

圖式

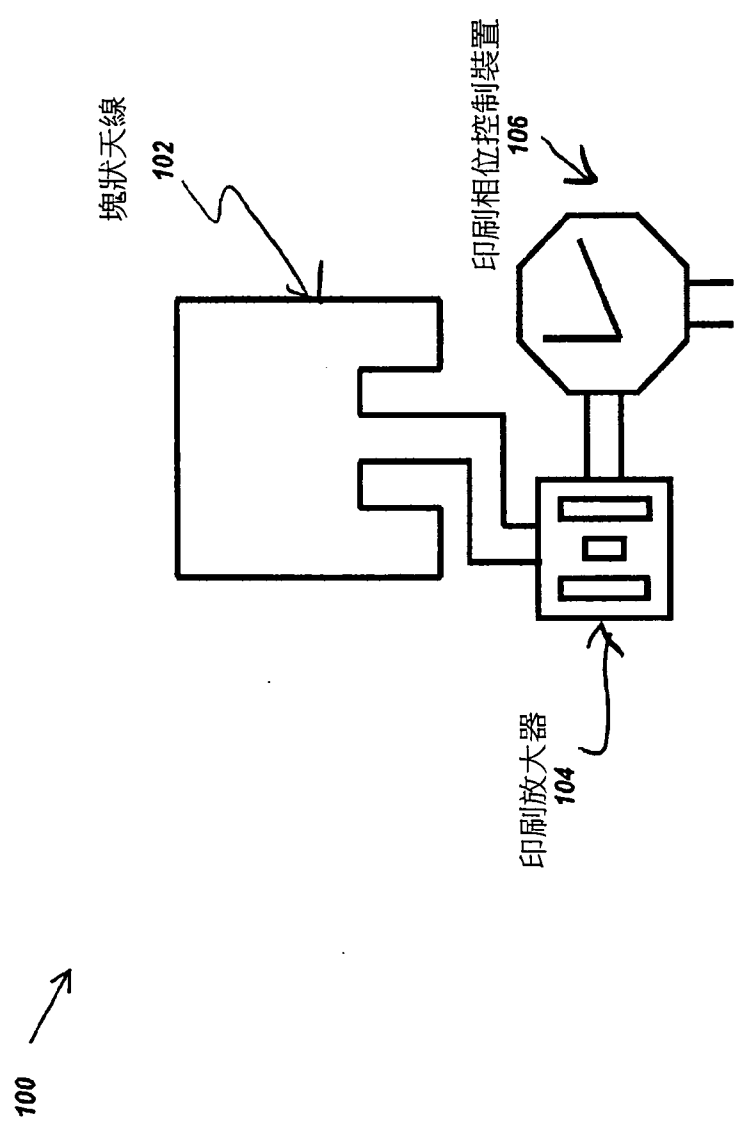


圖 1A

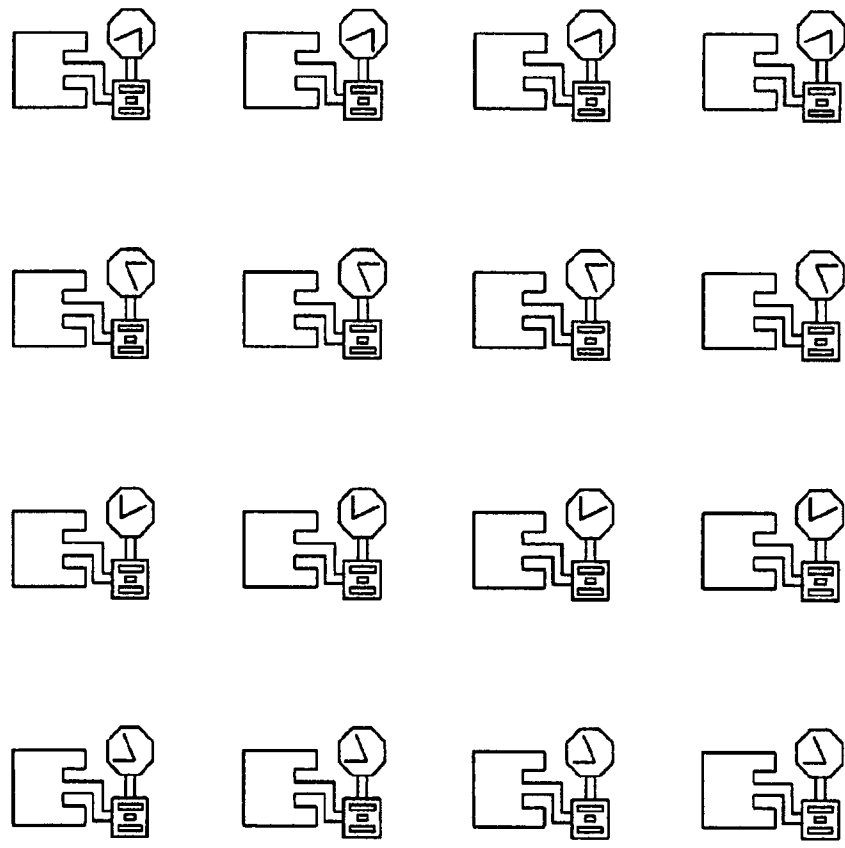
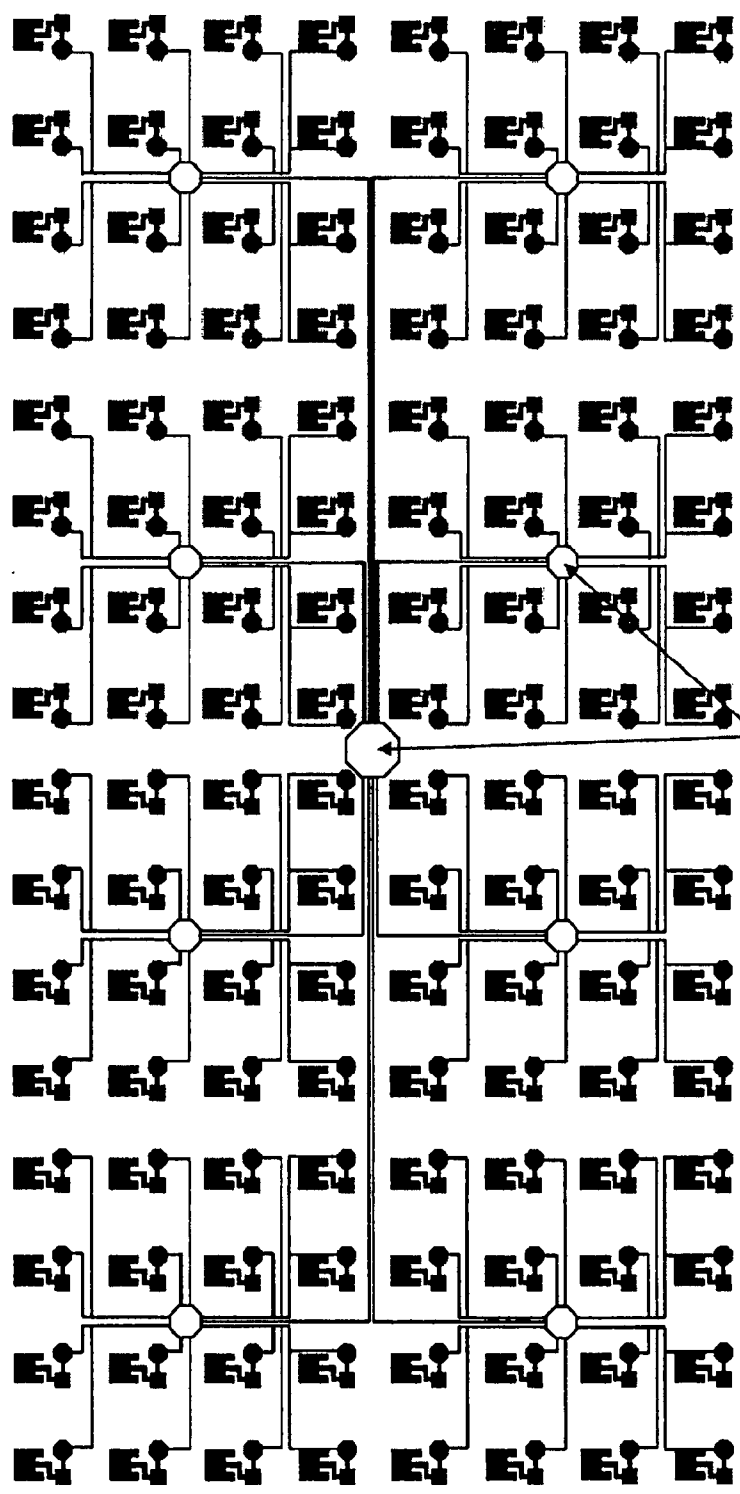


圖 1B

150 ↗



交錯於微組裝射頻組件陣列內之控制元件陣列

圖 1C

175 ↗

180

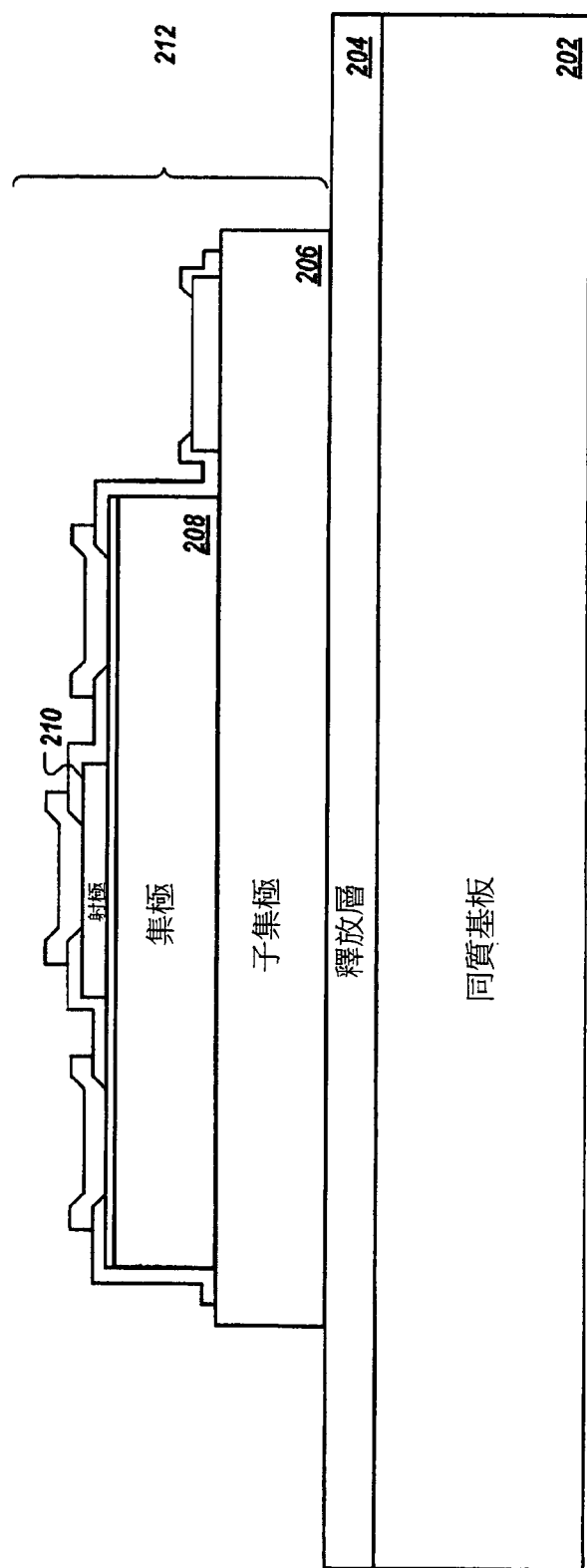


圖 2

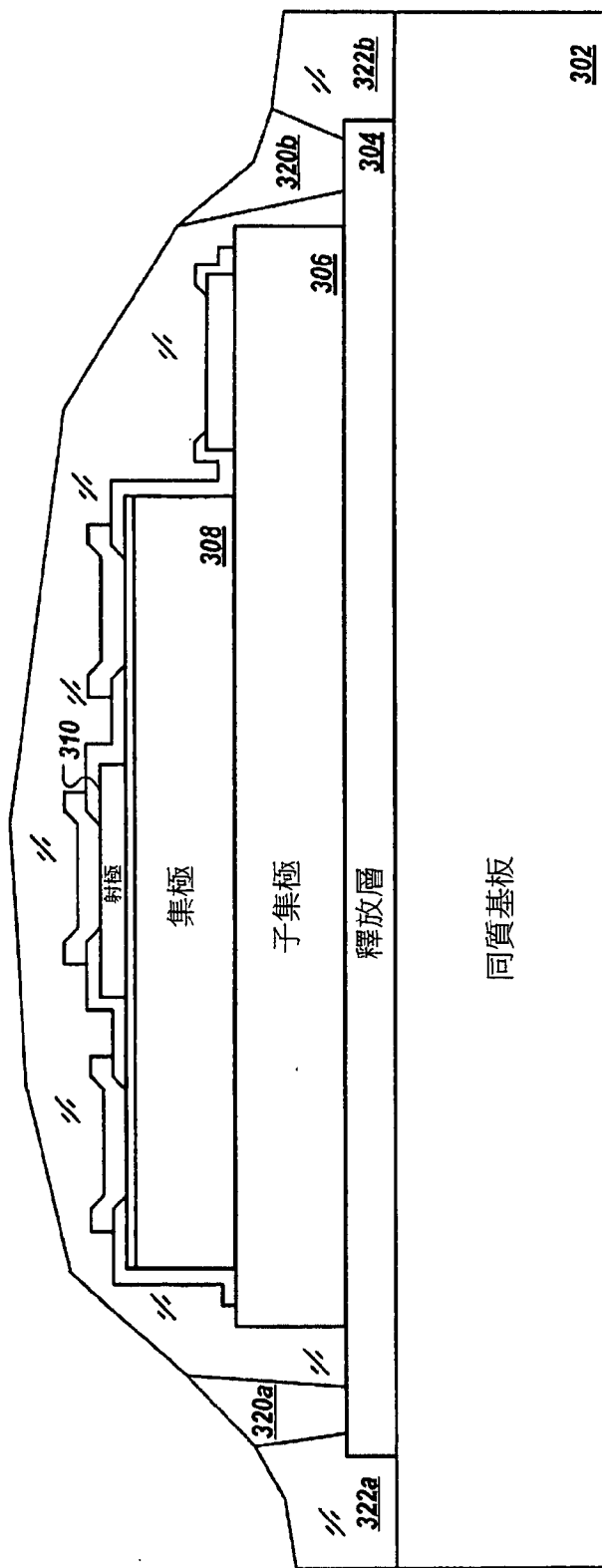


圖 3

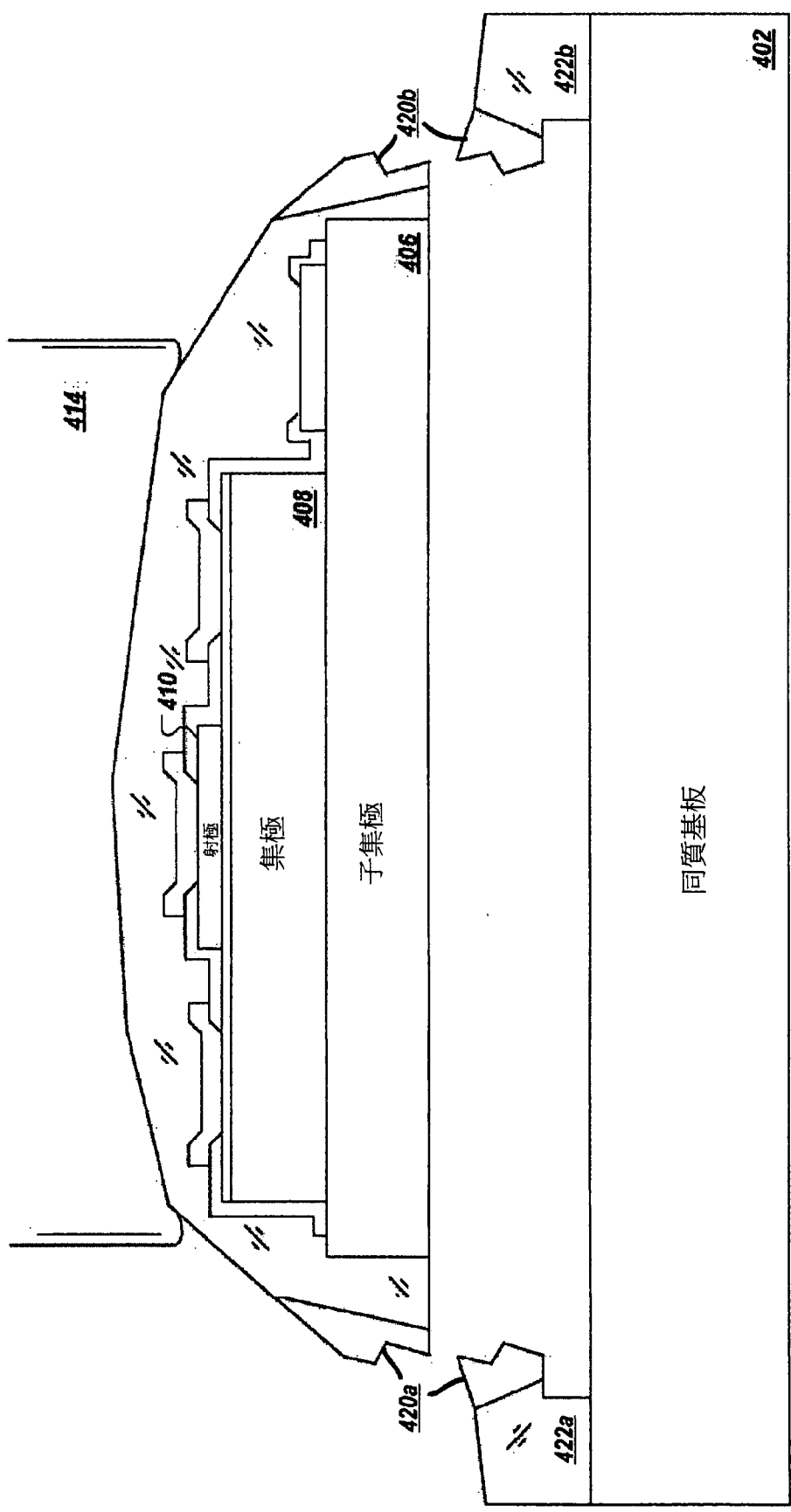


圖 4

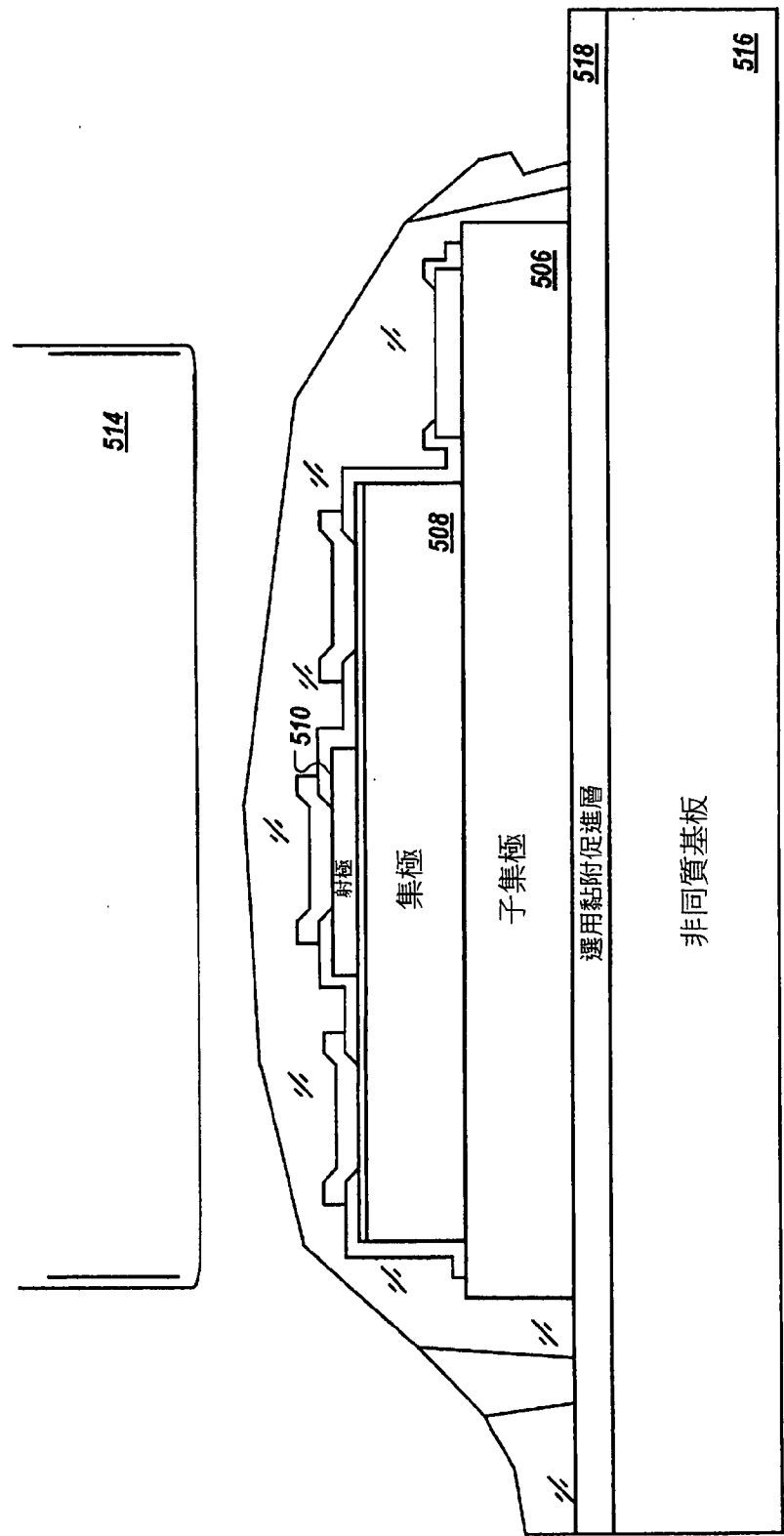


圖 5

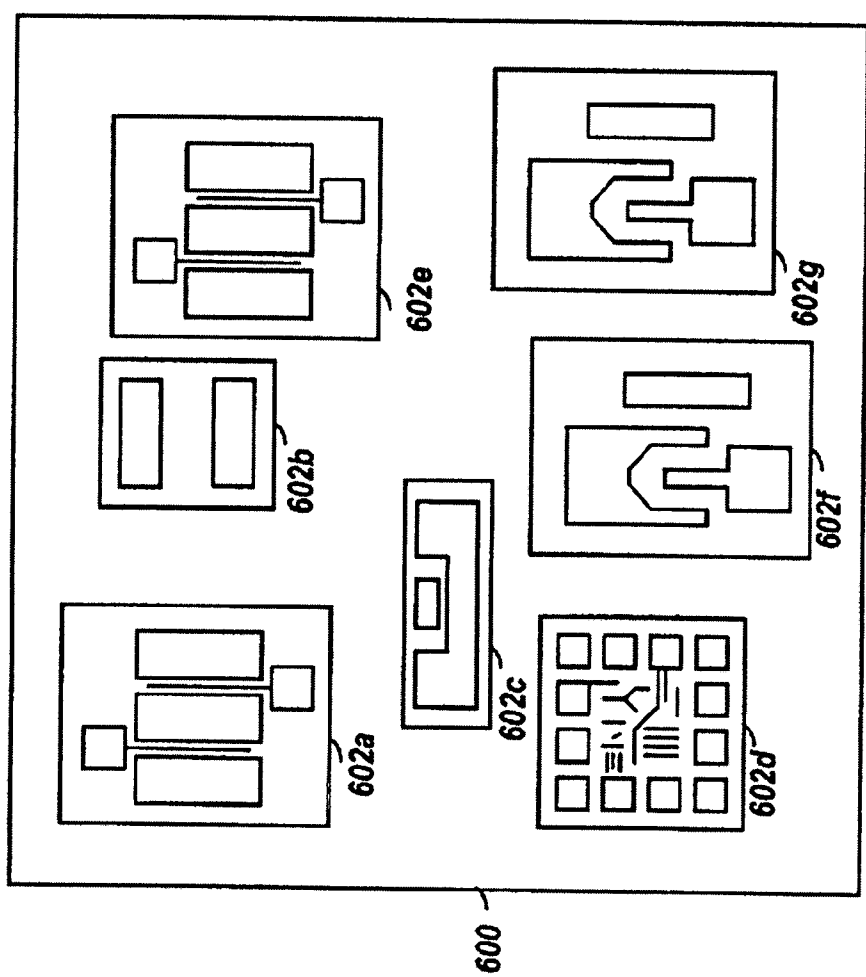


圖 6

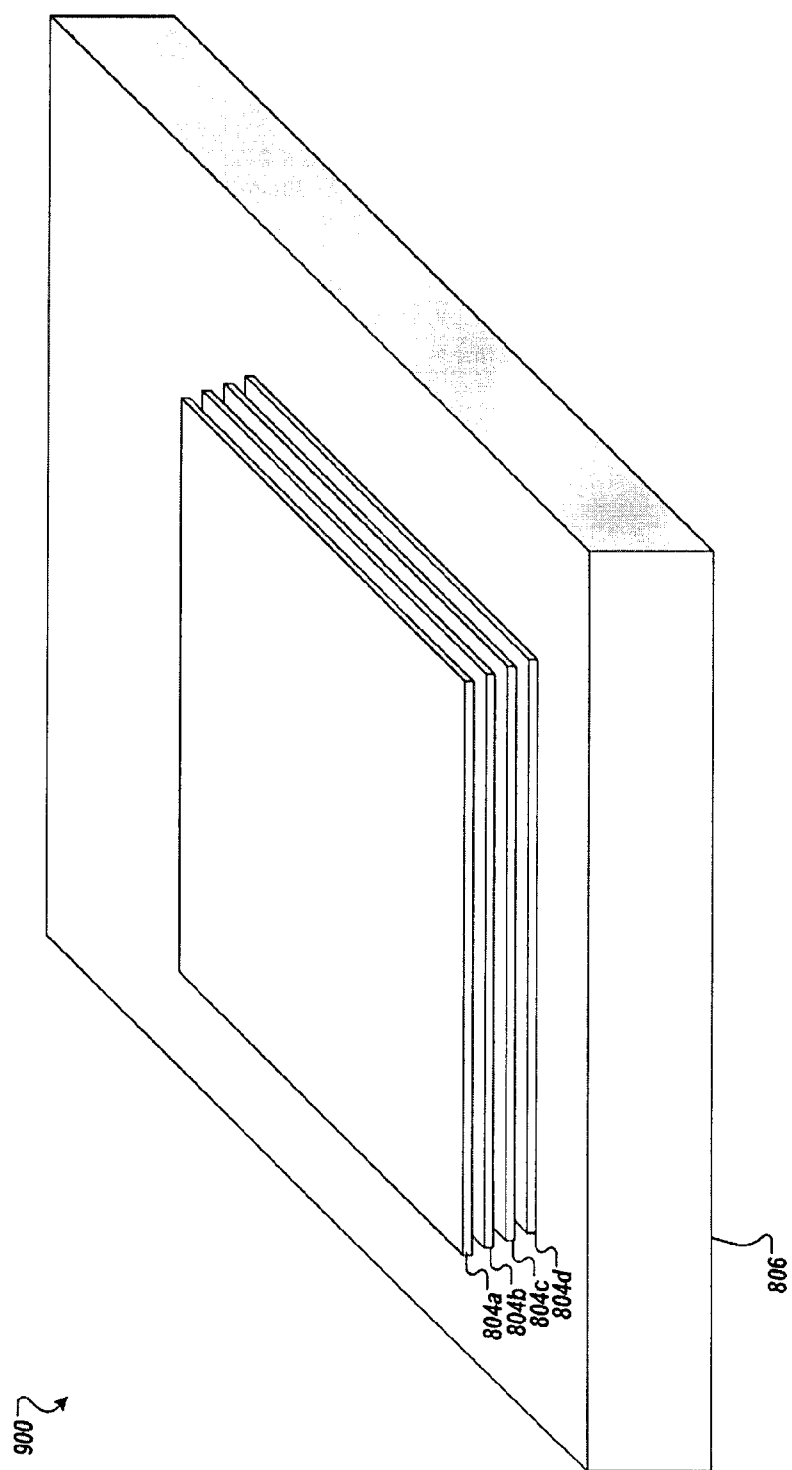


圖 9

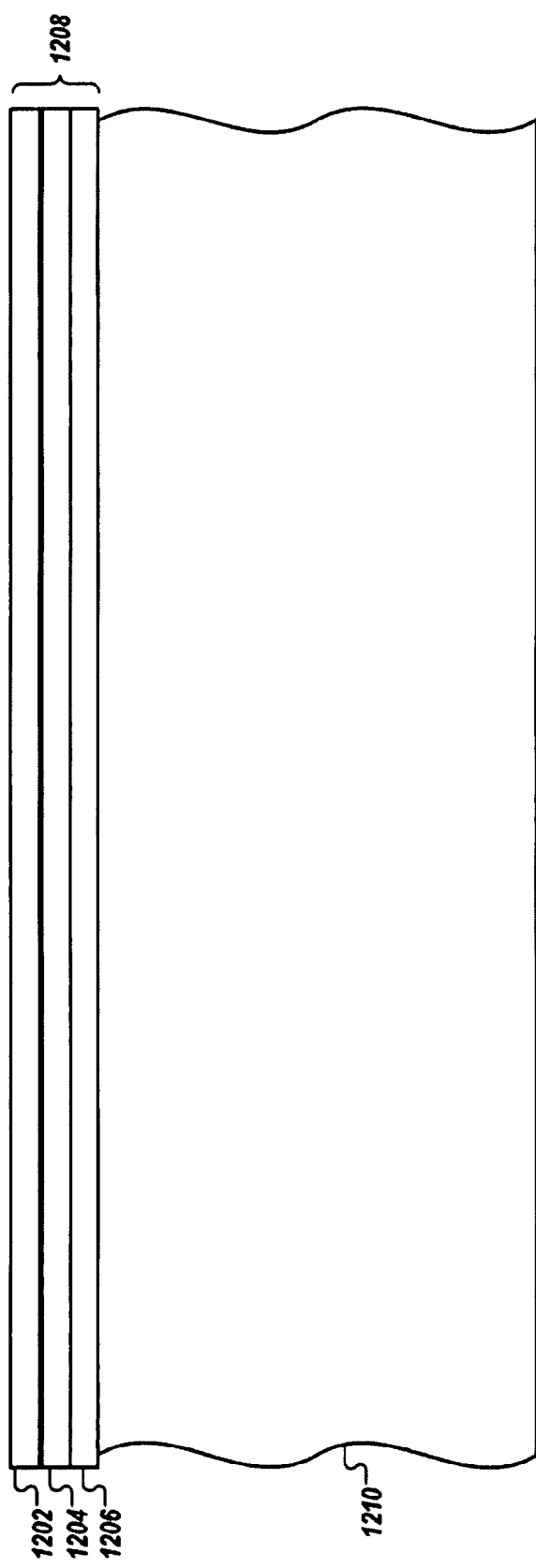


圖 12

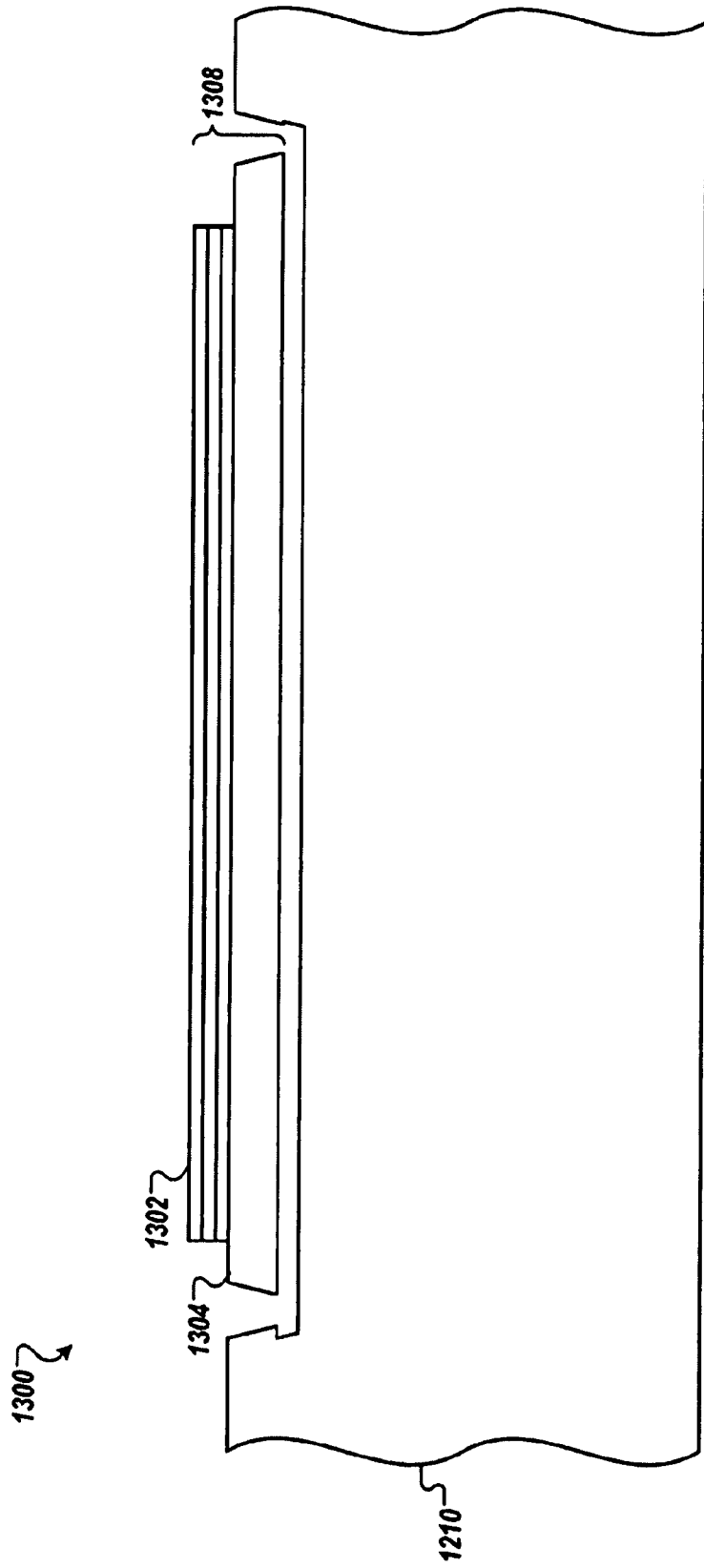


圖 13

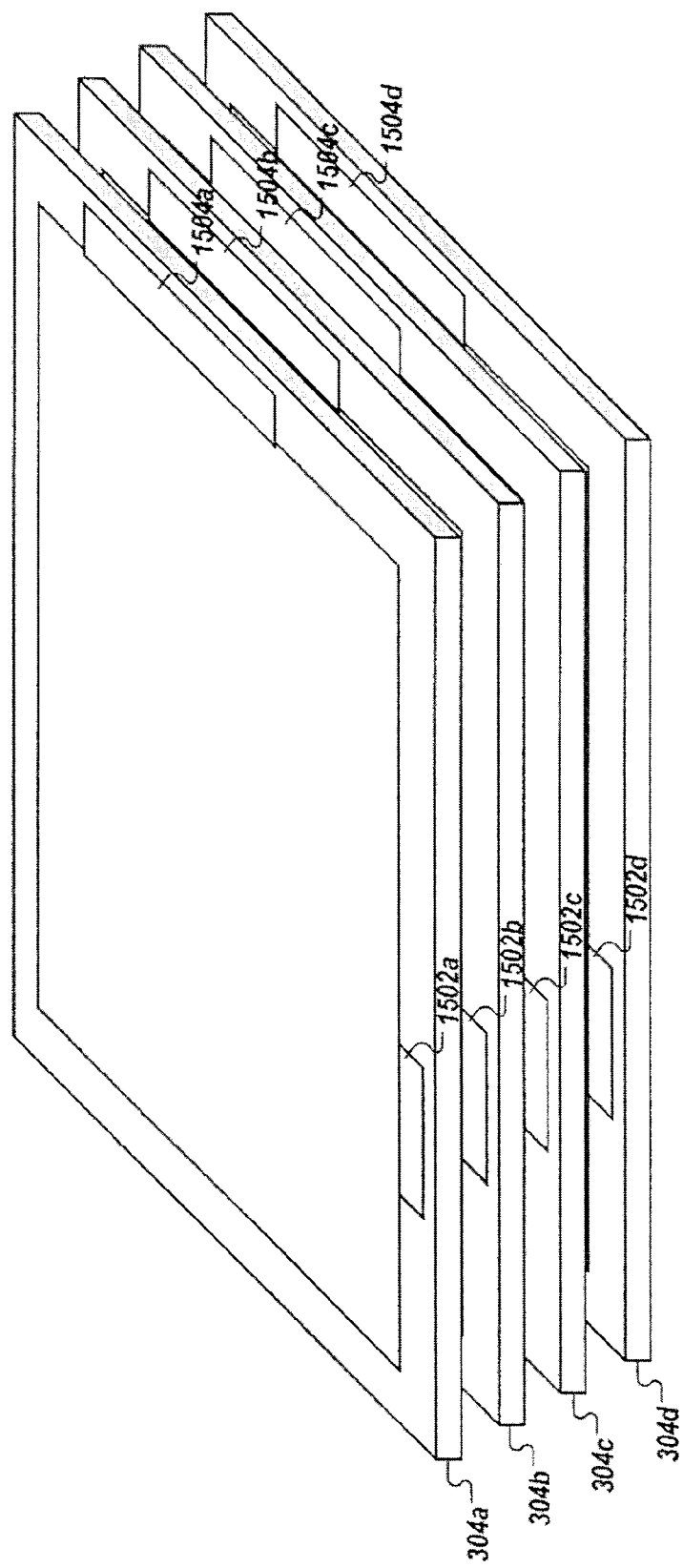


圖 15

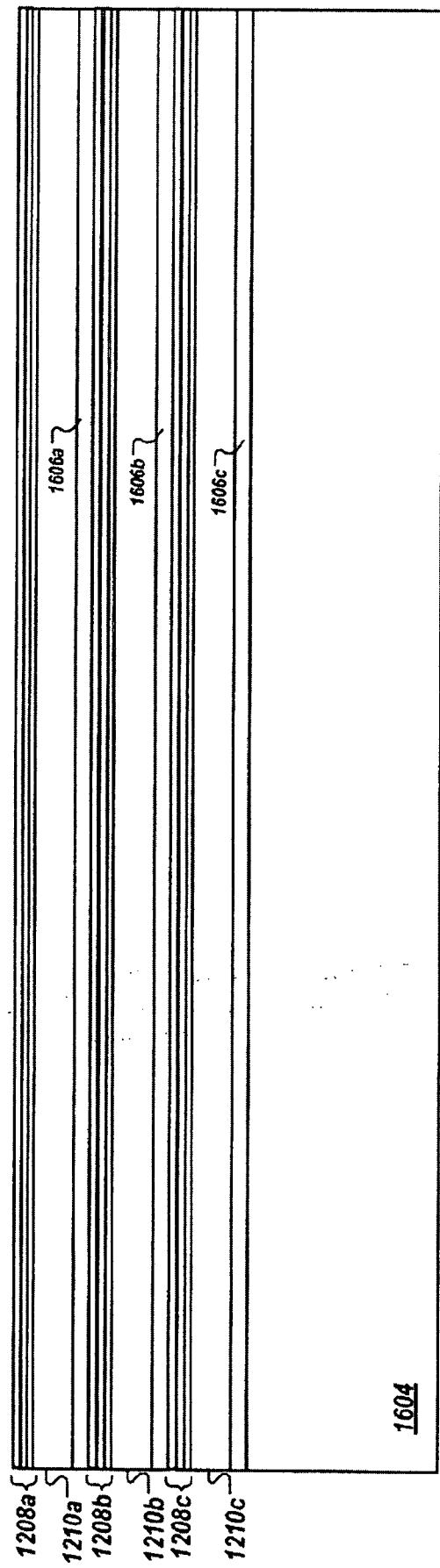


圖 16

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

多層印刷電容器

MULTILAYER PRINTED CAPACITORS

相關申請案

本申請案主張以下申請案之優先權及權益：標題為「Micro Assembled High Frequency Devices and Arrays」之於2014年6月18日提出申請之美國臨時專利申請案第62/014,074號，及標題為「System and Methods for Providing Micro Assembled Devices」之於2014年6月18日提出申請之美國臨時專利申請案第62/014,079號，該等美國臨時專利申請案中之每一者之內容以全文引用的方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於微組裝(舉例而言，使用微轉印印刷技術)高頻裝置及陣列。

【先前技術】

一相位陣列係其中使用施加至天線之各別信號之相對相位來沿一所要方向聚焦陣列之輻射型樣之一天線陣列。提供至天線陣列之信號使得天線陣列能夠達成優於一單個天線之效能之經改良效能。天線陣列除其他外亦可增加總增益、接收或或傳輸一較大信號分集、取消干擾、沿一特定方向操控輻射型樣或判定傳入信號之方向。天線當中的相位關係可係固定的以形成一塔式陣列。

另一選擇係，天線當中的相位關係可係可調整的以形成一波束操控陣列。波束操控允許使用自天線陣列中之各種天線發射之電磁信

號之間的相長及相消干擾來改變一幅射型樣之主波瓣之方向。此通常藉由切換天線元件或藉由改變驅動天線元件中之每一者之信號(諸如RF信號)之相對相位來完成。

一波束操控陣列之一實例係加州SRI International of Menlo Park生產的進階模組化不同調散射雷達(AMISR)。AMISR具有三個單獨雷達面，其中每一面在一30米x30米大致正方形表面上方包含128個積木塊狀面板。AMISR由4,096個天線製成，產生高達兩百萬瓦特之一組合電力。藉由控制來自個別天線之信號之相對相位，雷達波束可幾乎瞬時自天空中的一個位址操控至另一位置。此允許對大氣之快速移動特徵之研究。遠端操作及電子波束操控允許研究者操作並定位雷達波束以準確地量測快速改變之空間天氣事件。然而，AMISR係大致一足球場大小。

相位陣列雷達系統亦被海軍用於艦船中，此乃因相位陣列雷達允許艦船使用一單個雷達系統進行表面偵測及追蹤、發現其他艦船以及空氣偵測及追蹤。船載相位陣列雷達系統可使用波束操控來同時追蹤諸多目標而亦控制數個飛行中之導彈。

相位陣列天線系統得益於大數目個輻射元件。使用較多輻射元件實現提供較高增益之較尖且較窄波束。然而，隨著輻射元件之數目增加，系統之大小及組裝成本同樣增加，從而限制相位陣列天線系統(尤其對消費產品)之應用。雖然確實存在相位陣列雷達之諸多應用，但由於相位陣列雷達之大小及成本對諸多應用而言過高而相對少應用已被開發。

除其他外，隨著組件之大小縮小，配置複數個相異元件之困難增加。半導體晶片或晶粒自動化組裝設備通常使用真空操作放置頭(諸如真空抓持器或取放工具)以拾取並將裝置應用於一基板。使用此

技術來拾取及放置超薄及/或小裝置係困難的。

某些電子裝置由於其超薄及/或小尺寸而難以由習用組裝技術構造。舉例而言，某些電子裝置(例如，微型積體電路)可在一個橫向維度上小於0.1 mm。此外，某些電子裝置得益於大數目個輻射元件(例如，併入有更對輻射元件之相位陣列雷達可形成具有較高增益之較尖、較窄波束)。然而，隨著輻射元件之數目增加，零件所需之面積及組裝之成本增加。此外，諸如天線之元件之空間分佈可導致相位陣列天線系統之區域之一低效使用。

因此，需要相位陣列天線系統及使得能夠使用比單體式方法少之半導體材料將相位陣列天線系統封裝至小尺度系統中之製造該等相位陣列天線系統之方法。

【發明內容】

所揭示技術提供相位陣列天線系統及使得能夠使用比單體式方法少之半導體材料將相位陣列天線系統封裝至小尺度系統中之製造該等相位陣列天線系統之方法。在某些實施例中，相位陣列天線系統上之主動組件之密度較小(例如，5%或更少)。在其他實施例中，取決於應用，主動組件可密集堆集在一目的基板上。微組裝提供在一相位陣列中高效使用半導體材料之一方式，從而減少非作用半導體區域(例如，半導體材料上之不包含電晶體、二極體或其他主動組件之區域)之量。此外，高通量微組裝(例如，藉由微轉印印刷)減少與大零件數量相關聯之成本且在某些實施例中允許將小型微尺度裝置準確地配置至較大系統中。

微轉印印刷准許選擇並應用超薄、易損壞或小微型裝置而不對該等裝置造成損害。微結構印模可用於拾取微型裝置，將該等微型裝置輸送至一目的基板，及將該等微型裝置印刷至該目的基板上。表面黏附力用於控制對此等裝置之選擇並將其印刷至目的基板上。此程序

可大規模地並行執行。印模可經設計以在一單個拾取及印刷操作中轉印數百至數千個離散結構。

微轉印印刷亦實現將高效能半導體微型裝置並行組裝至幾乎任何基板材料上，舉例而言，包含玻璃、塑膠、金屬或半導體。基板可係撓性的，藉此准許產生撓性電子裝置。撓性基板可整合於較大數目個組態中，包含在脆性矽基電子裝置之情況下不可能之組態。另外，舉例而言，塑膠基板係機械強固且可用於提供較不易於遭受由機械應力引起之損壞或電子效能降級之電子裝置。因此，此等材料可用於藉由能夠以低成本在大基板區域上方產生電子裝置之連續、高速印刷技術(例如，捲對捲製造)來製作電子裝置。

此外，此等微轉印印刷技術可用於在與塑膠聚合物基板上之組裝相容之溫度下印刷半導體裝置。另外，半導體材料可印刷至大面積基板上，藉此實現複雜積體電路在大基板區域上方之連續、高速印刷。此外，在撓性或變形裝置定向中具有良好電子效能之完全撓性電子裝置可經提供以實現一廣泛範圍之撓性電子裝置。

在一項態樣中，本發明係針對一種使用印刷微組裝主動組件形成一相位陣列天線結構之方法，該方法包括：在一目的基板上提供複數個天線；在一第一基板上形成複數個放大器；在一第二基板上形成複數個相位控制裝置；使該第一基板與一蝕刻劑接觸，藉此移除在該複數個放大器下方的一第一犧牲層之一部分中之至少一者及形成複數個可印刷放大器，每一可印刷放大器藉由一或多個繫鏈連接至該第一基板；使該第二基板與一蝕刻劑接觸，藉此移除在該複數個相位控制裝置下方的一第二犧牲層之一部分中之至少一者及形成複數個可印刷相位控制裝置，每一可印刷相位控制裝置藉由一或多個繫鏈連接至該第二基板；使該複數個可印刷放大器及該複數個可印刷相位控制裝置之至少一部分曝露於化學試劑以用於調節或處理該複數個可印刷放大

器及該複數個可印刷相位控制裝置之新曝露表面；及藉由微組裝將該複數個可印刷放大器及該複數個可印刷相位控制裝置之至少一部分轉印至該目的基板並使該等天線、該等放大器及該等相位控制裝置電互連，以藉此使用來自多個源晶圓之一高頻微尺度裝置陣列來形成一相位陣列天線系統。

在某些實施例中，將該複數個可印刷放大器及該複數個可印刷相位控制裝置之至少一部分轉印至一目的基板包括：使該複數個可印刷放大器之該部分與一轉印裝置接觸，其中該轉印裝置與該複數個可印刷放大器之該部分之間的接觸將該複數個可印刷放大器之該部分暫時黏結至該轉印裝置；使安置在該轉印裝置上的該複數個可印刷放大器之該部分與該目的基板之接納表面接觸；使該轉印裝置與該複數個可印刷放大器之該部分分離，藉此將該複數個可印刷放大器之該部分轉印至該目的基板上；使該複數個可印刷相位控制裝置之該部分與一轉印裝置接觸，其中該轉印裝置與該複數個可印刷相位控制裝置之該部分之間的接觸將該複數個可印刷相位控制裝置之該部分暫時黏結至該轉印裝置；使安置在該轉印裝置上的該複數個可印刷相位控制裝置之該部分與該目的基板之該接納表面接觸；及使該轉印裝置與該複數個可印刷相位控制裝置之該部分分離，藉此將該複數個可印刷相位控制裝置之該部分轉印至該目的基板上。

在某些實施例中，該複數個天線包括複數個塊狀天線。

在某些實施例中，該方法進一步包括：在同質基板中之每一者中形成錨定結構及拴繫結構，使得在使該等同質基板中之每一者與該蝕刻劑接觸之後藉由該等錨定結構或拴繫結構將經釋放或可釋放結構連接至其各別同質基板。

在某些實施例中，該方法進一步包括：由非磊晶材料形成錨定或拴繫結構，使得在使該基板與該蝕刻劑接觸之後藉由該等錨定結構

或拴繫結構將該等經釋放或可釋放結構連接至其各別同質基板。

在某些實施例中，該方法進一步包括：形成一或多個囊封結構以囊封該經釋放或可釋放結構之至少一部分。

在某些實施例中，該第一犧牲層構成該第一基板之一部分。在某些實施例中，該第二犧牲層構成該第二基板之一部分。在某些實施例中，化學蝕刻透過形成於該一或多個繫鏈中之進入點獲得至該犧牲層之接達。

在某些實施例中，該化學蝕刻透過該一或多個繫鏈中之外出點自之前由該犧牲層之至少一部分佔據之空間退出。

在某些實施例中，該等外出點與該等進入點相同。

在某些實施例中，該目的基板係選自由以下各項組成之群組之一部件：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。在某些實施例中，該目的基板針對可見光具有大於或等於50%、80%、90%或95%之一透明度。

在另一態樣中，本發明係針對一種裝置，其包括：一目的基板；及一多層結構，其在該目的基板上，其中該多層結構包括彼此上下堆疊之複數個印刷電容器，其中沿著該等電容器之至少一個邊緣在每一電容器之間存在一偏移。

在某些實施例中，該偏移處於一維中。在某些實施例中，該偏移處於二維中。在某些實施例中，該偏移使得每一電容器之一頂部表面之一部分被曝露。

在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有介於100 nF/mm²與400 nF/mm²之間的一電容。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自1 μm至10 μm、10 μm至30 μm、30 μm至50 μm或50 μm至100 μm之一厚度。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm至50 μm、50 μm至100 μm或100 μm至

200 μm 之一寬度。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm 至50 μm 、50 μm 至100 μm 或100 μm 至200 μm 之一長度。在某些實施例中，該複數個電容器係一相同形狀及大小。

在某些實施例中，該複數個印刷電容器以並聯或串聯中之至少一者之方式連接。

在某些實施例中，該目的基板係選自由以下各項組成之群組之一部件：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。

在某些實施例中，該目的基板針對可見光具有大於或等於50%、80%、90%或95%之一透明度。

在另一態樣中，本發明係針對一種可印刷電容器之晶圓，該晶圓包括：一源基板；一第一犧牲層，其在該源基板之一處理側上；一第一可印刷電容器組，其在該第一犧牲層上；一第二犧牲層，其在該第一可印刷電容器組上；及一第二可印刷電容器組，其在該第二犧牲層上。

在某些實施例中，該第二可印刷電容器組中之每一可印刷電容器安置於該第一可印刷電容器組中之一可印刷電容器上面。在某些實施例中，該第一可印刷電容器組及該第二可印刷電容器組中之每一者形成一電容器陣列。在某些實施例中，該第一可印刷電容器組及該第二可印刷電容器組中之每一者的密度係每平方毫米5至15個電容器。

在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自1 μm 至10 μm 、10 μm 至30 μm 、30 μm 至50 μm 或50 μm 至100 μm 之一厚度之一薄金屬絕緣體金屬結構。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm 至50 μm 、50 μm 至100 μm 或100 μm 至200 μm 之一寬度。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm 至50 μm 、50 μm 至100 μm 或100 μm 至200 μm 之一長度。

在某些實施例中，該第一犧牲層及該第二犧牲層中之每一者包括選自由以下各項組成之群組之至少一個部件：SiN、SiO₂及Si。

在某些實施例中，該基板係選自由以下各項組成之群組之一部件：玻璃、藍寶石、Al₂O_x、砷化鎵、氮化鎵、矽及鍺、碳化矽、塑膠、矽晶圓、絕緣體上矽晶圓、多晶矽晶圓、GaAs晶圓、基板上矽晶圓、鍺晶圓、多晶矽薄膜晶圓以及矽晶圓。

在某些實施例中，該複數個可印刷電容器中之每一電容器具有自100 nF/mm²至400 nF/mm²之一電容。在某些實施例中，該複數個可印刷電容器中之每一者具有一相同形狀及大小。

在另一態樣中，本發明係針對一種用於在一基板之一接納表面上組裝複數個電容器之方法，該方法包括：使該複數個電容器中之第一電容器與具有一接觸表面之一轉印裝置接觸，藉此將該電容器暫時黏結至該接觸表面使得該接觸表面上暫時安置有該電容器；使安置在該轉印裝置之該接觸表面上之該第一電容器與該基板之該接納表面接觸；使該轉印裝置之該接觸表面與該電容器分離，其中將該電容器轉印至該接納表面上，藉此將該電容器組裝在該基板之該接納表面上；使該複數個電容器中之第二電容器與該轉印裝置接觸，藉此將該第二電容器黏結至該接觸表面使得該接觸表面上安置有該第二電容器；使安置在該轉印裝置之該接觸表面上之該第二電容器與組裝在該基板之該接納表面上之該第一電容器之一表面接觸；及使該轉印裝置之該接觸表面與該第二電容器分離，其中將該第二電容器轉印至組裝在該基板之該接納表面上之該電容器上，藉此將該第二電容器組裝在組裝於該基板之該接納表面上之該電容器上。

在某些實施例中，該第二電容器自該第一電容器偏移。在某些實施例中，該偏移處於一維中。在某些實施例中，該偏移處於二維中。在某些實施例中，該偏移使得每一電容器之頂部表面之一部分被

曝露。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自100 nF/mm²至400 nF/mm²之一電容。在某些實施例中，該複數個電容器係一相同形狀及大小。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自1 μm至10 μm、10 μm至30 μm、30 μm至50 μm或50 μm至100 μm之一厚度之一薄金屬絕緣體金屬結構。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm至50 μm、50 μm至100 μm或100 μm至200 μm之一寬度。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm至50 μm、50 μm至100 μm或100 μm至200 μm之一長度。

在某些實施例中，該第一電容器及該第二電容器係經由薄膜晶圓級互連件電連接。

在某些實施例中，該第一電容器與該第二電容器係並聯連接。在某些實施例中，該第一電容器與該第二電容器係串聯連接。在某些實施例中，該第一電容器係經由薄膜晶圓級互連件電連接。在某些實施例中，安置在該轉印裝置上之該第一電容器以大於或等於25微米之一放置準確度與該接納表面之一區接觸。

在某些實施例中，將一黏合劑層提供在該接納表面上，其中該第一電容器在將該電容器轉印至該基板之該接納表面期間與該黏合劑層接觸。

在某些實施例中，該轉印裝置包括一可保形轉印裝置。在某些實施例中，該轉印裝置包括一彈性體印模。

在某些實施例中，使安置在該轉印裝置上之該第一電容器與該基板之該接納表面接觸係在小於400°C之一溫度下執行。

在某些實施例中，所揭示技術係關於提供使用藉助可印刷微尺度主動組件驅動之天線之相位陣列。在某些實施例中，所揭示技術包含個別射頻(RF)或微波組件之一相位陣列，每一元件包含一塊狀天

線、一印刷(例如，微轉印印刷)放大器及一印刷相位控制裝置。在某些實施例中，該等可印刷裝置具有自 $2\ \mu\text{m}$ 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(例如，二維或三維)。控制元件可取決於電路複雜性、整合技術及設計規則而具有一廣泛範圍之大小。舉例而言，控制元件可具有數十至數百微米之尺寸及 50 至 $50,000$ 平方微米或甚至更大之面積。該等控制元件可交錯在微組裝微尺度主動射頻組件陣列內或天線陣列內。

在某些實施例中，所揭示技術包含一種準備經釋放或可釋放異質積體式單體微波積體電路之方法。該方法可包含：在各別同質基板上形成一相異組兩個或兩個以上裝置(例如，該組包括兩個或兩個以上不同種類之裝置)(例如，在藉由添加及/或圖案化電介質及/或導電薄膜材料沈積在第一同質基板上之一磊晶材料中或藉助該磊晶材料；例如，SiGe、GaN、GaAs、InP、CMOS)(例如，在其同質基板上呈一區域密集組態，其中每一區域密集組態為一非同質目的基板上之一較大區域裝置供應組件)；在該等同質基板上將可釋放結構劃界，部分曝露同質基板；使該等同質基板中之每一者(例如，且其上包含有該等裝置)與一蝕刻劑(例如，經加熱之氫氧化四甲銨或氫氧化鉀，或氫氧化鈉或用於執行各向異性矽蝕刻之其他鹼性溶液)接觸，藉此移除該基板材料之一部分及在該等結構下方的一犧牲層中之至少一者及形成經釋放或可釋放(例如，經由繫鏈連接至該等基板)、能夠微組裝材料及/或裝置(例如，一裝置陣列)；視情況，將該等同質基板及該等經釋放或可釋放結構(例如，藉由錨定結構及/或拴繫結構連接至該板)中之每一者曝露至化學試劑以用於調節或處理該等釋放結構之新曝露表面(例如，藉由曝露於經加熱磷酸而賦予表面粗糙度)；及藉由微組裝將該相異組兩個或兩個以上裝置轉印至一非同質目的基板(例如，非同質於積體電路之某些或全部組件；例如，且包含氧化鋁陶瓷、氮

化鋁陶瓷、氮化矽陶瓷、藍寶石、玻璃、金剛石、類金剛石碳、矽、氧化鋁、玻璃樹脂複合物或銅中之一或多者)，藉此在支撐相異組之一不同非同質目的基板上由多個源晶圓產生一高頻相異積體電路陣列。該等積體電路可包含處理或控制高頻或射頻信號之積體電路。

該相異組兩個或兩個以上裝置可包含以下各項中之至少一者：至少部分地形成在砷化鎵或磷化銦基板上且經轉印至該非同質目的基板之異質接面雙極電晶體；基於至少部分地形成在其同質基板上且經轉印至該同質目的基板之 GaAs、InP 或 GaN 相關材料之高電子移動性電晶體；至少部分地形成在絕緣體上矽基板上且經轉印至其非同質目的基板之 SiGe 電晶體；及至少部分地形成在其同質基板(舉例而言，矽或絕緣體上矽晶圓)上且經轉印至該非同質目的基板之二極體、被動組件及信號處理積體電路。

在某些實施例中，所揭示技術包含一種準備經釋放或可釋放電晶體之方法。該方法可包含：在一釋放層上形成電晶體(例如，RF 電晶體、異質接面雙極電晶體及/或高電子移動性電晶體)，其中該釋放層具有允許將該釋放層化學移除從而將該可釋放裝置與一同質基板(例如，GaAs 或 InP)至少部分地分離之選擇性蝕刻特徵；在該同質基板上形成錨定結構及/或拴繫結構(例如，包括光可定義材料、光阻劑材料、環氧樹脂、聚醯亞胺、電介質、金屬及/或半導體；例如，或由將電晶體囊封免受釋放程序中所使用之化學品影響之光阻劑材料製成)，使得在使該同質基板與該蝕刻劑接觸之後藉由該等錨定結構及/或拴繫結構將該等經釋放或可釋放結構連接至該同質基板，藉此貫穿該釋放程序維持該等電晶體之該空間組態；在形成該等錨定、拴繫及/或囊封結構之後，藉由化學蝕刻將該釋放層移除，藉此將該等電晶體至少部分地釋放使得該等電晶體準備好用於由一轉印元件取回移除；使一轉印元件(例如，該轉印元件至少部分由一保形材料(舉例而

言，PDMS橡膠)製成，使得該轉印元件與該可釋放物件之形貌之至少一部分緊密接觸)接觸於該等電晶體且將該轉印元件黏附至至少部分地釋放之電晶體；在黏附至該至少部分地釋放之電晶體之後，使該轉印元件移動遠離該同質基板同時維持黏附至該釋放物件，藉此將該電晶體自其同質基板取回、移除、分離或拾取，其中該等錨定或拴繫結構在將該轉印元件自該同質基板取回或使其移動遠離該同質基板之程序中斷裂及/或失去與該同質基板及/或該釋放物件之連接；及使該等電晶體接觸該非同質基板及移除該轉印元件，藉此將該電晶體放置在該非同質基板上。

【圖式簡單說明】

藉由參考結合附圖作出之以下闡述，本發明的前述及其他目標、態樣、特徵及優點將變得更顯而易見及更好理解，附圖中：

圖1A係供在使用印刷主動組件之一相位陣列中使用之一個別元件之一示意性圖解說明；

圖1B係使用印刷主動組件之一相位陣列之一實例性16印刷元件陣列之一示意性圖解說明；

圖1C係使用印刷主動組件之一相位陣列之一實例性128印刷元件陣列之一示意性圖解說明；

圖2係一可轉印印刷異質接面雙極電晶體之一剖面圖；

圖3係具有錨、繫鏈及囊封之一可轉印印刷異質接面雙極電晶體之一剖面圖；

圖4係一可轉印印刷異質接面雙極電晶體之釋放及移除之一剖面圖；

圖5係一可轉印印刷異質接面雙極電晶體之放置及印刷之一剖面圖；

圖6係轉印印刷異質積體式單體微波積體電路之一示意圖；

圖7係包含同質源基板及一目的基板之轉印印刷異質積體式單體微波積體電路之一示意圖；

圖8係根據本發明之一實施例之一電容器堆疊之一剖面圖；

圖9係根據本發明之一實施例之具有二維偏移之一電容器堆疊之一透視圖；

圖10係根據本發明之一實施例之偏移印刷矽隔膜之一實例之一光學顯微照片；

圖11係根據本發明之一實施例之一偏移印刷矽隔膜之一替代實例之一光學顯微照片；

圖12係根據本發明之一實施例之一晶圓之一剖面圖；

圖13係根據本發明之一實施例之已被底切之裝置之一經圖案化及蝕刻晶圓之一剖面圖；

圖14係根據本發明之一實施例之一晶圓上之一裝置陣列之一透視圖；

圖15係根據本發明之一實施例之具有曝露電觸點之一電容器堆疊之一透視圖；及

圖16係根據本發明之一實施例之複數個堆疊晶圓之一剖面圖。

當結合圖式一起時，依據下文所陳述的詳細說明將更明瞭本發明的特徵及優點，其中在通篇中相似元件符號識別對應元件。在圖式中，相似元件符號通常指示相同、功能上類似及/或結構上類似的元件。

【實施方式】

如本文中所使用，表達「半導體元件」及「半導體結構」同義使用且廣泛係指一半導體材料、結構、裝置或一裝置之組件。半導體元件包含高品質單晶及多晶半導體、經由高溫處理製作之半導體材料、經摻雜半導體材料、有機及無機半導體以及具有一或多個額外半

導體組件及/或非半導體組件之複合半導體材料及結構，諸如介電層或材料及/或導電層或材料。半導體元件包含半導體裝置及裝置組件，包含但不限電晶體、包含太陽能電池之光伏打、二極體、發光二極體、雷射、p-n接面、光電二極體、積體電路及感測器。另外，半導體元件可係指形成一功能半導體裝置或產品之一零件或部分。

「半導體」係指在一極低溫度下為一絕緣體但在約300凱文之一溫度下具有一可觀導電導率之一材料之任何材料。一半導體之電特性可藉由添加雜質或摻雜劑而改質且藉由使用電場來控制。在本說明中，術語半導體之用法意欲與此術語在微電子及電子裝置領域中之用法相一致。在本發明中 useful 之半導體可包含諸如矽、鍺及金剛石等元素半導體及(舉例而言)以下各項之化合物半導體：IV族化合物半導體，諸如SiC及SiGe；III-V族半導體，諸如AlSb、AlAs、Aln、AlP、BN、GaSb、GaAs、GaN、GaP、InSb、InAs、InN及InP；III-V族三元半導體合金，諸如Al_xGa_{1-x}As；II-VI族半導體，諸如CsSe、CdS、CdTe、ZnO、ZnSe、ZnS及ZnTe；I-VII族半導體CuCl；IV-VI族半導體，諸如PbS、PbTe及SnS；層式半導體，諸如PbI₂、MoS₂及GaSe；氧化物半導體，例如CuO及Cu₂O。術語半導體包括本質半導體及非本質半導體，其摻雜有一種或多種選定材料，包含具有p型摻雜材料及n型摻雜材料之半導體，以提供適用於一給定應用或裝置之有益電子性質。術語「半導體」包含包括半導體及/或摻雜劑之一混合物之複合材料。在本發明之某些應用中 useful 之特定半導體材料包含但不限於：Si、Ge、SiC、AlP、AlAs、AlSb、GaN、GaP、GaAs、GaSb、InP、InAs、GaSb、InP、InAs、InSb、ZnO、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、HgS、PbS、PbSe、PbTe、AlGaAs、AlInAs、AlInP、GaAsP、GaInAs、GaInP、AlGaAsSb、AlGaInP及GaInAsP。多孔矽半導體材料對本發明在感測器及發光材

料(諸如發光二極體(LED)及固態雷射)領域中之應用有用。半導體材料之雜質係除半導體材料本身以外之原子、元素、離子及/或分子，或者提供於半導體材料中之任何摻雜劑。雜質係半導體材料中所存在之非所要材料，其可能會消極地影響半導體材料之電子性質，且包含但不限於氧、碳及金屬，包含重金屬。重金屬雜質包含但不限於：元素週期表上位於銅與鉛之間的元素族、鈣、鈉及其所有離子、化合物及/或錯合物。

「基板」係指其上或其中進行(或已進行)一程序(諸如半導體元件之圖案化、組裝或整合)之一結構或材料。基板包含但不限於：(i)其上製作、沈積、轉印或支撐半導體元件之一結構(亦稱作為一同質基板)；(ii)一裝置基板，舉例而言，一電子裝置基板；(iii)具有用於隨後轉印、組裝或整合之諸如半導體元件之元件之一施體基板；及(iv)用於接納諸如半導體元件之可印刷結構之一目標基板。一施體基板可係但未必係一同質基板。

如本文中所使用之「目的基板」係指用於接納諸如半導體元件之可印刷結構之目標基板(例如，非同質基板)。目的基板材料之實例包含聚合物、塑膠、樹脂、聚醯亞胺、蔡二甲酸乙二酯、聚對酞酸乙二酯、金屬、金屬箔、玻璃、撓性玻璃、一半導體及藍寶石。

如本文中所使用之術語「微型」及「微型裝置」係指根據本發明之實施例之特定裝置或結構之描述性大小。如本文中所使用，術語「微型」及「微型裝置」意欲係指以 $.5\ \mu\text{m}$ 至 $250\ \mu\text{m}$ (例如，自 $.5\ \mu\text{m}$ 至 $2\ \mu\text{m}$ 、 $2\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$ 、 $5\ \mu\text{m}$ 至 $10\ \mu\text{m}$ 、 $10\ \mu\text{m}$ 至 $20\ \mu\text{m}$ 、 $20\ \mu\text{m}$ 至 $50\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ 至 $100\ \mu\text{m}$ 或 $100\ \mu\text{m}$ 至 $250\ \mu\text{m}$)規模之結構或裝置。然而，將瞭解，本發明之實施例未必限制於此，且實施例之某些態樣可應用於較大或較小規模。

如本文中所使用，「微型LED」係指以 $.5\ \mu\text{m}$ 至 $250\ \mu\text{m}$ 尺度之一無

機發光二極體。舉例而言，微型LED可具有一寬度、長度及高度中之至少一者(或二維或全部三維)。微型LED在經致能時發射光。由一LED發射之光之色彩取決於微型LED之結構而變化。舉例而言，當經致能時，一紅色微型LED發射紅色光，一綠色微型LED發射綠色光，一藍色微型LED發射藍色光，一黃色微型LED發射黃色光且一青色微型LED發射青色光。

「可印刷」係指能夠轉印、組裝、圖案化、組織或整合至基板上或其中而不會將基板曝露於高溫(例如，在小於或等於約攝氏400、200或150度之溫度下)之材料、結構、裝置組件或整合式功能裝置。在本發明之一項實施例中，可印刷材料、元件、裝置組件或裝置能夠經由原液印刷、微轉印印刷或乾式轉印接觸印刷而轉印、組裝、圖案化、組織及/或整合至基板上或其中。

本發明之「可印刷半導體元件」包括可(舉例而言)藉由使用乾式轉印接觸印刷、微轉印印刷或原液印刷方法而組裝或整合至基板表面上之半導體結構。在一項實施例中，本發明之可印刷半導體元件可係單一單晶、多晶或微晶無機半導體結構。在此說明之內容脈絡中，一單一結構係具有經機械連接之特徵之一單體式元件。本發明之半導體元件可係未經摻雜或經摻雜，可具有一選定空間分佈之摻雜劑且可摻雜有複數個不同摻雜劑材料，包含p型及n型摻雜劑。本發明包含具有大於或等於約1微米之至少一個剖面尺寸之微結構可印刷半導體元件且具有小於或等於約1微米之至少一個剖面尺寸之奈米結構可印刷半導體元件。在諸多應用中可用之可印刷半導體元件包括自對高純度塊體材料(諸如使用習用高溫處理技術產生之高純度結晶半導體晶圓)之「由上而下」處理得來之元件。在一項實施例中，本發明之可印刷半導體元件包括複合結構，該等複合結構具有以可操作方式連接至至少一個額外裝置組件或結構(諸如一導電層、介電層、電極、額外半導

體結構或其任一組合)之一半導體。在一項實施例中，本發明之可印刷半導體元件包括可拉伸半導體元件或異質半導體元件。

術語「撓性」係指一材料、結構、裝置或裝置組件可逆地變形成一彎曲形狀(例如)而無需經歷引起顯著應變(諸如以一材料、結構、裝置或裝置組件之一故障點為特徵之應變)之一變換的能力。

「塑膠」係指可經模製或塑形(通常在加熱時)且經硬化成一所要形狀之任何合成或天然存在材料或材料組合。在本發明之裝置及方法中 useful 之例示性塑膠包含但不限於聚合物、樹脂及纖維素衍生物。在本說明中，術語塑膠意欲包含複合塑膠材料，該等複合塑膠材料包括一或多個塑膠及一或多個添加劑，諸如結構增強劑、填充劑、纖維、塑化劑、穩定劑或可提供所要化學或物理性質之添加劑。「電介質」及「介電材料」在本說明中同義使用且係指高度抵抗電流流動且可由一所施加電場偏極之一物質。有用介電材料包含但不限於 SiO₂、Ta₂O₅、TiO₂、ZrO₂、Y₂O₃、SiN₄、STO、BST、PLZT、PMN 及 PZ。

「聚合物」係指包括複數個重複化學基團(通常稱作為單體)之一分子。聚合物通常由高分子質量表徵。本發明中可使用之聚合物可係有機聚合物或無機聚合物且可係非晶系、半非晶系、結晶或部分結晶狀態聚合物可包括具有相同化學組合物之單體或可包括具有不同化學組合物之複數個單體，諸如一共聚物。具有鏈接式單體鏈之交聯聚合物對本發明之某些應用尤其有用。本發明之方法、裝置及裝置組件中可用之聚合物包含但不限於塑膠、彈性體、熱塑性彈性體、彈性塑膠、恆溫器、熱塑性塑膠及丙烯酸酯。例示性聚合物包含但不限於縮醛聚合物、可生物降解聚合物、纖維素聚合物、氟聚合物、耐綸、聚丙烯腈聚合物、聚醯胺-亞醯胺聚合物、醯亞胺、聚芳香酯、聚苯并咪唑、聚丁烯、聚碳酸酯、聚酯、聚醚醯亞胺、聚乙烯、聚乙烯共聚

物及經改質聚乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲基戊烯、聚伸苯醚及聚苯硫、聚鄰苯二甲醯胺、聚丙烯、聚氨酯、苯乙烯樹脂、礚基樹脂、乙烯基樹脂或此等之任何組合。

如本文中所使用之「微轉印印刷」係指用於將微型或奈米型材料、裝置及半導體元件確定性組裝成具有二維及三維佈局之經空間組織、功能配置的系統、方法及技術。通常難以拾取並放置超薄或小裝置，然而，微轉印印刷准許選擇並施加此等超薄、易損壞或小裝置(諸如微型LED)而不會對裝置自身造成損害。微結構印模(例如，彈性印模、靜電印模或混合彈性/靜電印模)可用於拾取微型裝置，將微型裝置輸送至一目的基板，及將微型裝置印刷至目的基板上。在某些實施例中，表面黏附力用於控制對此等裝置之選擇並將其印刷至目的基板上。此程序可大規模地並行執行。印模可經設計以在一單個拾取及印刷操作中轉印一單個裝置或數百至數千個離散結構。關於微轉印印刷之一論述通常參考美國專利第7,622,367號及第8,506,867號，該等美國專利中之每一者特此以全文引用的方式併入本文中。

相位陣列天線系統可使用轉印印刷主動組件構造。相位陣列天線系統得益於大數目個輻射元件(例如，較多之輻射元件可形成較尖、較窄之波束且提供較高增益)。隨著輻射元件之數目增加，系統之大小及組裝之成本增加。高通量微組裝(例如，藉由微轉印印刷)減少與大零件數量相關聯之成本。

微組裝優於在一半導體晶圓上形成多個輻射元件之單體式方法，此乃因微組裝使用較少半導體材料來提供陣列所需要之該等主動組件。相位陣列天線系統上之主動組件之密度較小(數個百分比或更少)。微組裝提供在一相位陣列天線系統中高效使用半導體材料之一方式，從而減少一原始同質源基板中之非作用半導體區域(例如，半導體材料上之不包含電晶體、二極體或其他主動組件之區域)之量。

微轉印方法闡述於美國專利第 8,722,458 號、第 7,622,367 號及第 8,506,867 號中，該等美國專利中之每一者特此以引用方式併入本文中。

在某些實施例中，將主動組件放置在天線相位陣列中之每一個別天線附近係有利的。在某些實施例中，藉由以下步驟減少每一主動組件之成本：使(舉例而言)一積體電路中之主動組件小型化，准許在一給定半導體晶圓上產生較大數目個組件。

主動組件可自同質基板釋放，促進至主動組件之薄膜互連並藉由實現基板重新使用而降低其成本。與包含線接合及凸塊接合之其他互連手段相比，至主動組件之薄膜互連因提供一減少寄生效應而在 RF 應用中有利。

使用轉印印刷微組裝主動組件之相位陣列天線系統可用於為自動駕駛車輛提供雷達，為無線無人運載工具提供電力傳輸，為無線相機提供電力傳輸，為微波爐提供加熱，為無線發光裝置提供電力傳輸，自手機及個人電腦至輔助行動裝置提供資料傳輸、電力傳輸，或提供至模組化資訊顯示元件(包含諸如電泳顯示器之雙穩定或多穩定顯示元件)之電力及資料傳輸。舉例而言，用於無人駕駛運載工具之控制系統得益於具有高增益波束形成能力之雷達。微組裝為在戰術航空精確度中 useful 之高增益相位陣列提供一經濟路線。轉印印刷相位陣列之優勢除其他外亦包含頂尖材料之單體整合及高效材料利用(SiGe、GaN、GaAs、InP、CMOS等)及放大器至天線之低感應互連。

圖 1A 係供在包含印刷主動組件之一相位天線陣列中使用之一個別元件 100 之一圖解說明。一個別元件 100 陣列可經微組裝至一基板上以形成一相位陣列天線系統。在某些實施例中，元件 100 包含一天線 102，諸如一塊狀天線。塊狀天線可安裝在一平坦表面上且具有一低輪廓。天線 102 連接至經微組裝(例如，微轉印印刷)至基板上之一放

大器104。一相位控制裝置106連接至放大器104使得可控制使用天線102之信號廣播之相位。相位控制裝置106可與放大器104交錯於一共同裝置(諸如一積體電路)中，或係單獨的，舉例而言，位於單獨積體電路中。

在某些實施例中，使用化合物微組裝技術形成個別元件。舉例而言，化合物微組裝允許含有小型裝置(例如，自1微米至100微米之寬度、長度及高度)之微型系統陣列形成在一中間基板上，舉例而言，藉由將個別元件自個別元件形成於其上之一或多個同質基板微轉印印刷至一或多個中間基板。然後可將中間基板上之微型系統微轉印印刷至目的基板以形成由各自位於其特有單獨中間基板上之數個微型系統形成之一大型系統。

圖1B係使用印刷主動組件之一相位陣列天線150之一實例性16印刷元件陣列之一圖解說明。圖1C係使用印刷主動組件之一相位陣列天線系統175之一實例性128印刷元件陣列之一圖解說明。相位陣列天線可包含交錯於微組裝射頻組件陣列內之一控制元件180陣列。控制元件可用於將一信號發送至天線。控制元件亦可用於將一控制信號發送至相位控制裝置106以控制或調整透過天線102發送之一信號之相位，從而實現電子波束操控。

圖2至圖5圖解說明適於微組裝、形成於化合物半導體材料上之可釋放射頻電晶體，諸如生長於一GaAs或InP基板上彼等可釋放射頻電晶體。在某些實施例中，如圖2中所圖解說明，電晶體形成在一釋放層204上，該釋放層具有允許化學移除釋放層204，使可釋放裝置212與其生長或同質基板202至少部分地分離之選擇性蝕刻特性。可釋放裝置212可包含形成在一集極208上之一射極210，集極208本身在某些實施例中形成在一子集極206上，該子集極形成在釋放層204上方。集極208可包含經摻雜半導體材料層，如子集極可包含一樣。子集極

可經摻雜以增加半導體之導電率。電晶體可係一射頻電晶體，諸如一異質接面雙極電晶體或高電子移動性電晶體。

圖3係具有錨、繫鏈及囊封之一可轉印印刷異質接面雙極電晶體之一圖解說明。在準備諸如一射頻電晶體之可釋放物件用於微組裝之程序中，可使用透過釋放程序維持物件之空間組態之結構。維持空間組態之結構(通常稱作為錨、繫鏈或其他穩定化結構)可包含光阻劑材料、環氧樹脂、聚醯亞胺、電介質、金屬及/或半導體。此等結構貫穿釋放程序維持至同質基板302或其他固定本體之接觸。圖3係展示形成(例如)由光阻劑製成之此等結構之一實例性圖解說明，該光阻劑亦將裝置之主動組件囊封免受釋放程序中所使用之化學品影響，藉此提供額外益處。光可定義材料有利於此種類之錨定、拴繫或囊封結構，提供形成之簡易性及在諸多情形中提供藉由溶解於濕化學品、有機溶劑或水性混合物中或藉由在氧及/或氟化合物中灰化之移除簡易性。在圖3中所示之實例中，兩個繫鏈320a及320b (統稱320)將裝置固定至基板302。每一繫鏈320a及320b分別連接至一錨(諸如，錨322a及322b (統稱322))。繫鏈320及錨322之化學選擇性使得其在移除(例如，藉助一蝕刻)釋放層304時不受影響(例如，或最小化受影響)。

圖4係一圖解說明一可轉印印刷異質接面雙極電晶體自一同質基板402之釋放及移除。在形成錨定、拴繫或囊封結構之後，釋放層(在圖3中為304)可經化學移除。化學反應物蝕刻釋放層，透過形成於錨定、拴繫及/或囊封結構中之進入點(未展示)獲得接達。蝕刻反應產物透過外出點(未展示)自在可釋放物件下方之空間退出，該等外出點在諸多但並非所有情形中與進入點相同。當將釋放層完全或部分移除時，認為可釋放物件至少部分地釋放且準備好由一轉印元件414取回。空間組態由繫鏈(例如，在圖3中為320)及錨(例如，在圖3中為322)維持。轉印元件414接觸並黏附至至少部分地釋放物件。轉印元

件414係保形的以與可釋放物件之形貌之至少一部分緊密接觸係有利的。舉例而言，轉印元件414可包含一保形材料，諸如PDMS。在黏附至至少部分地釋放物件，轉印元件414移動遠離同質基板402，維持至釋放物件之黏附，藉此將物件自其同質基板402取回、移除、分離或拾取。在移除程序中，錨定或拴繫結構斷裂或失去與同質基板402或釋放物件之連接。藉助特定斷裂性質、黏附性質或在錨定及拴繫結構中之幾何形狀及應力集中特徵之定義選擇之材料係有益於控制分離或斷裂點。在圖4中所示之實例中，兩個繫鏈420a及420b (統稱420)將裝置固定至基板402。每一繫鏈420a及420b分別連接至一錨(諸如，錨422a及422b (統稱422))。如圖4中所示，當一轉印元件414拾取裝置時，繫鏈420斷裂。

圖5係一可轉印印刷異質界面雙極電晶體之放置及印刷之一圖解說明。轉印元件514 (對應於圖4之元件414)藉由使裝置接觸非同質基板516並移除轉印元件514來將射頻裝置放置在一非同質基板516上。以下操作促進釋放裝置與轉印元件514之分離並轉印至非同質基板516：可動力切換黏附至轉印元件514、抵靠非同質基板516壓縮、裝置之平坦表面與非同質基板516之間的接觸、添加平坦或可保形黏附促進層518、曝露於電磁輻射、機械剪切、加熱、電漿活化、金屬化接合或釋放物件與轉印元件514之間的介面之軟化、流動或剝鍍。黏附促進層518可包含平坦化層，舉例而言，BCB、聚醯亞胺、聚苯并吡啶、熔劑、可保形介電材料或導電材料或旋塗式玻璃材料。黏附促進層518亦可具有促進至釋放物件之一表面之緊密接觸之機械性質，舉例而言，聚矽氧、環氧樹脂、聚醯亞胺、聚苯并吡啶、軟或液態金屬、熔劑或BCB。黏附促進層518亦可係光活性，舉例而言，藉由曝露於光而可交聯。在彼等實施例中，在轉印程序期間或之後使某些或全部黏附促進層518曝露於光係有利的以維持所轉印裝置之空間位置

及定向。

圖6係轉印印刷異質積體式單體積體電路602a至602g (諸如微波積體電路)之一圖解說明。由多個源晶圓微組裝一相異組裝置可在一不同基板(支撐相異組積體電路602a至602g之非同質基板600)上產生高頻積體電路。非同質基板600非同質於積體電路602a至602g之某些或所有組件。舉例而言，非同質基板600可係氧化鋁陶瓷、氮化鋁陶瓷、氮化矽陶瓷、藍寶石、玻璃、金剛石、類金剛石碳、矽、氧化鈹、玻璃樹脂複合材料、聚合物、塑膠、聚合物、金屬或銅。可針對熱性質、成本、射頻回應特性、大小、機械性質或其他所要屬性選擇非同質基板600。在某些實施例中，非同質基板600係撓性的。作為一實例，積體電路602a至602g可包含以下各項：至少部分地形成在砷化鎵或磷化銦基板上且經轉印至該非同質基板600之一異質接面雙極電晶體；基於至少部分地形成在其同質基板(例如，圖4中之402)上且經轉印至該非同質基板之GaAs、InP或GaN相關材料之高電子移動性電晶體；至少部分地形成在絕緣體上矽基板上且經轉印至其非同質目的基板之SiGe電晶體；及至少部分地形成在其同質基板(舉例而言，矽或絕緣體上矽晶圓)上且經轉印至該非同質目的基板之二極體、被動組件及信號處理積體電路。

一相異組裝置602a至602g在一單個非同質基板600上之此組態提供材料降低成本及效能優勢，此乃因此等種類之積體電路中之諸多者僅需要其區域之小分率填充有主動組件。形成主動組件之程序在一每區域基礎上可係高成本，且本文中所闡述之微組裝組可促進主動組件以一區域密集組態形成在其同質源基板上，其中每一區域密集組態為一非同質目的基板上之一更大區域裝置供應組件。微組裝提供益處，此乃因此等積體電路之組件中之諸多者可小型化至難以藉由習用組裝技術組裝，舉例而言，在一個橫向維度上小於0.1 mm，或在至少一個

橫向維度中小於0.05 mm或0.02 mm。微組裝裝置可使用薄膜互連而互連，藉此提供具有減少寄生效應之互連。

圖7係轉印印刷異質積體式單體微波積體電路之一圖解說明。圖7圖解說明適於將多個積體電路微組裝於非同質目的基板上之以一區域密集組態形成於多個同質基板上之一相異組件組。

雷達及其他電子系統通常利用電容器來供應及儲存能量。舉例而言，電容器(例如，具有高功率密度之電容器用於滿足脈衝雷達及雷射應用之高電流脈衝要求。所揭示技術可提供可使用微組裝技術併入至微尺度系統(諸如，雷達系統及其他電子系統)中之電容器及電容器堆疊。

圖8係根據本發明之一實施例之一基板806上之一電容器堆疊804之一圖式。將薄電容器組裝於一偏移堆疊中使表面區域曝露且使得電容器可連接至一電路。電容器堆疊804包含電容器804a、804b、804c、804d。電容器804a至804d中之每一者係一薄金屬-絕緣體-金屬結構。電容器804a至804d中之每一者係經微轉印印刷至其各別目的。在圖8中所示之實例中，電容器804c以一偏移堆疊在電容器804d頂部上，該偏移使在電容器804d之表面上曝露一區域。804d之所曝露表面區域包含與互連件802d接合之一電觸點。剩餘電容器804a及804b以類似方式以一偏移堆疊，使得互連件802a、802b及802c分別與電容器804a、804b及804c之經曝露表面區域上之電觸點接合。電容器804中之每一者使用互連件802a、802b、802c及802d(統稱為互連件802)連接至矽基板806以便組裝一電路。該等電容器可互連成一並聯或串聯電路。因此，具有各種電容之電容器可使用一堆疊中之適當數目個電容器、一堆疊中之每一電容器之適當實體大小及適當佈線方案提供。舉例而言，當電容器804中之每一者具有 250 nF/mm^2 之一電容且電容器804a互連於一並聯電路中時，完全堆疊電容器之電容係 $1\mu\text{F/mm}^2$ 。

在某些實施例中，偏移可係沿著一維，如圖8中所示。舉例而言，當薄電容器彼此上下堆疊以使得每一電容器之寬度及長度平行時，電容器僅沿著電容器之長度偏移，或僅沿著電容器之寬度偏移。在某些實施例中，偏移可係沿著二維，舉例而言，沿著寬度維度及長度維度兩者，舉例而言，如圖9中所示。圖9係根據本發明之一實施例之藉助偏移印刷之一電容器堆疊之一圖解說明。電容器堆疊900展示使用微轉印印刷堆疊成一偏移配置之電容器804。電容器804係垂直堆疊且沿著兩個剩餘軸偏移。舉例而言，當薄電容器彼此上下堆疊以使得每一電容器之寬度及長度平行時，電容器沿著電容器之長度偏移且沿著電容器之寬度偏移。在圖8或圖9中之實施例中之任一項中，偏移曝露每一電容器之頂部表面之一部分(例如，未由堆疊於其上之一電容器覆蓋)且所曝露部分可用於接觸端子及佈線。

在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自100 nF/mm²及400 nF/mm²之一每單位面積電容。在其他實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自1 μm至10 μm、10 μm至30 μm、30 μm至50 μm或50 μm至100 μm之一厚度。在進一步實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm至50 μm、50 μm至100 μm或100 μm至200 μm之一寬度。在某些實施例中，該複數個電容器中之每一電容器具有自10 μm至50 μm、50 μm至100 μm或100 μm至200 μm之一長度。

圖10係根據本發明之一實施例之一矽隔膜之偏移印刷之一實例之一光學顯微照片(在此情形中為一電容器堆疊1000之一光學顯微照片)。在此實施例中，不僅堆疊之每一層中之電容器沿長度及寬度維度兩者曝露，而且電容器各自繞垂直於電容器之長度及寬度方向之一垂直軸旋轉一不同量。

圖11係矽隔膜之偏移印刷之一替代實例之一光學顯微照片。隔膜

堆疊1100係根據本發明之一實施例之另一電容器堆疊配置。此等配置可用於使用微轉印印刷電容器堆來形成具有變化電容之電容器。

圖12及圖13圖解說明使用一源基板1210形成電容器之程序。程序以一基板1210 (諸如一矽(111)基板)開始。將一底部電極1206沈積並圖案化至矽晶圓基板1210上。在某些實施例中，基板係砷化鎵、氮化鎵、矽、鍺或一介電材料。在沈積並圖案化底部電極1206之後，沈積一電介質1204 (例如，聚乙烯、BCB、聚碳酸酯、聚酯樹脂(Mylar)、 SiO_2 、聚醯亞胺、環氧樹脂、FR4、 SiO 、 Si_3N_4 、 AlN 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 BaTiO_3 、 NbO_x 、 Ta_2O_5 、 SiC 、 HfO 、 WO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 BaTiO_3 、 BaSrTiO_3 、 $\text{PbZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$ 、 $\text{Ba}_{0.8}\text{Pb}_{0.2}(\text{Zr}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$)，並使其退火並加以圖案化。在已沈積電介質1204，使其退火並加以圖案化之後，沈積一頂部電極1202並加以圖案化以形成一電容器結構1208。在某些實施例中，電容器結構1208係尚未部分釋放(例如，藉由蝕刻一犧牲層)之一電容器。在其他實施例，舉例而言，使用一圖案化與蝕刻程序將電容器結構1208劃界成複數個電容器。

在已如圖12中所示沈積並準備用以形成電容器1208之適當材料之後，在某些實施例中，在基板1210上劃界複數個電容器。此劃界可使用一圖案及蝕刻材料來完成。在某些實施例中，材料經沈積使得不需要劃界步驟。如圖13中所示，基板1210經蝕刻以底切一電容器結構1308 (例如，藉由蝕刻，諸如一KOH蝕刻)以至少部分地使一薄矽隔膜1304與基板1210分離，使薄膜電容器1302僅附接至薄矽隔膜1304。可印刷電容器結構1308包含附接至薄矽隔膜1304之薄膜電容器1302且藉由一繫鏈(未展示)保持部分附接至基板1210以將單元固持在適當位置中。繫鏈隨後在微轉印印刷程序期間斷開使得可將電容器結構1308轉印至一目的基板。

圖14係藉由繫鏈1404a固定至一基板1210之可印刷電容器1302

(例如看到，電容器1302藉由繫鏈1404a及1404b (統稱繫鏈1404)固定)之一陣列之一圖解說明。個別電容器可藉由轉印裝置(例如，一彈性體印模)轉印至一目的基板。在某些實施例中，目的基板(例如，基板1210)非同質於電容器。在某些實施例中，電容器經堆疊以形成一經偏移堆疊之電容器，如上文圖8及圖9中所示。微轉印印刷裝置附接至可微轉印印刷電容器1402，因此使繫鏈1404a斷開且在矽基板1210上之電容器陣列中留下一空閒空間。在隨後微轉印印刷步驟中，微轉印印刷裝置經組態以將一第二電容器自陣列之一不同位置移除。複數個可印刷電容器中之每一者包括塗佈有一接合層之一頂部表面，該接合層促進將可印刷電容器接合至一微轉印印刷裝置(例如，可保形轉印裝置、彈性體印模)之一接觸表面。在某些實施例中，電容器之密度係每平方毫米5至15個電容器。

陣列1400由微轉印印刷程序用於將電容器轉印至一基板(例如，玻璃、塑膠或藍寶石)之一接納表面。微轉印印刷裝置使第一電容器與具有一接觸表面接觸之一轉印裝置(例如，一可保形轉印裝置)，藉此將電容器暫時黏結至接觸表面使得接觸表面上暫時安置有電容器。轉印裝置行進至非同質目的基板，且藉由使可保形轉印裝置之接觸表面與電容器分離，將電容器組裝於非同質目的基板之接納表面上。在某些實施例中，接納表面包括藉由電容器接觸之一黏合劑層。在某些實施例中，在小於400°C之一溫度下執行接觸。接下來，轉印裝置接觸陣列1400之一第二電容器，黏結電容器，然後行進至非同質目的基板以及使該轉印裝置之該接觸表面與電容器分離，將第二電容器以一偏移組裝在第一電容器之表面頂部上。兩個電容器然後藉由薄膜晶圓級互連件並聯或串聯電連接。在某些實施例中，複數個電容器經堆疊。在某些實施例中，電容器包括塗佈有一釋放層之一頂部表面，該釋放層促進將電容器接合至可保形轉印裝置(諸如一光阻劑)之接觸表

面。以大於或等於25微米之放置準確度組裝電容器。

圖15係根據本發明之一實施例之具有經曝露電觸點之一電容器堆疊之一圖式。個別經偏移堆疊之電容器804a、804b、804c及804d分別包含第一電觸點1502a、1502b、1502c及1502d。個別經偏移堆疊之電容器804a、804b、804c及804d分別亦包含第二電觸點1504a、1504b、1504c及1504d。隨著組裝偏移堆疊，微轉印印刷程序經組態以出於經堆疊電容器804之目的使互連電觸點曝露。

圖16係根據本發明之一實施例之一堆疊晶圓之一剖面圖。一堆疊晶圓係一晶圓上之一晶圓多層電容器堆疊。複數個電容器結構1208a至1208c (統稱為1208)形成在彼此上。一第一電容器結構1208c形成在一第一基板1210c上，一第二電容器結構1208b形成在一第二基板1210b上，且一第三電容器結構1208a形成在一第三基板1210a上。在某些實施例中，額外電容器結構及基板視需要形成在其上。在某些實施方案中，每一電容器結構藉由一緩衝層(諸如，緩衝層1606a、1606b及1606c (統稱為1606))與上面之基板分開。在某些實施方案中，緩衝層1606係犧牲層。在某些實施例中，如上文所闡釋，一電容器結構經劃界以形成數個電容器。此後，電容器視需要經微組裝。一旦形成每一電容器，即將頂部電容器結構1208a移除，且然後將任何剩餘基板1210a材料及緩衝層1606a移除。形成、印刷及移除基板及緩衝層之程序可繼續用於儘可能多之結構。

雷達系統及其他電子裝置亦得益於低成本中介層技術。中介層用作進階晶片與下伏印刷電路板之間的一中間層。在某些實施例中，功能性經整合至中介層中。舉例而言，電力分佈可經整合至中介層中使得電力在系統周圍高效且智慧地分佈。在另一實例中，電容器、電阻器、電感器及二極體可經整合至中介層中。中介層本身可係由諸多材料(諸如，玻璃、塑膠及藍寶石)形成。諸如玻璃之材料由於成本及

面板級處理可能性而係有益的。然而，與矽相比，念一將主動組件整合至玻璃中介層中。所揭示技術，在某些實施例中，利用微組裝技術(例如，微轉印印刷)及玻璃中介層與矽中介層兩者以產生「作用中」中介層。舉例而言，微轉印印刷可用於將小型二極體或電晶體整合至玻璃或矽中介層上。印刷元件之微尺度性質允許使用標準金屬化程序互連該等元件(整合而無需任何額外處理步驟)。

已闡述所揭示技術之特定實施例，熟習此項技術者現在將明瞭，可使用併入有該等概念之其他實施例。因此，認為此等實施例不應限於所揭示實施例，而是應僅受所附申請專利範圍之精神及範疇限制。

貫穿其中將設備及系統闡述為具有、包含或包括特定組件或將程序及方法闡述為具有、包含或包括特定步驟之闡述，另外預期存在基本上由所敘述之組件組成或由所敘述之組件組成之所揭示技術之設備及系統，且存在基本上由所敘述之處理步驟組成或由所敘述之處理步驟組成之根據所揭示技術之程序及方法。

應理解，只要所揭示技術保持可操作，步驟之次序或執行某些動作之次序並不重要。此外，可同時實行兩個或兩個以上步驟或動作。

【符號說明】

100	元件
102	天線
104	放大器
106	相位控制裝置
150	相位陣列天線
175	相位陣列天線系統
180	控制元件

202	生長或同質基板
204	釋放層
206	子集極
208	集極
210	射極
212	可釋放裝置
302	同質基板/基板
304	釋放層
320a	繫鏈
320b	繫鏈
322a	錨
322b	錨
402	同質基板/基板
414	轉印元件/元件
420a	繫鏈
420b	繫鏈
422a	錨
422b	錨
514	轉印元件
516	非同質基板
518	黏附促進層
600	非同質基板
602a	轉印印刷異質積體式單體積體電路/積體電路/裝置
602b	轉印印刷異質積體式單體積體電路/積體電路/裝置
602c	轉印印刷異質積體式單體積體電路/積體電路/裝置
602d	轉印印刷異質積體式單體積體電路/積體電路/裝置

602e	轉印印刷異質積體式單體積體電路/積體電路/裝置
602f	轉印印刷異質積體式單體積體電路/積體電路/裝置
602g	轉印印刷異質積體式單體積體電路/積體電路/裝置
802a	互連件
802b	互連件
802c	互連件
802d	互連件
804	電容器
804a	電容器
804b	電容器
804c	電容器
804d	電容器
806	基板/矽基板
900	電容器堆疊
1000	電容器堆疊
1100	隔膜堆疊
1202	頂部電極
1204	電介質
1206	底部電極
1208	電容器結構
1208a	電容器結構/第三電容器結構/頂部電容器結構
1208b	電容器結構/第二電容器結構
1208c	電容器結構/第一電容器結構
1210	源基板/基板/矽晶圓基板/矽基板
1210a	第三基板/基板
1210b	第二基板

1210c	第一基板
1302	薄膜電容器/可印刷電容器/電容器
1304	薄矽隔膜
1308	電容器結構/可印刷電容器結構
1400	陣列
1404a	繫鏈
1404b	繫鏈
1502a	第一電觸點
1502b	第一電觸點
1502c	第一電觸點
1502d	第一電觸點
1504a	第二電觸點
1504b	第二電觸點
1504c	第二電觸點
1504d	第二電觸點
1606a	緩衝層
1606b	緩衝層
1606c	緩衝層



I652796

發明摘要

※ 申請案號：104119927

※ 申請日：104年6月18日

※IPC 分類：H01L 27/02 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

H01L 29/92 (2006.01)

【發明名稱】

多層印刷電容器

MULTILAYER PRINTED CAPACITORS

【中文】

相位陣列天線系統可使用轉印印刷主動組件構造。相位陣列天線系統得益於大數目個輻射元件(例如，較多輻射元件可形成較尖、較窄波束(較高增益))。隨著輻射元件之數目增加，零件之大小及組裝之成本增加。高通量微組裝(例如，藉由微轉印印刷)減少與高零件數量相關聯之成本。微組裝優於在一半導體晶圓上形成多個輻射元件之單體式方法，此乃因微組裝使用較少半導體材料來提供陣列所需要之該等主動組件。該相位陣列天線系統上之主動組件之密度較小。微組裝提供在一相位陣列上高效使用半導體材料之一方式，從而減少非作用半導體區域(例如，該半導體材料上之不包含電晶體、二極體或其他主動組件之區域)之量。

【英文】

Phased-array antenna systems can be constructed using transfer printed active components. Phased-array antenna systems benefit from a large number of radiating elements (e.g., more radiating elements can form sharper, narrower beams (higher gain)). As the number of radiating elements increases, the size of the part and the cost of assembly increases. High throughput micro assembly (e.g. by micro-transfer printing) mitigates costs associated with high part-count. Micro assembly is advantaged over monolithic approaches that form multiple radiating elements on a semiconductor wafer because micro assembly uses less semiconductor material to provide the active components that are necessary for the array. The density of active components on the phased-array antenna system is small. Micro assembly provides a way to efficiently use semiconductor material on a phased array, reducing the amount of non-active semiconductor area (e.g., the area on the semiconductor material that does not include transistors, diodes, or other active components).

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100 元件
- 102 天線
- 104 放大器
- 106 相位控制裝置

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種印刷電容器裝置，其包括：
一目的基板；及
一多層結構，其安置在該目的基板上，其中該多層結構包括彼此上下堆疊之複數個印刷電容器，其中沿著該等電容器之至少一個邊緣在每一電容器之間存在一偏移。
2. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該偏移處於一維中。
3. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該偏移處於二維中。
4. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該偏移使得每一電容器之一頂部表面之一部分被曝露。
5. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個電容器中之每一電容器具有介於 100 nF/mm^2 與 400 nF/mm^2 之間的一電容。
6. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個電容器中之每一電容器具有自 $1 \text{ }\mu\text{m}$ 至 $10 \text{ }\mu\text{m}$ 、 $10 \text{ }\mu\text{m}$ 至 $30 \text{ }\mu\text{m}$ 、 $30 \text{ }\mu\text{m}$ 至 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 、 $50 \text{ }\mu\text{m}$ 至 $100 \text{ }\mu\text{m}$ 或 $100 \text{ }\mu\text{m}$ 至 $200 \text{ }\mu\text{m}$ 之一厚度、寬度及長度中之至少一者。
7. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個電容器中之每一者係一相同形狀及大小。
8. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器以並聯或串聯中之至少一者連接。
9. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該目的基板係選自由以下各項組成之群組之一部件：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。
10. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該目的基板針對可見光具有大於或等於50%之一透明度。

11. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器中之每一印刷電容器具有一薄金屬絕緣體金屬結構。
12. 如請求項11之印刷電容器裝置，其中該薄金屬絕緣體金屬結構具有自1 μm 至10 μm 、10 μm 至30 μm 、30 μm 至50 μm 或50 μm 至100 μm 之一厚度。
13. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器包括一第一印刷電容器及一第二印刷電容器且該第一印刷電容器及該第二印刷電容器係經由薄膜晶圓級互連件電連接。
14. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器包括一第一印刷電容器及一第二印刷電容器且該第一印刷電容器及該第二印刷電容器係並聯連接。
15. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器包括一第一印刷電容器及一第二印刷電容器且該第一印刷電容器及該第二印刷電容器係串聯連接。
16. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器包括一第一印刷電容器且該第一印刷電容器係經由薄膜晶圓級互連件電連接。
17. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器包括一第一印刷電容器，一黏合劑層安置在該目的基板上，且該第一印刷電容器與該黏合劑層接觸。
18. 如請求項1之印刷電容器裝置，其中該複數個印刷電容器中之一或多個印刷電容器包括一斷開繫鏈(broken tether)。
19. 一種可印刷電容器之晶圓，該晶圓包括：
 - 一源基板；
 - 一第一犧牲層，其安置在該源基板之一處理側上；
 - 一第一可印刷電容器組，其安置在該第一犧牲層上；

- 一 第二犧牲層，其安置在該第一可印刷電容器組上；及
- 一 第二可印刷電容器組，其安置在該第二犧牲層上。