(諸如油墨、介電質、黏著劑、其他塗層和強化材料)之一或多個施用步驟(例如沉積、印刷、射出、等等)。在另一實施態樣中製造包覆成型的印刷電子零件之方法包含一或多個處理步驟(例如乾燥、加熱、UV 固化、燒結、等等)。

【0054】例如，適當導電跡線油墨的選擇將取決於需要有效地將油墨沉積在基板上並在熱成形方法期將彼等暴露於熱處理和機械應力下，以在所得電子零件中獲得適當導電跡線。提供替代材料選項提供可為了應用於不同行業而進行改良電子零件的製造和多樣性所需之方法和零件設計靈活性。

【0055】 用於包覆成型電子零件之方法，其包含使用已知的射出成型技術以分子油墨印刷，可製造具有超過片狀油墨或與片狀油墨組合使用之複雜性增加的零件。例如，由於由分子油墨製備的跡線之伸長能力增加，所以分子油墨較佳使用在熱成形方法期間進行更多成形之基板的區域上。換句話說，增加導電跡線的最大伸長率可打開用於製造更複雜的 3D 結構的空間。相比之下，奈米粒子油墨較佳可使用在進行較小程度的成形但在製造期間將需要物質層化及/或保持電子元件之間的電連接之基板的區域上。在此情況下，燒結方法的施用適應於基板的該等區域之能力有利於使用一或多種不同種類的導電跡線油墨。因此，分子油墨可與奈米粒子油墨組合使用於形成電路連接點和其他電特徵。將有其中可少量使用奈米粒子油墨、其中尋求較低的電阻和基板伸長(並因此機械應力)是小之區域，諸如，其中有連接器墊、LED 端子墊和橫渡線(cross-overs)。當製造電子零件時，不同油墨的使用與不同材料/物質和成分的層置，也可能需要使用介電質，以將沉積的導電跡線油墨和電橫渡線或連接點與其它電路特徵隔離(全部或部分)。此可對有關穿過多層燒結沉積跡線(熱成形後)以使獲得良好的導電性同時也將對電子零件中的損壞最少化之效率產生挑戰。不透明的電介質在沉積導電跡線油墨的固化不需要在電介質沉積之後進行燒結的區域中可為非常有效的絕緣體。

【0056】 當使用需要燒結的分子油墨時，可能需要首先在施加電介質之前，燒結沉積的導電跡線油墨。或者，透明電介質可更適合於其中為了製造效率而沉積導電跡線油墨之固化需要在熱成形之後燒結穿過材料層的區域。在施加電介質之前或之後燒結的設計選擇取決於其中沉積導電跡線油墨的基板之給定區域在熱成形期間是否預計明顯成形。若所得導電跡線在成形期間沒有受到過大的機械應力(例如導電跡線將經歷最小到沒有拉伸、彎曲扭曲、等等)，則沉積的導電跡線油墨的燒結可在熱成形之前進行，以避免

基板的龜裂和黏著損失。

【0057】舉例來說，Sun Chemical DST 4826C 為透明介電質，但比不透明介電質(諸如 Dupont ME778，白色固體材料)提供較少的保護性。雖然白色介電質提供優異的電隔離性，但它只能在非光學或透視特性存在的情況下使用，因為進行的測試表明不可能在此材料層下光燒結跡線。相比之下，透明材料有利於允許光通過，簡化屏蔽方法，且其中想要的是放置介電質作為整個表層(其中後熱成形燒結為較佳)。

【0058】在製造包覆成型的電子零件中的其他考慮因素(除了確保其電功能的完整性之外)為確保所得到電子零件為輕量，以及在製造期間和在其預定目的之正常使用期間的回彈性和耐損壞性。在包覆成型中使用熱固性樹脂(諸如脂族聚胺甲酸酯樹脂)代替傳統熱塑性樹脂可促進低成本的模具、低成本的射出系統及/或具有改良的表面品質、抗刮性及/或機械性質的零件之使用。這是由於彼等一旦固化就會更硬或更韌的性質。

【0059】也可將 UV 固化硬塗層塗覆在其中沉積導電跡線油墨之基板的對面(第二表面)，以使所得的電子零件更硬。在一實施態樣中，將硬塗層整合為基板(例如，可以 Lexan 獲得之聚碳酸酯基板)的一部分。塗層為撓性且在熱成形期間保持其完整性且可 UV 固化以在熱成形後變硬。在另一實施態樣中，將完成的熱成形零件浸入塗料或以塗料噴塗，然後將其 UV 固化。

【0060】包含發泡包覆成型樹脂(熱塑性或熱固性樹脂)及/或包含嵌入包覆成型樹脂(熱塑性或熱固性樹脂)中的玻璃微球之包覆成型的印刷電子零件可比其中樹脂非發泡且不含玻璃微球的類似包覆成型的印刷電子零件顯著較輕。發泡熱塑性和熱固性聚合物由於軟填充效應也可減少電跡線的損壞，導致增加電路複雜性和零件中可用表面之能力。

【0061】相較於沒有結構強化的相似零件，在基板和包覆成型樹脂(熱塑性或熱固性樹脂)之間包含結構強化層(諸如玻璃布層等等)的包覆成型的

印刷電子零件可顯著改變最終零件的性質，例如，熱及/或機械性質，使零件在結構本質上或更薄及/或更輕。

【0062】 另一方法或方法設計考慮為特定包覆成型電子零件是否將包括光或光學特徵，例如當使用 LED 製造背光零件時。在此情況下，可調整適當電介質之選擇及玻璃纖維強化材料和玻璃微球的施加以適應照明特徵 (lighting feature) 的整合。可操縱玻璃纖維的使用，以便在不存在可吸收光的介入材料的情況下留下允許光通過的開口。類似地，玻璃微球將不會用於預期具有照明特徵的區域。

【0063】 因此，本申請案包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

在基板上沉積低溫分子油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線；

燒結在基板上的油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導電銀跡線；

射出包覆成型樹脂或其前驅物在基板的第一表面上之導電銀跡線上；及

硬化包覆成型樹脂或固化其前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0064】 藉由任何適當方法將低溫分子油墨沉積在基板上以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線。在一實施態樣中，將低溫分子油墨印刷在基板上。在另一實施態樣中，印刷包含網版印刷、噴墨印刷、柔版印刷、凹版印刷、平板印刷、空氣噴刷 (airbrushing)、氣溶膠印刷、排版 (typesetting) 或衝印 (stamping)。在本申請案之另一實施態樣中，藉由網版印刷沉積低溫分子油墨。

【0065】 藉由任何適當方法將非導電跡線燒結以形成導電銀跡線，該

方法可取決於例如其上沉積跡線的基板之類型及/或油墨中銀鹽的類型。燒結分解銀鹽而形成銀的導電粒子(例如奈米粒子)。在一實施態樣中，燒結包含加熱及/或利用強脈衝紫外線(UV)光的光子燒結。在另一實施態樣中，燒結包括施加寬帶 UV 光。

【0066】 在一實施態樣中，燒結包含加熱。在另一實施態樣中，加熱基板使跡線乾燥並燒結，以形成導電跡線。低溫分子油墨的一個優點為加熱可在相對低的溫度範圍內進行，例如，對於含銀陽離子之低溫分子油墨為約 80°C 至約 140°C，約 85°C 至約 140°C，或約 90°C 至約 130°C。雖然在較低溫度下燒結的能力為這些油墨的優點，但是如果需要，替代地，也可在較高的溫度下，例如在約 150°C 或更高的溫度或達約 250°C 的溫度下進行加熱。

【0067】 在一實施態樣中，加熱係進行約 1 小時或更少之時間。在另一實施態樣中，加熱係進行約 30 分鐘或更少之時間，例如在約 1 至約 30 分鐘，或約 2 至約 20 分鐘的範圍之時間。在另外的實施態樣中，加熱係進行約 5 至約 20 分鐘之時間。在溫度和時間之間的足夠平衡下進行加熱，以將在基板上跡線燒結而形成導電跡線。例如，可藉由在 120°C 下燒結短至 5 分鐘或在 90°C 下燒結 20 至 40 分鐘形成窄的高導電跡線。加熱設備的類型也影響燒結所需的溫度和時間。在一實施態樣中，燒結以基板在氧化氛圍(例如空氣)的情況下進行。在另一實施態樣中，在惰性氛圍(例如氮及/或氬氣)下進行燒結。

【0068】 在另一實施態樣中，燒結包含光子燒結。在一實施態樣中，光子燒結包含具有傳遞光之寬帶光譜的高強度燈(例如，脈衝氬燈)的光子燒結系統。在一實施態樣中，燈傳遞約 5 至約 20 J/cm² 的能量至跡線。在另一實施態樣中，脈寬在約 0.58 至約 1.5 ms 的範圍。在一實施態樣中，光子燒結在周圍條件下(例如在空氣中)進行。光子燒結尤其適合於聚對酞酸乙二酯、聚碳酸酯和聚鹽亞胺基板。

【0069】 在本申請案之一另外的實施態樣中，使用微波或近紅外線(NIR)方法進行燒結，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0070】 藉由乾燥及燒結在基板上的低溫分子油墨所形成的導電跡線具有任何適當厚度和寬度。有利地的是可乾燥及燒結低溫分子油墨以形成相對薄及/或窄的導電跡線，同時保持相對高的導電性(即相對低的電阻率)。在一些實施態樣中，導電跡線具有約 4 微米或更少，或約 1.5 微米或更少，或約 1 微米或更少，例如約 0.3-1.5 微米或約 0.4-1 微米的平均厚度。在一些實施態樣中，導電跡線具有約 30 密耳或更低，或約 20 密耳或更低，例如約 2-20 密耳之標稱線寬。在一些實施態樣中，片電阻率值為小於約 30 mΩ/□/密耳，或約 20 mΩ/□/密耳或更少，例如約 5-20 mΩ/□/密耳。另外，油墨可在基板上提供具相對低的線寬對間距(L/S)值的導電跡線，其本身有利地提供電子電路之小型化。例如，L/S 值可為小於約 100/70 μm，甚至低至約 42/38 μm。

【0071】 在一些實施態樣中，在沉積低溫分子油墨之後及在燒結非導電跡線之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。在一些實施態樣中，在燒結非導電跡線之後及在射出包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。將基板成形以獲得成形基板可包含任何適當的手段，其之選擇可由熟習該項技術者選擇。在一實施態樣中，藉由一種包含熱成形、冷成形、擠出或吹氣成型之方法將基板成形為成形基板。在另一實施態樣中，藉由一種包含熱成形之方法將基板成形為成形基板。因此，在一些實施態樣中，在沉積低溫分子油墨之後及在燒結非導電跡線之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。因此，在一些實施態樣中，在燒結非導電跡線之後及在射出包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。

【0072】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之前，該方

法另外包含將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在一實施態樣中，一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0073】 在本申請案之一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後及在射出包覆成型樹脂之前，該方法另外包含在該基板的第一表面上引入玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當玻璃纖維強化層。例如，熟習該項技術者將理解強化層有利地具有與包覆成型樹脂約相同之反射率。在一實施態樣中，經由預浸膠帶或共混(co-mingled)織物引入玻璃纖維強化層。在其中包覆成型樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，可經由乾織物另外引入玻璃纖維強化層，乾織物在射出期間飽和。在一實施態樣中，藉由一種包含下列之方法引入玻璃纖維強化層：在玻璃纖維強化層和基板之間施加紫外線可固化黏著劑的飛濺塗層，在基板上真空袋成形玻璃纖維強化層，及黏著劑之紫外線固化。熟習該項技術者將理解該種方法可在包覆成型樹脂或其前驅物射出期間將玻璃纖維強化層保持在正確的位置，而將零件內部的移動最小化。在一實施態樣中，使用高能量紫外線系統穿過玻璃纖維強化層和真空袋將紫外線黏著劑固化。可使用任何適當黏著劑和系統。例如，Fusion UV V 燈泡可用於穿過二種材料達成適當的固化。

【0074】 在一些實施態樣中，在沉積低溫分子油墨之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積一或多種裝飾性油墨。該一或多種裝飾性油墨為任何適當的裝飾性油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請

案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化裝飾性油墨以驅散溶劑。

【0075】 在一些實施態樣中，在沉積低溫分子油墨之前或在沉積低溫分子油墨之後及在燒結非導電跡線或視需要地在將基板成形(例如熱成形)之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積介電油墨。介電油墨為任何適當的介電油墨且藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化介電油墨。

【0076】 在本申請案之一些實施態樣中，該方法包含在基板上重複沉積低溫分子油墨以獲得多層之導電銀跡線。

【0077】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後，該方法另外包含將紫外線可固化硬塗層施加至基板的第二表面。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層且係使用任何適當的手段施加，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0078】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂為熱塑性樹脂。熟習該項技術者將理解熱塑性樹脂當加熱時變軟及當冷卻時變硬。因此，在包含使用熱塑性樹脂之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下將熱塑性樹脂冷卻。熱塑性樹脂為任何適當的熱塑性樹脂。

【0079】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂的前驅物為熱固性樹脂之前驅物。如本文所用關於熱固性樹脂之術語「前驅物」係指在固化時藉由交聯或鏈伸長產生熱固性樹脂的組分或組分的組合。因此，在包含使用熱固性樹脂之前驅物之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下固化熱固性樹脂前驅物。熱固性樹脂之前驅物為任何適當的熱固性樹脂之前驅物。在一實施態樣中，熱固性樹脂之前驅物為任何適當的聚胺甲酸酯熱固性樹脂之前驅物。在

另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明的脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在一另外的實施態樣中，前驅物包含異氰酸酯、多元醇和觸媒。

【0080】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂或其前驅物係與玻璃微球組合射出。玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球具有粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0081】 在一些實施態樣中，在獲得發泡體之條件下射出包覆成型樹脂或其前驅物。獲得發泡體之適當條件可由該熟習該技術者容易地選擇。在一些實施態樣中，獲得發泡體之條件包含將發泡劑引進包覆成型樹脂或其前驅物，其將在硬化或固化包覆成型樹脂中產生微孔形態。發泡劑為任何適當的發泡劑。在一些實施態樣中，發泡劑為偶氮二甲醯胺(ADCA)或碳酸氫鈉。

【0082】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 Melinex™)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯(polyethylene naphthalate)、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(Teslin™))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 Kapton™)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙

烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(polyphenylene sulfide)(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供低溫應用之包覆成型的印刷電子零件及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供航太應用之包覆成型的印刷電子零件，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板包含聚碳酸酯。

【0083】 在包含將基板成形(例如熱成形)的本申請案之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，熟習該項技術者將理解基板為可成形基板且因此包含可形成(例如熱成形)的材料。因為低溫分子油墨可在 100°C 以下的溫度下乾燥及燒結以形成導電跡線，所以低溫分子油墨與目前市售的可成形基板之範圍相容。可成形基板在特定的成形條件下可為撓性(例如可彎曲、可拉伸、可扭曲等等)。在一些情況下，可成形基板可在成形之後保持成形的形式，而在其他情況下，可能需要外力來將成形基板保持在成形的形式。

【0084】 在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。熟習該項技術者參考本申請案之揭示內容可容易地修改製造具有單面或雙面之包覆成型的印刷電子零件之方法。

【0085】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

射出熱固性包覆成型樹脂的前驅物在基板的第一表面上之導電跡線上；及

固化熱固性包覆成型樹脂的前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0086】 在一實施態樣中，在基板的第一表面上之導電跡線係藉由一種包含下列之方法獲得：

在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線；及

固化在基板上的油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導電跡線。

【0087】 藉由任何適當的方法將導電跡線油墨沉積在基板上以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線。在一實施態樣中，將導電跡線油墨印刷在基板上。在另一實施態樣中，印刷包含網版印刷、噴墨印刷、柔版印刷、凹版印刷、平板印刷、空氣噴刷、氣溶膠印刷、排版或衝印。在本申請案之另一實施態樣中，藉由網版印刷沉積導電跡線油墨。

【0088】 導電跡線油墨為固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨。在另一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。固化在基板上的油墨之非導電跡線以形成導電跡線的條件將取決於導電跡線油墨的選擇。在一實施態樣中，導電跡線油墨為低溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當條件且係選自本文所述之用於燒結低溫分子油墨的任何適當實施態樣。在另一實施態樣中，低溫分子油墨之燒結包含光子燒結。

【0089】 在一實施態樣中，導電跡線油墨為高溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當條件且係選自例如 PCT 申請案公開號 WO 2015/192248 中所述之燒結高溫分子油墨的任何適當條件。在另一實施態樣中，高溫分子油墨之燒結包含光子燒結。

【0090】在相關實施態樣中，高溫分子油墨包含金屬前驅物分子，特別是金屬羧酸鹽，更特別是 C_8 - C_{12} 羧酸銀或雙(2-乙基-1-己胺)甲酸銅(II)、雙(辛胺)甲酸銅(II)或參(辛胺)甲酸銅(II)。因為油墨不包含薄片，所以由該油墨形成之導電跡線包含互連金屬奈米粒子，其允許非常薄且窄的導電跡線之形成。

【0091】分子油墨包含一種組成物，該組成物包含約 30-60 wt%的 C_8 - C_{12} 羧酸銀或約 5-75 wt%的雙(2-乙基-1-己胺)甲酸銅(II)、雙(辛胺)甲酸銅(II)或參(辛胺)甲酸銅(II)，重量以組成物的總重量為基準計。較佳地，組成物包含約 45-55 wt%(例如約 50 wt%)的羧酸銀，或約 65-75 wt%(例如約 72 wt%)的雙(2-乙基-1-己胺)甲酸銅(II)、雙(辛胺)甲酸銅(II)或參(辛胺)甲酸銅(II)。

【0092】在一實施態樣中，羧酸銀為 C_8 - C_{12} 烷酸之銀鹽。烷酸較佳為癸酸，更佳為新癸酸。羧酸銀最佳為新癸酸銀。在一相關實施態樣中，油墨包含 30-60 wt%的 C_8 - C_{12} 羧酸銀、0.1-10 wt%的聚合物黏合劑和餘下的至少一種有機溶劑之無片(flake-less)可印刷組成物，所有重量以組成物的總重量為基準計。在又一相關實施態樣中，油墨包含：45-55 wt%的新癸酸銀；2.5-5 wt%的具有重量平均分子量在從 60,000-70,000 g/mol 的範圍之第一乙基纖維素和具有重量平均分子量在從 90,000-100,000 g/mol 的範圍之第二乙基纖維素混合物；及，餘下的包含至少一種芳族溶劑和萸品醇之混合物的有機溶劑，所有重量以組成物的總重量為基準計。

【0093】在另一實施態樣中，金屬羧酸鹽為甲酸和 2-乙基-1-己胺或辛胺之銅錯合物。羧酸銅最佳為雙(2-乙基-1-己胺)甲酸銅(II)。在一相關實施態樣中，油墨包含 5-75 wt%的雙(2-乙基-1-己胺)甲酸銅(II)、雙(辛胺)甲酸銅(II)或參(辛胺)甲酸銅(II)、0.25-10 wt%的聚合物黏合劑和餘下的至少一種有機溶劑之無片可印刷組成物，所有重量以組成物的總重量為基準計。

【0094】 分子油墨中之組成物也包含約 0.1-10 wt%，較佳約 0.25-10 wt%的聚合物黏合劑，以組成物的總重量為基準計。關於可網版印刷銀油墨，組成物較佳包含約 2.5-5 wt%的黏合劑，例如約 5 wt%。關於銅油墨，組成物較佳包含約 0.5-2 wt%的黏合劑，更佳約 0.5-1.5 wt%，例如約 1 wt%。

【0095】 聚合物黏合劑的量也可按照金屬前驅物分子中金屬之質量表示。較佳地，聚合物黏合劑以前驅物中金屬的重量為基準計可以在約 2.5-52 wt%的範圍存在於組成物中。金屬前驅物分子中金屬的重量是金屬的總重，不含構成前驅物的其他元素。更佳地，聚合物黏合劑以金屬前驅物中金屬的重量為基準計在約 6.5-36 wt%的範圍。

【0096】 聚合物黏合劑較佳包含乙基纖維素、聚吡咯啉酮、環氧樹脂、酚樹脂、丙烯酸聚合物、胺甲酸乙酯、聚矽氧、苯乙烯烯丙醇、聚碳酸伸烷酯、聚乙烯縮醛、聚酯、聚胺甲酸酯、聚烯烴、氟塑料、氟彈性體、熱塑性彈性體或其任何混合物。聚合物黏合劑較佳包含乙基纖維素或聚胺甲酸酯，尤其是乙基纖維素。

【0097】 黏合劑(尤其是乙基纖維素)之分子量在優化由分子油墨形成的導電跡線之性質方面可發揮作用。較佳地，黏合劑具有範圍在約 35,000-100,000 g/mol，更佳約 60,000-95,000 g/mol 之重均平均分子量(M_w)。黏合劑之重均平均分子量可藉由使用具有不同分子量的黏合劑之混合物調整至所需值。黏合劑之混合物較佳包含具有範圍在約 60,000-70,000 g/mol(例如約 65,000 g/mol)的重量平均分子量之第一黏合劑和具有範圍在約 90,000-100,000 g/mol(例如約 96,000 g/mol)的重量平均分子量之第二黏合劑的混合物。混合物中之第一對第二黏合劑的比例較佳為約 10:1 至 1:10，或 10:1 至 1:1，或約 7:1 至 5:3。黏合劑之分子量分佈可為單峰或多峰，例如雙峰。在一些實施態樣中，黏合劑可包含不同類型的聚合物之混合物。

【0098】 分子油墨中之組成物也包含溶劑。溶劑通常構成該組成物的剩餘部分。剩餘部分在某些情況下可約 15-94.75 wt%。關於銀油墨，剩餘部分較佳為 40-52.5 wt%溶劑，例如約 45 wt%。關於銅油墨，剩餘部分較佳為 25-30 wt%溶劑，例如約 27 wt%。

【0099】 溶劑可包含至少一種芳族有機溶劑、至少一種非芳族有機溶劑或其任何混合物。

【0100】 在一些實施態樣中，溶劑較佳包含至少一種芳族有機溶劑。該至少一種芳族有機溶劑較佳包含苯、甲苯、乙苯、二甲苯、氯苯、苧醚、大茴香醚、苯甲腈、吡啶、二乙苯、丙苯、異丙苯、異丁苯、對異丙基甲苯、四氫萘、三甲基苯(例如對稱三甲基苯)、茈、對異丙苯或其任何混合物。該至少一種芳族有機溶劑更佳包含甲苯、二甲苯、大茴香醚、二乙苯或其任何混合物。關於基於銀之油墨，溶劑更佳包含二甲苯、二乙苯、甲苯或其任何混合物。關於以銅為主之油墨，溶劑較佳包含大茴香醚。

【0101】 在一些實施態樣中，溶劑較佳包含至少一種非芳族有機溶劑。該至少一種非芳族有機溶劑較佳包含基於萜烯之溶劑、醇或其任何混合物。非芳族有機溶劑之一些實例包括萜品醇、 α -萜品烯、 γ -萜品烯、萜品油烯、萜烯、一烯蒾、萜烯、甲基環己醇、辛醇、庚醇或其任何混合物。特別值得注意的是萜品醇、 α -萜品烯、2-甲基環己醇、1-辛醇及其混合物，尤其是 2-甲基環己醇。在一些實施態樣中，溶劑較佳包含至少一種芳族有機溶劑和至少一種非芳族有機溶劑之混合物。非芳族有機溶劑以溶劑的重量為基準計較佳以約 75 wt%或更少之量存在於溶劑混合物中，例如約 50 wt%或更少。在一實施態樣中關於基於銀之油墨，溶劑可包含二甲苯和萜品醇或二乙苯和 1-辛醇之混合物。

【0102】 在另一實施態樣中，導電跡線油墨為奈米粒子油墨(例如銀片油墨)且該固化包含燒結。用於燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)之條件為

任何適當條件且可由熟習該項技術者容易地從已知方法中選擇。在另一實施態樣中，藉由一種包含加熱之方法燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。

【0103】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。在一些實施態樣中，在固化非導電跡線之後及在射出熱固性包覆成型樹脂的前驅物之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。將基板成形以獲得成形基板可包含任何適當的手段，其之選擇可由熟習該項技術者選擇。在一實施態樣中，藉由一種包含熱成形、冷成形、擠出或吹氣成型之方法將基板成形。在另一實施態樣中，藉由一種包含熱成形之方法將基板成形為成形基板。因此，在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。因此，在一些實施態樣中，在固化非導電跡線之後及在射出熱固性包覆成型樹脂的前驅物之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。

【0104】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之前，該方法另外包含將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在一實施態樣中，該一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0105】 在本申請案之一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後及在射出熱固性包覆成型樹脂的前驅物之前，該方法另外包含在基板的第一表面上引入玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當的玻璃纖維強化層。例如，熟習該項技術者將理解強化層有利地具有與包覆成型樹脂約相

同之反射率。在一實施態樣中，經由預浸膠帶、共混織物或乾織物引入玻璃纖維強化層，乾織物在射出期間被飽和。在一實施態樣中，藉由一種包含下列之方法引入玻璃纖維強化層：在玻璃纖維強化層和基板之間施加紫外線可固化黏著劑的飛濺塗層，在基板上真空袋成形玻璃纖維強化層，及黏著劑之紫外線固化。熟習該項技術者將理解該種方法可在熱固性包覆成型樹脂的前驅物射出期間將玻璃纖維強化層保持在正確的位置，而將零件內部的移動最小化。在一實施態樣中，使用高能量紫外線系統穿過玻璃纖維強化層和真空袋將紫外線黏著劑固化。可使用任何適當的黏著劑和系統。例如，Fusion UV V 燈泡可用於穿過二種材料達成適當的固化。

【0106】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積一或多種裝飾性油墨。該一或多種裝飾性油墨為任何適當裝飾性油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前將裝飾性油墨固化以驅散溶劑。

【0107】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前或在沉積該導電跡線油墨之後及在固化該非導電跡線或視需要地在將基板成形(例如熱成形)之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積介電油墨。介電油墨為任何適當的介電油墨且藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化介電油墨。

【0108】 在本申請案之一些實施態樣中，該方法包含在基板上重複沉積導電跡線油墨以獲得多層之導電跡線。

【0109】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後，該方法另外包含將紫外線可固化硬塗層施加至基板的第二表面。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層且係使用任何適當的手段施加，其選

擇可由熟習該項技術者進行。

【0110】熱固性樹脂的前驅物為任何適當的熱固性樹脂的前驅物。在一實施態樣中，熱固性樹脂的前驅物為聚胺甲酸酯樹脂之前驅物。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在一另外的實施態樣中，前驅物包含異氰酸酯、多元醇和觸媒。

【0111】在一些實施態樣中，熱固性樹脂的前驅物係與玻璃微球組合射出。玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0112】在一些實施態樣中，熱固性樹脂的前驅物係在獲得發泡體之條件下射出。獲得發泡體的適當條件之選擇可由該熟習該技術者容易地進行。在一些實施態樣中，獲得發泡體之條件包含將發泡劑引進熱固性樹脂之前驅物中，其將在硬化或固化包覆成型樹脂中產生微孔形態。發泡劑為任何適當的發泡劑。在一些實施態樣中，發泡劑為偶氮二甲醯胺(ADCA)或碳酸氫鈉。

【0113】基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 Melinex™)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(Teslin™))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 Kapton™)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸

乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供低溫應用之包覆成型的印刷電子零件及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供航太應用之包覆成型的印刷電子零件，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板包含聚碳酸酯。

【0114】 在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。熟習該項技術者參考本申請案之揭示內容可容易地修改製造具有單面或雙面之包覆成型的印刷電子零件之方法。

【0115】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

射出一種包含下列之組成物：

包覆成型樹脂或其前驅物；及

玻璃微球，

在基板的第一表面上之導電跡線上；及

硬化包覆成型樹脂或固化其前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0116】 在一實施態樣中，在基板的第一表面上之導電跡線係藉由一種包含下列之方法獲得：

在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線；及

固化在基板上的油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導電跡線。

【0117】藉由任何適當的方法在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線。在一實施態樣中，將導電跡線油墨印刷在基板上。在另一實施態樣中，印刷包含網版印刷、噴墨印刷、柔版印刷、凹版印刷、平板印刷、空氣噴刷、氣溶膠印刷、排版或衝印。在本申請案之另一實施態樣中，藉由網版印刷沉積導電跡線油墨。

【0118】導電跡線油墨為固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨。在一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。固化在基板上的油墨之非導電跡線以形成導電跡線的條件將取決於導電跡線油墨的選擇。在一實施態樣中，導電跡線油墨為低溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當的條件且係選自本文所述之用於燒結低溫分子油墨的任何適當的實施態樣。在另一實施態樣中，低溫分子油墨之燒結包含光子燒結，或寬帶 UV 燒結。在一實施態樣中，導電跡線油墨為高溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當條件且係選自例如 PCT 申請案公開號 WO 2015/192248 中所述之燒結高溫分子油墨的任何適當條件。在另一實施態樣中，高溫分子油墨之燒結包含光子燒結。在一實施態樣中，導電跡線油墨為奈米粒子油墨(例如銀片油墨)且固化包含燒結。用於燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)之條件為任何適當條件並且可由熟習該項技術者從已知方法中容易地選擇。在另一實施態樣中，藉由包含加熱之方法燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。

【0119】在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導

電跡線之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。在一些實施態樣中，在固化非導電跡線之後及在射出組成物之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。將基板成形以獲得成形基板可包含任何適當的手段，其之選擇可由熟習該項技術者選擇。在一實施態樣中，藉由一種包含熱成形、冷成形、擠出或吹氣成型之方法將基板成形為成形基板。在另一實施態樣中，藉由一種包含熱成形之方法將基板成形為成形基板。因此，在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。因此，在一些實施態樣中，在固化非導電跡線之後及在射出組成物之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。

【0120】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之前，該方法另外包含將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在一實施態樣中，該一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0121】 在本申請案之一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後及在射出組成物之前，該方法另外包含在基板的第一表面上引入玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當的玻璃纖維強化層。例如，熟習該項技術者將理解強化層有利地具有與包覆成型樹脂約相同之反射率。在一實施態樣中，經由預浸膠帶或共混織物引入玻璃纖維強化層。在其中包覆成型樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，可經由乾織物另外引入玻璃纖維強化層，乾織物在射出期間被飽和。在一實施態樣中，藉由一種包含下列之方法引入玻璃纖維強化層：在玻璃纖維強化層和基板之間施加紫外線可固化黏著劑的飛

濺塗層，在基板上真空袋成形玻璃纖維強化層，及黏著劑之紫外線固化。熟習該項技術者將理解該種方法可在組成物射出期間將玻璃纖維強化層保持在正確的位置，而將零件內部的移動最小化。在一實施態樣中，使用高能量紫外線系統穿過玻璃纖維強化層和真空袋將紫外線黏著劑固化。可使用任何適當的黏著劑和系統。例如，Fusion UV V 燈泡可用於穿過二種材料達成適當的固化。

【0122】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積一或多種裝飾性油墨。該一或多種裝飾性油墨為任何適當的裝飾性油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化裝飾性油墨以驅散溶劑。

【0123】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前或在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線或視需要地將基板成形(例如熱成形)之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積介電油墨。介電油墨為任何適當的介電油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化介電油墨。

【0124】 在本申請案之一些實施態樣中，該方法包含在基板上重複沉積導電跡線油墨以獲得多層之導電跡線。

【0125】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後，該方法另外包含將紫外線可固化硬塗層施加至基板的第二表面。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層且係使用任何適當的手段施加，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0126】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂為熱塑性樹脂。熟習該項技術者將理解熱塑性樹脂當加熱時變軟及當冷卻時變硬。因此，在包含使用

熱塑性樹脂之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下冷卻熱塑性樹脂。熱塑性樹脂為任何適當的熱塑性樹脂。

【0127】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂的前驅物為熱固性樹脂之前驅物。在包含使用熱固性樹脂的前驅物之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下固化熱固性樹脂前驅物。熱固性樹脂之前驅物為任何適當的熱固性樹脂之前驅物。在一實施態樣中，熱固性樹脂的前驅物為任何適當的聚胺甲酸酯熱固性樹脂的前驅物。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在一另外的實施態樣中，前驅物包含異氰酸酯、多元醇和觸媒。

【0128】 玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0129】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 MelinexTM)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(TeslinTM))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 KaptonTM)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、

聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供低溫應用之包覆成型的印刷電子零件及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供航太應用之包覆成型的印刷電子零件，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板包含聚碳酸酯。

【0130】 在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。熟習該技術人員參照本申請案之揭示內容可很容易地修改用於製造具有單面或雙面之包覆成型的印刷電子零件之方法。

【0131】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

在獲得發泡包覆成型的樹脂或其發泡前驅物之條件下將包覆成型樹脂或其前驅物射出在基板的第一表面上之導電跡線上；及

硬化發泡包覆成型樹脂或固化其發泡前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0132】 在一實施態樣中，在基板的第一表面上之導電跡線係藉由一種包含下列之方法獲得：

在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線；及

固化在基板上的油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導

電跡線。

【0133】藉由任何適當的方法在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線。在一實施態樣中，將導電跡線油墨印刷在基板上。在另一實施態樣中，印刷包含網版印刷、噴墨印刷、柔版印刷、凹版印刷、平板印刷、空氣噴刷、氣溶膠印刷、排版或衝印。在本申請案之另一實施態樣中，藉由網版印刷沉積導電跡線油墨。

【0134】導電跡線油墨為固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨。在一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。固化在基板上的油墨之非導電跡線以形成導電跡線的條件將取決於導電跡線油墨的選擇。在一實施態樣中，導電跡線油墨為低溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當的條件且係選自本文所述之用於燒結低溫分子油墨的任何適當實施態樣。在另一實施態樣中，低溫分子油墨之燒結包含光子燒結。在一實施態樣中，導電跡線油墨為高溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當條件且係選自例如 PCT 申請案公開號 WO 2015/192248 中所述之燒結高溫分子油墨的任何適當條件。在另一實施態樣中，高溫分子油墨之燒結包含光子燒結。在一實施態樣中，導電跡線油墨為奈米粒子油墨(例如銀片油墨)且固化包含燒結。用於燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)之條件為任何適當條件並且可由熟習該項技術者從已知方法中容易地選擇。在另一實施態樣中，藉由包含加熱之方法燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。

【0135】在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。在一些實施態樣中，在固化非導電跡線之後及在射出包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。將基板成形以獲得成形基板可包含任

何適當的手段，其之選擇可由熟習該項技術者選擇。在一實施態樣中，藉由一種包含熱成形、冷成形、擠出或吹氣成型之方法將基板成形為成形基板。在另一實施態樣中，藉由一種包含熱成形之方法將基板成形為成形基板。因此，在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。因此，在一些實施態樣中，在固化非導電跡線之後及在射出包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。

【0136】 在一些實施態樣中，在成形(例如熱成形)基板之前，該方法另外包含將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在一實施態樣中，該一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0137】 在本申請案之一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後及在射出包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含在基板的第一表面上引入玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當的玻璃纖維強化層。例如，熟習該項技術者將理解強化層有利地具有與包覆成型樹脂約相同之反射率。在一實施態樣中，經由預浸膠帶或共混織物引入玻璃纖維強化層。在其中包覆成型樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，可經由乾織物另外引入玻璃纖維強化層，乾織物在射出期間被飽和。在一實施態樣中，藉由一種包含下列之方法引入玻璃纖維強化層：在玻璃纖維強化層和基板之間施加紫外線可固化黏著劑的飛濺塗層，在基板上真空袋成形玻璃纖維強化層，及黏著劑之紫外線固化。熟習該項技術者將理解該種方法可在包覆成型樹脂或其前驅物

射出期間將玻璃纖維強化層保持在正確的位置，而將零件內部的移動最小化。在一實施態樣中，使用高能量紫外線系統穿過玻璃纖維強化層和真空袋將紫外線黏著劑固化。可使用任何適當的黏著劑和系統。例如，Fusion UV V 燈泡可用於穿過二種材料達成適當的固化。

【0138】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積一或多種裝飾性油墨。該一或多種裝飾性油墨為任何適當的裝飾性油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化裝飾性油墨以驅散溶劑。

【0139】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前或在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線或視需要地將基板成形(例如熱成形)之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積介電油墨。介電油墨為任何適當的介電油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化介電油墨。

【0140】 在本申請案之一些實施態樣中，該方法包含在基板上重複沉積導電跡線油墨以獲得多層之導電跡線。

【0141】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後，該方法另外包含將紫外線可固化硬塗層施加至基板的第二表面。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層且係使用任何適當的手段施加，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0142】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂為熱塑性樹脂。熟習該項技術者將理解熱塑性樹脂當加熱時變軟及當冷卻時變硬。因此，在包含使用熱塑性樹脂發泡體之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下將熱塑性樹脂發

泡體冷卻。熱塑性樹脂為任何適當的熱塑性樹脂。

【0143】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂的前驅物為熱固性樹脂之前驅物。在包含使用熱固性樹脂發泡體的前驅物之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下固化熱固性樹脂前驅物發泡體。熱固性樹脂之前驅物為任何適當的熱固性樹脂之前驅物。在一實施態樣中，熱固性樹脂的前驅物為任何適當的聚胺甲酸酯熱固性樹脂的前驅物。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在一另外的實施態樣中，前驅物包含異氰酸酯、多元醇和觸媒。

【0144】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂或其前驅物係與玻璃微球組合射出。玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0145】 獲得發泡包覆成型的樹脂或其發泡前驅物之條件為任何適當條件，其之選擇可由熟習該項技術者容易地進行。在一些實施態樣中，獲得發泡體之條件包含將發泡劑引進包覆成型樹脂或其前驅物，其將在硬化或固化包覆成型樹脂中產生微孔形態。發泡劑為任何適當的發泡劑。在一些實施態樣中，發泡劑為偶氮二甲醯胺(ADCA)或碳酸氫鈉。

【0146】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 Melinex™)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(Teslin™))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、

聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 Kapton™)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供低溫應用之包覆成型的印刷電子零件及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供航太應用之包覆成型的印刷電子零件，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板包含聚碳酸酯。

【0147】 在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。熟習該項技術者參考本申請案之揭示內容可容易地修改製造具有單面或雙面之包覆成型的印刷電子零件之方法。

【0148】 本申請案亦包括一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

在基板上沉積導電跡線油墨以在基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線；及

固化在基板上的油墨之非導電跡線以在基板的第一表面上形成導電跡線；

在基板的第一表面上引入玻璃纖維強化層；

將包覆成型樹脂或其前驅物射出在玻璃纖維強化層上；及
硬化包覆成型樹脂或固化其前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【0149】藉由任何適當方法在基板上沉積導電跡線油墨以在該基板的第一表面上形成油墨之非導電跡線。在一實施態樣中，將導電跡線油墨印刷在基板上。在另一實施態樣中，印刷包含網版印刷、噴墨印刷、柔版印刷、凹版印刷、平板印刷、空氣噴刷、氣溶膠印刷、排版或衝印。在本申請案之另一實施態樣中，藉由網版印刷沉積導電跡線油墨。

【0150】導電跡線油墨為固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。在一實施態樣中，導電跡線油墨為分子油墨。在一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。固化在基板上的油墨之非導電跡線以形成導電跡線的條件將取決於導電跡線油墨的選擇。在一實施態樣中，導電跡線油墨為低溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當條件且係選自本文所述之用於燒結低溫分子油墨的任何適當實施態樣。在另一實施態樣中，低溫分子油墨之燒結包含光子燒結。在一實施態樣中，導電跡線油墨為高溫分子油墨且固化包含燒結。燒結之條件為任何適當條件且係選自例如 PCT 申請案公開號 WO 2015/192248 中所述之燒結高溫分子油墨的任何適當條件。在另一實施態樣中，高溫分子油墨之燒結包含光子燒結。在一實施態樣中，導電跡線油墨為奈米粒子油墨(例如銀片油墨)且固化包含燒結。用於燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)之條件為任何適當條件並且可由熟習該項技術者從已知方法中容易地選擇。在另一實施態樣中，藉由包含加熱之方法燒結奈米粒子油墨(例如銀片油墨)。

【0151】在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。在一些實施態樣

中，在引入玻璃纖維強化層之前，該方法另外包含將基板成形以獲得成形基板。將基板成形以獲得成形基板可包含任何適當的手段，其之選擇可由熟習該項技術者選擇。在一實施態樣中，藉由一種包含熱成形、冷成形、擠出或吹氣成型之方法將基板成形為成形基板。在另一實施態樣中，藉由一種包含熱成形之方法將基板成形為成形基板。因此，在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。因此，在一些實施態樣中，在引入玻璃纖維強化層之後及在射出包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。

【0152】 在一些實施態樣中，在成形(例如熱成形)基板之前，該方法另外包含將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在一實施態樣中，該一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0153】 玻璃纖維強化層為任何適當的玻璃纖維強化層。例如，熟習該項技術者將理解強化層有利地具有與包覆成型樹脂約相同之反射率。在一實施態樣中，經由預浸膠帶或共混織物引入玻璃纖維強化層。在其中該包覆成型樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，可經由乾織物另外引入玻璃纖維強化層，乾織物在射出期間被飽和。在一實施態樣中，藉由一種包含下列之方法引入玻璃纖維強化層：在玻璃纖維強化層和基板之間施加紫外線可固化黏著劑的飛濺塗層，在基板上真空袋成形玻璃纖維強化層，及黏著劑之紫外線固化。熟習該項技術者將理解該種方法可在包覆成型樹脂或其前驅物射出期間

將玻璃纖維強化層保持在正確的位置，而將零件內部的移動最小化。在一實施態樣中，使用高能量紫外線系統穿過玻璃纖維強化層和真空袋將紫外線黏著劑固化。可使用任何適當黏著劑和系統。例如，Fusion UV V 燈泡可用於穿過二種材料達成適當的固化。

【0154】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積一或多種裝飾性油墨。該一或多種裝飾性油墨為任何適當的裝飾性油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化裝飾性油墨以驅散溶劑。

【0155】 在一些實施態樣中，在沉積導電跡線油墨之前或在沉積導電跡線油墨之後及在固化非導電跡線或視需要地將基板成形(例如熱成形)之前，該方法另外包含在基板的第一表面上沉積介電油墨。介電油墨為任何適當的介電油墨且係藉由任何適當的手段沉積在基板上，其選擇可由熟習該項技術者進行。例如，熟悉該技術者將理解在包含熱成形之本申請案方法的實施態樣中，在熱成形之前固化介電油墨。

【0156】 在本申請案之一些實施態樣中，該方法包含在基板上重複沉積導電跡線油墨以獲得多層之導電跡線。

【0157】 在一些實施態樣中，在將基板成形(例如熱成形)之後，該方法另外包含將紫外線可固化硬塗層施加至基板的第二表面。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層且係使用任何適當的手段施加，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0158】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂為熱塑性樹脂。熟習該項技術者將理解熱塑性樹脂當加熱時變軟及當冷卻時變硬。因此，在包含使用熱塑性樹脂之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下將熱塑性樹脂冷卻。熱

塑性樹脂為任何適當的熱塑性樹脂。

【0159】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂的前驅物為熱固性樹脂之前驅物。在包含使用熱固性樹脂的前驅物之製造包覆成型的印刷電子零件之方法的實施態樣中，在射出之後，在適合於獲得包覆成型的印刷電子零件之條件下將熱固性樹脂前驅物固化。熱固性樹脂之前驅物為任何適當的熱固性樹脂之前驅物。在一實施態樣中，熱固性樹脂的前驅物為任何適當聚胺甲酸酯熱固性樹脂的前驅物。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在一另外的實施態樣中，前驅物包含異氰酸酯、多元醇和觸媒。

【0160】 在一些實施態樣中，包覆成型樹脂或其前驅物係與玻璃微球組合射出。玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0161】 在一些實施態樣中，在獲得發泡體之條件下射出熱固性樹脂的前驅物。獲得發泡體之適當條件的選擇可由該熟習該技術者容易地進行。在一些實施態樣中，獲得發泡體之適當條件包含將發泡劑引進包覆成型樹脂或其前驅物中，其將在硬化或固化包覆成型樹脂中產生微孔形態。發泡劑為任何適當的發泡劑。在一些實施態樣中，發泡劑為偶氮二甲醯胺(ADCA)或碳酸氫鈉。

【0162】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 Melinex™)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴

(例如矽石填充之聚烯烴(Teslin™))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 Kapton™)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供低溫應用之包覆成型的印刷電子零件及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，該方法係用於製造供航太應用之包覆成型的印刷電子零件，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板包含聚碳酸酯。

【0163】 在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在一些實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。熟習該項技術者參考本申請案之揭示內容可容易地修改製造具有單面或雙面之包覆成型的印刷電子零件之方法。

【0164】 在本申請案用於製造包覆成型的印刷電子零件之方法中，藉由任何適當的手段進行射出，其選擇可由熟習該項技術者進行。技術人員應理解將待包覆成型的物體放進適當模具中，接著視情況而定將包覆成型的樹脂或其前驅物射出至待包覆成型的物體之表面上。在一些其中包覆成型的樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，藉由一種包含反應射出成型(RIM)的方法來射出熱固性樹脂的前驅物。在一實施態樣中，將熱固性樹脂的前驅物射出在

所要的表面上，然後使模具產生間隙，接著淹沒表面或淹沒位於模具中央的電子零件。在本申請案之一些實施態樣中，射出包含二射法(two shot approach)。在一些實施態樣中，射出包含一射法(one shot approach)。用於熱固性樹脂，諸如聚胺甲酸酯樹脂，的射出，相較於標準熱塑性樹脂，典型的射出溫度顯著較低(例如約 60°C，相較於約 250°C 或更高)和射出壓力顯著較低(例如約 150 psi，相較於約 1500psi 或更高)。

【0165】 用於冷卻包覆模製的樹脂之條件可取決於例如樹脂是否發泡或是否包含嵌入其中的玻璃微球。在該等實施態樣中，相較於沒有發泡且不包含嵌入其中的玻璃微球之類似樹脂，熱質量的減少可減少熱塑性和熱固性樹脂二者的冷卻時間。冷卻時間也可取決於樹脂的類型。例如，使用熱固性樹脂，諸如脂族聚胺甲酸酯樹脂，製造的零件將比使用熱塑性樹脂製造的零件更快地冷卻至室溫，然而聚合(固化)時間可能較慢。

【0166】 在包含使用分子油墨的製造包覆成型的印刷電子零件之方法中，分子油墨為任何適當的分子油墨。

【0167】 在包含使用低溫分子油墨的製造包覆成型的印刷電子零件之方法中，低溫分子油墨為任何適當的低溫分子油墨。

【0168】 在本申請案之一些實施態樣中，低溫分子油墨包含銅陽離子。例如，基於銅之低溫分子油墨係描述於 PCT 申請案號 WO 2016/197234 和 WO 2018/018136 中。

【0169】 在本申請案之一些實施態樣中，如 WO 2018/146616 中所揭示的低溫分子油墨包含銀陽離子。例如，適合於包含將油墨之非導電跡線燒結在基板上以在基板的第一表面上形成導電銀跡線之本申請案方法的低溫分子油墨包含銀陽離子。

【0170】 在本申請案之一些實施態樣中，低溫分子油墨包含：羧酸銀；有機胺化合物；有機聚合物黏合劑；表面張力改質劑；及溶劑。

【0171】 羧酸銀為任何適當的羧酸銀。術語「羧酸銀」如本文所用係指包含銀離子和含羧酸根部分之有機基團的有機銀鹽。在一實施態樣中，含羧酸根部分之有機基團包含從 1 至 20 個碳原子。在另一實施態樣中，羧酸根為 C_{1-20} 烷酸根(alkanoate)；即，羧酸銀為 C_{1-20} 烷酸之銀鹽。在一實施態樣中，羧酸銀係選自甲酸銀、乙酸銀、草酸銀、丙酸銀、丁酸銀、乙基己酸銀、新癸酸銀、五氟丙酸銀、檸檬酸銀、乙醇酸銀、乳酸銀、苯甲酸銀或其衍生物、三氟乙酸銀、苯乙酸銀或其衍生物、六氟乙醯丙酮酸銀、異丁醯乙酸銀、苯甲醯乙酸銀、丙醯乙酸銀、乙醯乙酸銀、 α -甲基乙醯乙酸銀、 α -乙基乙醯乙酸銀及其混合物。在一實施態樣中，羧酸銀為草酸銀。一或多種羧酸銀可存於油墨中。羧酸銀較佳分散於油墨中。在一實施態樣中，油墨不含銀材料片。

【0172】 羧酸銀係以任何適當量存在於低溫分子油墨中。在一實施態樣中，羧酸銀以低溫分子油墨的總重量為基準計係以在約 5 wt% 至約 75 wt% 的範圍存在。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 5 wt% 至約 60 wt%，或約 5 wt% 至約 50 wt%，或約 10 wt% 至約 75 wt%，或約 10 wt% 至約 60 wt%，或約 10 wt% 至約 45 wt%，或約 25 wt% 至約 40 wt% 的範圍。在另一實施態樣中，羧酸銀之存在量以低溫分子油墨的總重量為基準計為約 10 wt% 至約 60 wt%。在一另外的實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 30 wt% 至約 35 wt% 的範圍。就銀含量而言，在一實施態樣中，銀本身以低溫分子油墨的總重量為基準計係以在約 3 wt% 至約 30 wt% 的範圍存在。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 6 wt% 至約 30 wt%，或約 15 wt% 至約 25 wt% 的範圍。在本申請案之另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 18 wt% 至約 24 wt% 的範圍。

【0173】 有機胺化合物為任何適當的有機胺化合物。有機胺化合物可

為脂族及/或芳族胺，例如 C_{1-20} 烷基胺及/或 C_{6-20} 芳基胺。在一些實施態樣中，有機胺化合物經一或多個其他官能基取代。在一實施態樣中，其他官能基為極性官能基。在另一實施態樣中，其他官能基係選自 $-OH$ 、 $-SH$ 、 $=O$ 、 $-CHO$ 、 $-COOH$ 和鹵素(如 F 、 Cl 、 Br)。在一實施態樣中，其他官能基為 $-OH$ 。在一實施態樣中，有機胺化合物為胺醇。在另一實施態樣中，胺醇為羥烷胺。在一另外的實施態樣中，羥烷胺包含 2 至 8 個碳原子。在一實施態樣中，羥烷胺係選自 1,2-乙醇胺、胺基-2-丙醇、1,3-丙醇胺、1,4-丁醇胺、2-(丁胺基)乙醇、2-胺基-1-丁醇及其混合物。在一實施態樣中，有機胺為胺基-2-丙醇。一或多種有機胺化合物可存於油墨中。在本申請案之另一實施態樣中，有機胺化合物為胺基-2-丙醇和 2-胺基-1-丁醇之混合物。

【0174】 有機胺係以任何適當量存在於低溫分子油墨中。在一實施態樣中，有機胺以低溫分子油墨的總重量為基準計係以在約 10 wt% 至約 75 wt% 的範圍存在於低溫分子油墨中。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 20 wt% 至約 60 wt%，或約 25 wt% 至約 55 wt% 的範圍。在一另外的實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 40 wt% 至約 50 wt% 的範圍。

【0175】 羧酸銀和有機胺化合物在低溫分子油墨中可形成錯合物。在一實施態樣中，錯合物包含 1:1 至 1:4，例如 1:1 或 1:2 或 1:3 或 1:4 之羧酸銀對有機胺化合物的莫耳比。羧酸銀與有機胺之錯合和交互作用可提供銀金屬前驅物，其可與其他成分調配成低溫分子油墨。

【0176】 有機聚合物黏合劑為任何適當的聚合物。在一實施態樣中，有機聚合物黏合劑為熱塑性或彈性聚合物。有機聚合物黏合劑有利地與有機胺化合物相容，以使有機胺化合物之混合物在有機聚合物黏合劑中不會導致明顯相分離。在一實施態樣中，有機聚合物黏合劑係選自纖維素聚合物、聚丙烯酸酯、聚苯乙烯、聚烯烴、聚乙烯縮醛、聚酯、聚醯亞胺、聚醇、聚胺

甲酸酯、氟聚合物、氟彈性體及其混合物。在一實施態樣中，有機聚合物黏合劑為均聚物、共聚物或其混合物。在另一實施態樣中，有機聚合物黏合劑為纖維素聚合物。在一另外的實施態樣中，纖維素聚合物係選自甲基纖維素、乙基纖維素、乙基甲基纖維素、羥乙基纖維素、羥丙基纖維素、羥乙基甲基纖維素、羥丙基甲基纖維素、乙基羥乙基纖維素、羧甲基纖維素或其混合物。在另一實施態樣中，有機聚合物黏合劑為羥乙基纖維素。

【0177】 有機聚合物黏合劑係以任何適當量存在於低溫分子油墨中。在一實施態樣中，有機聚合物黏合劑以低溫分子油墨的總重量為基準計係以在約 0.05 wt% 至約 10 wt% 的範圍存在於低溫分子中。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.1 wt% 至約 5 wt%，或約 0.2 wt% 至約 2 wt%，或約 0.2 wt% 至約 1 wt% 的範圍。在一另外的實施態樣中，有機聚合物黏合劑之存在量以低溫分子油墨的總重量為基準計為約 0.1 wt% 至約 5 wt%。在本申請案之另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.3 wt% 至約 0.95 wt% 的範圍。

【0178】 沒有表面張力改質劑，則由低溫分子油墨製造的跡線之形狀保持比由具有表面張力改質劑之可比較油墨製造的跡線更差，特別係在潮溼環境中，導致不均勻特徵。表面張力改質劑為改良油墨的流動與調平性質之任何適當添加劑。在一實施態樣中，表面張力改質劑係選自界面活性劑(如陽離子、非離子或陰離子界面活性劑)、醇(如丙醇)、乙醇酸、乳酸及其混合物。在另一實施態樣中，表面張力改質劑為乙醇酸或乳酸。在一另外的實施態樣中，表面張力改質劑為乳酸。

【0179】 表面張力改質劑係以任何適當量存在於低溫分子油墨中。在一實施態樣中，表面張力改質劑以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.1 wt% 至約 5 wt% 的範圍存在於低溫分子油墨中。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.5 wt% 至約 4 wt%，或約 0.8

wt%至約 3 wt%的範圍。在另一實施態樣中，表面張力改質劑以低溫分子油墨的總重量為基準計係以約 0.5 wt%至約 4 wt%之量存在。在本申請案之一另外的實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 1 wt%至約 2.7 wt%的範圍。

【0180】 溶劑為任何適當的水性或有機溶劑。在一實施態樣中，溶劑為有機溶劑或有機溶劑之混合物。在一些實施態樣中，溶劑為一或多種有機溶劑與水性溶劑之混合物。溶劑為有利地與有機胺化合物或有機聚合物黏合劑中之一或二者相容。溶劑為有利地與有機胺化合物或有機聚合物黏合劑二者相容。在一實施態樣中，有機胺化合物及/或有機聚合物黏合劑係可分散於(例如可溶於)溶劑中。在一實施態樣中，有機溶劑為芳族、非芳族、或芳族和非芳族溶劑之混合物。在另一實施態樣中，芳族溶劑係選自苯、甲苯、乙苯、二甲苯、氯苯、苧醚、大茴香醚、苯甲腈、吡啶、二乙苯、丙苯、異丙苯、異丁苯、對異丙基甲苯、四氫萘、三甲苯(如對稱三甲苯)、茈、對異丙苯及其混合物。在另一實施態樣中，非芳族溶劑係選自萘烯、甘醇醚(如二丙二醇甲醚、甲卡必醇、乙卡必醇、丁卡必醇、三甘醇及其衍生物)、醇(如甲基環己醇、辛醇、庚醇、異丙醇)及其混合物。在本申請案之另一實施態樣中，溶劑為丙二醇甲醚。

【0181】 溶劑可以任何適當量存於油墨中。在一實施態樣中，溶劑以低溫分子油墨的總重量為基準計係以在約 1 wt%至約 50 wt%的範圍存在於低溫分子油墨中。在一實施態樣中，溶劑以提供低溫分子油墨的重量剩餘部分(balance)存在。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 2 wt%至約 35 wt%，或約 5 wt%至約 25 wt%的範圍。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 10 wt%至約 20 wt%的範圍。

【0182】 在一些實施態樣中，低溫分子油墨另外包含消泡劑。消泡劑

為任何適當的消泡添加劑。在一實施態樣中，消泡劑係選自氟聚矽氧、礦物油、植物油、聚矽氧烷、酯蠟、脂肪醇、甘油、硬脂酸酯、聚矽氧、基於聚丙烯的聚醚及其混合物。在另一實施態樣中，消泡劑係選自甘油和基於聚丙烯的聚醚。在另一實施態樣中，消泡劑為甘油。在消泡劑不存在下，一些印刷跡線往往在印刷後留下氣泡，導致不均勻的跡線。

【0183】消泡劑係以任何適當的量存在於低溫分子油墨中。在一實施態樣中，消泡劑以低溫分子油墨的總重量為基準計係以在約 0.0001 wt% 至約 1 wt% 的範圍存在於低溫分子油墨中。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.001 wt% 至約 0.1 wt%，或約 0.002 wt% 至約 0.05 wt% 的範圍。在一另外的實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.005 wt% 至約 0.01 wt% 的範圍。在一替代實施態樣中，消泡劑之存在量以低溫分子油墨的總重量為基準計為約 0.5 wt% 至約 8 wt%。

【0184】在一些實施態樣中，低溫分子油墨另外包含觸變改質劑。觸變改質劑為任何適當的觸變改質添加劑。在一實施態樣中，觸變改質劑係選自聚羥基羧酸醯胺、聚胺甲酸酯、丙烯酸聚合物、乳膠、聚乙烯醇、苯乙烯/丁二烯、黏土、黏土衍生物、磺酸鹽、膠豆、三仙膠、纖維素、刺槐膠、阿拉伯膠、糖、糖衍生物、酪蛋白、膠原、改質蓖麻油、有機聚矽氧及其混合物。在另一實施態樣中，觸變改質劑為聚羥基羧酸醯胺。

【0185】觸變改質劑係以任何適當量存在於低溫分子油墨中。在本申請案之另一實施態樣中，觸變改質劑以低溫分子油墨的總重量為基準計係以在約 0.05 wt% 至約 1 wt% 的範圍存在於低溫分子油墨中。在另一實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.1 wt% 至約 0.8 wt% 的範圍。在一另外的實施態樣中，該量以低溫分子油墨的總重量為基準計係在約 0.2 wt% 至約 0.5 wt% 的範圍。在本申請案之另一實施態樣中，觸變改質

劑之存在量以低溫分子油墨的總重量為基準計為約 0.1 wt%至約 0.5 wt%。

【0186】 油墨的各種成分之相對量和/或特定組成在最佳化油墨性能方面具有有用的作用。改變如本文所述之各成分的量 and 組成允許熟習該項技術者可調節油墨的燒結溫度，以適應對高溫度要求不高的基板，同時保持由油墨形成的導電跡線之高導電性。

【0187】 在包含使用高溫分子油墨之製造包覆成型的印刷電子零件之方法中，高溫分子油墨為任何適當的高溫分子油墨。在一實施態樣中，高溫分子油墨為 PCT 申請案公開號 WO 2015/192248 之任何適當的高溫分子油墨。

【0188】 在包含使用奈米粒子油墨(例如銀片油墨)之製造包覆成型的印刷電子零件之方法中，奈米粒子油墨(例如銀片油墨)為任何適當的奈米粒子油墨(例如任何適當的銀片油墨)。用於印刷電子零件之奈米粒子油墨(例如銀片油墨)為市售且用於本申請案方法之適當奈米粒子油墨(例如適當銀片油墨)的選擇可由熟習該項技術者進行。

III. 包覆成型的印刷電子零件及其用途

【0189】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電銀跡線，導電銀跡線由如本申請案之實施態樣中所定義之低溫分子油墨製造；及

包覆成型在耦合至基板的第一表面之導電銀跡線上的樹脂。

【0190】 在一實施態樣中，已將基板成形(例如熱成形)為立體形狀。

【0191】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含耦合至基板的第一表面之一或多個電子元件。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在本申請案之另一實施態樣中，一或多個電子元件

係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0192】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當的玻璃纖維強化層。在一實施態樣中，強化層具有與包覆成型的樹脂大約相同的反射率。在另一實施態樣中，玻璃纖維強化層包含預浸膠帶或共混織物。在其中包覆成型的樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，玻璃纖維強化層可另外包含乾織物，乾織物在射出期間被飽和。

【0193】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含一或多種裝飾性油墨層。該一或多種裝飾性油墨層係由任何適當裝飾性油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0194】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含介電油墨層。介電油墨層係由任何適當的介電油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0195】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第二表面上另外包含紫外線可固化硬塗層。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0196】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂為熱塑性樹脂。熱塑性樹脂為任何適當的熱塑性樹脂。

【0197】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂為熱固性樹脂。熱固性樹脂為任何適當的熱固性樹脂。在一實施態樣中，熱固性樹脂為聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。

【0198】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含複數個玻璃微球嵌入在包覆成型的樹脂中。玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一

實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0199】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂呈發泡體的形式。

【0200】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 MelinexTM)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(TeslinTM))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 KaptonTM)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於低溫應用及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於航太應用，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板為聚碳酸酯。

【0201】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在本申請案之一替代實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。

【0202】本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；及

包覆成型在耦合至基板的第一表面之導電銀跡線上的熱固性樹脂。

【0203】導電跡線係由固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨製造。在一另外的實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。在一另外的實施態樣中，導電跡線為由本文中關於本申請案之方法的實施態樣中所述的低溫分子油墨製造之導電銀跡線。

【0204】在一實施態樣中，已將基板成形(例如熱成形)為立體形狀。

【0205】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含耦合至基板的第一表面之一或多個電子元件。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在本申請案之另一實施態樣中，一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0206】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當的玻璃纖維強化層。在一實施態樣中，強化層具有與熱固性樹脂大約相同的反射率。在另一實施態樣中，玻璃纖維強化層包含預浸膠帶、共混織物或乾織物。

【0207】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含一或多種裝飾性油墨層。該一或多種裝飾性油墨層係由任何適當裝飾性油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0208】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含介電油墨層。介電油墨層係由任何適當的介電油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0209】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第二表面上另外包含紫外線可固化硬塗層。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0210】 熱固性樹脂為任何適當的熱固性樹脂。在一實施態樣中，熱固性樹脂為聚胺甲酸酯樹脂。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。

【0211】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含複數個嵌入熱固性樹脂之玻璃微球。玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0212】 在一實施態樣中，熱固性樹脂呈發泡體的形式。

【0213】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 MelinexTM)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(TeslinTM))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 KaptonTM)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯 (PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸

酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於低溫應用及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於航太應用，及該基板包含聚苯(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板為聚碳酸酯。

【0214】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在本申請案之一替代實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。

【0215】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；及

在耦合至基板的第一表面之導電跡線上包覆成型的樹脂，其包含嵌入其中的複數個玻璃微球。

【0216】 導電跡線係由固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨製造。在另一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。在一另外的實施態樣中，導電跡線為由本文中關於本申請案之方法的實施態樣中所述的低溫分子油墨製造之導電銀跡線。

【0217】 在一實施態樣中，已將基板成形(例如熱成形)為立體形狀。

【0218】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含耦合至基板的第一表面之一或多個電子元件。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個

電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在本申請案之另一實施態樣中，一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0219】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當玻璃纖維強化層。在一實施態樣中，強化層具有與樹脂大約相同的反射率。在另一實施態樣中，玻璃纖維強化層包含預浸膠帶或共混織物。在其中樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，玻璃纖維強化層可能另外包含乾織物。

【0220】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含一或多種裝飾性油墨層。該一或多種裝飾性油墨層係由任何適當的裝飾性油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0221】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含介電油墨層。介電油墨層係由任何適當的介電油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0222】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第二表面上另外包含紫外線可固化硬塗層。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0223】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂為熱塑性樹脂。熱塑性樹脂為任何適當熱塑性樹脂。

【0224】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂為熱固性樹脂。熱固性樹脂為任何適當熱固性樹脂。在一實施態樣中，熱固性樹脂為聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。

【0225】 玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微

球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0226】基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 Melinex™)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(Teslin™))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 Kapton™)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯 (PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯/聚苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯/聚苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於低溫應用及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯/聚苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯/聚苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於航太應用，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在另一另外的實施態樣中，基板為聚碳酸酯。

【0227】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在本申請案之一替代實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。

【0228】本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；及

在耦合至基板的第一表面之導電跡線上包覆成型的發泡樹脂。

【0229】導電跡線係由固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨製造。在另一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。在一另外的實施態樣中，導電跡線為由本文中關於本申請案之方法的實施態樣中所述的低溫分子油墨製造之導電銀跡線。

【0230】在一實施態樣中，已將基板成形(例如熱成形)為立體形狀。

【0231】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含耦合至基板的第一表面之一或多個電子元件。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在本申請案之另一實施態樣中，一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0232】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含玻璃纖維強化層。玻璃纖維強化層為任何適當玻璃纖維強化層。在一實施態樣中，強化層具有與樹脂大約相同的反射率。在另一實施態樣中，玻璃纖維強化層包含預浸膠帶或共混織物。在其中樹脂為熱固性樹脂之實施態樣中，玻璃纖維強化層可能另外包含乾織物。

【0233】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含一或多種裝飾性油墨層。該一或多種裝飾性油墨層係由任何適當的裝飾性油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0234】在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表

面上另外包含介電油墨層。介電油墨層係由任何適當的介電油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0235】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第二表面上另外包含紫外線可固化硬塗層。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0236】 在一實施態樣中，發泡樹脂為發泡熱塑性樹脂。發泡熱塑性樹脂為任何適當的發泡熱塑性樹脂。

【0237】 在一實施態樣中，發泡樹脂為發泡熱固性樹脂。在另一實施態樣中，發泡熱固性樹脂為發泡聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在一另外的實施態樣中，發泡聚胺甲酸酯樹脂為發泡透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。

【0238】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 Melinex™)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(Teslin™))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 Kapton™)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯 (PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於低溫應用及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於航太應用，及該基板包含聚苯硫

(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板為聚碳酸酯。

【0239】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在本申請案之一替代實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。

【0240】 本申請案亦包括一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

耦合至基板的第一表面之導電跡線；

在耦合至基板的第一表面之導電跡線上的玻璃纖維強化層；及

在玻璃纖維強化層上包覆成型的樹脂。

【0241】 導電跡線係由固化時在基板的第一表面上形成導電跡線之任何適當油墨製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨或奈米粒子油墨(例如銀片油墨)製造。在一實施態樣中，導電跡線係由分子油墨製造。在另一實施態樣中，分子油墨為低溫分子油墨或高溫分子油墨。在一另外的實施態樣中，導電跡線為由本文中關於本申請案之方法的實施態樣中所述的低溫分子油墨製造之導電銀跡線。

【0242】 在一實施態樣中，已將基板成形(例如熱成形)為立體形狀。

【0243】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含耦合至基板的第一表面之一或多個電子元件。藉由任何適當的手段將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。在一實施態樣中，藉由導電黏著劑將一或多個電子元件耦合至基板的第一表面。可使用任何適當的導電黏著劑，其選擇可由熟習該項技術者進行。在本申請案之另一實施態樣中，一或多個電子元件係選自二極體、發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【0244】 玻璃纖維強化層為任何適當玻璃纖維強化層。在一實施態樣中，強化層具有與包覆成型的樹脂大約相同之反射率。在另一實施態樣中，玻璃纖維強化層包含預浸膠帶或共混織物。在其中包覆成型的樹脂為熱固性

樹脂之實施態樣中，玻璃纖維強化層可額外包含乾織物。

【0245】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含一或多種裝飾性油墨層。該一或多種裝飾性油墨層係由任何適當的裝飾性油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0246】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第一表面上另外包含介電油墨層。介電油墨層係由任何適當的介電油墨製造，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0247】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件在基板的第二表面上另外包含紫外線可固化硬塗層。紫外線可固化硬塗層為任何適當的紫外線可固化硬塗層，其選擇可由熟習該項技術者進行。

【0248】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂為熱塑性樹脂。熱塑性樹脂為任何適當的熱塑性樹脂。

【0249】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂為熱固性樹脂。熱固性樹脂為任何適當的熱固性樹脂。在一實施態樣中，熱固性樹脂為聚胺甲酸酯熱固性樹脂。在另一實施態樣中，聚胺甲酸酯樹脂為透明脂族聚胺甲酸酯熱固性樹脂。

【0250】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件另外包含複數個嵌入包覆成型的樹脂中之玻璃微球。玻璃微球為任何適當的玻璃微球。在一實施態樣中，玻璃微球包含鈉鈣硼矽酸玻璃、基本上由或由鈉鈣硼矽酸玻璃組成。在另一實施態樣中，玻璃微球具有 18 微米之平均直徑。在本申請案之一另外的實施態樣中，玻璃微球粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0251】 在一實施態樣中，包覆成型的樹脂呈發泡體的形式。

【0252】 基板為具有可印刷表面之任何適當基板。在一實施態樣中，

基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)(例如 Melinex™)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚萘二甲酸乙二酯、聚烯烴(例如矽石填充之聚烯烴(Teslin™))、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺(例如 Kapton™)、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯、聚苯乙烯、或聚矽氧膜。在另一實施態樣中，基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚二甲基矽氧烷(PDMS)、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、熱塑性烯烴(TPO)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於低溫應用及該基板包含聚碳酸酯、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)或熱塑性烯烴(TPO)。在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件係用於航太應用，及該基板包含聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。在一另外的實施態樣中，基板為聚碳酸酯。

【0253】 在一實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為單面的。在本申請案之一替代實施態樣中，包覆成型的印刷電子零件為雙面的。

【0254】 在一些實施態樣中，本申請案之包覆成型的印刷電子零件係根據本申請案之製造包覆成型的印刷電子零件之方法製造。

【0255】 本申請案之包覆成型的印刷電子零件例如可使用於地面運輸應用及/或航太工業(用於內部和外部元件二者)中。用途也可能存在於例如醫療領域以及消費性電子領域。

【0256】 下列非限制性實施例為本申請案的說明：

實施例

實施例 1：低溫分子油墨調配物

【0257】 根據表 1-6 中所示組成物，調配可在低溫下處理之分子油墨。根據表 7 所示組成物調配可在低溫下處理的具有利且更可靠的印刷性(即去濕(de-wetting)和線均勻性改良)之分子油墨。

【0258】 油墨較佳在調配後不久便使用，但在約 -4°C 至約 4°C 的範圍之溫度下可儲存更長時間而無明顯分解。此外，倘若油墨儲放於上述溫度範圍，則油墨可從網版回收且再利用於其他印刷。

實施例 2：網版印刷低溫油墨以製造次 100 μm 跡線

【0259】 在 MelinexTM ST505 板上，網版印刷(不鏽鋼，網目數/吋=400；乳液厚度=22.5 μm)油墨 NRC-848A3a，並在 75°C 下熱處理 6 分鐘及在 120°C 下經 20 分鐘，以在基板上製造數系列之四條平行導電銀跡線，其具有約 42 μm 的線寬和約 38 μm 的線間距，如圖 1 中所示，及約 85 μm 的線寬和約 60 μm 的線間距，如圖 2 中所示。定義為線寬與線間距(L/S)的節距分別測量為 42/38 和 85/65 μm 。跡線的 3-D 輪廓儀影像及以光學輪廓測定儀測量的對應截面提供於圖 1 和圖 2。

實施例 3：在適合於低玻璃轉化溫度基板的溫度下處理之低溫油墨的電性

【0260】 以如實施例 2 中所述之方式將二油墨(NRC-849A1 和 NRC-850A)網版印刷在五個 Melinex® ST505 基板之個別樣品上。將各基板上的跡線在五個不同溫度(91°C 、 102°C 、 111°C 、 121°C 、 131°C)下熱處理 20 分鐘，以在各基板上形成導電銀跡線。計算由 NRC-849A1 和 NRC-850A 製造的導電銀跡線之片電阻率值，且結果分別顯示於圖 3 的上圖和下圖中。結果指出：在低至約 90°C 之熱處理溫度下可獲得小於約 $40\text{ m}\Omega/\square$ /密耳的片電阻率值。對於使用油墨在可熱成形基板上製造導電銀跡線，油墨可在低至

約 90°C 的溫度下熱處理，同時保持良好至極佳的電性是有利的。導電跡線亦可在低至 81°C 的溫度下製造，雖然片電阻率值相當高(約 650 mΩ/□/密耳)。

【0261】如表 8 中所見，可將油墨(NRC-850A)網版印刷並在 120°C 下熱處理，以製造低至 2.8 密耳(71 μm)之測量線寬與約 0.9μm 或更低之線厚度的導電銀跡線，同時保持小於約 20 mΩ/□/密耳之片電阻率。特別值得注意的是，所測 5.5 密耳(141 μm)至 18.9 密耳(408 μm)跡線具有約 10 mΩ/□/密耳的片電阻率值。

實施例 4：油墨在高溼度環境中的印刷性

【0262】在高溼度環境中(溼度>50%)，以實施例 2 中所述之方式，將油墨 NRC-849A1 和 NRC-850A1 網版印刷在 Melinex™ ST505 基板上。將各基板上的跡線在 121°C 下熱處理 20 分鐘，以形成導電銀跡線(分別為圖 4 左圖像和右圖像)。在無觸變劑的情況下(NRC-849A1，圖 4 左圖像)，油墨明顯自表面去濕，產生不均勻且斷開的跡線。反之，添加觸變劑(NRC-850A1，圖 4 右圖像)時，跡線未自基板表面去濕且保持均勻。

實施例 5：冷藏而無油墨固體化

【0263】含有胺基-2-丙醇和 2-胺基-1-丁醇二者的調配物(NRC-850A4)能在-10 至-4°C 下儲存而無油墨固體化，同時保持類似於只含胺基-2-丙醇之 NRC-850A2 和 NRC-850A3 的電性。雖然 NRC-850A2 和 NRC-850A3 在冷藏期間固體化，但隨時間升溫至室溫後再生為液態之油墨。

實施例 6：在 PET-G 基板上熱成形 - 成形接著燒結

【0264】經由網版印刷，將油墨 NRC-850A2 網版印刷至聚對酞酸乙二酯改質(PET-G)之板上(508 μm 、20 密耳厚)，以製造各種具有線寬範圍從約 100 μm 至約 590 μm 的 10 公分長跡線。印刷後，將非導電跡線乾燥及圍繞各種形狀(包括梯形、半圓柱形和半球形特徵)熱成形。熱成形跡線隨後可光燒結(Xenon Sinteron 2000 系統)，以製造導電跡線。熱成形跡線的代表性照片提供於圖 5 中，且導電特徵之橫越跡線所測量的對應電阻提供於表 9 中，證明形成銀金屬之連續跡線而不龜裂，其中不導電油墨在熱成形期間、但在燒結之前、經歷變形。表 9 突顯橫越對照組跡線(即未熱成形者)所測量的電阻幾乎和熱成形者一樣，雖然不希望受到理論的限制，意味著跡線的電性不受熱成形方法影響。在一些情況下，橫越熱成形跡線所測量的電阻實際上低於對照組跡線。雖然不希望受到理論的限制，此可能是由於例如熱成形跡線之部分高於對照組樣品，而使彼等部分更靠近燈具及將其曝露於更強脈衝光。

實施例 7：在 PET-G 基板上熱成形 - 燒結接著成形

【0265】將油墨 NRC-850A3 網版印刷至 PET-G 板上，以製造各種具有測量線寬範圍從約 100 μm 至約 550 μm 的 10 公分長跡線。印刷後，將跡線在 75°C 下熱燒結 6 分鐘及在 125°C 下 15 分鐘，以製造一系列導電跡線。隨後將跡線圍繞各種形狀(包括半圓柱和圓頂)熱成形。代表性熱成形跡線提供於圖 6 中及與對照組跡線相比之熱成形跡線的對應電阻提供於表 10 中。雖然熱成形後，跡線的電阻確實增加(視伸長量而定介於 1.6 至 4.5 倍之間)，但由分子油墨製造的熱成形跡線保持導電。

實施例 8：拉伸衍生自低溫分子油墨的直線性導電跡線

【0266】將油墨 NRC-850A 和市售油墨 Dupont PE873(調配用於可拉

伸電子產品)網版印刷至二熱塑性聚胺甲酸酯基板(Bemis 軟性接縫膠帶 ST604 和 American Polyfilm, Inc VLM-4001)上。印刷前，以反應性臭氧處理 VLM-4001 聚胺甲酸酯基板。印刷跡線為直線，在 150℃下熱燒結 15 分鐘，且為 20 密耳寬和 4 公分長。施加應變至樣品並測量在應變下的電阻改變。圖 7 顯示在 American Polyfilm VLM-4001 上的二油墨之標準化電阻隨施加應變改變(R/R_0 ，其中 R_0 代表在零應變下的樣品電阻)。圖 8 顯示二油墨在 Bemis 軟性接縫膠帶 ST604 上的隨施加應變改變之標準化電阻。在二基板上，油墨 NRC-850A 顯示比 Dupont PE873 更低的隨施加應變改變之標準化電阻。此外，在高於 Dupont PE873 的應變下，NRC-850A 保持導電。

實施例 9：拉伸衍生自低溫分子油墨的曲折導電跡線

【0267】 在另一實施例中，將聚胺甲酸酯基板 American Polyfilm VLM-4001 進行臭氧處理。在二種條件下，將油墨 NRC-850A 印刷至聚胺甲酸酯基板上。在一情況下，基板未經應變。在第二情況下，基板在一方向經預應變 10%(即在印刷期間將基板拉伸 10%)。印刷圖案在電接觸墊之間包括寬 20 密耳及長 4 公分的直線和蛇形跡線。圖 9(上)顯示由 270°圓圈重複單元組成的蛇形線。測量隨施加應變改變之直線和蛇形跡線的標準化電阻，如圖 9 所示(底部)。印刷在預應變聚胺甲酸酯上銀蛇形跡線保持導電，直至超過 120%的施加應變，且在 120%應變下的電阻比未經應變的電阻高 150 倍。表 11 比較所有四種條件(蛇形跡線、直線跡線、預應變及無預應變)在 40%施加應變下的標準化電阻。

【0268】 參照實施例 1-9 之表：

表 1. 可網版印刷之分子油墨 NRC-848A3a 的組成物

成分	添加目的	重量%
草酸銀	銀前驅物	32.6
胺基-2-丙醇	胺	45.5
羥乙基纖維素	黏合劑/流變改質劑	0.6

乙醇酸	表面張力改質劑	1.9
甘油	消泡劑	2.6
二丙二醇甲醚	溶劑	16.8

表 2. 可網版印刷之分子油墨 NRC-849A1 的組成物

成分	添加目的	重量%
草酸銀	銀前驅物	33.1
胺基-2-丙醇	胺	46.5
羥乙基纖維素	黏合劑/流變改質劑	0.63
乳酸	表面張力改質劑	2.45
二丙二醇甲醚	溶劑	17.3

表 3. 可網版印刷之分子油墨 NRC-850A 的組成物

成分	添加目的	重量%
草酸銀	銀前驅物	33.1
胺基-2-丙醇	胺	46.5
羥乙基纖維素	黏合劑/流變改質劑	0.63
乳酸	表面張力改質劑	2.47
Antifoam 204	消泡劑	0.00073
二丙二醇甲醚	溶劑	17.4

表 4. 可網版印刷之分子油墨 NRC-850A1 的組成物

成分	添加目的	重量%
草酸銀	銀前驅物	33.1
胺基-2-丙醇	胺	46.5
羥乙基纖維素	黏合劑/流變改質劑	0.63
乳酸	表面張力改質劑	2.48
Antifoam 204	消泡劑	0.00073
二丙二醇甲醚	溶劑	16.9
聚羥基羧酸醯胺(BYK™-R 605)	觸變改質劑	0.29

表 5. 可網版印刷之分子油墨 NRC-850A2 的組成物

成分	添加目的	重量%
草酸銀	銀前驅物	33.0
胺基-2-丙醇	胺	46.4
羥乙基纖維素	黏合劑/流變改質劑	0.92

乳酸	表面張力改質劑	2.47
消泡劑 204	消泡劑	0.00073
二丙二醇甲醚	溶劑	16.9
聚羥基羧酸醯胺(BYK™-R 605)	觸變改質劑	0.38

表 6. 可網版印刷之分子油墨 NRC-850A3 的組成物

成分	添加目的	重量%
草酸銀	銀前驅物	32.6
胺基-2-丙醇	胺	46.0
羥乙基纖維素	黏合劑/流變改質劑	0.92
Rokrapol 7075	黏合劑	0.35
乳酸	表面張力改質劑	2.57
Antifoam 204	消泡劑	0.00073
二丙二醇甲醚	溶劑	17.1
聚羥基羧酸醯胺(BYK™-R 605)	觸變改質劑	0.46

表 7. 該可網版印刷之分子油墨 NRC-850A4 的組成物

成分	添加目的	重量%
草酸銀	銀前驅物	34.3
胺基-2-丙醇	胺	38.5
2-胺基-1-丁醇	胺	14.4
羥乙基纖維素	黏合劑/流變改質劑	0.7
乳酸	表面張力改質劑	0.9
Antifoam 204	消泡劑	0.0076
二丙二醇甲醚	溶劑	6.9
異丙醇	溶劑	4
聚羥基羧酸醯胺(BYK™-R 605)	觸變改質劑	0.3

表 8. 測量由 NRC-850A 印刷在 Melinex® ST505 上及在 75℃ 下燒結 5 分鐘
接著在 120℃ 下 20 分鐘的 10 cm 長線之測量線寬、跡線厚度和所得片電阻率。

	標稱線寬					
	2 密耳	3 密耳	5 密耳	10 密耳	15 密耳	20 密耳
測量線寬 (μm)	71±3	99±4	141±3	250±6	364±3	480±3
厚度 (μm)	0.75±0.05	0.57±0.01	0.58±0.01	0.84±0.08	0.86±0.08	0.79±0.10

片電阻率 (mΩ/□/密耳)	30.0±0.2	13.1±1.0	8.5±0.2	10.2±0.2	10.1±0.3	9.2±1.3
-------------------	----------	----------	---------	----------	----------	---------

表 9. 伴隨由 NRC-850A2 製造的 20 密耳跡線的熱成形(其經印刷,乾燥,熱成形,隨後使用 15 和 20 J/cm² 之能量的脈衝光轉化為導電跡線)之電阻的改變。在各情況下,對照線係暴露於相同的方法而沒有熱成形。

能量(J/cm ²)	線寬 (密耳)	物體熱形成跡線之形狀	橫越跡線之電阻(Ω)
20	23	對照 (沒有形狀)	70
	23	35°梯形	69
	23	35°梯形	60
	23	35°梯形	56
15	23	對照 (沒有形狀)	69
	23	35°梯形	60
	23	35°梯形	59
	23	35°梯形	68

表 10. 伴隨將半圓筒和圓頂形狀熱成形為由 NRC-850A3 印刷在 PET-G 上並在 125°C 下熱燒結 15 分鐘的分子油墨跡線的電阻改變。在各情況下,也包括跡線進行平均拉伸。

	標稱線寬 (密耳)	20	15	10
線組 5	熱成形前的電阻(Ω)	158	183	225
	熱成形後的電阻(Ω)	561	660	758
	平均% 拉伸	14	14	14
線組 4	熱成形前的電阻(Ω)	170	194	233
	熱成形後的電阻(Ω)	751	763	831
	平均% 拉伸	13	13	13
線組 3	熱成形前的電阻(Ω)	180	200	237
	熱成形後的電阻(Ω)	699	665	676
	平均% 拉伸	10	10	10
線組 2	熱成形前的電阻(Ω)	197	208	237
	熱成形後的電阻(Ω)	369	355	405
	平均% 拉伸	8	8	8
線組 1	熱成形前的電阻(Ω)	155	182	249
	熱成形後的電阻(Ω)	346	345	390
	平均% 拉伸	11	11	11

表 11. 印刷時在無預應變和 10%應變下製備的蛇形線和直線之標準化電阻。在施加 40%應變下測量標準化電阻。

		在 40%應變下之 R/R ₀
蛇形跡線	無預應變	20
	預應變	8
直線跡線	無預應變	24
	預應變	21

實施例 10：用分子和銀片油墨印刷之零件的包覆成型

【0269】 使用 4"x4" x 0.1" 方形零件進行包覆成型測試。在此測試中，使用三種油墨：1)低溫分子油墨(NRC-850A2)，2)高溫分子油墨(NRC-16)和 3) DuPont™ ME601；類別最佳的可熱成形銀片油墨。NRC-16 為 PCT 申請案公開號 WO 2015/192248 中所述之高溫分子油墨且包含銀鹽(50%)、乙基纖維素(4%)、二乙基-苯(34.5%)和 1-辛醇(11.5%)。將相同的圖案印刷在 0.020"厚的聚對酞酸乙二酯二醇(PETG)薄膜上，然後將印刷薄膜進行熱成形和固化。為了進行包覆成型，將形成的薄膜放入 Ingel™ 43T 注塑機工具(injection press tool)中，並射出足夠的 PETG 樹脂以填充零件。模具溫度為約 100 F(約 38℃)並將 PETG 樹脂在最高 40 巴之壓力下於 245℃射出。成型大約 22 個零件。在包覆成型之前和之後測量電阻值。

【0270】 目視上低溫分子油墨似乎表現最好。此測試以採用中央射出澆口的射出策略之最壞情況完成。使用所有三種油墨，在靠近澆口處的跡線都有可見的損壞。DuPont 油墨顯示跡線變形和汙跡的跡象。由於 PETG 膜的低 Tg(70℃至 80℃之間)且暴露於高溫下以及測試中使用的高壓樹脂，所以高溫分子油墨似乎在澆口附近溶解，但不希望受到理論的限制。當射出樹脂時，在尖銳零件邊緣有跡線的二次熱成形，其在所有樣品上損壞跡線，切斷連續性。然雖不希望受到理論的限制，但這是由於相較於射出工具中的尖銳半徑，熱成形零件的形成略微不足。射出期間跡線的最終拉伸被認為會切

斷零件邊緣的局部連接。

【0271】雖然不希望受到理論的限制，但是跡線的損壞和汙跡與所使用的 PETG 基板有關。因此，使用較高 T_g 熱塑性膜，諸如聚碳酸酯，解決此問題。另外，在顯著較低的壓力和溫度下，使用熱固性樹脂而不是熱塑性樹脂進行包覆成型，並且解決此問題。相較於在顯著升高溫度下在薄膜基板上施加例如十倍或更大的壓力之射出成型方法，此可顯著地打開使用較廣範圍的熱塑性基板作為表面蒙皮材料之門。可使用錐形蓋工具進行用熱固性樹脂的包覆成型。

實施例 11：脂族聚胺甲酸酯樹脂和玻璃微球測試

【0272】使用透明脂族聚胺甲酸酯 (Sherwin Williams™ Diamond-Clad™ 透明塗料胺甲酸乙酯) 和 3M™ iM30K 玻璃泡微球進行測試。iM30K 為具有鈉鈣硼矽酸玻璃製成的薄壁之空心球。彼等具有 18 微米之平均直徑、0.60 g/cc 的典型密度(最小密度 0.57 g/cc；最大密度 0.63 g/cc) 及粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，9 微米；第 25 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，16 微米；第 75 百分位數，21 微米；第 90 百分位數，28 微米；及第 95 百分位數，33 微米。

【0273】將化學計量的部分 A(透明-光澤 B65T105；8 份/重量)、部分 B(脂族異氰酸酯硬化劑 B65V105；4 份/重量) 和部分 C(觸媒 B65C105；2 份/重量) 與微球混合並在環境溫度下固化。將 5 重量% 和 10 重量% 的玻璃球加至樹脂系統中進行實驗。使用不存在玻璃微球的相同聚胺甲酸酯進行對照實驗。

【0274】實驗檢查添加玻璃微球體之聚胺甲酸酯樹脂的半透明特性的影響。例如，若包含玻璃微球的較低密度樹脂使用在包覆成型的零件之內部，則此對於研究來自 LED 的光是否會受到影響很有用。

【0275】具有 5%玻璃微球的樹脂使部件的反射率降低一些。然而，光通過基板。具有 10%玻璃微球的樹脂受到顯著影響。然而，這些實驗是使用手動混合進行，其會引入額外的氣泡且在固化期間還會浮起氣泡。預計使用減少氣泡和射出而不是澆鑄樹脂的混合條件來解決此問題並導致反射率的降低較少。

【0276】使用另一種玻璃微球如 3M iM16 可在較低的平均密度下提供額外的重量減輕，但是例如在單螺桿或雙螺桿熱塑性混合器中進行混合時更容易破裂。iM16 亦為具有鈉鈣硼矽酸玻璃製成的薄壁之空心球。彼等具有 0.46 g/cc 的典型密度(最小密度 0.43 g/cc；最大密度 0.49 g/cc)及粒徑和分佈如下：第 10 百分位數，12 微米；第 50 百分位數，20 微米；第 90 百分位數，30 微米。雖然不希望受到理論的限制，但玻璃微球加至熱固性樹脂不太嚴格且可較佳地保護球體。

【0277】已經使用替代脂族胺甲酸乙酯：BJB Enterprises 脂族胺甲酸乙酯 WC-783 A/B，使用 100 份多元醇對 90 份脂族異氰酸酯進行類似的測試及獲得結果。此樹脂為透明的(因此適合在光學元件存在之情形)、紫外線穩定、並具有高硬度 80 Shore D。

實施例 12：單面和雙面包覆成型的印刷電子零件

【0278】本申請案的單面包覆成型的印刷電子零件 10 之示例性示意圖係顯示圖 10。參照圖 10，其中例示之包覆成型的印刷電子零件 10 包含基板 12、耦合至基板 12 的第一表面之導電跡線 14 及在耦合至基板 12 之導電跡線 14 上包覆成型的樹脂 16。包覆成型的電子零件 10 視需要地另外包含裝飾性油墨層 18 (例如，1-3 種不同裝飾性油墨可使用於包覆成型的印刷電子零件 10)，及介電油墨層 20，其可充當阻擋層，以防止裝飾性油墨層 18 受到用於製備導電跡線 14 的分子油墨之害。例如，裝飾性油墨層 18 上

的第二材料的作用之一可為產生阻擋層並改良分子油墨對零件的黏著性；裝飾性油墨層 18 上的介電油墨層 20 也可充當保護層，以防止由於硬體的射出和黏合而透過表層之裝飾印刷問題。在包覆成型的印刷電子零件 10 中，視需要地多層的油墨諸如用於製備導電跡線 14 之低溫分子油墨可施加在用於製備介電油墨層 20 的介電油墨上。或者，可使用一層之油墨諸如低溫分子油墨。在單面包覆成型的印刷電子零件 10 中，油墨層通常重疊；例如裝飾性油墨層 18 覆蓋大部分的基板 12 表面，除了用於照明的窗，介電油墨層 20 部分覆蓋基板 12 的表面。參照圖 10，在本申請案之方法中在熱成形之前使用導電黏著劑將電子元件 22(諸如但不限於發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)和超音波感測器)視需要地耦合至基板 12。玻璃纖維強化層 24 也為視需要選擇的且可使用於例如減輕重量，同時增加包覆成型的印刷電子零件 10 的剛性。圖 10 亦描述耦合至例如為了增加最終包覆成型的印刷電子零件 10 的抗刮性而可施加之基板 12 的第二面之視需要選擇的紫外線(UV)硬塗層 26。在本申請案之方法中，在將該基板 12 熱成形之後完成 UV 固化。在本申請案之一些實施態樣中，包覆成型樹脂 16 可為熱塑性樹脂或熱固性樹脂。在本申請案之其他實施態樣中，包覆成型樹脂 16 為熱固性樹脂。包覆成型樹脂 16 視需要地發泡或包含玻璃微球。或者，包覆成型樹脂 16 為純淨樹脂。在一些情況下，需要有色包覆成型樹脂 16。例如，當照明特徵直接結合至基板 12 上時。或者，若使用二個蒙皮，則透明或不透明的樹脂將允許光透通過包覆成型的印刷電子零件 10。

【0279】本申請案之雙面包覆成型的印刷電子零件 110 的示例性示意圖係顯示於圖 11 中。可使用雙面包覆成型的印刷電子零件 110，例如當需要在零件中使用高級照明效果時，及/或在印刷電路的一個表面上沒有足夠的空間時。參照圖 11，其中所示例之雙面包覆成型的印刷電子零件 110 包含二個基板(112A、112B)、分別耦合至各個基板(112A、112B)的第一表面

之二個導電跡線(114A、114B)及在分別耦合至基板(112A、112B)之導電跡線(114A、114B)上包覆成型的樹脂 116。包覆成型的印刷電子零件 110 的背面上的基板 112A 可視需要地為成本低於包覆成型的印刷電子零件 110 的顯示表面上之基板 112B 的不同材料，例如，不需要抗刮性及/或 UV 耐候性。包覆成型的電子零件 110 視需要地另外包含裝飾性油墨層(118A、118B)。例如，1-3 種不同的裝飾性油墨可使用於包覆成型的印刷電子零件 110 和介電油墨層(120A、120B)中。在包覆成型的印刷電子零件 110 中，視需要地多層的油墨諸如用於製備導電跡線(114A、114B)之低溫分子油墨可施加在用於製備介電油墨層(120A、120B)的介電油墨上。或者，可使用一層油墨諸如低溫分子油墨。在圖 11 的雙面包覆成型的印刷電子零件 110 中，可依照與圖 10 的單面包覆成型的印刷電子零件 10 類似的分層方法，然而技術人員應理解此表面將不可見且可用於不同的目的，例如，用於印刷電路或額外的光之面。參照圖 11，在本申請案之方法中在熱成形之前使用導電黏著劑將電子元件(122A、122B)諸如但不限於發光二極體(LED)、有機發光二極體(OLED)和超音波感測器視需要地耦合至基板(112A、112B)。玻璃纖維強化層(124A、124B)也為視需要選擇的且可使用於例如減輕重量，同時增加包覆成型的印刷電子零件 110 的剛性。圖 11 亦描述耦合至例如為了增加最終包覆成型的印刷電子零件 110 之顯示面的抗刮性而可施加之基板 112B 的第二面之視需要選擇的紫外線(UV)硬塗層 126。

【0280】 使用二蒙皮方法(即雙面而不是單面包覆成型的印刷電子零件)與熱固性樹脂系統的另一個優點可在於簡化成型方法並將通氣和澆注特徵整合於熱成形零件中。例如，此可減少花費在清潔射出工具上的時間及/或可促進包覆成型的零件的自動化製造。顯示雙面包覆成型的印刷電子零件 200 中的通氣和澆注特徵之示例性示意圖係顯示於圖 12 中。參照圖 12，左側的示意圖為雙面包覆成型的印刷電子零件 200 的頂視圖，而右側的示意圖

為沿著顯示於左側之示意圖的線 202 取得之雙面包覆成型的印刷電子零件 200 的截面。參照圖 12，在基板薄膜中形成射出澆口 204 和通氣孔 206。在右側的示意圖中，示出下基板 208 和上基板 210。

【0281】 使用雙面蒙皮方法的另一優點為其可藉由(將 LED 和跡線移動至背面蒙皮)來改良表面裝飾，並製造可用於電子元件的更多表面積。藉由在二個蒙皮設計上增加用於電子產品的面，表面上不太明顯的金屬油墨跡線提供一個優點。

實施例 13：由分子油墨製造的 Cu 跡線

【0282】 低價、高導電性和抗氧化性為印刷電子產品中之油墨的重要目標。金和銀昂貴但穩定，即抗氧化。與金和銀相比，銅較便宜且具有相似的導電性；然而，經由印刷通常不能達成相似的導電性，且銅容易氧化，從而導電性隨著時間而減少。所用銅油墨的主要類型為基於金屬奈米粒子之油墨、金屬有機分解(MOD)油墨，銅片油墨和塗銀的銅片油墨。大多數這些銅導電油墨在熱燒結期間需要氮或還原性氛圍以及燒結需要較長的時間。

【0283】 有利地，本文提供可印刷油墨，其可使用廣譜 UV 光燒結以在低溫基板上產生抗氧化的導電 Cu 跡線，同時減少或消除對基板的損壞。可網版印刷在低成本塑膠(即 PET)且可 UV 燒結之低成本銅油墨對於工業或商業應用將具有直接的優勢。WO2018018136 和下表 12 中揭示適合於 UV 處理(處理和燒結)的示例性銅分子油墨和製造該等油墨之方法。

【0284】 Cu 分子油墨包含銅奈米粒子、銅前驅物分子、和聚合物黏合劑之摻和物，聚合物黏合劑包含具有使聚合物黏合劑與二醇相容及/或溶於二醇之表面官能基的聚酯、聚醯亞胺、聚醚醯亞胺或其任何混合物。

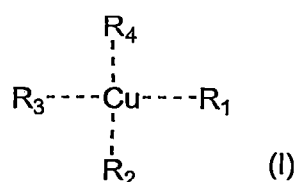
【0285】 銅奈米粒子(CuNP)為範圍在約 1-1000 nm，較佳約 1-500 nm，更佳約 1-100 nm 的沿最長維度之平均大小的銅粒子。銅奈米粒子可為片狀、

奈米線、針狀、實質球形或任何其他形狀。銅奈米粒子可由天然方法或透過化學合成形成，且通常為市售。銅奈米粒子以油墨的總重量為基準計較佳地以約 0.04-7 wt% 之量存在於油墨中。更佳地，銅奈米粒子之量係在約 0.1-6 wt%，或約 0.25-5 wt%，或約 0.4-4 wt% 的範圍。在一個尤佳實施態樣中，該量係在約 0.4 wt% 至約 1 wt% 的範圍。

【0286】銅前驅物分子為含銅化合物，其在燒結條件下分解而在導電銅線中產生其他銅奈米粒子。銅前驅物分子可為無機化合物(例如 CuSO_4 、 CuCl_2 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$)、銅金屬有機化合物(銅-MOD)或其混合物。銅-MOD 包括(例如)羧酸銅(例如 C1-C12 烷酸之銅鹽，諸如甲酸銅、乙酸銅、丙酸銅、丁酸銅、癸酸銅、新癸酸銅等等)、銅胺(例如雙(2-乙基-1-己胺)甲酸銅(II)、雙(辛胺)甲酸銅(II)、參(辛胺)甲酸銅(II)等等)、銅酮錯合物(例如乙醯丙酮銅、三氟乙醯丙酮銅、六氟乙醯丙酮銅、二三甲基乙醯基甲烷銅等等)、氫氧化銅-烷醇胺錯合物、甲酸銅(II)-烷醇胺錯合物和銅：胺二醇錯合物。胺基二醇實例為 3-二乙胺基-1,2-丙二醇(DEAPD)、3-(二甲胺基)-1,2-丙二醇(DMAPD)、3-甲胺基-1,2-丙二醇(MPD)、3-胺基-1,2-丙二醇(APD)和 3-咪啉基-1,2-丙二醇。

【0287】有機胺可以任何適當的量存在於油墨中，較佳以油墨的總重量為基準計為約 10 wt% 至約 75 wt% 的範圍存在。更佳地，該量係在約 20 wt% 至約 60 wt%，或約 25 wt% 至約 55 wt% 的範圍。在一個尤佳實施態樣中，該量係在約 40 wt% 至約 45 wt% 的範圍。

【0288】銅：胺二醇錯合物為特佳之銅前驅物分子。許多銅：胺二醇錯合物在周圍溫度下呈液態且能夠充當銅前驅物分子和溶劑。此外，銅：胺二醇錯合物與聚合物黏合劑有利地相互作用，導致關於導電性、機械強度和可焊性之優越導電銅跡線。特佳之銅：胺二醇錯合物為甲酸銅：胺二醇錯合物。在一實施態樣中，銅：胺二醇錯合物包含式(I)之化合物：



其中 R₁、R₂、R₃ 和 R₄ 為相同或不同且為 NR₅R₆(R'(OH)₂)或-O-(CO)-R''，及 R₁、R₂、R₃ 或 R₄ 中之至少一者為 NR₅R₆(R'(OH)₂)，其中：R₅ 和 R₆ 獨立地為 H、C1-8 直鏈、支鏈或環狀烷基、C2-8 直鏈、支鏈或環狀烯基、或 C2-8 直鏈、支鏈或環狀炔基；R' 為 C2-8 直鏈、支鏈或環狀烷基；及 R'' 為 H 或 C1-8 直鏈、支鏈或環狀烷基。

【0289】在式(I)之化合物中，NR₅R₆(R'(OH)₂)係以 NR₅R₆(R'(OH)₂)的氮原子配位至銅原子。另一方面，-O-(CO)-R''係以氧原子共價鍵至銅原子。較佳地，R₁、R₂、R₃ 或 R₄ 中之一或二者為 NR₅R₆(R'(OH)₂)，更佳 R₁、R₂、R₃ 或 R₄ 中之二者為 NR₅R₆(R'(OH)₂)。

【0290】較佳地，R₅ 和 R₆ 獨立地為 H 或 C1-8 直鏈、支鏈或環狀烷基，更佳為 H 或 C1-8 直鏈或支鏈烷基，又更佳為 H 或 C1-4 直鏈或支鏈烷基。C1-4 直鏈或支鏈烷基之實例為甲基、乙基、正丙基、異丙基、正丁基、二級丁基和三級丁基。在一特佳實施態樣中，R₅ 和 R₆ 為 H、甲基或乙基。

【0291】較佳地 R' 為 C2-8 直鏈或支鏈烷基，更佳 C2-5 直鏈或支鏈烷基。R' 較佳為直鏈烷基。在一特佳實施態樣中，R' 為丙基。在給定的 R' 取代基上，OH 基較佳地不鍵結至相同的碳原子。

【0292】較佳地 R'' 為 H 或 C1-4 直鏈烷基，更佳為 H。

【0293】銅前驅物化合物提供計入油墨中的銅奈米粒子、聚合物黏合劑和任何其他夾雜物後之油墨重量的剩餘部分。銅前驅物化合物以油墨的總重量為基準計較佳地以約 35 wt% 或更大之量存在於油墨。銅前驅物化合物之量可為約 45 wt% 或更大，或約 50 wt%。

【0294】 聚合物黏合劑包含具有使聚合物黏合劑與二醇相容及/或可溶於二醇之表面官能基之聚酯、聚醯亞胺、聚醚醯亞胺或其任何混合物。較佳地，表面官能基包含能夠參與氫鍵鍵結的極性基團。該等表面官能基較佳包含羥基、羧基、胺基和磺醯基中之一或多者。聚合物黏合劑可以任何適當量存在於油墨中。較佳地，聚合物黏合劑以油墨的總重量為基準計係以約 0.04-0.8 wt% 之量存在於油墨中。更佳地，聚合物黏合劑之量在約 0.08-0.6 wt%，甚至更佳地在約 0.25-1 wt%，又甚至更佳地在約 0.25-0.4 wt% 的範圍，例如約 0.3 wt%。

【0295】 聚合物黏合劑較佳包含聚酯。適當聚酯為市售或可藉由多元醇與多元羧酸及彼等的酸酐之縮合來製造。較佳聚酯經羥基及/或羧基官能化。聚酯可為線性或分枝的。可使用固體或液體聚酯以及各種溶液形式。在一特佳實施態樣中，該聚合物黏合劑包含羥基-及/或羧基-封端的聚酯，例如 Rokrapol™ 7075。

【0296】 油墨可藉由將銅奈米粒子、銅前驅物分子和聚合物黏合劑混合在一起調配。混合可在有或沒有額外的溶劑下進行。較佳地，銅前驅物分子為液體且除了為銅金屬形成的前驅物之外，可充當溶劑。然而，在一些實施態樣中，可能需要額外的溶劑。額外的溶劑可包含至少一種水性溶劑、至少一種芳族有機溶劑、至少一種非芳族有機溶劑或其任何混合物，例如水、甲苯、二甲苯、大茴香醚、二乙苯、醇(例如甲醇、乙醇)、二醇(例如乙二醇)、三醇(例如甘油)或其任何混合物。額外的溶劑以油墨的總重量為基準計可包含約油墨的 0.5-50 wt%，更佳約 1-20 wt%。

【0297】 雖然油墨可調配用於任何種類的沉積，但油墨特別適於網版印刷。在此方面，油墨較佳地具有約 1,500 cP 或更大，更佳約 1,500-10,000 cP 或 4,000-8,000 cP，例如約 6,000 cP 之黏度。

【0298】 參考表 12，示例性 Cu 油墨包含甲酸 Cu；有機胺化合物；部

分量的 CuNP 作為填充劑(對油墨中銅的總量的 2.4%)和黏合劑。有利地，可將油墨印刷在低溫基板上並 UV 燒結以在低溫基板上產生導電跡線同時減少或消除對基板的損壞。燒結時間較佳為 20 分鐘或更少，更佳為約 15 分鐘或更少。在一實施態樣中，將跡線燒結約 1-15 分鐘以獲得導電銅跡線。在另一實施態樣中，將跡線燒結約 3-10 分鐘以獲得導電銅跡線。在又一實施態樣中，將跡線燒結約 8-10 分鐘。藉由以廣譜 UV 光燒結該油墨製造之跡線具有形態類似於熱處理之樣品的形態且具有可比較的電性。

【0299】 在此情況下，可幫助甲酸銅在 PET 和 Kapton 上光還原的試劑為胺基二醇，即(3-(二乙胺基)-1,2-丙二醇)。用烷胺(辛胺或乙基己胺)調配的 Cu 油墨之 UV 燒結不會引發光還原且隨著曝光較長(~30 分鐘)，跡線變黑，意味著銅跡線被氧化。此等結果意味著胺基二醇特別適合於 UV 燒結(且不需要包括熱保護劑)。胺基二醇的第一個優點為甲酸 Cu/胺基二醇錯合物的分解溫度降低。其次，胺基二醇中的羥基防止在燒結期間氧滲透並防止氧化。相較於其他胺配位基，在燒結期間該胺基二醇具有對痕量氧的存在有較大的耐受性。

【0300】 表 12. Cu 分子油墨

成分	添加目的	質量(g)	重量%
無水甲酸 Cu	Cu 前驅物	5.0	42.63
3-(二乙胺基)-1,2-丙二醇	胺	1.46	12.45
H ₂ O	溶劑	5.18	44.17
Cu 奈米粒子	填充劑	0.05	0.43
Rokrapol 7075	黏合劑	0.0375	0.32

實施例 14：UV 處理之由分子油墨製造的 Ag 跡線

【0301】 熱成形的電子產品使用傳統和改良的印刷方法將功能油墨印刷在平面(2D)基板上，其可熱成形為 3D 形狀且隨後射出成型，以產生最終功能性輕量且成本較低的「零件」。此方法的成功取決於能夠在熱成形下存

活的導電油墨，其中導體必須承受>25%的伸長，且拉深(draw-depth)(「z 方向」的改變)可達 1 cm，而沒有跡線之測量電阻的明顯損耗或改變。在此實施例中，測試包含草酸銀、1-胺基-2-丙醇或 1-胺基-2-丙醇/2-胺基丁醇之混合物(溶解草酸銀和降低其分解溫度)、纖維素聚合物(充當流變改質劑和黏合劑)及二丙二醇單甲醚(充當溶劑載體)之可網版印刷油墨的使用寬帶 UV 光之乾燥或固化的優點。

【0302】 在將油墨絲網印刷在與工業相關的聚碳酸酯基板上之後，可使用 UV 光處理所得跡線且隨後在將其熱成形時，進行原位燒結(例如熱燒結)以產生具有局部伸長高達 25%且電阻增加小至 11%和電阻率值低至 14 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ (5.4 m $\Omega/\square$ /密耳)之導電跡線。熱成形之後產生功能跡線的能力使得能夠開發由外部處理器驅動的概念驗證 3D 電容式觸控 HMI 界面或可照亮 3 個可單獨可定址 LED(參見圖 16)。

【0303】 根據 WO 2018/146616(其以全文引用方式併入本中文)所揭示之方法製備表 13 中之油墨。首先將纖維素聚合物黏合劑溶解在二丙二醇單甲醚以製造油墨載體。在溶解纖維素聚合物之後，將表面張力改質劑、消泡劑和 1-胺基-2-丙醇(或 1-胺基-2-丙醇/2-胺基丁醇之混合物)加至載體並在離心混合機中混合 2 分鐘。最後，將草酸銀加至載體中，並在離心混合器中再次混合以製造油墨。油墨的熱重分析(TGA)分析指示油墨中的銀金屬含量為~23%。以裝有 SC4-14 小樣品轉接器的 Brookfield DV3T 流變計測量油墨的黏度且發現在應力下會變稀並具有~6000 cP 之黏度。

【0304】 表 13.低溫銀油墨

成分	添加目的	質量(g)	重量%
草酸銀	銀前驅物	7.935	35.00
1-胺基-2-異丙醇/2-胺基-1-丁醇 (2.67/1)	胺	12.2455	54.01
乳酸	表面張力改質劑	0.2046	0.90
羥乙基纖維素(HOEC)	黏合劑	0.1647	0.73
二丙二醇單甲醚 (DPGME)	溶劑	2.0521	9.05

Antifoam 204	消泡劑	0.0017	0.00749
BYK R605 (聚羧基羧酸鹽胺)	觸變劑	0.0688	0.30

【0305】 使用 S-912M 小型網版印刷機透過光成像在支撐於 SS400 不銹鋼網(MeshTec, Illinois)上之 MIM 乳液(22-24 μm)上的圖案將分子油墨網版印刷在 Lexan 8010 的 8.5x11”板(稱為 PC-8010)上。對於經由 DYMAX 5000-EC 系列 UV 固化泛光燈系統處理的樣品，將印刷跡線放在離燈 20 cm 的平台頂部上，並在燈打開時立即暴露於 UV 光中。用 AccuXX 光計從燈測得的光能指示能量為每分鐘 3.232 J/cm²。對於使用 UV 輸送帶系統處理的樣品，使用來自美國 UV 的 6 呎雙燈輸送帶系統(C12/300/2 12”)。將輸送帶安裝鎂和鐵摻雜的鹵素燈泡及在燈下以 35 呎/分鐘的速度單次通過的強度產生表 14 中所示的光劑量。

【0306】 表 14 利用安裝鎂和鐵摻雜的鹵素燈泡之 UV 輸送帶系統(來自 American UV 的 6 呎雙燈輸送帶系統(C12/300/2 12”))的 UVA、UVB、UVC 和 UVV 光以 35 呎/分鐘的速度在燈下單次通過後的 UV 劑量。

光	波長	劑量
UVA	320-395	867 ± 9
UVB	280-320	554 ± 3
UVC	250-280	130 ± 1
UVV	395-455	1788 ± 5

【0307】 在將基於草酸銀之分子油墨調配並網版印刷在 Lexan 8010 上之後，將基板裝進 Formech 熱成形機中 (<https://formechinc.com/product/300xq/>)並加熱至 180-190℃的溫度經 60-70 秒以軟化基板。應該注意的是，基於草酸銀之跡線暴露在這些溫度下，即使在很短的時間內，仍會原位產生導電跡線。軟化後，藉由將 PC 基板拉到支撐在真空台上的模板物件(在本例中為圓頂橢圓形)上將其熱成形，並在基板冷卻時，將 3D 形狀凍結在基板中，導致 3D 導電銀跡線。

【0308】 當將基於草酸銀之油墨印刷且立即熱形成時，不能產生導電跡線。相反，當使用來自基於泛光燈之系統(DYMAX 5000-EC 系列 UV 固

化泛光燈系統)或雙燈 UV 輸送帶系統(American UV C12/300/2 12"輸送帶，裝有摻鎳和摻鐵的金屬鹵素燈)處理印刷跡線理時，可產生導電的熱成形跡線。

【0309】在暴露於相同條件而不進行熱成形步驟的比較跡線中熱成形跡線之相對電阻的比較係藉由將測試跡線之部分熱成形及將測試跡線的對照部分暴露於相同的 UV 處理和熱條件但跡線未熱成形進行。如圖 13 中所突顯的，一條適合於熱成形跡線的電阻對線寬(藍色/較深和綠色/較淺的圓圈)之趨勢線與未熱成形之對照跡線的電阻對線寬(紅色/較深和黃色/較淺的圓圈)重疊且非常好地重疊。關於 UV 處理之跡線，熱成形後之電阻改變的估計為約~5%(參見圖 13)。

【0310】對在熱成形方法期間拉伸的跡線之顯微鏡分析指示在沒有紫外線處理下，整個跡線明顯龜裂(圖 14bi、bii、biii)，導致大部分不導電的熱成形跡線。用來自基於泛光燈系統(圖 14ci、cii 和 ciii)或雙燈紫外線傳送器系統(圖 14di、dii 和 diii)的 UV 光處理草酸銀油墨將跡線的龜裂最少化，導致導電 3D 銀跡線。

【0311】為了闡明 UV 處理對熱成形草酸銀油墨之能力的影響，以 XRD 分析 UV 處理跡線。此分析指示用來自泛光燈和 UV 輸送帶系統的 UV 光處理草酸銀油墨會引發銀鹽轉化至金屬銀。用掃描電子顯微法(SEM)進一步分析 UV 處理的跡線指示 UV 處理將分子油墨轉變為銀奈米粒子(圖 15)。當透過使用 UV 固化機而不是 DYMAX 5000-EC 系列 UV 固化泛光燈系統製造時，奈米粒子似乎具有較小的直徑。這可能是由於以下的事實：相較於泛光燈系統(每分鐘 3.2 J/cm^2 ，每秒 0.053 J/cm^2)，UV 輸送帶系統在較短的時間內將跡線暴露於劑量高得多的能量(UVV：每秒 1.8 J/cm^2 ，UVA：每秒 0.9 J/cm^2)。此強烈暴露於 UV 光則可產生大量的銀(0)原子，其大概是將大量的小銀奈米粒子成核。熱成形跡線的 SEM 分析也意味著：藉由從 UV 輸

送器產生的強光處理跡線產生的較小銀奈米粒子，聚結成比藉由 DYMAX 泛光燈系統之 UV 處理後產生的較大奈米粒子更加相互連接的網絡。直接熱成形而無任何 UV 處理的跡線之 SEM 分析係由銀奈米粒子的不均勻分佈組成，其中銀跡線主要由良好互連的小銀奈米粒子組成，但有許多較大直徑粒子不聚結。較大粒子在跡線中充當缺陷且可能是在彼等熱成形時龜裂的位置(參見圖 17)。油墨快速加熱至 180-190°C 可能導致同時銀奈米粒子形成和溶劑/胺蒸發。由於草酸銀鹽在載體溶劑中的溶解度較低且分解溫度較高，所以銀跡線含有不均勻地生長、變成龜裂和不導電的奈米粒子。

【0312】此數據意味著經由 UV 處理引發這些小奈米粒子的形成為形成均勻、無龜裂且導電熱成形跡線的一個因素。DYMAX 泛光燈系統和 UV 輸送帶系統皆將跡線暴露於 UVA 光(320-395 nm)，其可固化跡線深處以改良黏著力。此外，摻鎂的燈泡 UV 輸送帶系統將跡線暴露於 UVV 光，其應穿透至油墨/基板界面附近的跡線最深區域。

【0313】製造具有 MPR121 電容式觸控感測器模組板(Capacitive Touch Sensor Breakout board)之 Arduino Micro 驅動的基於 3 按鈕電容式觸控的人機界面(HMI)開關證明使用 UV 處理製造均勻、無龜裂且導電的銀電路的能力。該板係設計為以 2D 印刷，接著熱成形為 1 cm 的高 3D 結構(圖 16)。與上述直線跡線研究相反，電容式觸控電路之印刷在垂直和水平方向上的跡線都更為複雜。如此印刷的分子油墨再次 UV 處理能夠製造功能電路，而未經處理的跡線容易龜裂並變成不導電。結果的總結出示於表 15，其中，相較於用泛光燈系統(2.0 和 2.6 Ω/cm)處理的樣品，使用 UV 固化機和 DYMAX 系統處理之顯示產生具有較低的測量電阻之跡線。相較於經受相同處理條件但熱成形的對照跡線，UV 輸送帶和 DYMAX 系統的熱成形跡線之相對電阻增加分別為 10%及 20%。使用由基於草酸銀之油墨製造的導電熱成形跡線，使用導電銀環氧樹脂將 LED 固定在跡線上，並使乾燥數小時(圖

16a)。結果是電容式觸控電路具有三個可單獨尋址的觸控電路，這些觸控電路在被觸摸時會亮起並證明 3D 電路如何藉由這種分子油墨、LED 和 Arduino Micro/電容式觸控感測器模組板的組合製造。因此證明可透過與相關產業的添加劑製造方法(網版印刷、熱成形和取放技術)來製造 HMI 開關(觸控電路)，並且可透過使用相關產業的 UV 處理方法進行改良。

【0314】我們也比較分子油墨對設計用於熱成應用的以彈性體聚合物改質的市售銀片油墨的性能。如表 15 中突顯者，由分子油墨產生的 UV 處理和熱成形跡線之測量電阻和電阻率均比暴露於相同處理條件的非熱成形市售油墨要好。同樣值得注意的是：儘管分子油墨比由市售片狀墨水製造的跡線薄~3 倍，但我們仍使用分子油墨達成此性能。這可能是由於以下事實：為了可熱成形，市售油墨具有大比例的彈性體聚合物加至調配物中以促進伸長。該聚合物的存在改良跡線的拉伸性，但是同時降低了所得跡線的電阻率。在本文所提出的分子油墨的情況下，我們可利用 UV 處理來賦予其拉伸性，且不需要添加額外的聚合物，因此熱成形跡線的電阻率仍然很低。

【0315】表 15.相較於市售可熱成形油墨，基於草酸銀之分子油墨之測量電阻、跡線高度以及計算的片電阻率和體積電阻率的列表比較。請注意，市售可熱成形油墨尚未進行熱成形，僅進行了 2D 跡線的熱固化。

油墨	電阻 (Ω/cm)	處理	高 (μm)	片電阻率 ($\text{m}\Omega/\square/\text{密耳}$)	體積電阻率 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)
基於草酸銀之分子油墨	2.1 ± 0.4	UV 輸送帶	1.1 ± 0.2	5.4 ± 0.6	13.8 ± 1.6
基於草酸銀之分子油墨	2.6 ± 0.4	DYMAX UV 泛光燈	1.1 ± 0.3	6.1 ± 1.1	15.5 ± 2.8
市售油墨	2.6 ± 0.7	無	5.2 ± 0.5	26.7 ± 2.6	66.7 ± 6.6

【0316】總而言之，可以將(聚碳酸酯)PC 相容的可網版印刷之草酸銀分子油墨的使用併入熱成形電子產品的開發中，其中簡單的 UV 處理方法使

跡線在伸長最多至 1.3X 之後得以保持導電，使能夠透過產業相關的製造方法而從 2D 印刷片材發展 3D 電路。UV 處理的應用亦可應用於射出成型方法中，以進一步使分子油墨能夠併入射出成型結構中，以製造熱成形電路和其他熱成形電子產品，特別是由於油墨可在熱成形方法期間燒結之事實，特別是當將熱成形中使用的 PC 和類似基板加熱至更高溫度以促進零件成形時。此等處理之方法使能夠開發結構上更複雜的裝置，並為汽車、航太和家電產業的人機界面之製造提供更多的設計自由。

【0317】 作為額外的總結，表 16 提供含有包含胺基醇的混合物之基於銀的分子油墨的混合物之油墨在熱成形之前在聚碳酸酯基板上 UV 處理後的性能之比較分析，突顯沒有 UV 處理，跡線在熱成形方法期間龜裂。使用 DYMAX 5000-EC 系列 UV 固化泛光燈系統進行 UV 燒結，及使用 American UV C12/300/2 12"輸送帶，與摻鎳和摻鐵鹵素燈進行固化。

【0318】 表 16. 相較於僅進行熱處理，使用 DYMAX 系統和 UV 輸送帶系統進行 UV 處理後的油墨 C1 之性能的比較分析。

UV 光曝光工具	劑量 (mJ/cm ²)	時間 (s)	在熱成形期間龜裂?	相較於非熱成形跡線，相對電阻增加
無	-	-	是	不導電，龜裂
DYMAX	UVA： 12.8	240	很少	~5%
UV 固化機	UVV： 5.4VA： 2.7	3	無	~5%

【0319】 雖然已經參考目前被認為是較佳的實施例來描述本申請案，但是應理解本申請不限於所揭示的實施例。相反地，本申請案旨在涵蓋所附申請專利範圍的精神和範圍內所包括的各種修改和等同配置。所有公開、專利和專利申請案均以其全文引用之方式併入本文中，其併入程度如同各個單獨的公開、專利和專利申請案被具體地和單獨地指示以其全文引用之方式併入

一樣。發現本申請中的術語在以引用之方式併入本文的文件中被不同地定義時，本文所提供的定義將用作該術語的定義。

【符號說明】

- 10 單面包覆成型的印刷電子零件
- 12 基板
- 14 導電跡線
- 16 包覆成型樹脂
- 18 裝飾性油墨層
- 20 介電油墨層
- 24 玻璃纖維強化層
- 26 紫外線(UV)硬塗層
- 110 包覆成型的印刷電子零件
- 112A 基板
- 112B 基板
- 114A 導電跡線
- 114B 導電跡線
- 116 包覆成型樹脂
- 118A 裝飾性油墨層
- 118B 裝飾性油墨層
- 120A 介電油墨層
- 120B 介電油墨層
- 122A 電子元件
- 122B 電子元件
- 124A 玻璃纖維強化層

- 124B 玻璃纖維強化層
- 126 紫外線(UV)硬塗層
- 200 雙面包覆成型的印刷電子零件
- 202 線
- 204 射出澆口
- 206 通氣孔
- 208 下基板
- 210 上基板

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種製造包覆成型的印刷電子零件之方法，該方法包含：

在基板上沉積低溫分子油墨以在該基板的第一表面上形成該油墨之非導電跡線；

燒結在該基板上的油墨之非導電跡線以在該基板的第一表面上形成導電跡線；

射出包覆成型樹脂或其前驅物在該基板的第一表面上之導電跡線上；及

硬化該包覆成型樹脂或固化其前驅物以獲得包覆成型的印刷電子零件。

【第2項】如申請專利範圍第 1 項之方法，其中在沉積該分子油墨之後及在燒結該非導電跡線之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。

【第3項】如申請專利範圍第 1 項之方法，其中在燒結該非導電跡線之後及在射出該包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含將基板熱成形以獲得成形基板。

【第4項】如申請專利範圍第 2 或 3 項之方法，其中在將該基板熱成形之前，該方法另外包含將一或多個電子元件耦合至該基板的第一表面，其中該一或多個電子元件係選自二極體、積體化佈線連接器、基本電硬體、積體晶片、電阻器、電容器、電晶體和超音波感測器。

【第5項】如申請專利範圍第 4 項之方法，其中該二極體係發光二極體(LED)或有機發光二極體(OLED)。

【第6項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中在將

該基板熱成形之後及在射出該包覆成型樹脂或其前驅物之前，該方法另外包含在該基板的第一表面上引入玻璃纖維強化層。

【第7項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中在沉積該分子油墨之前，該方法另外包含在該基板的第一表面上沉積一或多種裝飾性油墨。

【第8項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中在沉積該分子油墨之前或在沉積該分子油墨之後及在燒結該非導電跡線或視需要地將該基板熱成形之前，該方法另外包含在該基板的第一表面上沉積介電油墨。

【第9項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中該方法包含在該基板上重複沉積分子油墨以獲得多層之導電跡線。

【第10項】如申請專利範圍第 2 至 3 項中任一項之方法，其中在將該基板熱成形之後，該方法另外包含將紫外線可固化硬塗層施加至該基板之第二表面。

【第11項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中該基板包含聚對酞酸乙二酯(PET)、非晶形聚對酞酸乙二酯(APET)、二醇(glycol)改質的聚對酞酸乙二酯(PET-G)、聚烯烴、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚醯亞胺、熱塑性聚胺甲酸酯(TPU)、聚矽氧膜、聚碳酸酯-丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)摻合物、丙烯腈丁二烯苯乙烯(ABS)、聚苯硫(PPS)、聚苯并咪唑(PBI)、聚丙烯聚異氰酸苯甲酯(PPI)、聚醚醚酮(PEEK)或聚偏二氟乙烯(PVDF)。

【第12項】如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該聚烯烴係熱塑性烯烴(TPO)。

【第13項】如申請專利範圍第 11 項之方法，其中該聚矽氧膜係聚二甲基矽氧烷(PDMS)。

【第14項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中該分子油墨包含：羧酸銀；及/或有機胺化合物；及/或有機聚合物黏合劑；及/或表面張力改質劑；及/或溶劑；及/或其中該包覆成型樹脂為熱塑性樹脂；及/或包覆成型樹脂的前驅物為熱固性樹脂之前驅物。

【第15項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中該燒結包含光子燒結、熱燒結或 UV 燒結。

【第16項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之方法，其中該分子油墨或導電跡線油墨包含：羧酸銀或羧酸銅和有機胺化合物。

【第17項】如申請專利範圍第 16 項之方法，其中該羧酸銀為 C_{1-10} 烷酸鹽(alkanoate)，或其中該羧酸銅為 C_{1-12} 烷酸鹽。

【第18項】如申請專利範圍第 1 至 3 項中任何一項之方法，其中在燒結或固化之前以寬帶 UV 光處理該非導電跡線。

【第19項】一種包覆成型的印刷電子零件，其包含：

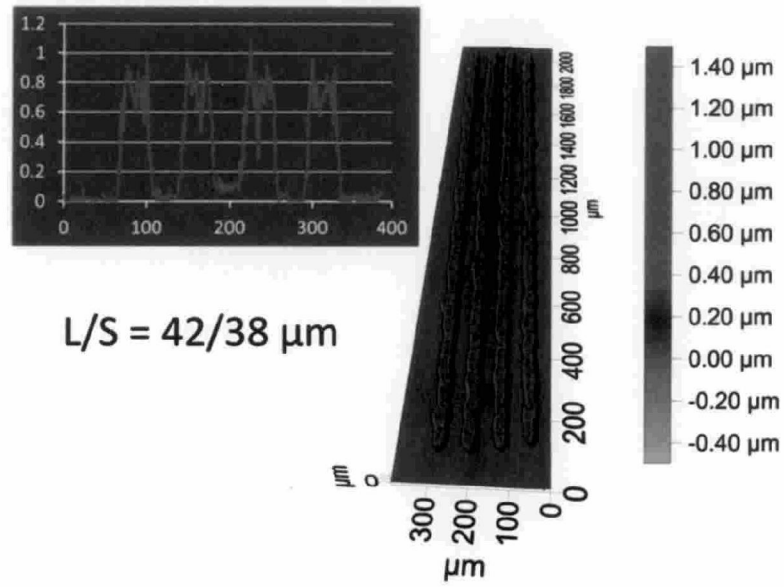
耦合至基板的第一表面之導電跡線；及

包覆成型在耦合至該基板的第一表面之導電跡線上的熱固性樹脂；

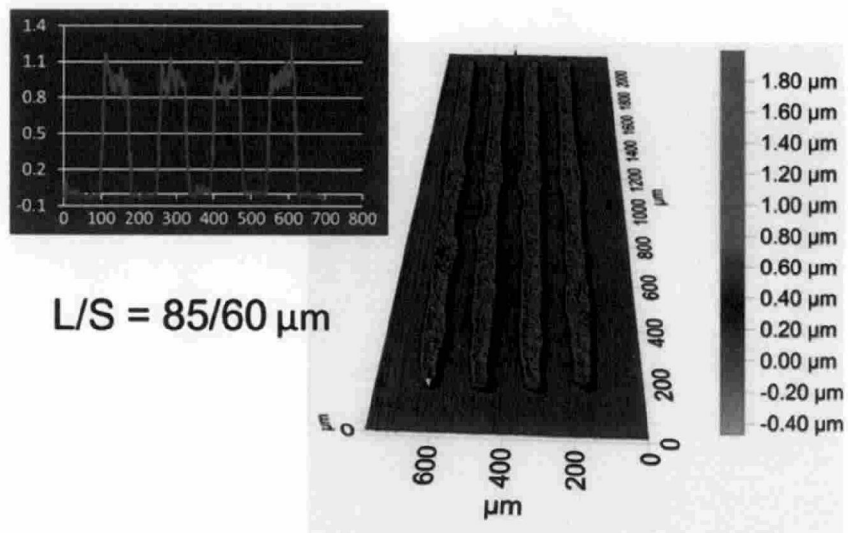
其中該導電跡線由低溫分子油墨製造。

【第20項】如申請專利範圍第 19 項之包覆成型的印刷電子零件，其中該低溫分子油墨包含：羧酸銀；有機胺化合物；有機聚合物黏合劑；表面張力改質劑；及溶劑。

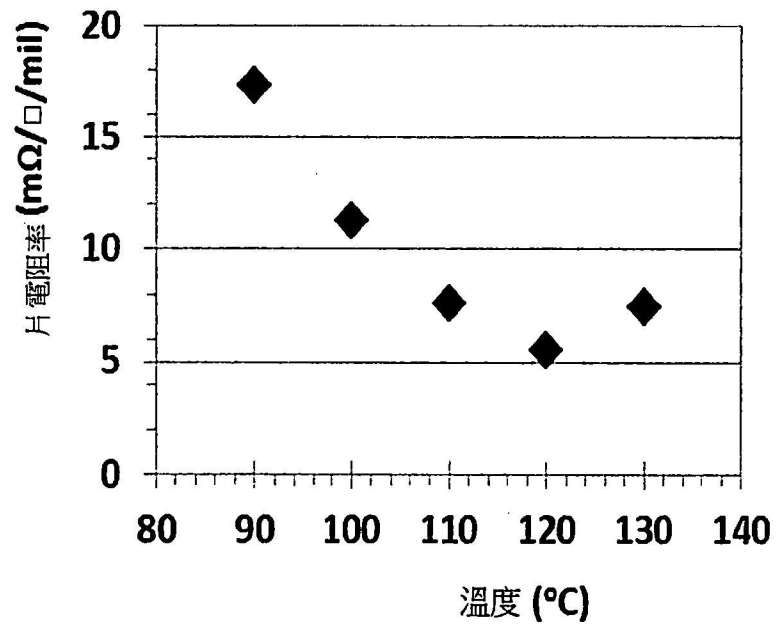
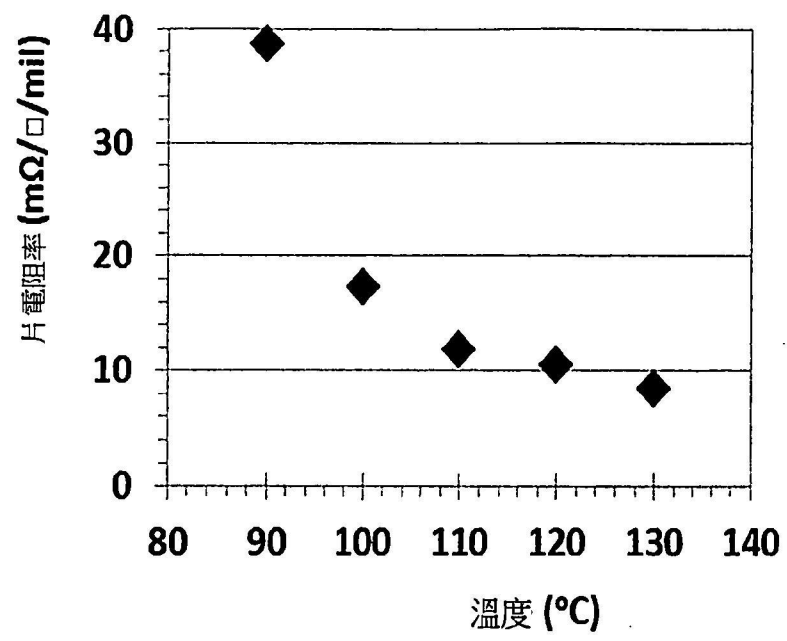
【發明圖式】



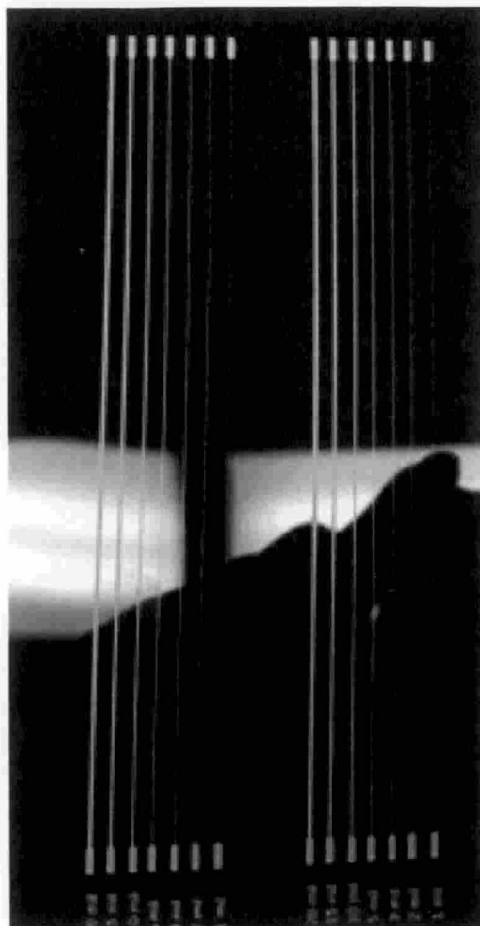
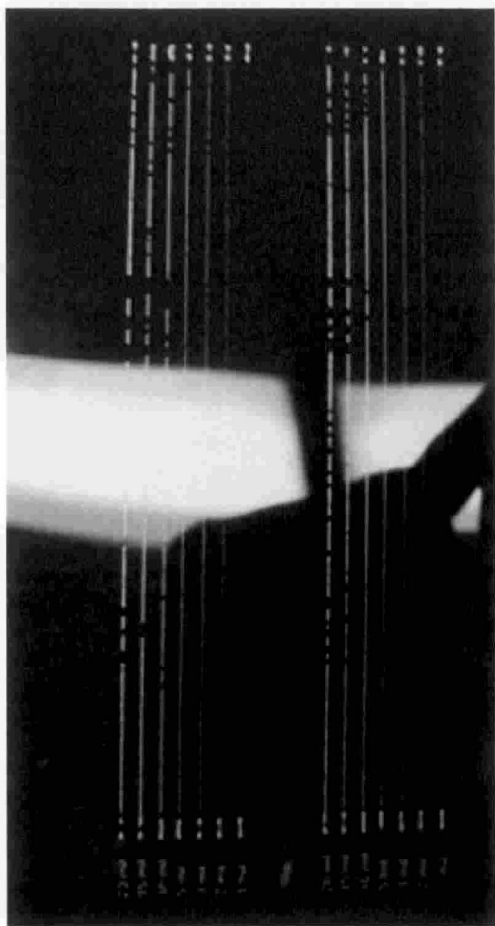
【圖1】



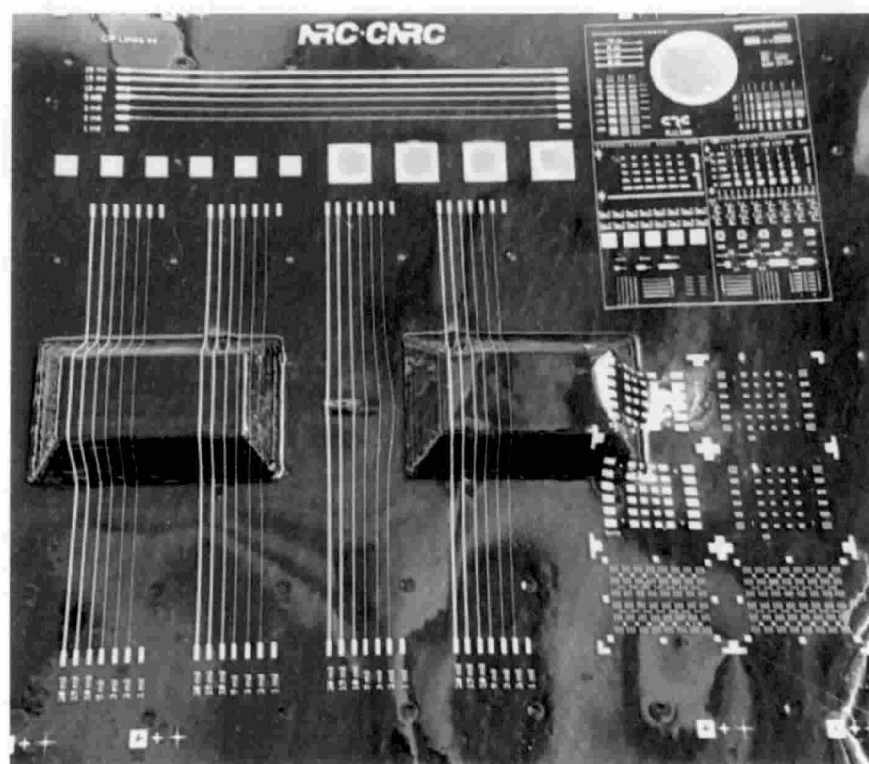
【圖2】



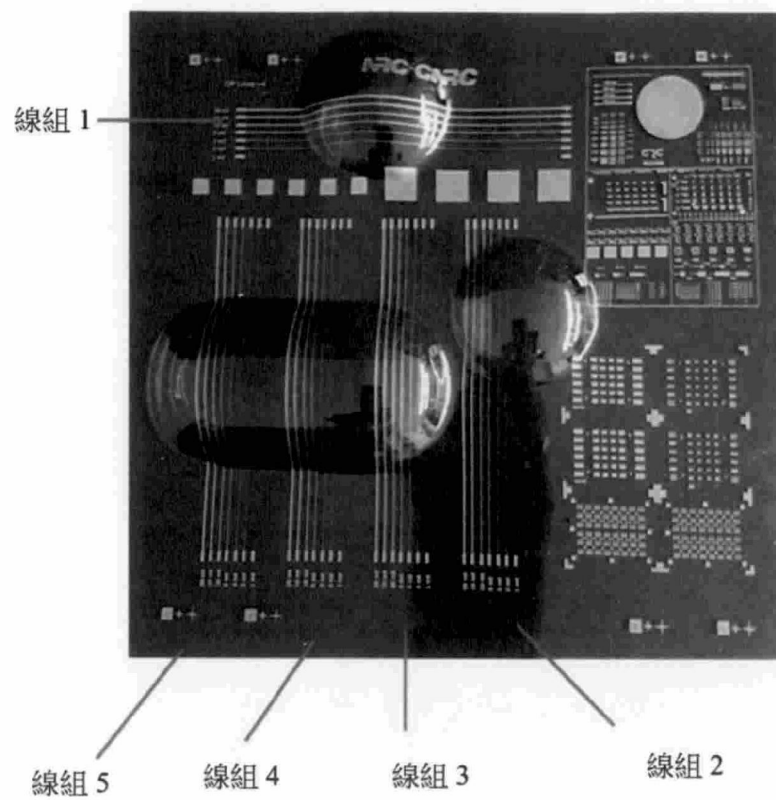
【圖3】



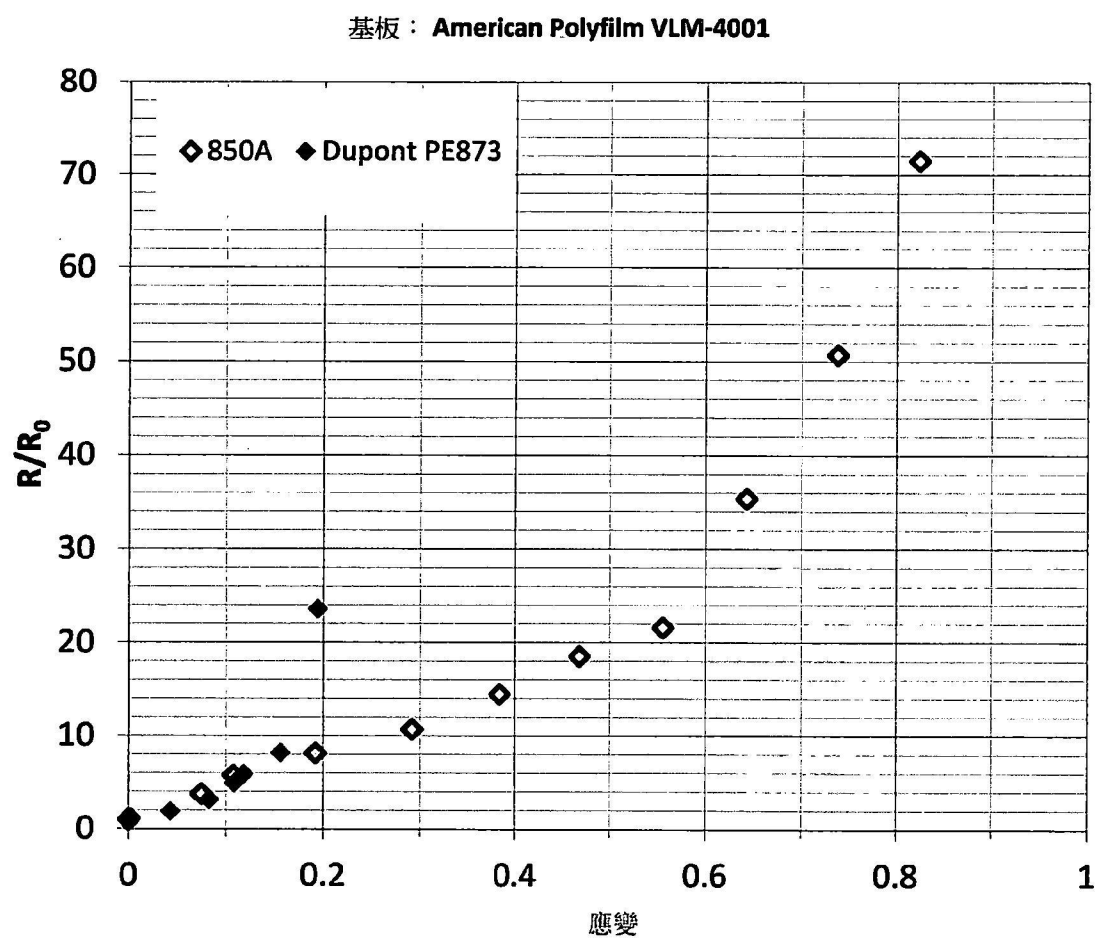
【圖4】



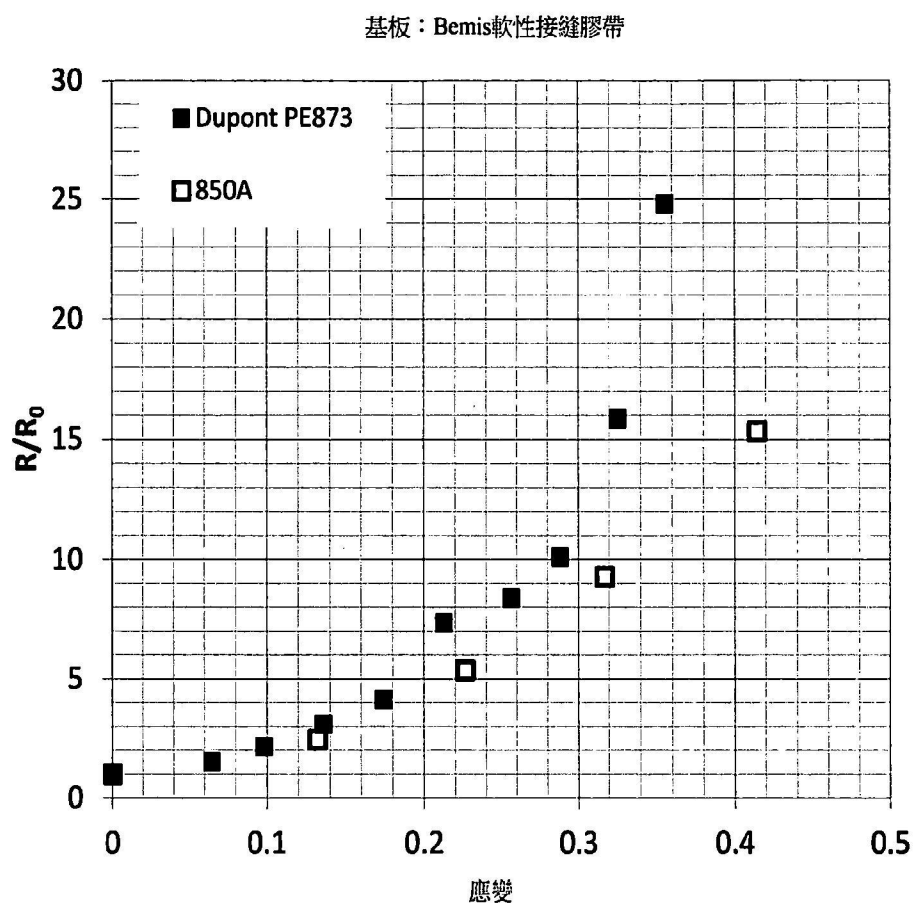
【圖5】



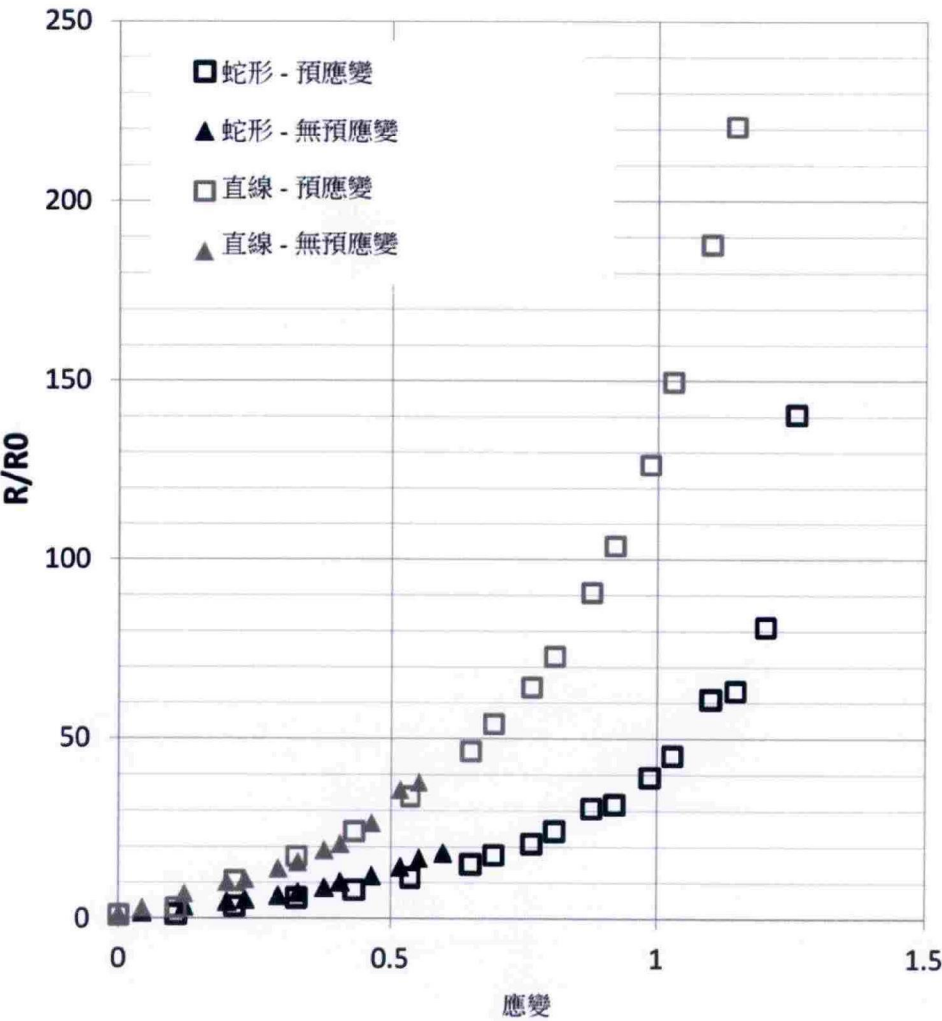
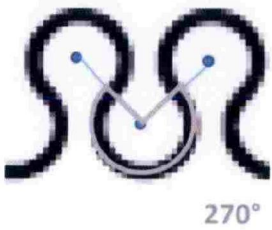
【圖6】



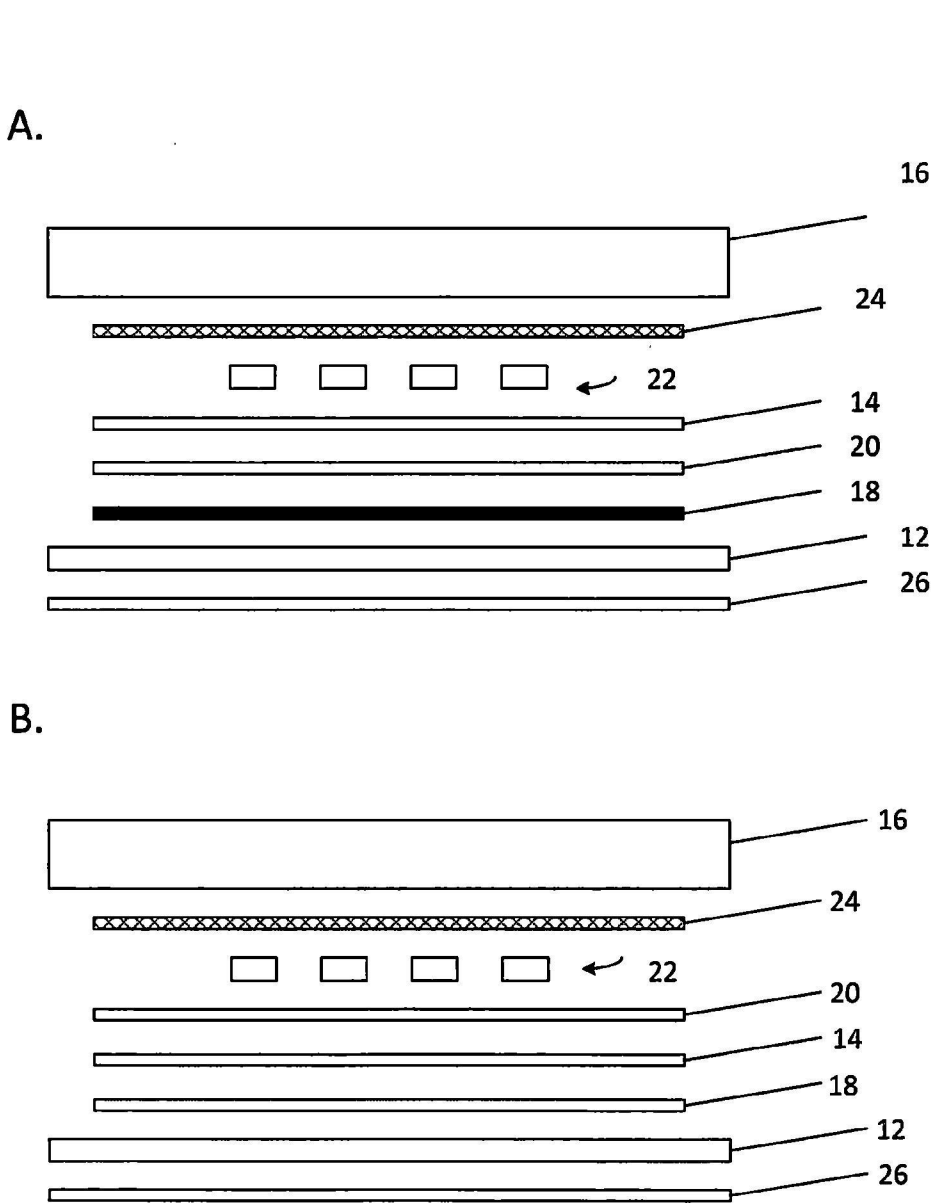
【圖7】



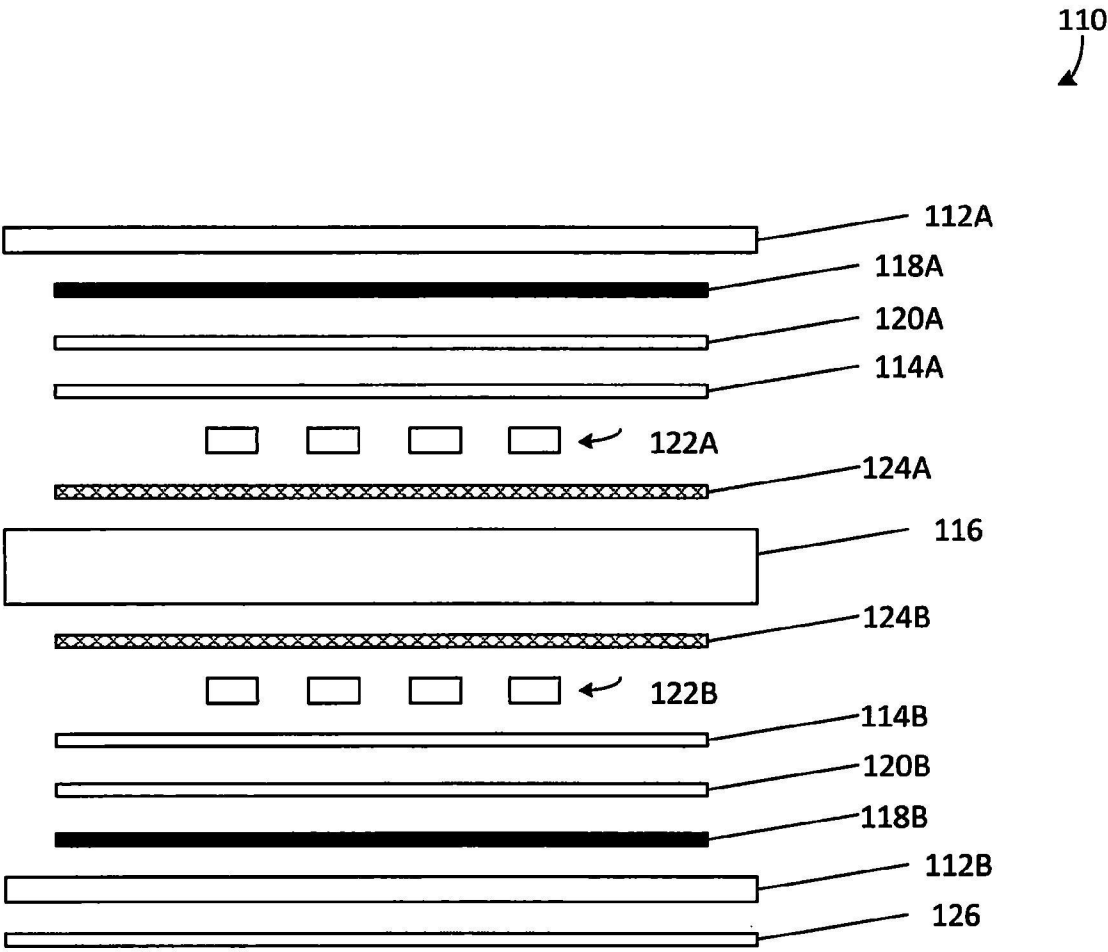
【圖8】



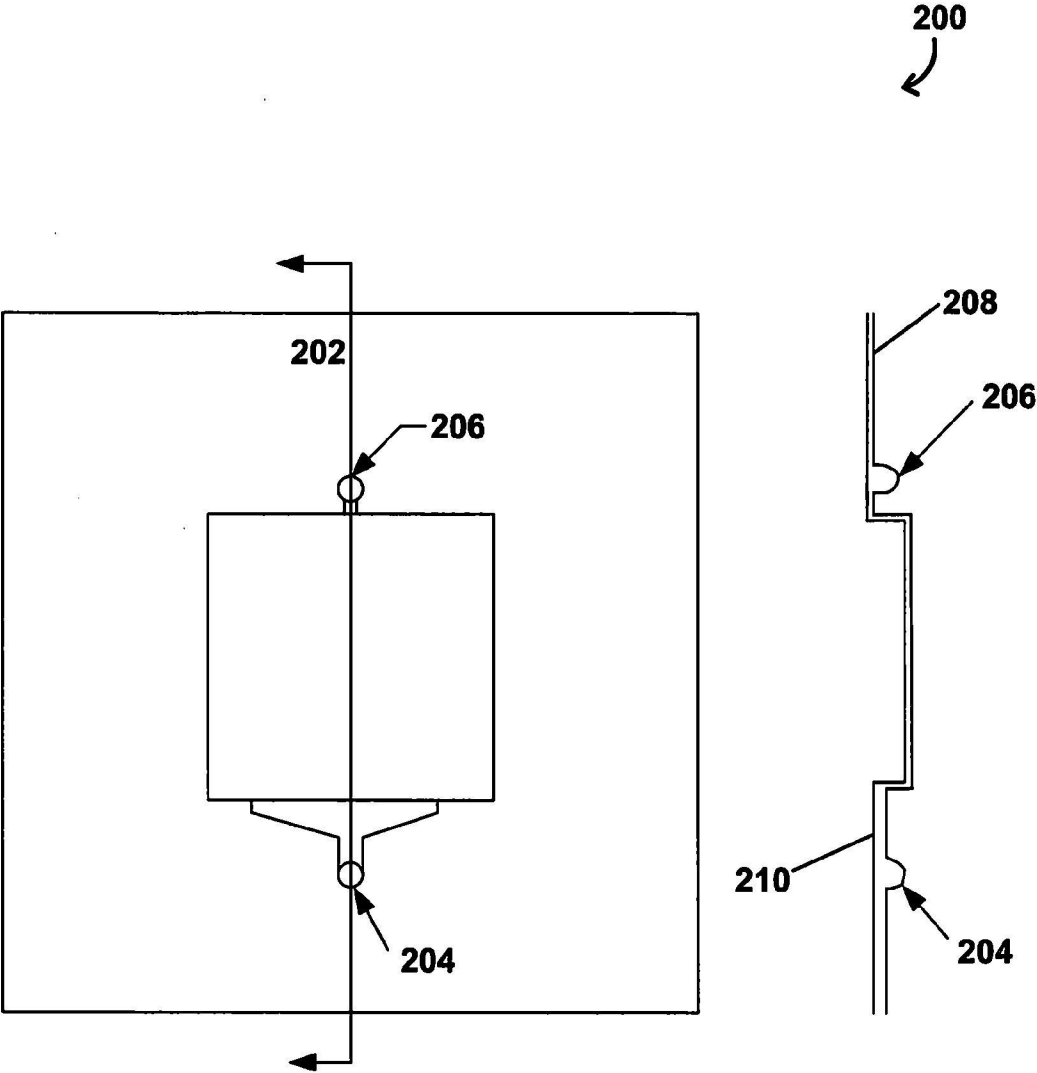
【圖9】



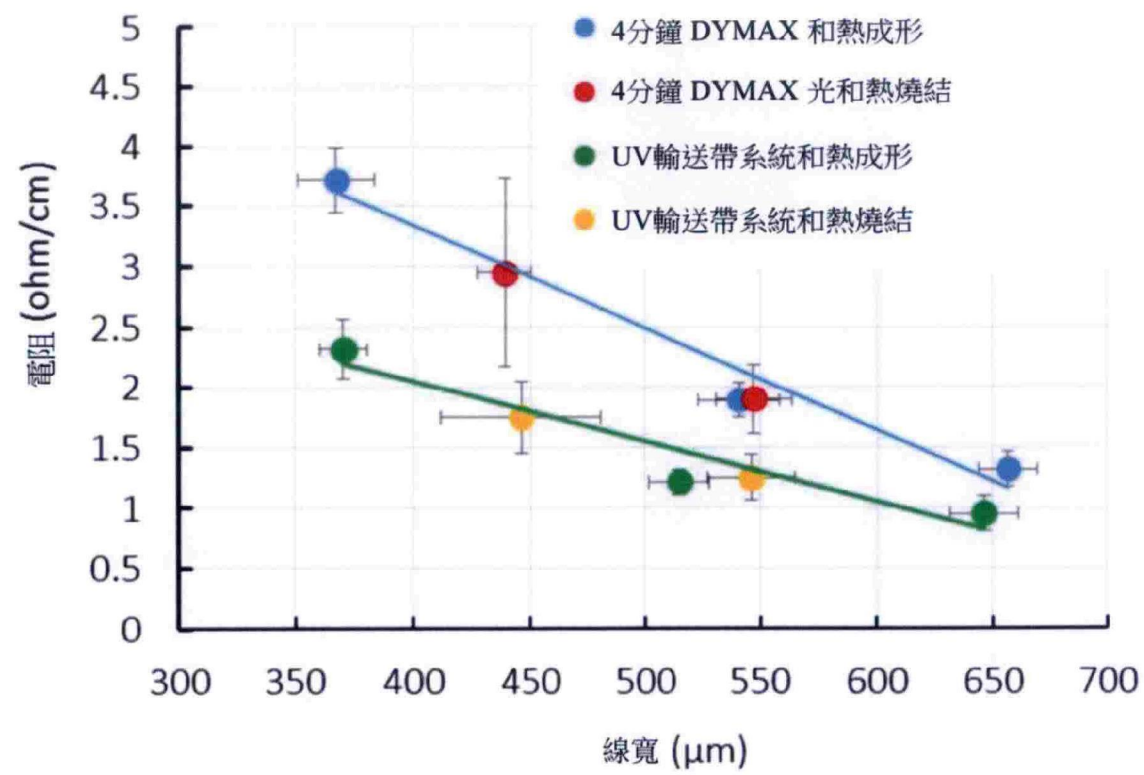
【圖10】



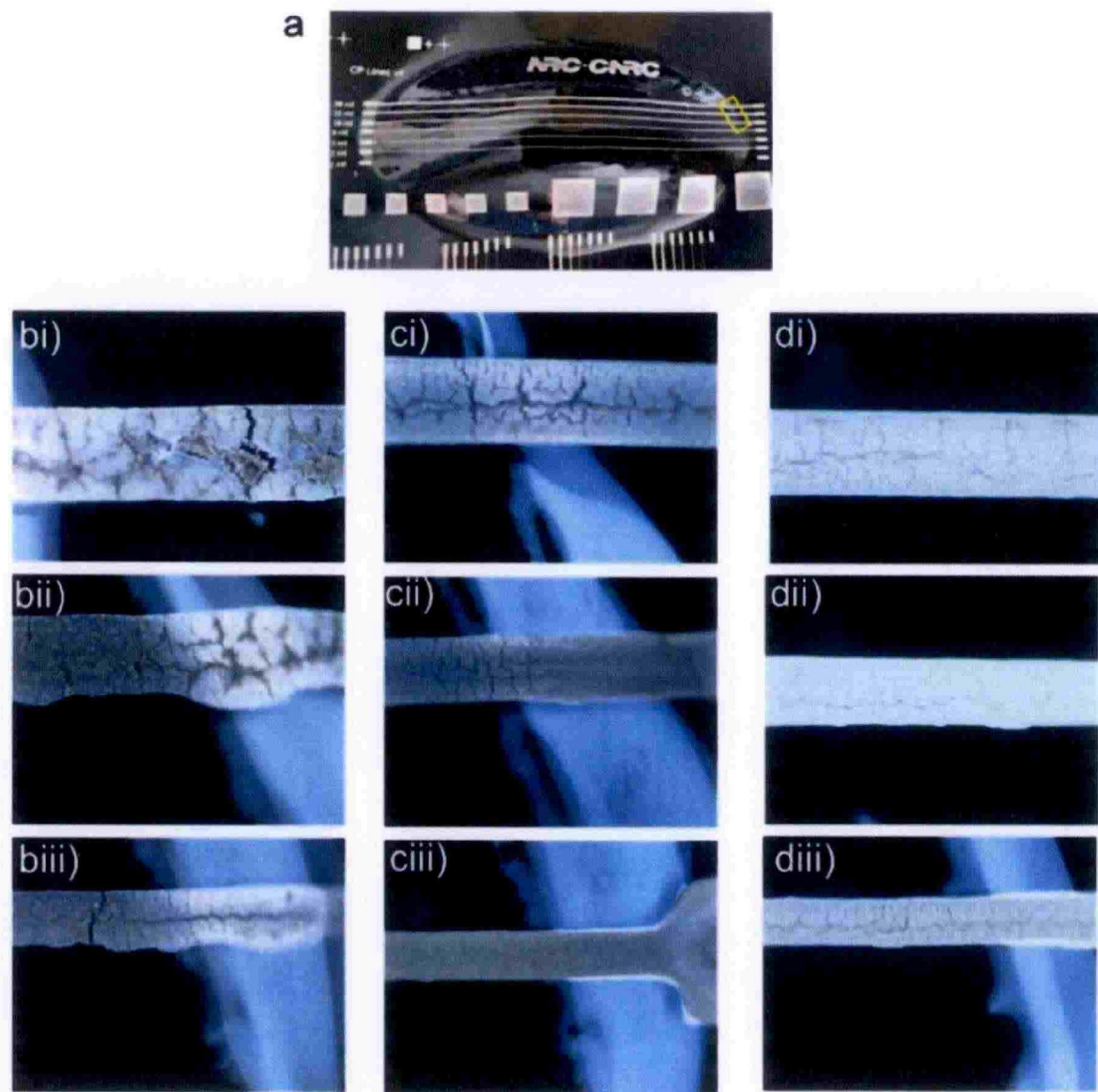
【圖11】



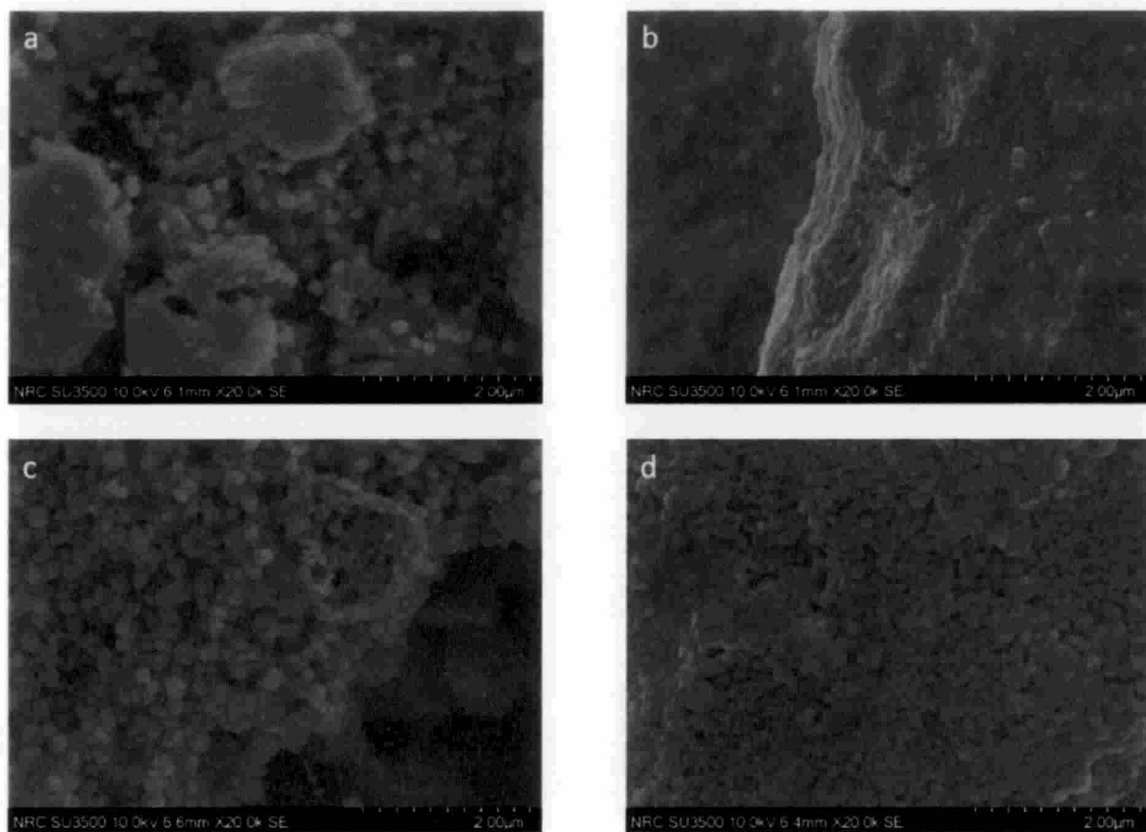
【圖12】



【圖13】



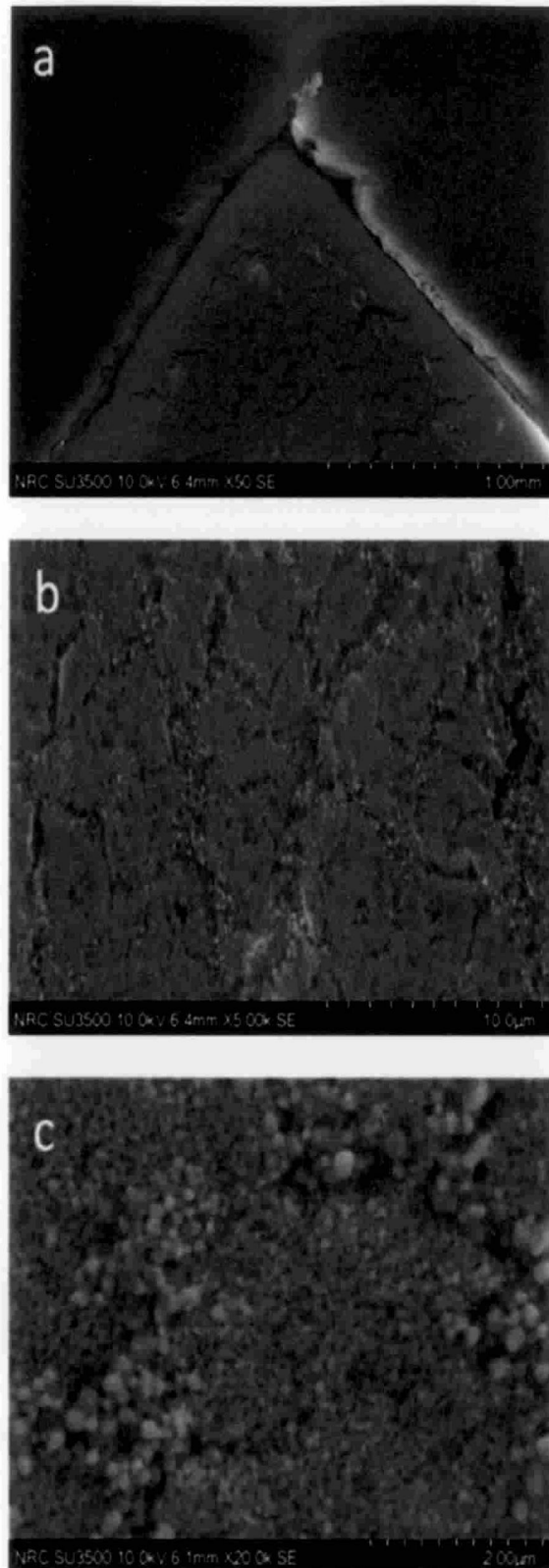
【圖14】



【圖15】



【圖16】



【圖17】