



(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 I681535 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：106106870

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 02 日

(51)Int. Cl. : H01L27/04 (2006.01)

H01L27/32 (2006.01)

H01L21/70 (2006.01)

(30)優先權：2016/03/03 美國

62/303,096

2016/12/09 美國

15/373,865

(71)申請人：愛爾蘭商艾克斯瑟樂普林特有限公司 (愛爾蘭) X-CELEPRINT LIMITED (IE)
愛爾蘭(72)發明人：庫可 羅那德 S COK, RONALD S. (US)；鮑爾 克里斯多夫 BOWER,
CHRISTOPHER (US)；梅特 馬修 MEITL, MATTHEW (US)；普利維特 卡爾
PREVATTE, CARL (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 512500

CN 101317266A

US 8889485B2

US 20150372187A1

審查人員：楊翠瑩

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：24 共 78 頁

(54)名稱

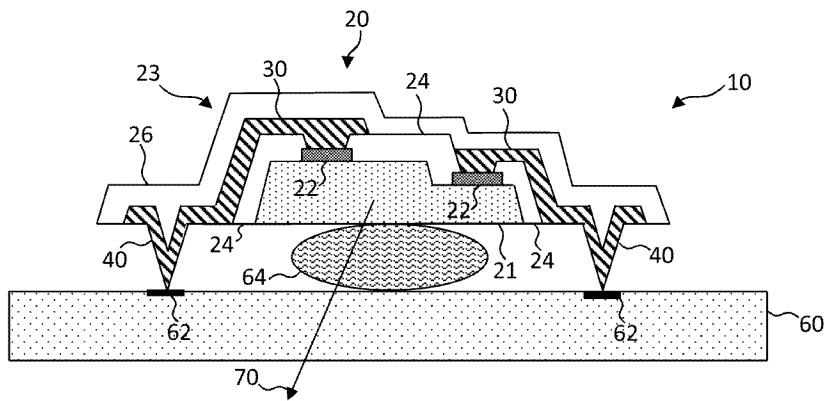
微轉移可印刷電子元件

(57)摘要

本發明揭露一種微轉移可印刷電子元件，其包含一或多個電子元件，諸如積體電路或 LED。各電子元件具有用於將電力提供至該電子元件及一支柱側的裝置電接點。複數個電導體包含經電連接至該等裝置電接點之各者之至少一電導體。一或多個導電連接支柱突出超過該支柱側。各連接支柱經電連接至該等電導體之至少一者。額外連接支柱可形成電連接該可印刷電子元件微轉移印刷至其之一目的基板上之電導體的電跨接線。該可印刷電子元件可為一顯示器中之一全色像素。

A micro-transfer printable electronic component includes one or more electronic components, such as integrated circuits or LEDs. Each electronic component has device electrical contacts for providing electrical power to the electronic component and a post side. A plurality of electrical conductors includes at least one electrical conductor electrically connected to each of the device electrical contacts. One or more electrically conductive connection posts protrude beyond the post side. Each connection post is electrically connected to at least one of the electrical conductors. Additional connection posts can form electrical jumpers that electrically connect electrical conductors on a destination substrate to which the printable electronic component is micro-transfer printed. The printable electronic component can be a full-color pixel in a display.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

- 10 . . . 可印刷電子元件
- 20 . . . 電子裝置/發光二極體(LED)
- 21 . . . 支柱側
- 22 . . . 裝置電接點
- 23 . . . 衝壓側
- 24 . . . 介電結構
- 26 . . . 囊封層
- 30 . . . 電導體/電極
- 40 . . . 連接支柱/尖頭/第一連接支柱
- 60 . . . 目的基板
- 62 . . . 接觸墊
- 64 . . . 黏著劑/黏著層
- 70 . . . 光

**公告本****【發明摘要】**

申請日: 106/03/02

IPC分類: *H01L 27/04* (2006.01)
H01L 27/32 (2006.01)
H01L 21/70 (2006.01)

I681535

【中文發明名稱】

微轉移可印刷電子元件

【英文發明名稱】

MICRO-TRANSFER PRINTABLE ELECTRONIC COMPONENT

【中文】

本發明揭露一種微轉移可印刷電子元件，其包含一或多個電子元件，諸如積體電路或LED。各電子元件具有用於將電力提供至該電子元件及一支柱側的裝置電接點。複數個電導體包含經電連接至該等裝置電接點之各者之至少一電導體。一或多個導電連接支柱突出超過該支柱側。各連接支柱經電連接至該等電導體之至少一者。額外連接支柱可形成電連接該可印刷電子元件微轉移印刷至其之一目的基板上之電導體的電跨接線。該可印刷電子元件可為一顯示器中之一全色像素。

【英文】

A micro-transfer printable electronic component includes one or more electronic components, such as integrated circuits or LEDs. Each electronic component has device electrical contacts for providing electrical power to the electronic component and a post side. A plurality of electrical conductors includes at least one electrical conductor electrically connected to each of the device electrical contacts. One or more electrically conductive connection posts protrude beyond the post side. Each connection post is electrically connected to at least one of the electrical conductors. Additional connection posts can form electrical

jumpers that electrically connect electrical conductors on a destination substrate to which the printable electronic component is micro-transfer printed. The printable electronic component can be a full-color pixel in a display.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 10 可印刷電子元件
- 20 電子裝置/發光二極體(LED)
- 21 支柱側
- 22 裝置電接點
- 23 衝壓側
- 24 介電結構
- 26 囊封層
- 30 電導體/電極
- 40 連接支柱/尖頭/第一連接支柱
- 60 目的基板
- 62 接觸墊
- 64 黏著劑/黏著層
- 70 光

【發明說明書】

【中文發明名稱】

微轉移可印刷電子元件

【英文發明名稱】

MICRO-TRANSFER PRINTABLE ELECTRONIC COMPONENT

【技術領域】

本發明係關於用於使用微轉移印刷來將發光二極體電性互連至一基板上之接觸墊的結構及方法。

【先前技術】

具有諸如分佈於基板之範圍之電晶體或發光二極體之電子主動元件之基板可用於各種電子系統(例如諸如平板液晶或有機發光二極體(OLED)顯示裝置之平板成像裝置)中及平板太陽能電池中。各種方法可用於將電子主動電路分佈於基板上，包含在一基板上形成電子主動電路及在單獨基板上形成元件且將其等放置於一基板上。在後者情況中，可使用用於裝置封裝之各種裝配技術。

通常藉由濺鍍一無機半導體材料層或藉由將有機材料旋塗於整個基板上方而使電子主動元件形成於基板上。無機半導體材料可經處理以改良其等電子特性，例如非晶矽可經處理以形成低溫或高溫多晶矽。在其他程序方法中，可藉由使用一下伏晶種層來形成微晶半導體層。此等方法通常改良半導體層之電子遷移率。基板及半導體材料層可經光微影處理以界定電子主動元件(諸如電晶體)。此等電晶體被稱為薄膜電晶體(TFT)，此係因為其等形成於一半導體材料(通常為矽)薄層中。電晶體亦可形成於有機材料薄層中。在此等裝置中，基板通常由玻璃(例如針對顯示器應用設計

之Corning Eagle®或Jade®玻璃)製成。

上述技術具有一些限制。儘管處理方法用於改良薄膜電晶體之效能，但此等電晶體可提供比由單晶半導體材料形成之其他積體電路(IC)之效能低的效能。半導體材料及主動元件可僅提供於基板之部分上，此導致材料浪費及處理成本。基板材料之選擇亦可受限於處理半導體材料所需之處理步驟及用於圖案化主動元件之光微影步驟。例如，塑膠基板具有一有限化學及耐熱性且不易存活於光微影處理。此外，用於處理具有薄膜電路之大基板之製造設備相對昂貴。可使用之其他基板材料包含石英，例如用於使用絕緣體上覆矽結構之積體電路，如美國專利申請公開案第2010/0289115號及美國專利申請公開案第2010/0123134號中所描述。然而，此等基板材料可能更昂貴或難以處理。

電路板總成工業中用於將電子功能元件分佈於一基板上方之其他方法包含(例如)用於提供於各種封裝(例如針柵陣列、球柵陣列及覆晶)中之積體電路之取置技術。此等封裝通常包含定位於一封裝腔內之一積體電路晶粒，其中打線接合將晶粒上之電接點連接至自封裝延伸之針腳。然而，此等技術可受限於可被放置之積體電路之大小。

在其他製造技術中，一單晶半導體晶圓被用作基板。儘管此方法可提供具有相同於積體電路之效能之基板，此等基板之大小可被限制成(例如)12英寸直徑圓形，且相較於諸如玻璃、聚合物或石英之其他基板材料，晶圓係相對昂貴的。

在又另一方法中，半導體之薄層被接合至一基板且接著被處理。此一方法被稱為玻璃上覆半導體或玻璃上覆矽(SOG)且在(例如)2009年10月20日發佈之美國專利第7,605,053號中被描述。若半導體材料係結晶，則

可獲得高效能薄膜電路。然而，用於在大基板上形成薄膜主動元件之基板之接合技術及處理設備可為相對昂貴的。

名稱為Formation of Display Transistor Array Panel之日本專利文摘之公開案第11-142878號描述：蝕刻一基板以將其自TFT陣列形成於其上之一薄膜電晶體陣列移除。可藉由將一第一基板及TFT黏著至一第二基板之表面且接著蝕除該第一基板，留下接合至該第二基板之TFT來將形成於該第一基板上之TFT電路轉移至該第二基板。此方法可能需要蝕刻大量材料且可能冒險損害被暴露之TFT陣列。

美國專利第7,127,810號中描述將材料定位於一基板上之其他方法。在此方法中，一第一基板攜載將被轉移至一第二基板之一薄膜物件。一黏著劑被施加於待轉移之物件或位於該物件之所要位置中之第二基板。對準基板且使基板接觸。一雷射光束照射該物件以磨蝕轉移薄膜使得該轉移薄膜黏著至該第二基板。藉由將磨蝕區域中之膜自該第一基板剝離且將其轉移至該第二基板來隔開該第一基板及該第二基板。在一實施例中，藉由將複數個雷射光束用於磨蝕選定區域來選擇性地轉移複數個物件。待轉移之物件可包含薄膜電路。

美國專利第6,969,624號描述藉由使用一能量光束來選擇性地照射一介面而將一裝置自一第一基板轉移至一固持基板之一方法。該介面定位於用於轉移之一裝置與該第一基板之間且包含在照射時產生消融之一材料，藉此使該裝置自該基板釋放。例如，一發光二極體(LED)由一藍寶石基板上之氮化物半導體製成。能量光束經導引至藍寶石基板與氮化物半導體之間的介面以釋放LED且允許該LED黏著至塗佈有一黏著劑之一固持基板。接著固化該黏著劑。然而，此等方法可能需要將黏著劑圖案化沈積於(若

干)物件或第二基板上。再者，照射物件之雷射光束可能需要經塑形以匹配物件之形狀，且雷射磨蝕可損害待轉移之物件。此外，黏著劑固化花費時間(其可減少製造系統之通量)。

2009年6月2日至5日在美國德克薩斯州聖安東尼奧於"2009 Society for Information Display International Symposium"論文中之第40卷，第2冊，ISSN 0009-0966X，論文63.2第947頁中發表之AMOLED Displays using Transfer-Printed Integrated Circuits中描述用於將主動元件自一基板轉移至另一基板的另一方法。在此方法中，小型積體電路形成於一結晶晶圓之處理側上之一埋設氧化層上方。藉由蝕刻形成於電路下方之埋設氧化層自該晶圓釋放小型積體電路或小晶片。一聚二甲基矽氧烷 (polydimethylsiloxane,PDMS)衝頭壓抵晶圓且小晶片之處理側被黏著至該衝頭。小晶片壓抵一目的基板或塗佈有一黏著劑之背板且藉此黏著至該目的基板。隨後固化該黏著劑。在另一實例中，名稱為Optical Systems Fabricated by Printing-Based Assembly之美國專利第8,722,458號教示：將發光、感光或集光半導體器件自一晶圓基板轉移至一目的基板或背板。

在此等方法中，一般需要將小型積體電路或小晶片電連接至諸如目的基板上之接觸墊之導電器件。藉由將電信號施加至目的基板上之導體來給小型積體電路通電且使其可操作。小型積體電路與接觸墊之間的電連接通常由光微影程序製成，其中一金屬被蒸鍍或濺鍍至小型積體電路及目的基板上以形成一金屬層，該金屬層塗佈有被暴露於一電路連接圖案之一光阻劑，且藉由蝕刻及沖洗來使該金屬層及光阻劑顯影以形成小型積體電路與目的基板上之接觸墊之間的圖案化電連接。亦可需要額外層(諸如層間介電絕緣體)。此程序係昂貴的且需要數目個製造步驟。再者，目的基板

上之小型積體電路之構形結構呈現電連接問題。例如，可能由於小型積體電路與目的基板之間的表面上方之高度差而難以形成自目的基板至小型積體電路之一連續導體。

因此，需要實現小型積體電路(諸如微轉移印刷小晶片或發光二極體)至目的基板之電性互連的結構及方法。

【發明內容】

根據本發明之實施例，將併入具有諸如電晶體、二極體或發光二極體之主動器件及諸如電阻器、電容器及導體之被動器件之一或多個電子裝置的電子元件自一原生源晶圓微轉移印刷至一非原生目的基板或背板。電子元件包含自電子元件之一側突出之一導電連接支柱且與一目的基板接觸墊接觸以形成電子元件與目的基板之間的一電連接。可在微轉移印刷時藉由將連接支柱強行驅動至接觸墊中(例如藉由在轉移衝頭上施加機械壓力)來將電子元件至少部分地黏著至目的基板。連接支柱、接觸墊或連接支柱及接觸墊兩者可經變形或壓皺且連接支柱可被驅動至背板接觸墊中或穿過背板接觸墊，藉此將連接支柱楔入目的基板接觸墊中來將連接支柱黏著至目的基板接觸墊且形成其等之間的一電接觸。因此，連接支柱可焊接至目的基板接觸墊。可提供一額外熱處理以促進焊接。替代地或另外，可在連接支柱或目的基板接觸墊之任一表面上或連接支柱及目的基板接觸墊兩者之表面上提供一金屬層(例如一焊料)，其可經加熱以引起該焊料回流且藉此同時將連接支柱黏著且電連接至目的基板接觸墊。再者，可在目的基板或電子元件上提供一黏著劑以將電子元件黏著至目的基板。該黏著劑可經圖案化，可定位於電子元件與目的基板之間，或可底膠填充電子元件與目的基板之間的體積。該黏著劑可覆蓋目的基板接觸墊且連接支柱可延伸穿

過該黏著劑。

電子元件可為一微轉移可印刷電子元件且可包含在電子元件被微轉移印刷時斷裂、分離或脫離之一繫繩。電子元件中之電子裝置亦可被微轉移印刷至電子元件且亦可包含在(若干)電子裝置被微轉移印刷時斷裂、分離或脫離之一類似繫繩。因此，可使用微轉移印刷來製造電子元件且電子元件本身可被微轉移印刷。連接支柱可具有形成於具有一不同材料之一芯體上方之一導電層，例如形成於一介電芯體(諸如氧化矽或氮化矽)上方之一金屬層。

在本發明之一實施例中，電子元件包含安置成與一介電層接觸之複數個電子裝置(諸如積體電路)。該等電子裝置具有裝置電接點。替代地，該電子元件係包含具有用於將電力提供至一LED之LED電接點之至少一LED電子裝置之一LED元件。該電子元件具有一支柱側及一對置衝壓側及複數個電導體。該衝壓側經組態以與用於微轉移印刷之一衝壓支柱(例如一彈性衝頭)接觸。至少一電導體電連接至該等裝置電接點之各者。一或多個導電連接支柱沿與該衝壓側相反之一方向自該介電層突出。各連接支柱電連接至該等電導體之至少一者。

該等裝置電接點可提供於該電子元件之一共同側上。該介電層或一介電基板可提供於該連接支柱側上或與該等連接支柱相反之該電子元件之該衝壓側上。若該介電層或介電基板提供於該連接支柱側上，則該等連接支柱突出超過該介電層或介電基板。若該介電層提供於該電子元件之該衝壓側上，則該介電層可充當亦將額外機械支撐提供至該電子元件之一囊封及環境保護層。該介電層可為元件之其他器件形成於其上之一基板且可為透明的，使得由該LED元件發射之光可穿過該介電層。該LED元件可沿該

等連接支柱之方向或沿一相反方向發射光。

在另一實施例中，可印刷電子元件包含沿與該衝壓側相反之一方向突出超過該介電層之一或多個導電額外連接支柱。各額外連接支柱使用一電導體電連接至一連接支柱或一額外連接支柱。

該可印刷電子元件可包含具有連接至電導體之裝置電接點之複數個電子裝置。例如，該電子元件可包含一或多個積體電路、發光二極體、發光二極體雷射、感光二極體或電晶體、光電裝置、一聲波裝置、電晶體、電容器、電阻器、電感器及天線或用於電連接電子裝置之電導線。該可印刷電子元件亦可包含電子裝置諸如控制電路或一積體電路控制器小晶片，其電連接至該等連接支柱及裝置電接點。該積體電路控制器小晶片可控制諸如一或多個LED之其他電子裝置。

一可印刷電子元件(例如包含諸如LED或LED雷射之發光電子裝置)可提供於具有複數個接觸墊之一顯示基板上。接觸墊係電導體，其經設計用於製造至諸如可印刷電子元件之一外部電裝置之電接點且可為一電導體之一指定部分或電連接至一電導體之一特殊結構。可印刷電子元件之各連接支柱可與一接觸墊或顯示基板上之電導體電接觸使得該支柱側相鄰於該顯示基板。

一LED顯示器可包含具有形成於該顯示基板上或該顯示基板上方之一列導體陣列之一顯示基板，該等列導體沿一列方向延伸。該顯示基板亦包含形成於該顯示基板上或該顯示基板上方之一行導體陣列，該等行導體與該等列導體電隔離且沿不同於該列方向之一行方向延伸以形成一交叉點陣列。在一實施例中，該等列導體及行導體至少部分地形成於不同電隔離層中。複數個可印刷電子元件之各可印刷電子元件具有至少一列連接支柱

及一行連接支柱。該等可印刷電子元件之各者之列連接支柱與一行導體電接觸且該等可印刷電子元件之各者之行連接支柱與一行導體電接觸以提供電連接於該交叉點陣列之各交叉點之列導體與行導體之間的一微轉移可印刷電子元件。

在一替代實施例中，該等列導體形成於相同於該等行導體之顯示基板上之層中之該等行導體之間的列區段中。一跨接線電連接一行導體之相反側上之一共同列中之列區段。該跨接線具有兩個或兩個以上電連接導電連接支柱且一連接支柱電連接至行導體之各側上之一列區段以電連接共同列中之兩個列區段。在一實施例中，該等列導體包含實質平行於該行導體之一部分，該部分針對電連接於該等列導體與該等行導體之間的另一可印刷電子元件提供空間。

在一替代或額外實施例中，該等連接支柱係第一連接支柱且該等可印刷電子元件包括突出超過該支柱側之一或多個導電額外連接支柱。各額外連接支柱使用一電導體來電連接至一第一連接支柱或一額外連接支柱。各可印刷電子元件使一行導體之各側上之一共同列中之列區段與一第一連接支柱及一額外連接支柱或與兩個額外連接支柱電連接來電連接該共同列中之兩個列區段。在一實施例中，該等可印刷電子元件包含兩個或兩個以上第一連接支柱及電連接至該兩個第一連接支柱之一者之一額外連接支柱。

一種製造一LED顯示器之方法包含：提供一顯示基板，其具有形成於該顯示基板上或該顯示基板上之一列導體陣列及一行導體陣列。該等行導體與該等列導體電隔離且沿不同於其中該等列導體延伸之方向之一行方向延伸。提供複數個可印刷電子LED元件。各可印刷電子LED元件之一

或多個導電連接支柱包含一列連接支柱及一行連接支柱。來自一可印刷電子LED元件晶圓之複數個可印刷電子LED元件被微轉移印刷至該顯示基板，使得各列導體與一可印刷電子LED元件一起至少間接連接至各行導體(例如透過一LED或控制器小晶片)。一可印刷電子元件之該列連接支柱電連接至列導體且一可印刷電子LED元件之該行連接支柱電連接至行導體。

在一實施例中，該等連接支柱係第一連接支柱且該方法包含：提供具有沿與該衝壓側相反之一方向突出超過該介電層之一或多個導電額外連接支柱之該等可印刷電子元件之各者及使用一電導體來將各額外連接支柱電連接至一第一連接支柱或一額外連接支柱。該等列導體形成於相同於該等行導體之顯示基板上之層中之該等行導體之間的列區段中。該複數個可印刷電子元件經微轉移印刷以將一行導體之各側上之共同列中之列區段與一第一連接支柱及一額外連接支柱或與一可印刷電子元件之兩個額外連接支柱電連接來電連接該共同列中之兩個列區段。

一可印刷電子元件晶圓包含：一晶圓，其包括一晶圓材料；一圖案化犧牲層，其形成由形成於該晶圓上或該晶圓中之固定部分隔開之犧牲部分；及複數個可印刷電子元件。各可印刷電子元件形成或完全安置於一犧牲部分上方且由一繫繩連接至一固定器。該等犧牲部分可包括除該晶圓材料之外之一可蝕刻材料，該等犧牲部分可包括該晶圓材料之一各向異性可蝕刻部分，或該等犧牲部分可包括該可印刷電子元件與該晶圓材料之間的一間隙。

一種製造一可印刷電子元件晶圓之方法包含：提供包括一晶圓材料之一晶圓；形成具有由形成於該晶圓上或該晶圓中之固定部分隔開之犧牲部分之一圖案化犧牲層；及提供複數個電子裝置，其中各電子裝置完全安

置於一犧牲部分上方。在一實施例中，該等電子裝置被微轉移印刷於該等犧牲部分上或該等犧牲部分上方且該等電子裝置可包含一斷裂或分離繫繩。在另一實施例中，該等電子裝置形成於該等犧牲部分上或該等犧牲部分上方。可在各犧牲部分中製造一或多個連接支柱形式且可在該等連接支柱形式中形成電極以製造一或多個連接支柱且電連接至該等電子裝置。該等犧牲部分可經蝕刻以形成將電子元件連接至該固定器之一繫繩且形成該電子元件與該晶圓材料之間的一間隙。因此，各電子元件完全安置於一犧牲部分上方。

由於可使用具有一相對較高解析度及成本之積體電路光微影技術來製造電子元件，且可使用具有一相對較低解析度及成本之印刷電路板技術來製造目的基板(例如一印刷電路板)，所以目的基板上之接觸墊可大於該電子元件上之該等連接支柱或電接點，以促進具有一共同接觸墊之多個連接支柱的使用，且減少電性故障及減少製造成本。

在某些實施例中，兩個或兩個以上相鄰連接支柱包括具有不同高度之一第一連接支柱及一第二連接支柱。在某些實施例中，兩個或兩個以上連接支柱之間的距離小於沿平行於目的基板之一方向之導電接觸墊之一寬度或長度。在某些實施例中，連接支柱係安置成群組，一群組內之連接支柱經電連接至一共同目的基板接觸墊，且不同群組中之連接支柱經電連接至不同接觸墊。在某些實施例中，連接支柱經安置成群組，且一給定群組內之相鄰連接支柱之間之一間隔小於相鄰群組之間之一間隔。在某些實施例中，一群組內之連接支柱一起電短路。在某些實施例中，兩個或兩個以上連接支柱之各者係一多層連接支柱。在某些實施例中，接觸墊包括一材料，其係相同於經包含在連接支柱中之一材料的材料。

在某些實施例中，可印刷電子元件或電子裝置具有自 $2\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \mu\text{m}$ 至 $10\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ 至 $20\ \mu\text{m}$ 或 $20\ \mu\text{m}$ 至 $50\ \mu\text{m}$ 之一寬度、長度或高度之至少一者。在某些實施例中，目的基板係選自由聚合物、塑膠、樹脂、聚醯亞胺、PEN、PET、金屬、金屬箔、玻璃、一半導體及藍寶石組成之群組之一部件。在某些實施例中，目的基板具有自5微米至10微米、10微米至50微米、50微米至100微米、100微米至200微米、200微米至500微米、500微米至0.5 mm、0.5 mm至1 mm、1 mm至5 mm、5 mm至10 mm或10 mm至20 mm之一厚度。

在某些實施例中，兩個或兩個以上接觸墊包括一材料，其比連接支柱之材料軟。在某些實施例中，連接支柱包括一材料，其比兩個或兩個以上接觸墊之材料軟。在某些實施例中，一導電材料而非接觸墊或連接支柱(或兩者)之一材料將接觸墊黏著或電連接至連接支柱。在某些實施例中，接觸墊具有一第一導電層及位於該第一導電層上方之一第二導電層，且該第二導電層具有比該第一導電層低之一熔融溫度。背板接觸墊可經塗佈有一非導電層，或背板接觸墊可係形成於一柔性非導電層上。在某些實施例中，第二導電層係一焊料。在某些實施例中，接觸墊經焊接至連接支柱。在某些實施例中，接觸墊係非平面的，且連接支柱被插入至接觸墊中。

在另一態樣中，本發明包含一種製造一可印刷電子元件之方法，其包含：提供一成形基板，其具有位於該基板之一表面中之兩個或兩個以上形式；將一圖案化層之導電材料至少安置於該等形式中以製造連接支柱；將一第一介電層安置於導電材料之該圖案化層及該成形基板上；在該第一介電層上安置或形成具有裝置電接點之一或多個電子裝置；形成將該等連接支柱電連接至該等裝置電接點之電導體；及(例如)藉由蝕刻來界

定該可印刷電子元件，以形成由繫繩連接至該可印刷電子元件之成形基板中之一釋放層及固定器。

在某些實施例中，該方法包含：提供具有兩個或兩個以上接觸墊之一目的基板；及將該可印刷電子元件微轉移印刷至該目的基板，使得各連接支柱與該目的基板之一背板接觸墊接觸、延伸至該背板接觸墊中，或延伸穿過該背板接觸墊，以將該等接觸墊電連接至該等連接支柱及裝置電接點。

在某些實施例中，該方法包含：將一圖案化第二介電層安置於該第一介電層、該等導體，及該可印刷電子元件上方。

在另一態樣中，本發明包含一可印刷電子元件，其包含：一第一介電層，其具有自該介電層突出之連接支柱；電子裝置，其等選擇地具有一半導體基板及裝置電接點，該等電子裝置經安置或形成於該第一介電層上；及電導體，其等將該等連接支柱電連接至該等裝置電接點。

本發明提供實現轉移印刷於一目的基板上之發光元件之建構的結構及方法。電互連程序係簡單且廉價的，其需要比已知替代方法更少之程序步驟。

在一態樣中，本發明包含一微轉移可印刷電子元件，其包含：一介電層；複數個電子裝置，其等經安置成與該介電層接觸，各電子裝置具有一個別基板及裝置電接點，用於將電力提供至該電子裝置，該電子裝置具有一支柱側及一對置衝壓側；複數個電導體，至少一電導體經電連接至該等裝置電接點之各者；及一或多個導電連接支柱，其等沿與該衝壓側相反之一方向自該介電層突出，各連接支柱經電連接至該等電導體之至少一者。

在某些實施例中，該介電層位於支柱側上或相鄰於該支柱側，其中該介電層位於該衝壓側上或相鄰於該衝壓側，或包括位於該衝壓側及該支柱側兩者上之一或多個介電層。

在某些實施例中，該介電層係透明的，該等電子裝置包含一或多個LED，該等LED發射光穿過該透明介電層。

在某些實施例中，該等電子裝置包含一或多個LED且該等LED沿與該透明介電層相反之一方向發射光。

在某些實施例中，該等裝置電接點位於該電子裝置之一共同側上。

在某些實施例中，該共同側係該支柱側。

在某些實施例中，該共同側係該衝壓側。

在某些實施例中，該等電子裝置包含一或多個LED且該等LED發射光穿過該支柱側。

在某些實施例中，該等電子裝置包含一或多個LED且該等LED發射光穿過該衝壓側。

在某些實施例中，該等連接支柱係第一連接支柱且包括突出超過該支柱側之一或多個導電額外連接支柱，各額外連接支柱使用一電導體來電連接至一第一連接支柱或一額外連接支柱。

在某些實施例中，該微轉移可印刷電子元件包含一繫繩或一斷裂、斷開或分離繫繩，或其中該等電子裝置之一或多者包含一斷裂、斷開或分離繫繩。

在某些實施例中，該等電子裝置包含電連接至至少一連接支柱及至少一裝置電接點之一電路控制器。

在某些實施例中，該微轉移可印刷電子元件包含具有複數個接觸墊

或電導體之一顯示基板，其中至少一連接支柱與至少一接觸墊或至少一電導體電接觸。

在某些實施例中，該微轉移可印刷電子元件包含將該可印刷電子元件黏著至該顯示基板之一黏著劑。

在某些實施例中，黏著劑包含一導電焊料。

在某些實施例中，該等電子裝置係一積體電路、一光電裝置、一聲波裝置、電晶體、電容器、電阻器、電感器、光二極體、光電晶體、發光二極體及天線之一或多者。

在某些實施例中，該等電子裝置之一或多者係提供導電連接支柱之兩個或多者之間的一電連接之一被動電路。

在某些實施例中，該等電子裝置之一或多者係包含一或多個電晶體、二極體或發光二極體之一主動電路。

在某些實施例中，電子元件係具有一或多個LED電子裝置及一可選電路控制器之一LED元件且該等裝置電接點包含LED電接點。

在某些實施例中，該等連接支柱包括形成於具有一不同材料之一芯體上方之一導電層。

在某些實施例中，該芯體材料係一介電質、二氧化矽及氮化矽之一或多者。

在某些實施例中，該等連接支柱透過一介電層中之一通孔延伸或電接觸一電導體。

在某些實施例中，該電子元件係未封裝的且該等電子裝置包含一或多個裸晶粒。

在某些實施例中，該電子裝置具有自2 μm 至5 μm 、5 μm 至10 μm 、

10 μm 至20 μm 、20 μm 至50 μm 、50 μm 至100 μm 、100 μm 至250 μm 及250 μm 至500 μm 之一寬度、長度及高度之至少一者。

在某些實施例中，一LED顯示器包含：一顯示基板；一列導體陣列，其形成於該顯示基板上或該顯示基板上，該等列導體沿一列方向延伸；一行導體陣列，其形成於該顯示基板上或該顯示基板上，該等行導體與該等列導體電隔離且沿不同於該列方向之一行方向延伸，該等列導體及該等行導體至少部分地形成於不同電隔離層中；及複數個微轉移可印刷電子元件，其中該等可印刷電子元件係具有一或多個LED電子裝置及一可選電路控制器之微轉移可印刷LED元件，各微轉移可印刷LED元件具有至少一列連接支柱及一行連接支柱，其中該等可印刷LED元件之各者之該列連接支柱與一列導體電接觸且該等可印刷LED元件之各者之該行連接支柱與一行導體電接觸以提供電連接於該列導體陣列之各列導體與該行導體陣列之各行導體之間的一可印刷LED元件。

在某些實施例中，該等列導體形成於相同於該等行導體之該顯示基板上之層中之該等行導體之間的列區段中，且包括電連接一行導體之相反側上之一共同列中之該等列區段之一跨接線，該跨接線具有兩個或兩個以上電連接導電跨接線連接支柱，且一跨接線連接支柱電連接至該行導體之各側上之一列區段以電連接該共同列中之兩個列區段。

在某些實施例中，該等列導體形成於相同於該等行導體之顯示基板上之層中之該等行導體之間的列區段中；該等連接支柱係第一連接支柱；其中該等可印刷LED元件包括突出超過該支柱側之一或多個導電額外連接支柱，各額外連接支柱使用一電導體來電連接至一第一連接支柱或一額外連接支柱；且各可印刷LED元件使一行導體之各側上之一共同列導體之該

等列區段與一第一連接支柱及一額外連接支柱或與兩個額外連接支柱電連接來電連接該共同列導體之兩個列區段。

在某些實施例中，該等可印刷LED元件包含兩個第一連接支柱及電連接至該兩個第一連接支柱之一者之一額外連接支柱。

在某些實施例中，該等列導體包含實質上平行於該行導體之一部分，該部分針對電連接於該等列導體與該等行導體之間的另一可印刷LED元件提供一空間。

在另一態樣中，本發明包含一種製造一LED顯示器之方法，其包括：提供一顯示基板，其具有一列導體陣列及一行導體陣列，該列導體陣列形成於該顯示基板上或該顯示基板上，該等列導體沿一列方向延伸，該等行導體陣列形成於該顯示基板上或該顯示基板上，該等行導體與該等列導體電隔離且沿不同於該列方向之一行方向延伸；提供具有上文所描述之複數個微轉移可印刷電子元件之一可印刷電子元件晶圓，其中該等可印刷電子元件係具有一或多個LED電子裝置及一可選電路控制器之微轉移可印刷LED元件，且各可印刷LED元件之一或多個導電連接支柱包含一列連接支柱及一行連接支柱；將複數個微轉移可印刷LED元件自該可印刷電子元件晶圓微轉移印刷至該顯示基板，使得各列導體使用一微轉移可印刷LED元件連接至各行導體，該列連接支柱電連接至該列導體且該行連接支柱電連接至一微轉移可印刷LED元件之該行導體。

在某些實施例中，該等連接支柱係第一連接支柱；提供突出超過該等可印刷LED元件之各者之該支柱側之一或多個導電額外連接支柱包括：使用一電導體來將各額外連接支柱電連接至一第一連接支柱或一額外連接支柱；在相同於該等行導體之該顯示基板上之層中之該等行導體之間的行

區段中形成該等列導體；及微轉移印刷該複數個微轉移可印刷LED元件以使一行導體之各側上之共同列導體之該等列區段與一第一連接支柱及一額外連接支柱或與一微轉移可印刷LED元件之兩個額外連接支柱電連接來電連接該共同列導體之兩個列區段。

在另一態樣中，本發明包含一種微轉移可印刷電子元件晶圓，其包含：一晶圓，其包括一晶圓材料；一圖案化犧牲層，其形成由形成於該晶圓上或該晶圓中之固定部分隔開之犧牲部分；上文所描述之複數個微轉移可印刷電子元件，各微轉移可印刷電子元件完全形成於一犧牲部分上方且由一繫繩連接至一固定器。

在某些實施例中，該等犧牲部分包括除該晶圓材料之外之一可蝕刻材料，該等犧牲部分包括該晶圓材料之一各向異性可蝕刻部分，或該等犧牲部分包括該可印刷電子元件與該晶圓材料之間的一間隙。

在另一態樣中，本發明包含一種製造一微轉移可印刷電子元件晶圓之方法，其包括：提供包括一晶圓材料之一晶圓；形成具有由形成於該晶圓上或該晶圓中之固定部分隔開之犧牲部分之一圖案化犧牲層；提供上文所描述之複數個電子元件，各電子元件完全安置於一犧牲部分上方。

在某些實施例中，該方法包含：將一或多個電子裝置微轉移印刷於該等犧牲部分上或該等犧牲部分上方。

在某些實施例中，該方法包含：在各犧牲部分中製造一或多個連接支柱形式。

在某些實施例中，該方法包含：在該等連接支柱形式中形成電極以製造一或多個連接支柱，該等電極電連接至該電子裝置。

在某些實施例中，該方法包含：蝕刻該等犧牲部分以形成將該電子

元件連接至該固定器之一繫繩及形成該電子元件與該晶圓材料之間的一間隙。

【圖式簡單說明】

將藉由參考結合附圖之下列描述來更佳明白及理解本發明之上述內容及其他目標、態樣、特徵及優點，其中：

圖1至圖5係本發明之替代實施例之橫截面圖；

圖6係具有一額外連接支柱之本發明之另一實施例之一平面圖；

圖7係根據本發明之一實施例之一顯示基板之一平面圖；

圖8係使用圖7之顯示基板之根據本發明之一實施例之一顯示器之一平面圖；

圖9係具有一額外連接支柱及複數個LED之本發明之另一實施例之一平面圖；

圖10係根據本發明之一實施例之一顯示基板之一平面圖；

圖11係使用圖10之顯示基板之根據本發明之一實施例之一顯示器之一平面圖；

圖12係具有用於冗餘可印刷電子元件之空間之根據本發明之一實施例之一顯示基板之一平面圖；

圖13係具有冗餘可印刷電子元件之根據本發明之一實施例之一顯示基板之一平面圖；

圖14至圖15係繪示本發明之方法之流程圖；

圖16A至圖16G係用於建構本發明之實施例之順序結構之橫截面圖；

圖17係根據本發明之一實施例之一跨接線中之連接支柱之一顯微圖；

圖18及圖19係具有一顯示基板之本發明之替代實施例之橫截面圖；

圖20係根據本發明之一實施例之一可印刷LED元件之兩個透視顯微圖；

圖21係根據本發明之一實施例之一可印刷LED元件晶圓之一透視顯微圖；

圖22係具有一控制器及三個LED之根據本發明之一實施例之一電子元件之一透視圖；

圖23係圖22之控制器之電路之一佈局示意圖；及

圖24係圖22之結構之一佈局示意圖。

將自下文中結合圖式而闡述之[實施方式]更加明白本發明之特徵及優點，其中相同元件符號識別全部對應元件。在圖式中，相同元件符號一般指示相同、功能上類似及/或結構上類似器件。該等圖式未按比例繪製，此係因為該等圖式中之各種元件大小上的變動太大而不允許按比例描繪。

【實施方式】

優先權案

優先權申請案本申請案主張名稱為 Micro-Transfer Printable Electronic Component 之 2016 年 12 月 9 日申請之美國專利申請案第 15/373,865 號之優先權，且主張名稱為 Micro-Transfer Printable LED Component 之 2016 年 3 月 3 日申請之美國專利申請案第 62/303,096 號之優先權，該案之全文以引用的方式併入本文中。

相關申請案之交叉參考

參考 Christopher Bower 之名稱為 Methods for Surface Attachment of Flipped Active Components 之 2012 年 6 月 7 日申請之美國專利第 8,889,485 號，參考 Bower 等人之名稱為 Compound Micro-Assembly Strategies and

Devices之2015年8月10日申請之美國專利申請案第14/822,868號及參考Prevatte等人之名稱為Chiplelets with Connection Posts之2015年8月10日申請之美國專利申請案第14/822,864號，該等案之全文以引用的方式併入本文中。

本發明提供用於依一有效且具成本效益之方式及使用較少處理步驟來將諸如積體電路小晶片或發光二極體(LED)之相對較小電子裝置電連接至一相對較大目的基板之結構及方法。各微轉移可印刷電子元件可包含一單一積體電路，例如一數位電路、一LED、一光二極體或一光電電晶體。替代地，微轉移可印刷電子元件可包含具有多個積體電路或其他電子或光電器件及使該多個電子器件互連以在一元件基板上形成一電路之電導線的一電路。一電子元件可接收或提供電子信號，但亦可包含具有其他模態(諸如光學器件、磁性器件、電場器件、發射器件或感測器件)之電子裝置。為了簡化及清楚，圖式將一LED繪示成電子元件之一電子裝置，但本發明不限於一LED實施例，且一般而言，圖式中之LED表示任何電子裝置。

參考圖1及圖2之橫截面圖，在本發明之一實施例中，一可印刷電子元件10包含安置成與一介電層(圖1中之26，圖2中之24)接觸之複數個電子裝置(LED) 20，各電子裝置具有一個別基板及裝置電接點22用於將電力提供至電子裝置20。電子裝置20具有可為一表面之一支柱側21及亦可為一表面之一對置衝壓側23。複數個電導體30 (電極)包含於可印刷電子組件10中且至少一電導體30電連接至裝置電接點22之各者。

一或多個導電連接支柱40沿與電子裝置20之衝壓側23相反之一方向(即，沿支柱側21之方向)自介電層26或24 (圖1、圖2)突出。各連接支柱

40電連接至電導體30之至少一者。各連接支柱40可為一電導體30或可包含一電導體30。在另一配置中，電導體30包含連接支柱40或電連接至連接支柱40。在一實施例中，各裝置電接點22電連接至一連接支柱40。一黏著劑64可將可印刷LED元件10黏著至一目的基板60且連接支柱40可與目的基板60上之接觸墊62實體接觸及電接觸。黏著劑64可使用一噴墨沈積裝置沈積為滴狀(例如圖1中所展示)或沈積為目的基板60上方之一層(圖18)。

在各種實施例中，一電子裝置20係包含半導體或複合半導體LED材料(諸如GaN)之一無機微型發光二極體(LED) 20且可發射各種不同顏色光之任何者。半導體或複合半導體LED材料可為結晶的或部分結晶的。一LED 20可包含使LED 20在具有電力時發射光穿過裝置電接點22之多層不同材料(例如導電層、發射層、摻雜層或無摻雜層)。可使用積體電路程序、工具及材料來製造LED 20。在其他實施例中，電子裝置20係製造於一矽半導體中之一CMOS積體電路或係包括多個積體電路或電子器件之一電路且可包含電連接電子器件之導線。

裝置電接點22可為電子裝置材料之指定部分或可為與電子裝置材料之指定部分接觸之電接觸墊。例如，裝置電接點22可為一金屬(諸如鋁、銀、金、鈹、鎢、鈦或錫)或一金屬合金。裝置電接點22可定位於電子裝置20之一共同側上且光70可沿與裝置電接點22形成於其上之共同側相反之一方向自一發光電子裝置(例如LED) 20發射，如圖1中所展示。在一實施例中，裝置電接點22定位於其上之共同側係與支柱側21相反之衝壓側23，如圖1中所展示，且在另一實施例中，裝置電接點22定位於其上之共同側係支柱側21 (圖中未展示)。衝壓側23經調適以黏著至一衝頭(諸如一

PDMS衝頭或一衝頭支柱)且可由衝頭接觸以微轉移印刷電子元件10。在一實施例中，電子裝置20包含一裸晶粒且電子元件10之衝壓側23被暴露於環境且未圍封於一封裝中。相比而言，多數積體電路封裝於一塑膠或陶瓷容器中且IC晶粒未被暴露於環境。如圖1中所展示，電子元件10係未封裝的且被暴露於環境，此係因為囊封層26係電子元件10之一部分，且電子裝置20係一裸晶粒且亦未被封裝。可使用積體電路技術中已知之光微影方法來形成裝置電接點22。電接點22可電連接至一電源以將電力提供至LED 20來引起LED 20發射光70。

電導體30可為一金屬(諸如鋁、銀、金、鈿、鎢、鈦或錫)或一金屬合金且可經圖案化以形成將電傳導至裝置電接點22之電極或電跡線。可使用積體電路技術中已知之光微影方法(例如使用濺鍍或蒸鍍(具有使用圖案化蝕刻))來沈積及圖案化電導體30。可在沈積及圖案化電導體30之前形成圖案化介電結構24以使電子裝置20之部分電絕緣且控制通過電子裝置20之電流之流動。圖案化介電結構24可為(例如)二氧化矽、氮化矽或可使用光微影方法來圖案化之其他絕緣體。

自介電層28、26突出之導電連接支柱40可為(但未必為)相同材料且可與電導體30在一共同步驟中製造(但未必在共同步驟中製造)。導電連接支柱40可為具有一尖點之一尖頭。在一實施例中，連接支柱40係電導體30之一部分。連接支柱40(例如)沿正交於支柱側21之一表面且遠離衝壓側23之一方向突出且延伸超過電子裝置20之介電層24、26，使得若可印刷電子元件10壓抵一表面(諸如一目的基板60，其中支柱側21相鄰於目的基板60)時，則連接支柱40將在電子裝置20之前接觸目的基板60之表面。若可印刷電子元件10強行壓抵該表面，則連接支柱40可與該表面接觸、

嵌入該表面或刺穿該表面。例如，若該表面包含目的基板60 (或其他基板) 上之電接觸墊62，則連接支柱40可形成電導體30與目的基板電接觸墊62之間的一機械穩健電連接。

電導體30可將剛性及機械強度提供給可印刷電子元件10使得：在不損害電子裝置20或電導體30或引起電子裝置20及電導體30停止適當功能的情況下，可印刷電子元件10可被微轉移印刷且連接支柱40被按壓至一目的基板60上之一電接觸墊62中以形成一穩健電連接。在一進一步實施例中，囊封層26將環境保護及額外機械強度提供給可印刷電子元件10，且形成用於連接支柱40之一芯體結構。囊封層26可為一介電層，且可使用介電材料(例如氮化矽或二氧化矽)來形成，該等介電材料塗佈於可印刷電子元件10上方且接著使用光微影程序(諸如使用一光敏層(例如光阻劑)以在曝光之後形成一圖案化光罩，接著蝕刻光敏層及光敏層下方之一或多個層)來圖案化。類似方法可用於圖案化介電結構24及電導體30。

參考圖2，在本發明之另一實施例中，一介電層28沈積於支柱側21上、沈積於支柱側21下方或提供成相鄰於支柱側21，如所展示，且在介電層28中製造一通孔以形成連接支柱40。介電層28可為二氧化矽或氮化矽層且可充當電子裝置20安置於其上之一元件基板13。替代地或另外，一囊封層26形成於與支柱側21相反之電子裝置20之一側上或電導體30上或相鄰於電導體30 (如同圖1)或其等之任何組合。介電層24或囊封層26可形成用於連接支柱40之一芯體(例如一介電芯體)。介電層28、介電結構24及囊封層26可將額外剛性及機械強度提供給可印刷電子元件10及連接支柱40且可使與介電層28接觸之器件(例如電子裝置20或電導體30)電絕緣，如所展示。在圖2之實施例中，連接支柱40突出穿過介電層28。因此，在

此實施例中，連接支柱40包括形成於具有突出穿過介電層28中之一通孔之一不同材料(例如一介電材料)之一芯體上方之一導電層(例如一金屬層)。

在圖19之替代結構中，除經形成於介電層28中之一通孔44之外，介電層28延伸於連接支柱40上方，且連接支柱40透過通孔44電連接至電導體30。可藉由形成如下文將描述之連接支柱44，將介電層28塗佈於連接支柱40及犧牲層52上方，使用光微影程序來形成通孔44，接著亦使用光微影圖案化程序來形成電極30來建構此結構。電極30延伸穿過通孔44以接觸連接支柱40。因此，連接支柱40透過一介電層28中之一通孔44電接觸一電導體30。在此實施例中，儘管連接支柱40並非係形成於與支柱側21共同之一層或表面中，但其等沿與衝壓側相反之一方向自介電層24突出且超過支柱側21，且具有將機械穩健性提供給連接支柱40之一介電芯體。

圖20展示具有使用本文中所描述之材料及方法來建構且對應於圖19之繪圖之一LED電子裝置20之一可印刷電子元件10的兩個顯微圖。可印刷電子元件10具有6個連接支柱40，兩個用於定位於可印刷電子元件10之任一端處之各電極。兩個中心支柱41未經電連接至電子裝置20，且用於增強至黏著劑64之可選層的黏著性。已將圖20之可印刷電子元件10成功微轉移印刷至一基板且成功測試，當其具有電力時演示光發射。

因此，在本發明之一實施例中，一微轉移可印刷元件10包括具有複數個電子裝置20之一電路，該複數個電子裝置20經形成於具有一支柱側21之一層(例如囊封層26、介電層28)中或具有一支柱側21之一層上。複數個導電連接支柱40自介電層26、28突出。各導電連接支柱40經電連接至

該電路。一或多個隔離支柱41自該層之支柱側21突出。各隔離連接支柱係與該電路電隔離。該電路可為提供導電連接支柱40之兩者或多者之間之一電連接之一被動電路。替代地，該電路係包含諸如電晶體、二極體或發光二極體之一或多個電子裝置20之一主動電路。

介電層28實質上可對由發光電子裝置(LED) 20發射之光70透明，且LED 20可發射光70穿過介電層28。在一實施例中，LED 20沿連接支柱40突出之方向發射光70。在另一實施例中，LED 20沿與介電層28相反或與連接支柱40突出之方向相反之一方向發射光70。實質上透明意指足夠光70經透射以實現充分功能。

如圖1及圖2中所展示，可印刷電子元件10之連接支柱40係與一目的基板60上之導電接觸墊62電接觸。接觸墊62可為電導體或電導體之部分，諸如導線、跡線或目的基板60上之其他導電器件。接觸墊62可為金屬(例如鋁、銀、錫或銅)或一金屬合金。因此，接觸墊62係與電子裝置20電接觸，且電子裝置20可係由經電連接至接觸墊62之目的基板60上之一控制器控制。目的基板60可為一顯示基板，可為一印刷電路板，或可係由玻璃、聚合物、金屬、樹脂或陶瓷製成。在一實施例中，目的基板60實質上透明，且自LED 20發射之光70透射通過透明目的基板60。

在圖1及圖2之實施例中，支柱側21亦為光70發射通過其之側及相鄰於目的基板60之LED 20之側。在此實施例中，裝置電接點22位於與支柱側21及目的基板60相反之LED 20之一側上。然而，其他配置在本發明之其他實施例中係可行的。例如，參考圖3，在本發明之一替代實施例中，光70沿與支柱側21相反且與目的基板60及LED 20之裝置電接點22相反之一方向自LED 20發射。在此配置中，目的基板60不必為透明的。然而，

在此情況中，一實質平面透明介電層28可充當LED 20經安置於其上之一元元件基板13，且係配置於與裝置電接點22相反之LED 20之一側上。電導體30係至少部分安置於介電層28上。

圖1至圖3亦繪示將可印刷電子元件10黏著至目的基板60上之一黏著劑64的使用。黏著劑64可(例如)使用一噴墨沈積裝置沈積為滴狀或沈積為目的基板60上方之一層，且可底膠填充電子裝置20與目的基板60之間的體積。在圖1及圖2 (圖中未展示)之組態中，若存在，則亦可使用黏著劑64且發射光70可穿過黏著劑64。在另一實施例中，黏著劑64係提供於目的基板60上之接觸墊62上，或為被暴露於熱時回流以提供電傳導及黏著性之一焊料。

參考圖4，在另一實施例中，光70係透過支柱側21及目的基板60自LED 20發射，且係位於與裝置電接點22相反之LED 20之一側上，如圖1及圖2中。在此情況中，一實質平面介電層28可充當LED 20經安置於其上之一元元件基板13。介電層28可具有小於LED 20之一厚度(圖中未展示)，或大於或等於LED 20之一厚度(圖中所展示)之一厚度。裝置電接點22可具有用於促進將LED 20連接至電導體30、連接支柱40及接觸墊62之不同厚度。

在圖5中所繪示之實施例中，光70發射穿過與支柱側21相反、與目的基板60相反且與裝置電接點22相反之LED 20之一側，如同圖3。在此情況中，LED 20安置於其上之實質平面介電層28相鄰於目的基板60且與LED 20之發射側相反。如此繪圖中所展示，介電層28具有小於LED 20之一厚度的一厚度。裝置電接點22可具有用於促進將LED 20連接至電導體30、連接支柱40及接觸墊62之不同厚度。

在本發明之另一實施例中，可印刷電子元件10包含電連接至至少一連接支柱40及至少一裝置電接點22之一積體電路控制器小晶片。該積體電路控制器小晶片可控制可印刷電子元件10之LED 20。

參考圖6，在本發明之一進一步實施例中，額外連接支柱40A及使用電導體30電連接至電子裝置20之連接支柱40包含於可印刷電子元件10中。如圖6中所展示，連接支柱40係第一連接支柱40且一或多個導電額外連接支柱40A突出超過支柱側21 (圖6之平面圖中未展示)。各額外連接支柱40A使用一電導體36來電連接至一第一連接支柱40或一額外連接支柱40A。額外連接支柱40A可電連接其他電導體(例如列導體32及行導體34)及目的基板60上之接觸墊62，如下文參考圖8及圖11來描述。儘管僅繪示一額外連接支柱40A，但多個額外連接支柱40A可併入至本發明之一可印刷電子元件10中。在一些實施例中，儘管額外連接支柱40A及連接支柱40可透過目的基板60上之電連接來電連接，但額外連接支柱40A與可印刷電子元件10上之連接支柱40及電子裝置20電無關。在圖6之實施例中，一連接支柱40可為一列連接支柱40R且另一連接支柱40可為一行連接支柱40C (亦如下文圖9中所指示)。

將額外連接支柱40A提供給可印刷電子元件10實現目的基板60上之電導體(例如列導體32及行導體34)之電連接且因此實現目的基板60之一更簡單及更廉價製程。例如，參考圖7，一目的基板60係具有複數個接觸墊62 (圖中未展示)或將信號提供至一顯示器82中之像素之電導體(例如列導體32及行導體34)之一顯示基板80。沿一列方向延伸之列導體32之一陣列形成於顯示基板80上或顯示基板80上方。類似地，沿不同於該列方向之一行方向延伸之行導體34之一陣列形成於顯示基板80上或顯示基板80上

方且與列導體32電隔離。列導體32及行導體34可為由(例如)諸如鋁、銅、銀或錫之導電金屬製成之電跡線或導線且可使用印刷電路板或光微影技術來製成。

在一實施例中，列導體32及行導體34至少部分地形成於顯示基板80上之不同電隔離層中。相比而言，在圖7之實施例中，列導體32形成於行導體34之間的列區段中且形成於相同於行導體34之顯示基板80之層中。一列導體32中之列區段安置於一共同列中。圖7之顯示基板結構可使用一單一金屬層製成以減少程序步驟及材料成本。

參考圖8，圖6之可印刷電子元件10經微轉移印刷至圖7之顯示基板80上以形成一顯示器82。如圖8中所展示，可印刷電子元件10之LED 20透過連接支柱40電連接於一列導體32 (具有一列區段)與行導體34之間。當(例如)使用一被動矩陣顯示控制器來將電力施加於列導體32與行導體34之間時，電子裝置(LED) 20可發射光70。同時，額外連接支柱40A連接至一行導體34之各側上之一共同列導體32之列區段。連接至可印刷電子元件10之額外連接支柱40A及連接支柱40之電導體36因此形成電連接一行導體34之相反側上之一共同列導體32之列區段之一電跨接線。該電跨接線具有兩個或兩個以上電連接導電跨接線連接支柱(例如一額外連接支柱40A及一連接支柱40或另一額外連接支柱40A)。複數個可印刷電子元件10之跨接線連接支柱電連接行導體34之各側上之一共同列導體32之列區段以電連接共同列導體32之列區段且形成一電連續列導體32。圖17係根據本發明之一實施例之具有連接支柱40之一電跨接線之一顯微圖。

在一替代實施例(圖中未展示)中，列導體32並非由一共同列中之列區段形成但延伸為橫跨顯示基板80之一單一電導體且使顯示基板層中之部分

與行導體34隔開以避免列導體32與行導體34之間的電短路。在此實施例中，可印刷電子元件10不包含任何額外連接支柱40A (例如如圖1中所繪示)。接觸墊62可透過通孔電連接至較低層中之導體(圖中未展示)。

因此，根據本發明之一實施例，一LED顯示器82包含一顯示基板80，其具有形成於顯示基板80上或顯示基板80上方之一陣列之列導體32及行導體34及複數個可印刷電子元件10，複數個可印刷電子元件10各具有列連接支柱40R及行連接支柱40C。可印刷電子元件10之各者之列連接支柱40R與一列導體32電接觸且可印刷電子元件10之各者之行連接支柱40C與一行導體34電接觸以提供電連接於列導體32及行導體34之陣列之各列導體32與行導體34之間的一可印刷電子元件10。可印刷電子元件10之電子裝置(LED) 20形成一顯示器82中之一光發射器陣列。

在本發明之一進一步實施例中，參考圖9，可印刷電子元件10包含複數個電子裝置(LED) 20 (例如發射紅光之紅色LED 20R，發射綠光之綠色LED 20G及發射藍光之藍色LED 20B，共同為LED 20)。各LED 20具有用於將電力提供至LED 20之裝置電接點22及一支柱側21 (圖中未展示)。可印刷電子元件10可為一顯示器82中之一全色像素。複數個LED 20之各LED 20具有一共同支柱側21 (圖中未展示)且各裝置電接點22電連接至一電導體30。各可印刷電子元件10具有至少一列連接支柱40R及一行連接支柱40C。一連接支柱40可由兩個或兩個以上LED 20共用且電連接至一共同電導體30。在圖9之實施例中，一列連接支柱40R由各LED 20共用且各LED 20具有一單獨行連接支柱40C。列連接支柱40R及行連接支柱40C可直接連接至(例如)具有一被動矩陣顯示控制器之一顯示器82中之LED 20 (如所展示)。

接著參考圖10，圖7之目的基板60包含針對一可印刷電子元件10中之不同LED 20之各者(例如紅色LED 20R、綠色LED 20G及藍色LED 20B)提供信號之複數個行導體34 (34R、34G、34B共同為行導體34)。紅色LED 20R之各者由一紅色行導體34R上之信號控制，綠色LED 20G之各者由一綠色行導體34G上之信號控制，且藍色LED 20B之各者由一藍色行導體34B上之信號控制。

如圖11中所展示，圖9之可印刷電子元件10經微轉移印刷至圖10之顯示基板80上以形成一顯示器82。如圖11中所展示，可印刷電子元件10之紅色LED 20R、綠色LED 20G及藍色LED 20B之各者透過列連接支柱40R及行連接支柱40C電連接於一列導體32 (具有一列區段)與紅色行導體34R、綠色行導體34G及藍色行導體34B之間。當(例如)使用一被動矩陣顯示控制器來將電力施加於列導體32與紅色行導體34R、綠色行導體34G及藍色行導體34B之任一者或全部之間時，對應紅色LED 20R、綠色LED 20G及藍色LED 20B可發射光70。同時，額外連接支柱40A連接至紅色行導體34R、綠色行導體34G及藍色行導體34B之各側上之一共同列導體32之列區段。連接至可印刷電子元件10之額外連接支柱40A及連接支柱40之電導體36因此形成電連接行導體34之相反側上之一共同列導體32之一列中之列區段之一電跨接線。該電跨接線具有兩個或兩個以上電連接導電跨接線連接支柱(例如一額外連接支柱40A及一連接支柱40或另一額外連接支柱40A)。

在圖22中所展示之一替代實施例中，一積體電路控制器20C包含於可印刷電子元件10中且使用導線36來連接至LED 20，全部提供於可為(例如)介電層28之一元件基板13上。列連接支柱40R及行連接支柱40C可針對

一所要電路設計視需要來連接至積體電路控制器或LED 20。圖23係用於一單一微轉移可印刷電子元件10中之紅色LED、綠色LED及藍色LED之一數位控制電路之一示意佈局。因此，此電子元件10設計具有如圖24之佈局中所展示之四個電子裝置20 (控制器及三個LED)。

參考圖12及圖13，在本發明之另一實施例中，列導體32包含實質平行於行導體32之一部分33，例如如美國專利申請案第15/040,810號中所描述，該案之全部內容以引用的方式併入本文中。平行部分33針對用於電連接於列導體32與行導體34之間的一額外可印刷電子元件10A提供一空間以防可印刷電子元件10故障。此配置亦可用於圖11中所繪示之實施例中。實質平行意指：類似可印刷電子元件10可成功地並行電連接於平行部分與(若干)行導體34之間。

在各種實施例中，可印刷電子元件10或電子裝置20具有自2 μm 至5 μm 、5 μm 至10 μm 、10 μm 至20 μm 、20 μm 至50 μm 、50 μm 至100 μm 、100 μm 至250 μm 、及250 μm 至500 μm 之一寬度、長度及高度之至少一者。

參考圖14及圖15，本發明之一方法包含：在步驟210中提供一顯示基板80且在步驟220中形成顯示基板80上之一電導體陣列。該等電導體包含安置或形成於顯示基板80上或顯示基板80上方之一陣列之列導體32。列導體32沿一列方向延伸。該等電導體亦包含安置或形成於顯示基板80上或顯示基板80上方之一陣列之行導體34。行導體34與列導體32電隔離且沿不同於該列方向之一行方向延伸。顯示基板80可為(例如)玻璃、樹脂、聚合物、金屬或陶瓷或包含此等材料。列導體32及行導體34可為由(例如)諸如銅、銀、金、鋁或錫之導電金屬或金屬合金製成之金屬導線或電跡

線。可使用印刷電路板技術來製成此一顯示基板80及電導體。

亦參考圖16A至圖16G，步驟100中提供一源可印刷電子元件晶圓12(圖16A)。首先藉由使用光微影材料及方法在步驟110中圖案化晶圓50中之一犧牲層52以形成由固定部分58 (圖16B)隔開之犧牲部分54而將複數個可印刷電子元件10提供於可印刷電子元件晶圓12中。晶圓12可為諸如一半導體、玻璃、聚合物、金屬或陶瓷晶圓之一基板。在圖1之實施例中，若需要一介電層28，則將其沈積(圖中未展示)及圖案化以形成暴露連接支柱40之所要位置之通孔。若存在連接支柱形式42，則在步驟120中穿過介電層28將連接支柱形式42蝕刻至犧牲部分54中。在圖19之實施例中，圖案化金屬沈積於連接支柱形式42中以形成連接支柱40及經沈積之介電層28且填充連接支柱形式42之剩餘體積。介電層28可為一平坦化層。在步驟130中且如圖16D中所展示，藉由在犧牲層52上形成或安置一電子裝置20來提供一電子裝置20。在由Prevatte等人於2015年8月10日申請之名為Chiplets with Connection Posts之美國專利申請案第14/822,864號中更詳細討論連接支柱的形成。

電子裝置20可經微轉移印刷至犧牲層54上且具有一斷裂或分離繫繩或形成於適當位置中且可包含諸如導電層、p摻雜層或n摻雜層、無摻雜層或其他半導體層之多個層。裝置電接點22亦可形成於電子裝置20上或電子裝置20中。可交換步驟120及130之順序。接著參考圖16E及步驟140，一圖案化介電結構24形成或依其他方式安置於電子裝置20上以保護電子裝置20且(在圖19之實施例中)形成通孔44。電導體30 (諸如電極)形成為與犧牲部分54上方之裝置電接點22及(在圖1之實施例中)連接支柱形式42電接觸以形成連接支柱40。圖案化介電結構24可為(例如)二氧化矽且電導體

30可為使用光微影材料及諸如塗佈、濺鍍或蒸鍍之方法及使用圖案化光阻劑來蝕刻而沈積及圖案化之金屬。各可印刷電子元件10之一或多個導電連接支柱40包含一列連接支柱40R及一行連接支柱40C。如圖16F之可印刷電子元件晶圓12中所展示，在步驟150中，一可選囊封層26可提供於電導體30上方。在一實施例中，可選囊封層26可填充連接支柱40之金屬上方之連接支柱形式42之任何剩餘體積以形成連接支柱40之一固體芯體(圖1)。因此，在一些實施例中，連接支柱40包括形成於具有一不同材料(例如圖1之囊封層26或圖2、圖29之介電層28之介電材料)之一芯體上方之一導電層(例如金屬層)。

在步驟200中，可印刷電子元件晶圓12之犧牲部分54經蝕刻(圖16G)以形成複數個可印刷電子元件10。犧牲部分54可為(例如)氧化層或晶圓50之一指定各向異性可蝕刻部分。在步驟230中，將複數個可印刷電子元件10自可印刷電子元件晶圓12微轉移印刷至顯示基板80，使得各列導體32與一可印刷電子元件10一起連接至各行導體34。列連接支柱40R電連接至列導體32且行連接支柱40C電連接至一可印刷電子元件10之行導體34以形成一顯示器82(圖8、圖11及圖13)。可使用各可被蝕刻且其可印刷電子元件10被微轉移印刷至顯示基板80之複數個可印刷電子元件源晶圓12來重複程序。

在本發明之一進一步方法中，連接支柱40係第一連接支柱40。該方法包含：提供突出超過可印刷電子元件10之各者之支柱側21之一或多個導電額外連接支柱40A；使用一電導體36來將各額外連接支柱40A電連接至一第一連接支柱40或一額外連接支柱40A；在相同於行導體34之顯示基板80之層中形成行導體34之間之列區段中之列導體32；及微轉移印刷複

數個可印刷電子元件10以將一行導體34之各側上之共同列導體32之列區段與一第一連接支柱40及一額外連接支柱40A或與一可印刷電子元件10之兩個額外連接支柱40A電連接來電連接共同列導體32之兩個列區段。

因此，根據本發明之一實施例且如圖16F及圖16G中及圖21之透視顯微圖中所展示，一可印刷電子元件晶圓12包含一晶圓50 (其包含晶圓材料)，及形成由形成於晶圓50上或晶圓50中之固定部分58隔開之犧牲部分54之一圖案化犧牲層52。一可印刷電子元件10安置或完全形成於各犧牲部分54上或各犧牲部分54上方且由一繫繩56連接至一固定器58。例如，繫繩56可包括囊封層26 (若存在)或介電層28 (若存在)之材料，諸如二氧化矽或氮化矽。在一實施例中，犧牲部分54包括除晶圓材料50之外之一可蝕刻材料(如同圖16F)，犧牲部分54包括晶圓材料50之一各向異性可蝕刻部分(圖中未展示)，或犧牲部分54包括可印刷電子元件10與晶圓材料50之間的一間隙(如同圖16G)中。

製造一可印刷電子元件晶圓12之一方法包含：提供包含晶圓材料之一晶圓50 (步驟100)；形成具有由形成於晶圓50上或晶圓50中之固定部分58隔開之犧牲部分54之一圖案化犧牲層52 (步驟110)；提供複數個電子元件10，各電子裝置20完全安置於一犧牲部分54上方且由一繫繩56連接至一固定器58 (步驟130)。在一實施例中，將電裝置20微轉移印刷於犧牲部分54上或犧牲部分54上方；在另一實施例中，電裝置20形成於犧牲部分54上或犧牲部分54上方。可藉由將複數個電子裝置20微轉移印刷至犧牲部分54之各者上來重複步驟130。例如，可將紅色LED 20R、綠色LED 20G及藍色LED 20B自可使用不同材料製成之不同晶圓或結晶結構微轉移印刷至犧牲部分54上來製造諸如圖9之結構的一結構。可印刷電子元件晶

圓12可包含複數個犧牲部分54，其等具有對應複數個可印刷電子元件12，對應複數個可印刷電子元件10可藉由在一共同步驟中將複數個紅色LED 20R、綠色LED 20G及藍色LED 20B微轉移印刷至對應犧牲部分54使得各犧牲部分54具有一紅色LED 20R、綠色LED 20G及藍色LED 20B之一者而在一單一程序步驟中被裝配。

在另一實施例中，一或多個連接支柱形式42製造於各犧牲部分54中(步驟120)且電導體30(電極)形成於連接支柱形式42中且電連接至LED 20以製造一或多個連接支柱40或額外連接支柱40A(步驟140)。如上文所描述，在本發明之一方法中，犧牲部分54經蝕刻(步驟200)以形成將電子元件10連接至固定器58之一繫繩56及形成電子元件10與晶圓材料50之間的一犧牲部分54間隙。

可印刷電子元件10可為主動元件，例如包含諸如電子電晶體或二極體或發光二極體及回應於環境光而產生一電流之光二極體之一或多個主動器件。可印刷電子元件10可為具有一或多個半導體層(諸如一積體電路或發光二極體)之一半導體裝置或包含一半導體裝置。可印刷電子元件10可為一未封裝晶粒。可印刷電子元件10可包含被動元件，例如包含諸如電晶體、電容器或導體之一或多個被動器件。在另一實施例中，可印刷電子元件10包含主動器件及被動器件兩者。在又另一實施例中，可印刷電子元件10具有複數個主動器件或被動器件(諸如具有單獨基板之多個半導體裝置)，各具有諸如各發射不同顏色之光(諸如紅光、綠光或藍光)之多個LED 20之一或多個主動器件或被動器件或兩者。可印刷電子元件10本身可在器件配置於其上且自其釋放之後自一源晶圓12微轉移印刷，且因此包含一斷裂或分離繫繩56。器件可包含電子處理器、控制器、驅動器、發光

二極體、光二極體、光控制裝置或光管理裝置或可為電子處理器、控制器、驅動器、發光二極體、光二極體、光控制裝置或光管理裝置。

可印刷電子元件10可包含諸如使用微影程序來形成之電子電路之主動器件且可包含諸如至裝置電接點22及連接支柱40或額外連接支柱40A之電連接(例如諸如電導體30、36之導線)之被動器件。(例如)可藉由微轉移印刷或光微影程序來將主動或被動器件製造於犧牲部分54或形成於犧牲部分54上方之層中或安置於犧牲部分54或形成於犧牲部分54上方之層上。在某些實施例中，裝置電接點22係形成於可印刷電子元件10及源晶圓12之一側上之平面電連接。通常使用技術中所使用之遮蔽及沈積程序自諸如鋁或多晶矽之金屬形成此等裝置電接點22。在某些實施例中，使用諸如導線之電導體30來將裝置電接點22電連接至電路。在一些實施例中，裝置電接點22及電路及形成於源晶圓12上之主動層中之其他功能結構組成可印刷電子元件10。

由本發明之方法製成之可印刷電子元件10可包含諸如具有半導體結構、一二極體、一發光二極體(LED)、一電晶體或一雷射之小晶片之各種電子裝置20。小晶片係小型積體電路且可為自一源晶圓釋放之未封裝晶粒且可被微轉移印刷。同樣地，可印刷電子元件10可係未封裝的。一未封裝電子元件10具有暴露於環境(即使提供一囊封層26)之(若干)電子裝置且並非定位於一單獨封裝容器內，例如其中打線接合連接至自該封裝延伸之導電針腳。小晶片可具有自2 μm 至5 μm 、5 μm 至10 μm 、10 μm 至20 μm 或20 μm 至50 μm 之一寬度、長度及高度之至少一者。小晶片可具有2 μm 至5 μm 、5 μm 至10 μm 、10 μm 至20 μm 或20 μm 至50 μm 之一摻雜或無摻雜半導體基板厚度。小晶片或主動器件可為具有大於寬度(例如具有大於

或等於2、4、8、10、20或50之一縱橫比)之一長度之微型發光二極體及沿可印刷半導體元件之長度相鄰於可印刷半導體元件之端部之裝置電接點22。此結構使低精確度製程在不產生對齊問題及可能非所要電短路或開路之情況下將導線電連接至裝置電接點22。

在本發明之一些實施例中，可印刷電子元件10包含具有一薄基板之小型積體電路(例如小晶片)，該薄基板具有僅數微米(例如小於或等於25微米，小於或等於15微米或小於或等於10微米)之一厚度及5微米至10微米、10微米至50微米、50微米至100微米或100微米至1000微米之一寬度或長度。此等微轉移可印刷小晶片可製造於具有用於處理及運輸晶圓之一處理側及一背側之一半導體源晶圓(例如一矽或GaN晶圓)。使用微影程序來將該等小晶片形成於一源晶圓之處理側上或處理側中之一主動層中。一空釋放層空間(對應於圖16G中之犧牲部分54)形成於該等微轉移可印刷小晶片下方，其中繫繩56依抵靠微轉移可印刷小晶片之衝壓側23施加壓力的一方式將微轉移可印刷小晶片連接至該源晶圓，其中一轉移衝頭使繫繩56斷開或斷裂以將微轉移可印刷小晶片自該源晶圓釋放。在一替代建構(圖中未展示)中，繫繩56係支撐微轉移可印刷小晶片之一支柱(例如定位於小晶片與晶圓之間間隙中)且轉移程序使小晶片自晶圓脫離或分離。接著將小晶片微轉移印刷至可印刷電子元件10。可使用用於在一源晶圓中形成微轉移可印刷小晶片(例如電晶體、LED、導線及電容器)之積體電路技術中之微影程序。相同蝕刻及轉移程序可用於將可印刷電子元件晶圓12上之經裝配或經建構可印刷電子元件10微轉移印刷至目的基板60。

例如，在論文AMOLED Displays using Transfer-Printed Integrated Circuits及上文所參考之美國專利第8,889,485號中描述形成此等結構之方

法。針對微轉移印刷技術之一討論，參閱美國專利第8,722,458號、第7,622,367號及第8,506,867號，其等之各者之全文以引用的方式併入本文中。使用複合微裝配結構及方法之微轉移印刷亦可與本發明一起使用，例如，如名稱為Compound Micro-Assembly Strategies and Devices之2015年8月10日申請之美國專利申請案第14/822,868號中所描述，該案之全文以引用的方式併入本文中。

根據本發明之各種實施例，可印刷電子元件源晶圓12可具有可印刷電子元件10、釋放層(犧牲層52)、繫繩56及連接支柱40(已形成)，或其等可被建構成本發明之程序之部分。類似地，其上具有微轉移可印刷電子裝置20之任何源晶圓可經建構或轉移印刷成本發明之程序之部分。

連接支柱40係形成於一般垂直於支柱側21之一表面延伸之可印刷電子元件10之一側(例如支柱側21)上之電連接。此等連接支柱40可由諸如鋁、鈦、鎢、銅、銀、金之金屬或其他導電金屬形成。在一些實施例中，連接支柱40可由一或多個高彈性模數金屬(諸如鎢)製成。如本文中所使用，一高彈性模數係在連接支柱40被壓入一目的基板60接觸墊62中時足以維持連接支柱40之功能及結構之一彈性模數。

可藉由建立三維結構之重複遮蔽及沈積程序(例如藉由蝕刻蒸鍍或濺鍍於可印刷電子元件10之處理側上之一或多層金屬)來形成連接支柱40。亦可藉由以下步驟來製造此等結構：在源晶圓50上形成一犧牲層52之犧牲部分54，將一阱蝕刻至犧牲部分54之表面中以形成連接支柱形式42，使用諸如金屬之一圖案化導電材料來填充或覆蓋連接支柱形式42，可選地塗佈該圖案化導電材料且使用一介電材料來填充連接支柱形式42，接著移除犧牲部分54。在一些實施例中，電連接至電子裝置20之連接支柱40以

及電子裝置20與形成於源晶圓12上之主動層中之其他功能主動或被動結構一起組成可印刷電子元件10。

連接支柱40 (包含額外接觸支柱40A)可具有各種縱橫比且通常具有比一底面積小之一峰面積。連接支柱40可具有用於嵌入或刺穿目的基板60接觸墊62之一尖點。連接支柱40可包含一支柱材料，其塗佈有不同於該支柱材料之一導電材料。支柱材料可為一導電金屬或一摻雜或無摻雜半導體或一電絕緣聚合物(例如一樹脂、固化樹脂或環氧樹脂)且可具有各種硬度或彈性模數值之任何者。在一實施例中，支柱材料比導電材料軟使得導電材料可在連接支柱40在機械壓力下壓皺。替代地，導電材料比支柱材料軟使得其在機械壓力下於支柱材料之前變形。變形意指連接支柱40或接觸墊62或導電材料由於轉移印刷而改變形狀。連接支柱40或支柱材料可為藉由蝕刻來自連接支柱40周圍之材料來形成之一半導體材料(諸如矽或GaN)。可在支柱材料結構上方蒸鍍或濺鍍接著圖案狀蝕刻塗層(諸如導電材料)以形成連接支柱40。導電材料可為在一相對較低溫度(例如小於120°C)下流動之一焊料或其他金屬或金屬合金。明確而言，導電材料可具有小於支柱材料之熔點之一熔點。

在某些實施例中，兩個或兩個以上相鄰連接支柱40包括具有不同高度之一第一連接支柱及一第二連接支柱。在某些實施例中，兩個或兩個以上連接支柱40之間的距離小於沿平行於目的基板60之一方向之接觸墊62之一寬度或長度。在某些實施例中，連接支柱40安置成群組，一群組內之連接支柱40電連接至一共同目的基板60接觸墊62且不同群組中之連接支柱40電連接至不同接觸墊62。在某些實施例中，連接支柱40安置成群組且一給定群組內之相鄰連接支柱40之間的一間隔小於相鄰群組之間的一間

隔。在某些實施例中，一群組內之連接支柱40一起電短路。在某些實施例中，兩個或兩個以上連接支柱40之各者係一多層連接支柱40。在某些實施例中，接觸墊62包括一材料，其係相同於包含於連接支柱40中之一材料之材料。

在某些實施例中，接觸墊62包括一材料，其比連接支柱40之材料軟。在某些實施例中，連接支柱40包括一材料，其比接觸墊62之材料軟。在某些實施例中，一導電材料而非目的基板接觸墊62或連接支柱40之一材料將接觸墊62黏著或電連接至連接支柱40或黏著且電連接至連接支柱40。在某些實施例中，接觸墊62具有一第一導電層及位於該第一導電層上方之一第二導電層，且該第二導電層具有比該第一導電層低之一熔融溫度。在實施例中，接觸墊62塗佈有一非導電層或接觸墊62形成於一柔性非導電層上。在某些實施例中，該第二導電層係一焊料。在某些實施例中，接觸墊62焊接至連接支柱40。在某些實施例中，接觸墊62係非平面的且連接支柱40插入至接觸墊62中。

目的基板60接觸墊62可由一相對軟之金屬(諸如錫、焊料或錫基焊料)製成以助於形成與連接支柱40之良好電接觸及與可印刷電子元件10之黏著性。如本文中所使用，一軟金屬可係指一連接支柱40可被按壓至其中以形成連接支柱40與接觸墊62之間的一電連接之一金屬。在此配置中，接觸墊62可在機械壓力下可塑變形且流動以提供連接支柱40與接觸墊62之間的一良好電連接。

在本發明之另一實施例中，連接支柱40可包含一軟金屬且接觸墊62包含一高彈性模數金屬。在此配置中，連接支柱40可在機械壓力下可塑變形且流動以提供連接支柱40與接觸墊62之間的一良好電連接。

若黏著劑64之一可選層形成於目的基板60上(圖18)，則可驅動連接支柱40穿過黏著層64以形成與黏著層64下方之接觸墊62之一電連接。黏著層64可經固化以使可印刷電子元件10更穩固地黏著至目的基板60且在存在機械應力之情況下維持連接支柱40與接觸墊62之間的一穩健電連接。黏著層64可在固化程序期間經歷可進一步強化連接支柱40與接觸墊62之間的電連接性及黏著性之一些收縮。

在本發明之替代實施例中，可印刷電子元件10之連接支柱40與目的基板60之接觸墊62接觸、嵌入目的基板60之接觸墊62中或刺穿目的基板60之接觸墊62。在其他或額外實施例中，連接支柱40及接觸墊62之任一者或一或兩者經變形或壓皺成一非平面形狀且經變形使得連接支柱40及接觸墊62之表面在彼此接觸時改變形狀。變形或壓皺可藉由增大連接支柱40與接觸墊62之間接觸之表面積來改良連接支柱40與接觸墊62之間的電連接。為了促進變形，在一實施例中，連接支柱40具有比接觸墊62軟之一組合物或接觸墊62具有比連接支柱40軟之一組合物。

在另一實施例中，接觸墊62塗佈有可延伸於目的基板60上方之一可選聚合物層。可印刷電子元件10之連接支柱40經驅動穿過該聚合物層以與接觸墊62進行電接觸。該聚合物層可保護接觸墊62且用於藉由黏著至連接支柱40來將連接支柱40嵌入接觸墊62中。替代地，一柔性聚合物層形成於接觸墊62下方以促進在連接支柱40嵌入接觸墊62中時達成之機械接觸。例如，含有如金、錫、銀或鋁之一金屬或金屬合金可形成於一聚合物層上方或將一聚合物層塗佈於含有金、錫、銀或鋁之一金屬或金屬合金上方。該柔性聚合物層亦可用於將連接支柱40黏著至接觸墊62。

在一些實施例中，可印刷電子元件10包含諸如LED之小型積體電路

或諸如形成於一半導體晶圓(例如砷化鎵或矽，其可具有一結晶結構)中或安置於一半導體晶圓上之小型積體電路之總成。此等材料之處理技術通常採用高熱及反應化學品。然而，藉由採用不加壓於可印刷電子元件10或基板材料之轉移技術，可比薄膜製程使用更良性環境條件。因此，本發明具有下列優點：可針對目的基板60採用無法容忍極端處理條件(例如熱程序、化學程序或機械程序)之可撓性基板(諸如聚合物基板)。此外，已演示，結晶半導體基板具有強機械性質且(較小大小)可為相對可撓的且容忍機械應力。此對於具有5微米、10微米、20微米、50微米或甚至100微米厚度之基板尤其為真。替代地，可印刷電子元件10可形成於一微晶、多晶或非晶半導體層中。

可使用技術中所使用之晶圓代工製程來建構可印刷電子元件10。可使用材料層(包含諸如金屬、氧化物、氮化物之材料及積體電路技術中所使用之其他材料)。各可印刷電子元件10可為一完全半導體積體電路或可包含完全半導體積體電路且可包含(例如)電晶體。可印刷電子元件10可具有不同大小(例如1000平方微米或10000平方微米、100000平方微米或1平方毫米或更大)且可具有可變縱橫比(例如1:1、2:1、5:1或10:1)。可印刷電子元件10可為矩形或可具有其他形狀。

本發明之實施例提供優於先前技術中所描述之其他印刷方法之優點。藉由採用可印刷電子元件10上之連接支柱40及提供一目的基板60上之可印刷電子元件10及相鄰於目的基板60之連接支柱40之一印刷方法，提供用於在一目的基板60上大量印刷小晶片之一低成本方法。此外，無需用於將可印刷電子元件10電連接至目的基板60之額外程序步驟。

可單獨製造及在不同時間或依不同時間順序或在不同位置製造且在

各種程序狀態中提供源晶圓12及可印刷電子元件10、微轉移印刷衝頭及目的基板60。

可將本發明之方法反覆應用於一單一或多個目的基板60。藉由將可印刷電子元件10之子陣列自一轉移衝頭重複轉移至一目的基板60且在衝壓操作之間相對移動轉移衝頭及目的基板60達等於可印刷電子元件10之各轉移之間之所轉移子陣列中之選定可印刷電子元件10之間隔的一距離，可將在一源晶圓12上依一高密度形成之可印刷電子元件10之一陣列依一較低密度轉移至一目的基板60。實際上，源晶圓12可能係昂貴的，且尤其相較於在目的基板60上形成可印刷電子元件10，在源晶圓12上形成具有一高密度之可印刷電子元件10將減少可印刷電子元件10之成本。

明確而言，在其中主動可印刷電子元件10係由一結晶半導體材料形成之一積體電路或包含由一結晶半導體材料形成之一積體電路的情況中，積體電路基板提供其可在移除轉移衝頭時不斷開的情況下黏著至目的基板60之足夠黏合性、強度及可撓性。

相較於薄膜製造方法，使用普遍源基板晶圓12且將可印刷電子元件10轉移至僅需要定位於其上之可印刷電子元件10之一稀疏陣列的一目的基板60不會浪費或需要一目的基板60上之主動層材料。本發明亦可用於轉移使用具有比薄膜主動元件高之效能之結晶半導體材料來製造之可印刷電子元件10中。此外，可減少本發明之實施例中所使用之一目的基板60之平整度、平滑度、化學穩定性及熱穩定性要求，此係因為黏著性及轉移程序實質上不受限於目的基板60之材料性質。可由於更昂貴材料(例如源基板)之高利用率及目的基板60之減少材料及處理要求而減少製造及材料成本。

如熟悉技術者應瞭解，術語「位於...上方」及「位於...下方」係相對術語且可參考包含於本發明中之層、器件及基板之不同定向而互換。例如，在一些實施方案中，一第一層位於一第二層上意指一第一層直接位於一第二層上且與該第二層接觸。在其他實施方案中，一第一層位於一第二層上包含具有介於其中之另一層之一第一層及一第二層。

術語列及行係任意及相對指定且可在本發明之實施例中被交換。

已描述實施例之某些實施方案，熟悉技術者現應明白，可使用併入本發明之概念之其他實施方案。因此，本發明不應受限於某些實施方案，但應僅受限於下列申請專利範圍之精神及範疇。

貫穿描述，其中設備及系統被描述成具有、包含或包括特定元件，或其中程序及方法被描述成具有、包含或包括特定步驟，另外可預期，存在基本上由所述元件組成或由所述元件組成之本發明之設備及系統，且存在基本上由所述處理步驟組成或由所述處理步驟組成之根據本發明之程序及方法。

應瞭解，只要本發明係可操作的，步驟之順序或用於執行某些動作之順序係無關緊要的。再者，在一些情形中，可同時進行兩個或兩個以上步驟或動作。儘管已參考其特定實施例來詳細描述本發明，但應理解，可在本發明之精神及範疇內實行變動及修改。

【符號說明】

- 10 可印刷電子元件
- 10A 額外可印刷電子元件
- 12 可印刷電子元件晶圓/源晶圓
- 13 元件基板

- 16 控制電路
- 20 電子裝置/發光二極體(LED)
- 20C 控制器
- 20R 紅色LED
- 20G 綠色LED
- 20B 藍色LED
- 21 支柱側
- 22 裝置電接點
- 23 衝壓側
- 24 介電結構
- 26 囊封層
- 28 介電層
- 30 電導體/電極
- 32 列導體
- 33 平行部分
- 34 行導體
- 36 電導體/導線
- 40 連接支柱/尖頭/第一連接支柱
- 40A 額外連接支柱
- 40C 行連接支柱
- 40R 列連接支柱
- 41 非連接支柱
- 42 連接支柱形式

- 50 晶圓/晶圓材料
- 52 犧牲層
- 54 犧牲部分
- 56 繫繩
- 58 固定器/固定部分
- 60 目的基板
- 62 接觸墊
- 64 黏著劑/黏著層
- 70 光
- 80 顯示基板
- 82 顯示器
- 100 提供源晶圓步驟
- 110 圖案化犧牲層步驟
- 120 製造連接支柱形式步驟
- 130 提供LED步驟
- 140 圖案化介電質及電極步驟
- 150 圖案化囊封層步驟
- 200 蝕刻犧牲層步驟
- 210 提供顯示基板步驟
- 220 圖案化電導體步驟
- 230 微轉移印刷可印刷電子元件步驟

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種微轉移可印刷電子元件，其包括：

一介電層；

複數個電子裝置，其等經安置成與該介電層接觸，各電子裝置具有一個別基板及裝置電接點，用於將電力提供至該電子裝置，該電子裝置具有一支柱側及一對置衝壓側；

安置成至少部分與該介電層接觸之複數個電導體，至少一電導體經電連接至該等裝置電接點之各者；及

一或多個導電連接支柱，其等沿與該衝壓側相反之一方向自該介電層突出，各連接支柱經電連接至該等電導體之至少一者並包括一尖點，其延伸超過藉由使用小於一峰面積之一底面積來形成之該介電層。

【第2項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其中該介電層係位於該支柱側上或相鄰於該支柱側，其中該介電層係位於該衝壓側上或相鄰於該衝壓側，或包括位於該衝壓側及該支柱側兩者上之一或多個介電層。

【第3項】

如請求項2之微轉移可印刷電子元件，其中該介電層係透明的，該等電子裝置包含一或多個發光二極體(LED)，且該等LED發射光穿過該透明介電層。

【第4項】

如請求項2之微轉移可印刷電子元件，其中該等電子裝置包含一或多個LED，且該等LED沿與該介電層相反之一方向發射光。

【第5項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其中該等連接支柱係第一連接支柱，且包括突出超過該支柱側之一或多個導電額外連接支柱，各額外連接支柱使用一電導體來電連接至一第一連接支柱或一額外連接支柱。

【第6項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其中該等電子裝置包含經電連接至至少一連接支柱及至少一裝置電接點之一電路控制器。

【第7項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其包括：

一顯示基板，其具有複數個接觸墊或電導體；及

其中至少一連接支柱係與至少一接觸墊或至少一電導體電接觸。

【第8項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其中該電子元件係具有一或多個LED電子裝置及一可選電路控制器之一LED元件，且該等裝置電接點包含LED電接點。

【第9項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其中該等連接支柱包括經形成於具有一不同材料之一芯體上方之一導電層。

【第10項】

如請求項9之微轉移可印刷電子元件，其中該芯體之該不同材料係一介電質、二氧化矽及氮化矽中之一或多者。

【第11項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其中該等連接支柱透過該介電

層中之一通孔延伸或電接觸一電導體。

【第12項】

如請求項1之微轉移可印刷電子元件，其中該電子元件係未封裝的，且該等電子裝置包含一或多個裸晶粒。

【第13項】

一種微轉移可印刷電子元件晶圓，其包括：

一晶圓，其包括一晶圓材料；

一圖案化犧牲層，其形成由經形成於該晶圓上或該晶圓中之固定部分分隔開的犧牲部分；

複數個微轉移可印刷電子元件，各微轉移可印刷電子元件係完全形成於該等犧牲部分之一者上方，且係由一繫繩連接至該等固定部分之一固定部分，其中各微轉移可印刷電子元件包括：

一介電層；

複數個電子裝置，其等經安置成與該介電層接觸，各電子裝置具有一個別基板及裝置電接點，用於將電力提供至該電子裝置，該電子裝置具有一支柱側及一對置衝壓側；

複數個電導體，至少一電導體經電連接至該等裝置電接點之各者；及

一或多個導電連接支柱，其等沿與該衝壓側相反之一方向自該介電層突出，各連接支柱經電連接至該等電導體之至少一者；及

一或多個導電連接支柱，其等沿與該衝壓側相反之一方向自該介電層突出，各連接支柱經電連接至該等電導體之至少一者。

【第14項】

一種微轉移可印刷電子元件，其包括：

一介電層；

複數個電子裝置，其等經安置成與該介電層接觸，各電子裝置具有一個別基板及裝置電接點，用於將電力提供至該電子裝置，該電子裝置具有一支柱側及一對置衝壓側；

複數個電導體，至少一電導體經電連接至該等裝置電接點之各者；及

一或多個導電連接支柱，其等沿與該衝壓側相反之一方向自該介電層突出，各連接支柱經電連接至該等電導體之至少一者；及

一繫繩或一斷裂、斷開或分離繫繩，或其中該等電子裝置之一或多者包含一斷裂、斷開或分離繫繩。