

### 三、發明人：(共 8 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 克萊恩司 裘伊  
CHUI, CLARENCE
2. 威廉 卡密司  
CUMMINGS, WILLIAM
3. 布萊恩 J 蓋利  
GALLY, BRIAN J.
4. 萊歐 寇古特  
KOGUT, LIOR
5. 湯民豪  
TUNG, MING-HAU
6. 童葉俊  
TUNG, YEH-JIUN
7. 姜志偉  
CHIANG, CHIH-WEI
8. 丹尼斯 安迪許  
ENDISCH, DENIS

國 籍：(中文/英文)

1. 美國           U.S.A.
2. 美國           U.S.A.
3. 美國           U.S.A.
4. 以色列        ISRAEL
5. 美國           U.S.A.
6. 美國           U.S.A.
7. 中華民國     TAIWAN
8. 德國           GERMANY

#### 四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2007年07月02日；11/772,777

2. 歐洲專利機構；2008年03月28日；08075221.5

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 九、發明說明：

本申請案為2005年4月22日申請之美國專利申請案第11/112,734號之部份接續申請案，其主張2004年9月27日申請之美國臨時申請案第60/613,486號及2004年9月27日申請之美國臨時申請案第60/613,499號之權利，該等申請案之全文被以引用的方式併入本文中。

### 【先前技術】

微機電系統(MEMS)包括微機械元件、致動器及電子器件。微機械元件的產生可使用沈積、蝕刻，及/或蝕刻掉基板及/或沈積材料層之部分或者添加層以形成電氣及機電裝置的其他微機械加工製程。一種類型之MEMS裝置被稱為干涉調變器。如在本文中所使用，術語干涉調變器或干涉光調變器指使用光干涉之原理選擇性地吸收及/或反射光的裝置。在某些實施例中，干涉調變器可包含一對導電板，該對導電板中之一者或兩者可為整體或部分透明及/或反射性的，且能夠在施加適當電信號時相對運動。在一特定實施例中，一板可包含一沈積於基板上之固定層，另一板可包含一與該固定層分離一空氣間隙之金屬膜。如本文中較詳細地描述，一板相對於另一板之位置可改變入射於干涉調變器上的光之光干涉。此等裝置具有廣泛之應用，且利用及/或修改此等類型之裝置的特性以使得其特徵可用在改良現有產品及創造尚未開發之新產品過程中，將對此項技術大有裨益。

### 【發明內容】

本發明之系統、方法及裝置每一者具有若干態樣，該等態樣之任何單一者均不單獨負責其理想屬性。在不限制本發明之範疇的情況下，現將簡潔地論述其較突出的特徵。在考慮了此論述後，且尤其在閱讀了題為"實施方式"之章節後，將理解本發明之特徵提供比其他顯示裝置之優勢的方式。

在某些實施例中，一種微機電(MEMS)裝置包含一基板、一在該基板上之可移動元件及一在該可移動元件上之致動電極。該可移動元件包含一可變形層及一反射元件。該可變形層與該反射元件相間隔開。

在某些實施例中，一種微機電(MEMS)裝置包含用於移動該裝置之一部分之構件、用於支撐移動構件之構件及用於致動該移動構件之構件。該致動構件處於該移動構件上。該移動構件包含用於變形之構件及用於反射之構件。該變形構件與該反射構件相間隔開。

在某些實施例中，一種製造一微機電(MEMS)裝置之方法包含：在一基板上形成一第一犧牲層、在該第一犧牲層上形成一反射元件、在該反射元件上形成一第二犧牲層、在該第二犧牲層上形成一可變形層、在該可變形層上形成一第三犧牲層、在該第三犧牲層上形成一致動電極，及移除該第一、該第二及該第三犧牲層。該可變形層機械耦接至該反射元件。

在某些實施例中，一種調變光之方法包含提供一包含一基板、一在該基板上之可移動元件及一致動電極之顯示元

件。該可移動元件包含一可變形層及一反射元件。該可變形層與該反射元件相間隔開。該致動電極處於該可移動元件上。該方法進一步包含將一電壓施加至該致動電極。該電壓在該可移動元件上產生一吸引力，藉此使該可移動元件遠離該基板移動。

### 【實施方式】

以下實施方式係針對本發明之某些具體實施例。然而，可以大量不同方式來實施本發明。在此描述中參看了圖式，其中通篇以同樣的數字表示同樣的部分。如將自以下描述顯而易見，可在經組態以顯示影像(無論是運動影像(例如視訊)還是固定影像(例如靜態影像)，且無論是文字影像還是圖片影像)之任何裝置中實施該等實施例。更特定言之，預料到，該等實施例可實施於各種各樣的電子裝置中或與其相關聯而實施，該等電子裝置諸如(但不限於)：行動電話、無線裝置、個人數位助理(PDA)、手持式或攜帶型電腦、GPS接收器/導航器、相機、MP3播放器、攜帶型攝像機、遊戲控制台、手錶、鐘錶、計算器、電視監視器、平板顯示器、電腦監視器、自動顯示器(例如里程計顯示器等)、駕駛艙控制器及/或顯示器、相機視野之顯示器(例如車輛中的後視相機之顯示器)、電子照片、電子廣告牌或標記、投影儀、建築結構、封裝及美學結構(例如，一件珠寶上的影像顯示器)。與本文中所描述之MEMS裝置結構類似的MEMS裝置亦可用於非顯示器應用中，諸如電子開關裝置。此外，本文中之所有圖已經繪製

來描繪某些元件之間的關係，且因此為高度圖解性的且不應被考慮為按比例。

在某些實施例中，提供一安置於可移動元件之反射元件及可變形層上之致動電極。該致動電極不處於光徑中，此允許其包含一非透明導體且較厚，藉此改良電力消耗。在一些實施例中，可變形層而非反射表面接觸MEMS裝置之固定部分，其又減小了靜摩擦、彈簧常數、靜電力及電容器面積，因此致能快速且低電力操作。在一些實施例中，表面粗加工及其他抗靜摩擦特徵可形成於致動電極與可變形層之間，而並不影響光學效能，因為該等特徵不處於光徑中。在一些實施例中，在致動後，反射表面並不接觸任何事物，此允許其大體上平滑且平坦，而無靜摩擦危險。在一些實施例中，將一第二致動電極提供於可移動元件下或可變形層與反射表面之間，使得反射表面在至少三個狀態下穩定。

包含一干涉MEMS顯示元件之一干涉調變器顯示器實施例說明於圖1中。在此等裝置中，該等像素處於亮或暗狀態。在亮("接通"或"打開")狀態下，顯示元件將大部分入射之可見光反射給使用者。當在暗("斷開"或"關閉")狀態下，顯示元件將極少的入射之可見光反射給使用者。視實施例而定，可顛倒"接通"與"斷開"狀態之光反射性質。MEMS像素可經組態以主要在選定色彩下反射，除了黑及白之外，其還允許彩色顯示。

圖1為描繪一視覺顯示器之一系列像素中之兩個鄰近像

素的等角視圖，其中每一像素包含一MEMS干涉調變器。在一些實施例中，一干涉調變器顯示器包含此等干涉調變器之一列/行陣列。每一干涉調變器包括一對反射層，其經按一彼此間之可變且可控制距離定位，以形成一具有至少一可變尺寸之共振光學空腔。在一實施例中，可將該等反射層中之一者在兩個位置之間移動。在第一位置(本文中稱作鬆弛位置)中，可移動反射層經定位於距一固定之部分反射層相對較遠距離處。在第二位置(本文中稱作致動位置)中，可移動反射層經較緊緊鄰近該部分反射層定位。視可移動反射層之位置而定，自兩個層反射之入射光相長或相消地干涉，其對於每一像素產生一全反射或非反射狀態。

圖1中之像素陣列之所描繪部分包括兩個鄰近干涉調變器12a及12b。在左邊之干涉調變器12a中，可移動反射層14a經說明為處於距光學堆疊16a一預定距離之鬆弛位置處，該光學堆疊16a包括一部分反射層。在右邊之干涉調變器12b中，可移動反射層14b經說明為處於鄰近光學堆疊16b之致動位置處。

如本文中所提及之光學堆疊16a及16b(總稱為光學堆疊16)通常包含若干熔合層，該等熔合層可包括一諸如氧化銦錫(ITO)之電極層、一諸如鉻之部分反射層及一透明介電質。光學堆疊16因此為導電、部分透明且部分反射性的，且可(例如)藉由在透明基板20上沈積以上層中之一或多者來加以製造。部分反射層可形成自部分反射性的各種

各樣的材料，諸如，各種金屬、半導體及介電質。部分反射層可由一或多個材料層形成，且該等層中之每一者可由單一材料或材料組合形成。

在一些實施例中，光學堆疊16之諸層經圖案化為平行條帶，並可形成顯示裝置中之列電極(如下進一步描述)。可變形層14a、14b可形成為沈積於柱18及沈積於柱18之間的介入犧牲材料之頂部上的一或多個經沈積之金屬層之一系列平行條帶(與16a、16b之列電極正交)。當該犧牲材料經蝕刻掉時，將可移動反射層14a、14b與光學堆疊16a、16b分離一界定之空氣間隙19。諸如鋁之高導電性且反射性材料可用於反射層14，且此等條帶可形成顯示裝置中之行電極。

如在圖1中藉由像素12a說明，在無施加之電壓之情況下，間隙19保持處於可移動反射層14a與光學堆疊16a之間，其中可移動反射層14a處於機械鬆弛狀態下。然而，當將一電位差施加至選擇之列及行時，在對應的像素處之列電極與行電極之相交處形成之電容器變得帶電，且靜電力將電極拉動在一起。若電壓足夠高，則可移動反射層14變形且經受力而與光學堆疊16相抵。光學堆疊16內之一介電層(此圖中未說明)可防止短路且控制層14與16之間的分離距離，如由在圖1中右邊之像素12b說明。與施加的電位差之極性無關，性能為相同的。以此方式，可控制反射對非反射像素狀態之列/行致動在許多方面相似於在習知LCD及其他顯示器技術中使用之致動。

圖2至圖5說明用於在顯示器應用中使用一千涉調變器陣列之一例示性過程及系統。

圖2為說明可併有本發明之態樣的一電子裝置之一實施例的系統方塊圖。在該例示性實施例中，該電子裝置包括一處理器21，其可為任何通用單晶片或多晶片微處理器，諸如ARM、Pentium<sup>®</sup>、Pentium II<sup>®</sup>、Pentium III<sup>®</sup>、Pentium IV<sup>®</sup>、Pentium<sup>®</sup> Pro、8051、MIPS<sup>®</sup>、Power PC<sup>®</sup>、ALPHA<sup>®</sup>；或任何特殊用途微處理器，諸如數位信號處理器、微控器或可程式化閘陣列。如此項技術所習知，處理器21可經組態以執行一或多個軟體模組。除執行作業系統外，處理器可經組態以執行一或多個軟體應用程式，包括網頁瀏覽器、電話應用程式、電子郵件程式或任何其他軟體應用程式。

在一實施例中，處理器21亦經組態以與一陣列驅動器22通信。在一實施例中，陣列驅動器22包括將信號提供至一顯示陣列或面板30之一列驅動器電路24及一行驅動器電路26。圖1中說明的陣列之橫截面由圖2中之線1-1展示。對於MEMS干涉調變器，列/行致動協定可利用圖3中說明的此等裝置之滯後性質。舉例而言，可能需要10伏特電位差來使可移動層自鬆弛狀態變形至致動狀態。然而，當電壓自彼值減小時，隨著電壓跌回10伏特以下，該可移動層維持其狀態。在圖3之例示性實施例中，可移動層直到電壓降至2伏特以下時才會完全鬆弛。因此，存在一施加電壓範圍(在圖3中所說明之實例中，施加電壓約為3 V至7 V)，

在該窗內，裝置穩定地處於鬆弛或致動狀態下。本文將其稱為"滯後窗"或"穩定窗"。對於一具有圖3之滯後特性的顯示陣列而言，可對列/行致動協定設計以使得在列選通期間，所選通之列中之待致動之像素被曝露至約10伏特之電壓差，且待鬆弛之像素被曝露至接近零伏特之電壓差。在選通後，使像素曝露至約5伏特之穩定狀態電壓差，使得其處於列選通使其所處於之任何狀態下。在此實例中，在被寫入後，每一像素處於在3 V至7 V之"穩定窗"內之電位差下。此特徵使圖1中所說明之像素設計在相同施加電壓條件下於致動的或鬆弛的預先存在之狀態下皆穩定。由於干涉調變器之每一像素無論處於致動狀態或鬆弛狀態基本上都為一由固定及移動反射層形成之電容器，所以可在滯後窗內之一電壓下保持此穩定狀態，其中幾乎無電力耗散。若施加之電位固定，則基本上無電流流進該像素。

在典型應用中，可藉由根據第一列中之所需致動像素集合斷定行電極集合來產生一顯示圖框。接著將列脈衝施加至列1電極，其致動對應於所斷定之行線之像素。接著所斷定之行電極集合經改變以對應於第二列中之所需致動像素集合。接著將脈衝施加至列2電極，其根據所斷定之行電極致動列2中之適當像素。列1像素不受列2脈衝之影響，且保持於其在列1脈衝期間被設定之狀態中。對於整個列系列，可以順序方式將此過程重複以產生圖框。通常，藉由在一些所要的每秒圖框數下不斷重複此過程，用新的顯示資料刷新及/或更新圖框。用於驅動像素陣列之

列及行電極以產生顯示圖框之廣泛的各種各樣之協定亦係熟知的，且可結合本發明而加以使用。

圖4、圖5A及圖5B說明用於在圖2之 $3\times 3$ 陣列上產生一顯示訊框之一可能的致動協定。圖4說明展示出圖3之滯後曲線的可用於像素之一組可能的行及列電壓位準。在圖4實施例中，致動一像素包含將適當的行設定為 $-V_{bias}$ 及將適當的列設定為 $+\Delta V$ ，其可分別對應於-5伏特及+5伏特。藉由將適當的行設定為 $+V_{bias}$ 及將適當的列設定為相同的 $+\Delta V$ (在像素上產生零伏特電位差)，實現釋放像素。在將列電壓保持於零伏特之彼等列中，像素穩定地處於其原始處於之無論何狀態中，其與行處於 $+V_{bias}$ 還是 $-V_{bias}$ 無關。亦如圖4中所說明，應瞭解，可使用與上述電壓之極性相反之電壓，例如致動一像素可涉及將適當行設定至 $+V_{bias}$ 及將適當列設定至 $-\Delta V$ 。在此實施例中，藉由將適當行設定為 $-V_{bias}$ 且將適當列設定為相同的 $-\Delta V$ (此在像素上產生零伏特電位差)，實現釋放像素。亦如圖4中所說明，應瞭解，可使用與上述電壓之極性相反之電壓，例如致動一像素可涉及將適當行設定至 $+V_{bias}$ 及將適當列設定至 $-\Delta V$ 。在此實施例中，藉由將適當行設定為 $-V_{bias}$ 且將適當列設定為相同的 $-\Delta V$ (此在像素上產生零伏特電位差)，實現釋放像素。

圖5B為展示一系列施加至圖2之 $3\times 3$ 陣列之列及行信號的時序圖，其將導致圖5A中所說明之顯示配置(其中致動像素為非反射性的)。在寫入圖5A所說明之圖框之前，該等

像素可處於任一狀態，且在此實例中，所有列處於0伏特且所有行處於+5伏特。在此等施加之電壓的情況下，所有像素均穩定地處在其現有的致動或鬆弛狀態中。

在圖5A圖框中，像素(1,1)、(1,2)、(2,2)、(3,2)及(3,3)被致動。為實現此目的，在列1之"線時間"期間，將行1及2設定為-5伏特，且將行3設定為+5伏特。此並不改變任何像素之狀態，因為所有像素都保持在3-7伏特穩定窗內。接著，藉由一自0伏特升至5伏特再返回零之脈衝對列1選通。此致動(1,1)及(1,2)像素並鬆弛(1,3)像素。陣列中之其他像素不受影響。為了按需要設定列2，將行2設定為-5伏特且將行1及行3設定為+5伏特。接著，施加至列2之相同選通將致動像素(2,2)且鬆弛像素(2,1)及(2,3)。又，陣列之其他像素不受影響。藉由將行2及行3設定為-5伏特且將行1設定為+5伏特而類似地設定列3。列3選通對列3之設定如圖5A所示。在寫入該圖框之後，列電位為零，且行電位可保持於+5或-5伏特，且接著顯示器穩定於圖5A之配置下。應瞭解，相同程序可用於幾十或幾百列及行之陣列。亦應瞭解，在上文概述之一般性原理內，可廣泛地變化用以執行列及行致動之時序、順序及電壓位準，且以上實例僅為例示性的，且任何致動電壓方法皆可適用於本文中所描述之系統及方法。

圖6A及圖6B為說明一顯示裝置40之一實施例的系統方塊圖。舉例而言，顯示裝置40可為蜂巢式或行動電話。然而，顯示裝置40之相同組件或其輕微變化亦說明各種類型

之顯示裝置，諸如電視及攜帶型媒體播放器。

顯示裝置40包括一外殼41、一顯示器30、一天線43、一揚聲器45、一輸入裝置48及一麥克風46。通常自如熟習此項技術者所熟知之各種各樣的製造過程中之任一者形成外殼41，包括射出成形及真空成形。此外，外殼41可由各種各樣的材料中之任一者製成，包括(但不限於)塑膠、金屬、玻璃、橡膠及陶瓷或其組合。在一實施例中，外殼41包括可與不同色彩或含有不同標識、圖片或符號之其它可移除部分互換的可移除部分(未圖示)。

例示性顯示裝置40之顯示器30可為各種各樣的顯示器中之任一者，包括如本文中所描述之雙穩態顯示器。在其他實施例中，如熟習此項技術者所熟知，顯示器30包括：如上所述之平板顯示器，諸如，電漿、EL、OLED、STN LCD或TFT LCD；或者非平板顯示器，諸如，CRT或其他管裝置。然而，為了描述本實施例，顯示器30包括一如本文中所描述之干涉調變器顯示器。

例示性顯示裝置40之一實施例的組件示意性地說明於圖6B中。所說明之例示性顯示裝置40包括一外殼41，且可包括至少部分包圍於其中之額外組件。舉例而言，在一實施例中，例示性顯示裝置40包括一網路介面27，該網路介面27包括一耦接至一收發器47之天線43。收發器47連接至一處理器21，處理器21連接至調節硬體52。調節硬體52可經組態以調節信號(例如，對信號濾波)。調節硬體52連接至揚聲器45及麥克風46。處理器21亦連接至輸入裝置48及驅

動器控制器29。驅動器控制器29耦接至圖框緩衝器28及陣列驅動器22，陣列驅動器22又耦接至顯示陣列30。電源50按特定例示性顯示裝置40設計之需要將電力提供至所有組件。

網路介面27包括天線43及收發器47使得例示性顯示裝置40可在一網路上與一或多個裝置通信。在一實施例中，網路介面27亦可具有減少處理器21之需求的一些處理能力。天線43為熟習此項技術者已知用於傳輸及接收信號之任一天線。在一實施例中，該天線根據IEEE 802.11標準(包括IEEE 802.11(a)、(b)或(g))來傳輸及接收RF信號。在另一實施例中，該天線根據BLUETOOTH標準傳輸及接收RF信號。在蜂巢式電話之情況下，天線經設計以接收CDMA、GSM、AMPS或用以在無線手機網路內通信的其它已知信號。收發器47預處理自天線43接收之信號，使得其可由處理器21接收且由處理器21進一步地操縱。收發器47亦處理自處理器21接收之信號，使得可經由天線43將其自例示性顯示裝置40傳輸。

在一替代實施例中，收發器47可由一接收器替換。在又一替代實施例中，網路介面27可由一影像源替換，該影像源可儲存或產生待發送至處理器21之影像資料。舉例而言，影像源可為數位視訊碟(DVD)或含有影像資料之硬碟機或者產生影像資料之軟體模組。

處理器21通常控制例示性顯示裝置40之總體操作。處理器21接收資料(諸如，來自網路介面27或影像源之壓縮影

像資料)，且將該資料處理為原始影像資料或易於處理為原始影像資料之格式。處理器21接著將經處理之資料發送至驅動器控制器29或至圖框緩衝器28以供儲存。原始資料通常指識別一影像內每一位置處之影像特性的資訊。舉例而言，此等影像特性可包括色彩、飽和度及灰度階。

在一實施例中，處理器21包括一微控制器、CPU或邏輯單元來控制例示性顯示裝置40之操作。調節硬體52通常包括用於將信號傳輸至揚聲器45及用於自麥克風46接收信號之放大器及濾波器。調節硬體52可為例示性顯示裝置40內之離散組件，或者可被併入於處理器21或其他組件中。

驅動器控制器29直接自處理器21或自圖框緩衝器28取得由處理器21產生之原始影像資料，且適當地重新格式化該原始影像資料用於高速傳輸至陣列驅動器22。具體言之，驅動器控制器29將原始影像資料重新格式化為具有光柵狀格式之資料流，使得其具有適合於在顯示陣列30上掃描之時間次序。接著，驅動器控制器29將經格式化之資訊發送至陣列驅動器22。雖然諸如LCD控制器之驅動器控制器29常作為單獨積體電路(IC)與系統處理器21相關聯，但可以許多方式實施此等控制器。其可作為硬體嵌入處理器21中、作為軟體嵌入處理器21中，或以硬體形式與陣列驅動器22完全整合。

通常，陣列驅動器22自驅動器控制器29接收經格式化之資訊，並將視訊資料重新格式化為一組平行之波形，該組波形每秒許多次地被施加至來自顯示器之x-y像素矩陣之

數百且有時甚至數千個引線。

在一實施例中，驅動器控制器29、陣列驅動器22及顯示陣列30適合於本文中所描述之任何類型顯示器。舉例而言，在一實施例中，驅動器控制器29為習知顯示控制器或雙穩態顯示控制器(例如，干涉調變器控制器)。在另一實施例中，陣列驅動器22為習知驅動器或雙穩態顯示驅動器(例如，干涉調變器顯示器)。在一實施例中，驅動器控制器29經與陣列驅動器22整合。此實施例在諸如蜂巢式電話、手錶及其他小面積顯示器之高度整合系統中係常見的。在又一實施例中，顯示陣列30為一典型顯示陣列或一雙穩態顯示陣列(例如，一包括一干涉調變器陣列之顯示器)。

輸入裝置48允許使用者控制例示性顯示裝置40之操作。在一實施例中，輸入裝置48包括一小鍵盤(諸如，QWERTY鍵盤或電話小鍵盤)、一按鈕、一開關、一觸敏螢幕或者一壓敏或熱敏膜。在一實施例中，麥克風46為例示性顯示裝置40之輸入裝置。當麥克風46用以將資料輸入至裝置時，可由使用者提供語音命令以用於控制例示性顯示裝置40之操作。

電源50可包括如此項技術中所熟知之各種各樣的能量儲存裝置。舉例而言，在一實施例中，電源50為可再充電電池，諸如，鎳鎘電池或鋰離子電池。在另一實施例中，電源50為可再生能源、電容器或太陽能電池(包括塑膠太陽能電池及太陽能電池漆)。在另一實施例中，電源50經組

態以自壁式插座接收電力。

如上所述，在一些實施例中，控制可程式化性駐留於可位於電子顯示系統中之若干處的驅動器控制器中。在一些實施例中，控制可程式化性駐留於陣列驅動器22中。熟習此項技術者將認識到，上述最佳化可實施於任何數目的硬體及/或軟體組件中及各種組態中。

根據以上闡明的原理操作之干涉調變器之結構細節可廣泛地變化。舉例而言，圖7A至圖7E說明移動鏡結構之五個不同的實施例。圖7A為圖1之實施例之橫截面，其中金屬材料條帶14沈積於正交延伸的支撐件18上。在圖7B中，可移動反射材料14僅附著至繫栓32上之轉角處之支撐件。在圖7C中，可移動反射層14懸掛於可變形層34上，可變形層34可包含可撓性金屬。可變形層34在可變形層34之周邊周圍直接或間接連接至基板20。此等連接在本文中被稱作支撐柱。圖7D中所說明之實施例具有支撐柱插塞42，可變形層34擱置於該等支撐柱插塞42上。可移動反射層14保持懸掛於間隙上(如圖7A至圖7C中)，但可變形層34並不藉由填充在可變形層34與光學堆疊16之間的孔洞而形成支撐柱。相反，支撐柱係由平坦化材料形成，該平坦化材料用以形成支撐柱插塞42。圖7E中所說明之實施例係基於圖7D中所展示之實施例，但亦可經調適成與圖7A至圖7C中所說明之實施例中之任何者以及未展示之額外實施例一起起作用。在圖7E中所展示之實施例中，已使用金屬或其他導電材料之一附加層形成匯流排結構44。此允許沿著干涉

調變器之背部導引信號，其消除了可能否則必須形成於基板20上之眾多電極。

在諸如圖7中所示之實施例的實施例中，干涉調變器充當直觀裝置，其中自透明基板20之前側觀看影像，該側與其上配置有調變器之側相對。在此等實施例中，反射層14光學屏蔽反射層之與基板20相對的側上之干涉調變器之部分(包括可變形層34)。此允許在不消極地影響影像品質之情況下組態及操作屏蔽區。此屏蔽允許圖7E中之匯流排結構44，該結構可提供將調變器之光學性質與調變器之機電性質(諸如，定址及由該定址所導致的移動)分離的能力。此可分離之調變器架構允許用於調變器之機電態樣及光學態樣之結構設計及材料彼此獨立地選擇及起作用。此外，圖7C至圖7E中所示之實施例具有來源於反射層14之光學性質與其機械性質解耦的額外益處，該機械性質由可變形層34實現。此允許用於反射材料14之結構設計及材料可關於光學性質而最佳化，及用於可變形層34之結構設計及材料可關於所要的機械性質而最佳化。

上述干涉調變器之實施例在反射狀態(其產生白光或由鏡14與光學堆疊16之部分反射層之間的距離判定之彩色光)或在非反射(例如，黑)狀態中之一者下操作。在其他實施例中，例如，在美國專利第5,986,796號中揭示之實施例，可移動鏡14可經定位於相對於光學堆疊16中之部分反射層之位置範圍處以變化共振間隙19之大小，且因此變化反射光的色彩。

圖 8 為說明將藉由將可移動鏡 14 定位於位置 111-115 之範圍處而產生的光之頻譜特性的一實例干涉調變器 12 之側橫截面圖。如上所論述，列與行電極之間的電位差使可移動鏡 14 偏轉。調變器 12 包括充當行電極之氧化銦錫 (ITO) 導電層 102。在實例調變器 12 中，鏡 14 包括列電極。

在一實施例中，將諸如氧化鋁 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  或 "鋁土") 之材料的介電層 106 定位於形成光學堆疊 16 之反射表面的部分反射材料 104 (例如，包含鉻) 之層上。如以上關於圖 1 所論述，介電層 106 抑制短路且當鏡 14 偏轉時控制鏡 14 與部分反射層 104 之間的分離距離。形成於鏡 14 與部分反射層 104 之間的光學空腔因此包括介電層 106。已為了方便地說明調變器 12 之目的而選擇圖 8 中的物品之相對大小。因此，此等距離及厚度未按比例，且不意欲表示調變器 12 之任一特定實施例。

圖 9 為具有各種介電層 106 厚度的若干實例光學堆疊 16 之反射率對波長之關係圖說明。水平軸表示入射於光學堆疊上的可見光之波長範圍。垂直軸表示在特定波長下的作為入射光之百分比之每一光學堆疊 16 之反射率。在光學堆疊 16 不包括介電層 106 之實施例中，包括一鉻層之光學堆疊 16 之反射率大致為 75%。包括包含 100 Å 厚鋁土層之介電層 106 之光學堆疊 16 導致大致 65% 的反射率，且包括包含 200 Å 厚鋁土層之介電層 104 之光學堆疊 16 導致大致 55% 的反射率。如所展示，在此等特定實施例中，反射率並不根據波長而變化。因此，藉由調整  $\text{Al}_2\text{O}_3$  層 106 之厚度，可在可見

頻譜上始終如一地控制光學堆疊16之反射率以允許選擇干涉調變器12之特定性質。在某些實施例中，介電層106包含一具有約50 Å與250 Å之間的厚度之 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層。在某些其他實施例中，介電層106包含一具有約50 Å與100 Å之間的厚度之 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層及一具有約400 Å與2,000 Å之間的厚度之塊體 $\text{SiO}_2$ 層。

如上所論述，調變器12包括一形成於鏡14與光學堆疊16之反射表面之間的光學空腔。光學空腔之特性距離或有效光徑長度 $L$ 判定光學空腔19及(因此)干涉調變器12之共振波長 $\lambda$ 。干涉調變器12之共振波長 $\lambda$ 大體對應於由調變器12反射的光之察覺之色彩。在數學上，距離 $L = \frac{1}{2} \times N \times \lambda$ ，其中 $N$ 為整數。一給定共振波長 $\lambda$ 因此由具有 $\lambda/2$  ( $N=1$ )、 $\lambda$  ( $N=2$ )、 $3\lambda/2$  ( $N=3$ )等之距離 $L$ 的干涉調變器12反射。整數 $N$ 可被稱作反射光之干涉的"階"。如本文中所使用，調變器12之階亦指當鏡14處於至少一位置中時由調變器12反射的光之階 $N$ 。舉例而言，第一階紅干涉調變器12可具有約325 nm之一距離 $L$ ，其對應於約650 nm之波長 $\lambda$ 。因此，第二階紅干涉調變器12可具有約650 nm之一距離 $L$ 。通常，較高階調變器12反射較窄波長範圍上之光，且因此產生較深顏色之有色光。

注意，在某些實施例中，距離 $L$ 大體上等於鏡14與部分反射層104之間的距離。在鏡14與部分反射層104之間的空間僅包含具有大致1之折射率的氣體(例如，空氣)之情況下，有效光徑長度大體上等於鏡14與部分反射層104之間

的距離 $L$ 。在包括具有大於一之折射率的介電層106之實施例中，藉由選擇鏡14與部分反射層104之間的距離且藉由選擇介電層106或鏡14與部分反射層104之間的任何其他層之厚度及折射率，光學空腔19經形成以具有所要之光徑長度。在一實施例中，鏡14經偏轉至一位置範圍內之一或多個位置以輸出對應範圍的色彩。舉例而言，列與行電極之間的電壓電位差可經調整以使鏡14偏轉至相對於部分反射層104之位置範圍中之一者。一般而言，藉由調整電壓之鏡位置之最大控制位準在鏡14之路徑之未偏轉位置附近(例如，對於較小偏轉，諸如，在自鏡14之未偏轉位置的最大偏轉之約 $1/3$ 內之偏轉)。

可移動鏡14之一群特定位置111-115中之每一者在圖8中由一自部分反射層104延伸至指示位置111-115之箭頭點之線表示。因此，距離111-115經選擇使得說明介電層106之厚度及折射率。當可移動鏡14偏轉至位置111-115中之每一者(每一者對應一不同距離 $L$ )時，調變器12將具有對應於正由調變器12反射的入射光之不同色彩之不同頻譜回應之光輸出至觀看位置101。此外，在位置111處，可移動鏡14足夠靠近部分反射層104(例如，小於約 $200\text{ \AA}$ ，較佳地小於約 $100\text{ \AA}$ )，使得可忽略干涉效應，且調變器12充當大體上同等地反射入射之可見光之大體上所有色彩(例如，如白光)之鏡。引起寬頻鏡效應，因為距離 $L$ 對於可見頻帶內之光學共振而言太小了。鏡14因此僅充當關於可見光之反射表面。

隨著間隙19增加至位置112，調變器12展示出灰影，因為鏡14與部分反射層104之間的增加之間隙19距離減小了鏡14之反射率。在位置113處，距離L為使得空腔19干涉地操作，但大體上不反射光之可見波長，因為共振波長在可見範圍之外，藉此產生黑。

隨著距離L經進一步增加，調變器12之峰值頻譜回應移動至可見波長內。因此，當可移動鏡14處於位置114處時，調變器12反射藍光。當可移動鏡14處於位置115處時，調變器12反射綠光。當可移動鏡14處於未偏轉位置116處時，調變器12反射紅光。

在使用干涉調變器12設計顯示器過程中，調變器12可經形成使得增加反射光之色飽和度。飽和度指彩色光之色調的強度。高度飽和之色調具有鮮豔的強烈色彩，而較不飽和之色調顯得較暗淡且呈灰色。舉例而言，產生很窄的波長範圍之雷射產生高度飽和光。相反，典型的白熾光燈泡產生可具有減小飽和度的紅或藍色之白光。在一些實施例中，調變器12經形成而使距離L對應於較高階干涉(例如，第二階或第三階)，以增加反射之色彩光之飽和度。

一實例彩色顯示器包括紅、綠及藍顯示元件。藉由變化由紅、綠及藍元件產生之光的相對強度，可在此顯示器中產生其他色彩。諸如紅、綠及藍之原色的混合由人眼察覺為其他色彩。在色彩系統中的紅、綠及藍之相對值可被稱作關於人眼之紅、綠及藍光敏感部分之刺激的三色值。一般而言，原色愈飽和，則可由顯示器產生之色彩範圍愈

大。在其他實施例中，顯示器可包括具有界定就原色之集合而言不同於紅、綠及藍之其他色彩系統之色彩集合(例如，紅、黃及藍；洋紅、黃及青)之調變器12。

圖10為說明可由包括實例紅、綠及藍干涉調變器之兩個集合的彩色顯示器產生的色彩之色度圖。水平及垂直軸界定一色度座標系統，於其上可描繪頻譜三色值。詳言之，點120說明由實例紅、綠及藍干涉調變器12反射的光之色彩。白光由點122指示。自每一點120至白光之點122的距離(例如，在白光之點122與綠光之點120之間的距離124)指示由對應的調變器12產生的光之飽和度。由三角迹線126包圍的區域對應可藉由混合在點120處產生之光而產生之色彩的範圍。此色彩範圍可被稱作顯示之"色域"。

點128指示實例調變器12之另一集合的頻譜回應。如由比點120與點122之間的距離小的點128與白點122之間的距離指示，對應於點128之調變器12產生比對應於點120之調變器12所產生之光不飽和的光。迹線130指示可藉由混合點128之光而產生的色彩之範圍。如在圖10中所示，迹線126包圍比迹線130所包圍的面積大的面積，其圖形說明顯示元件12之飽和度與顯示之色域之大小之間的關係。

在反射顯示器中，使用此等飽和之干涉調變器12產生之白光傾向於具有對觀看者之相對低強度，因為僅小範圍之入射波長經反射以形成白光。相反，反射寬頻白光(例如，大體上所有入射波長)之鏡具有較大強度，因為反射了較大的入射波長範圍。因此，使用原色之組合以產生白

光來設計反射顯示器導致顯示器之色彩飽和度及色域與由顯示器輸出的白光之亮度之間的折衷。

圖11為可在一狀態下產生高度飽和彩色光且在另一狀態下產生相對強烈的白光之一實例多狀態干涉調變器140之側橫截面圖。實例調變器140因此自輸出的白光之亮度去耦色彩飽和度。調變器140包括一經定位於兩個電極102與142之間的可移動鏡14。調變器140亦包括形成於鏡14之相對側上作為柱18之柱18a之第二集合。

在某些實施例中，鏡14及部分反射層104中之每一者可為界定執行不同於反射光之功能的反射器或反射部件之層之堆疊之部分。舉例而言，在圖11之實例調變器中，鏡14由諸如鋁之導電且反射材料之一或多個層形成。因此，鏡14亦可充當導體。類似地，部分反射層104可由反射材料之一或多個層及導電材料之一或多個層形成，使得執行電極102之功能。此外，鏡14及部分反射層104中之每一者亦可包括具有其他功能(諸如，控制影響鏡14之偏轉的機械性質)之一或多個層。在一實施例中，可移動鏡14自一額外可變形層(諸如，結合圖7C至圖7E所描述)懸掛。

在包括反射紅、綠及藍光之調變器12的一實施例中，將不同的反射材料用於反射不同色彩的調變器12之鏡14，使得改良此等調變器12之頻譜回應。舉例而言，在經組態以反射紅光之調變器12中，可移動鏡14可包括金。

在一實施例中，可將介電層144、144a定位於導體142之任一側上。介電層144a及106有利地抑制鏡14之導電部分

與調變器 140 之其他部分之間的電短路。在一實施例中，部分反射層 104 及電極 102 共同地形成一反射部件。

在某些實施例中，部分反射層 104 與在未經驅動位置中之可移動鏡 14 之間的距離對應其中調變器 140 為非反射性或"黑"之光徑長度  $L$ 。在某些實施例中，部分反射層 104 與可移動鏡 14 (當經朝向部分反射層 104 驅動時) 之間的光徑長度  $L$  對應其中調變器 140 反射白光之光徑長度  $L$ 。在例示性實施例中，部分反射層 104 與可移動鏡 14 (當經朝向導體 142 驅動時) 之間的距離對應其中調變器 140 反射諸如紅、藍及綠之色彩的光之光徑長度  $L$ 。在某些實施例中，未經驅動之可移動鏡 14 與部分反射層 104 之間的距離  $L$  大體上等於未經驅動之可移動鏡 14 與電極 142 之間的距離  $L$ 。可將此等實施例考慮為定位於單一可移動鏡 14 周圍之兩個調變器。

當無或小的電壓電位差被施加於鏡 14 與電極 102 或電極 142 之間時，鏡 14 並不相對於部分反射層 104 偏轉以界定對應於未經驅動之狀態的第一光徑長度。當將一第一電壓電位差施加於鏡 14 與電極 102 之間時，鏡 14 朝向部分反射層 104 偏轉以界定對應於第一被驅動狀態之第二光徑長度。在此第一被驅動狀態下，可移動鏡 14 比在未經驅動狀態下靠近部分反射層 104。當將一第二電壓電位差施加於鏡 14 與電極 142 之間時，鏡 14 遠離部分反射層 104 偏轉以界定對應於第二被驅動狀態之第三光徑長度。在此第二被驅動狀態下，可移動鏡 14 比在未經驅動狀態下遠離部分反射層

104。在某些實施例中，藉由將電壓電位差皆施加於鏡14與電極102之間及鏡14與電極142之間，達成第一被驅動狀態及第二被驅動狀態中之至少一者。在某些實施例中，第二電壓差經選擇以提供鏡14的所要之偏轉。

如在圖11中所說明，在第一被驅動狀態下，鏡14偏轉至由虛線159指示之位置。在例示性調變器140中，在此第一被驅動狀態下的鏡14與部分反射層104之間的距離對應於介電層106之厚度。在例示性調變器140中，鏡14充當在此被驅動位置中之寬頻鏡，其大體上反射光之所有可見波長。因此，當由寬頻白光照明時，調變器140產生寬頻白光。

在第二被驅動狀態下，鏡14偏轉至由虛線158指示之位置。在例示性調變器140中，此距離對應於例如藍光的光之色彩。在被驅動狀態下，鏡14經如圖11中所示定位。在未偏轉位置中，鏡14與部分反射層104相間隔開一距離，使得大體上無可見光被反射，例如，"斷開"或非反射狀態。因此，調變器140界定具有至少三個離散狀態之干涉調變器。在其他實施例中，在三個狀態下的可移動鏡14之位置可經選擇使得按需要產生不同的色彩集合，包括黑與白。

在一實施例中，光經由基板20進入調變器12且被輸出至觀看位置141。在另一實施例中，在圖11中說明之層的堆疊經顛倒，其中層144最靠近基板20，而非層102。在某些此等實施例中，可經由堆疊之與基板20相對之側而非經由

基板20來觀看調變器12。在一個此實施例中，一個二氧化矽層形成於ITO層102上以電隔離ITO層102。

如上所指出，在調變器140中具有用於輸出白光之單獨狀態自調變器之影響白色輸出之亮度的性質去耦調變器之控制色彩飽和度的性質之選擇。調變器140之距離及其他特性可因此經選擇以提供高度飽和之色彩，而不影響在第一狀態下產生的白光之亮度。舉例而言，在一例示性色彩顯示器中，紅、綠及藍調變器140中之一或多者可經形成具有對應於較高干涉階之光徑長度。

可使用此項技術中已知且諸如以上關於調變器12描述之微影技術來形成調變器140。舉例而言，可藉由將一或多個鉻層沈積於大體上透明之基板20上來形成部分反射層104。可藉由將諸如ITO之透明導體之一或多個層沈積於基板20上來形成電極102。導體層經圖案化為平行條帶，且可形成電極之行。可移動鏡14可形成為沈積於柱18及沈積於柱18之間的插入之犧牲材料之頂部上的一或多個沈積之金屬層之一系列平行條帶(例如，經大體上與行電極102正交地定向)。經由上述層中之一或多者之通道可經提供使得蝕刻劑氣體(諸如，在犧牲層包含鉬之實施例中的二氟化氙( $\text{XeF}_2$ ))可到達犧牲層。當犧牲材料被蝕刻掉時，可變形金屬層與光學堆疊分離一空氣間隙。可將諸如鋁之高度導電且反射材料用於可變形層，且此等條帶可形成顯示裝置中之列電極。藉由將柱18a沈積於可移動鏡14上、將插入犧牲材料沈積於柱18a之間、將諸如鋁之一或多個導體

層沈積於柱18a之頂部上且將一導電層沈積於犧牲材料上，可形成導體142。當犧牲材料被蝕刻掉時，導電層可充當電極142，其與鏡14分離一第二空氣間隙。空氣間隙中之每一者提供一空腔，鏡14可在該空腔中移動以達成上述狀態中之每一者。

如在圖11中進一步地說明，在例示性調變器140中，導電性鏡14連接至陣列控制器152之列驅動器154。在例示性調變器140中，導體102及142連接至行驅動器156中之分離的行。在一實施例中，藉由根據參看圖3及圖4描述之方法將適當的電壓電位差施加於鏡14與行導體102及142之間來選擇調變器140之狀態。

圖12A至圖12C說明提供兩個以上狀態之另一例示性干涉調變器150。在例示性調變器150中，光學堆疊16包括一反射層及一導電層兩者，使得執行圖11之電極102之功能。導電層142亦可由第二介電層144a保護且由經由支撐件18a之第二集合維持於可移動鏡14上之某一距離的支撐表面148支撐。

圖12A說明調變器150之未經驅動之狀態。如同圖11之調變器140，圖12A至圖12C之例示性調變器150之鏡14可朝向介電層104偏轉(例如，向下)，如在圖12B中說明之被驅動狀態下，及可在反向或相反的方向上偏轉(例如，向上)，如在圖12C中所說明。此"向上"偏轉之狀態可被叫作"反向被驅動狀態"。

如熟習此項技術者應瞭解，可以許多方式達成此反向被

驅動狀態。在一實施例中，經由使用可在向上方向上靜電拉動鏡14之一額外電荷板或導電層142，可達成此反向被驅動狀態，如在圖12C中所描繪。例示性調變器150包括基本上為圍繞單一可移動鏡14對稱定位之兩個干涉調變器之調變器。此組態允許光學堆疊16之導電層及導電層142中之每一者在相反方向上吸引鏡14。

在某些實施例中，在克服可在鏡14緊接近或接觸介電層106時而發展的靜電力(靜電摩擦)過程中，額外導電層142可用作一電極。此等力可包括凡得瓦爾(van der Waals)力或靜電力，以及如由熟習此項技術者所瞭解之其他可能性。在一實施例中，施加至光學堆疊16之導電層的一電壓脈衝可使可移動鏡14進入至圖12B之"常規"被驅動狀態。類似地，可將下一個電壓脈衝施加至導電層142以吸引可移動鏡14遠離光學堆疊16。在某些實施例中，施加至導電層142之此電壓脈衝可用以藉由朝向反向被驅動狀態驅動可移動鏡14來加速可移動鏡14自圖12B中所說明之被驅動之狀態恢復回至圖12A中所說明之未經驅動之狀態。因此，在某些實施例中，調變器150可在僅兩個狀態(圖12A之未經驅動之狀態及圖12B之被驅動之狀態)下操作，且可將導電層142用作電極來幫助克服摩擦力。在一實施例中，可每當調變器150自圖12B之被驅動之位置改變至圖12A之未經驅動之位置時如上所述地驅動導電層142。

如熟習此項技術者應瞭解，在每一實施例中並非需要所有此等元件。舉例而言，若在此等實施例之操作中，向上

偏轉(例如，如在圖12C中所展示)之精確的相對量不相關，則導電層142可經定位於距可移動鏡14之各種距離處。因此，可能不存在對支撐元件18a、介電層144a或一單獨的支撐表面148之需要。在此等實施例中，可移動鏡14向上偏轉得有多遠未必重要，而重要地為導電層142經定位以在適當時間吸引鏡14，諸如，以扯開調變器12。在其他實施例中，如圖12C中所示的可移動鏡14之位置可導致干涉調變器150之更改且理想的光學特性。在此等實施例中，在向上方向上的可移動鏡14之偏轉之精確距離可在改良裝置之影響品質過程中相關。

如熟習此項技術者應瞭解，用以產生層142、144a及支撐表面148之材料不必分別類似於用以產生對應的層102、104及20之材料。舉例而言，光不必穿過層148。另外，若導電層142經定位於可移動鏡14不可到達之其變形的向上位置中，則調變器150可不包括介電層144a。另外，施加至導電層142及可移動鏡14之電壓可因此基於以上差異而不同。

如熟習此項技術者應瞭解，經施加以將可移動鏡14自圖12B之被驅動狀態驅動回至圖12A之未經驅動之狀態的電壓可與需要用以將可移動鏡14自圖12A之未經驅動之狀態驅動至圖12C之向上或反向被驅動狀態的電壓不同，因為導電層142與可移動鏡14之間的距離在兩個狀態下可不同。此等要求可視所要之應用及偏轉量而定，且可由熟習此項技術者鑒於本揭示案來判定。

在一些實施例中，將一力施加於導電層142與可移動鏡14之間的力之量或持續時間為使得其僅增加干涉調變器150在被驅動狀態與未經驅動之狀態之間轉變的速率。由於可將可移動鏡14吸引至導電層142或光學堆疊16之導電層(該等導電層位於可移動鏡14之相對側上)，所以可提供很簡短的驅動力來使可移動鏡14與相對層之相互作用變弱。舉例而言，在可移動鏡14經驅動以與光學堆疊16相互作用時，至相對的導電層142之一能量脈衝可用以使可移動鏡14與光學堆疊16之相互作用變弱，藉此使得可移動鏡14較易於移動至未經驅動之狀態。

在某些實施例中，一種MEMS裝置包含一基板、一在該基板上之可移動元件及一致動電極。該可移動元件包含一可變形層及一與該可變形層相間隔開之反射元件。如上所述，在某些實施例中，使可移動元件之光學性質與可移動元件之機械性質相分離(例如，藉由提供一可變形層及一反射元件)。在某些此等實施例中，藉由將致動電極定位於可移動元件上，使可移動元件之光學性質與可移動元件之電性質以及可移動元件之機械性質相分離。

圖13A說明在未致動(或"鬆弛")狀態下的MEMS裝置1300之一實施例。MEMS裝置1300包含一在基板20上之可移動元件1340。可移動元件1340包含一可變形層1302及一具有一反射表面1301之反射元件1314。MEMS裝置1300進一步包含一在可移動元件1340上之致動電極142。在某些實施例中，可變形層1302由靜電力吸引向致動電極142，靜電

力將可變形層 1302 朝向致動電極 142 拉動。反射元件 1314 機械耦接至可變形層 1302，使得隨著可變形層 1302 朝向致動電極 142 移動，反射元件 1314 之反射表面 1301 移動一相對於且遠離第一反射表面 104 之對應距離，在一些實施例中，第一反射表面 104 形成於基板 20 上。反射表面 1301 之移動"接通"或"斷開"MEMS 裝置 1300，其如上所述。藉由自光學功能去耦電氣功能，可移動元件 1340 之電作用部分的面積可經減小以小於可移動元件 1340 之光學部分的面積。

圖 13B 說明在致動狀態下的圖 13A 之 MEMS 裝置 1300。藉由將電壓施加至致動電極 142 而產生的靜電吸引力作用於可變形層 1302 上。可移動元件 1340 回應於吸引力而在朝向致動電極 142 之一方向(如由箭頭 1320 指示)上移動。可變形層 1302 之上表面接觸 MEMS 裝置 1300 之固定部分(例如，絕緣層 144a)，其擋止可移動元件 1340 之移動。

MEMS 裝置 1300 進一步包含在基板 20 與可變形層 1302 之間的第一支撐結構(或"柱")18、在可變形層 1302 與致動電極 142 之間的第二支撐結構 18a 及絕緣層 106、144a。其他組態亦係可能的。舉例而言，雖然所說明之實施例具有一由支撐結構 18 支撐之可變形層 1302，但其他實施例亦係可能的(例如，如在圖 7C 至圖 7E 中所說明，如下所述)。對於另一實例，在一些實施例中，可省略絕緣層 106、144a 中之一或兩者。

MEMS 裝置 1300 進一步包含一光學層(第一反射層)104。

在某些實施例中，基板20包含光學層104(例如，在第一反射層104形成於基板20上之實施例中)。自反射元件反射入射於反射元件1314上之光。入射光及反射光傳播穿過光學層104，但不傳播穿過致動電極142(例如，因為致動電極142經定位於反射元件1314上)。因此，與干涉調變器140、150相對照，MEMS裝置1300不具有在光徑中之電極。

在一些實施例中，可移動元件1340包含一連接元件1318，其將可變形層1302與反射元件1314機械耦接於一起。在連接元件1318導電且將可變形層1302與反射元件1314電耦接於一起之實施例中，任何形成於反射元件1314上之電位可經由可變形層1302放電。此放電可減小可在不同電位下自兩個導體(例如，反射元件1314及第一反射層104)產生之發弧。在某些實施例中，可移動元件1340進一步包含一連接元件1319，如在圖13A至圖13C中示意性地說明。連接元件1319可為絕緣的(例如，包含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ )或導電的(例如，包含鎳、鋁等)。連接元件1319導電之某些實施例可有利地減小反射元件1314之彎曲及/或傾斜量(例如，在用於可變形層1302及反射元件1314之材料具有不同內應力及/或熱膨脹係數之實施例中，連接元件1319可減小及/或吸收應力)。

MEMS裝置1300進一步包含一包含一第一層1308及一反射層1309之黑光罩1310。入射於黑光罩1310上之光在區1311中在反射層1309與第一反射層104之間反射，且因此

由 MEMS 裝置 1300 吸收，而非被反射。因此，MEMS 裝置 1300 之包含黑光罩 1310 的部分對 MEMS 裝置 1300 之觀看者而言顯現為黑色。黑光罩亦可用於 MEMS 裝置 1300 之其他部分中，例如，以防止光之不當調變及/或使不調變光的區之反射比最小化，藉此改良對比率。

如在圖 13A 中所說明，在某些實施例中，當無電壓施加至致動電極 142 時，基板 20 之頂表面 1306 與反射元件 1314 相間隔開。在某些替代實施例中，當無電壓施加至致動電極 142 時，基板 20 之頂表面 1306 與反射元件 1314 接觸。圖 13C 說明可變形層 1302 經組態使得可移動元件 1340 在鬆弛狀態下負"發射"(例如，朝向基板 20)的 MEMS 裝置 1305 之實施例。舉例而言，可變形層 1302 與支撐結構 18 及/或支撐結構 18a 之間的殘餘應力可經設計使得在犧牲層之移除後可變形層 1302 向下偏轉。圖 13C 之 MEMS 裝置 1305 之致動狀態可大體上與圖 13B 中所描繪相同。

MEMS 裝置之回應時間與導體之電阻與電容之乘積成比例。包含一在可移動元件 1340 上之致動電極 142 之 MEMS 裝置可有利地減小電阻及/或電容，藉此減少回應時間。減少回應時間可增加螢幕刷新速率且增強時間調變。除了減少回應時間之外，減小 MEMS 裝置之電容可減少 MEMS 裝置之電力消耗。

在致動電極 102 處於 MEMS 裝置之光徑中之實施例(例如，如在圖 8 中所描繪)中，其包含一對光透明之材料，例如(但不限於)，ITO、ZnTO、氧化銦鋅(IZO)及氧化銦

(IO)。一般而言，與不透明導體相比，透明導體具有不良的電阻，對於包含透明致動電極102之MEMS裝置，此可導致不良的電力耗散及高的電時間常數。然而，可移動元件1340上之致動電極142不處於光徑中，此允許致動電極142包含不透明導體，諸如，鋁、銅、銀、金等以及透明導體。包含不透明致動電極142之某些MEMS裝置可有利地具有比包含透明致動電極102之MEMS裝置低的電力耗散及/或短的電回應時間，因為不透明導體可具有比透明導體低的電阻。

諸如ITO之某些透明導體對高溫製程敏感，使得在形成致動電極102後，MEMS裝置之最大處理溫度受到限制。舉例而言，在大約350°C及更高之溫度下，ITO降級，此增加了包含ITO的致動電極102之電阻率。因此，通常不對包含ITO之結構執行某些製程(例如，大於350°C之化學氣相沈積(CVD))。然而，包含可移動元件1340上之致動電極142之MEMS裝置可具有一包含可承受高溫處理之各種各樣的導體之致動電極142，其增加了對於MEMS裝置之組件的處理靈活性。舉例而言，可在高溫下執行某些沈積。對於另一實例，某些沈積製程可為CVD而非物理氣相沈積(PVD)(例如，濺鍍)，此可增強沈積保形性及均勻性。此外，在致動電極142處於可移動元件1340上之某些實施例中，可在製造過程之末期來形成致動電極142(例如，在已執行了高溫製程後)。

在光徑中的致動電極102之厚度受到限制，以便避免不

利地影響MEMS裝置之光學性質，但可移動元件1340上之致動電極142可具有各種各樣的厚度，因為其不處於光徑中。舉例而言，增加致動電極142之厚度可有利地增加導電率，藉此減少回應時間及/或MEMS裝置之電力消耗。此外，厚致動電極142致能替代沈積方法(例如，塗佈、噴墨印刷、可印刷導體)之使用，其可降低製造成本。

在致動電極102處於MEMS裝置之光徑中使得其朝向基板20拉動鏡14的實施例中，鏡14大體接觸基板20之頂表面1306(例如，基板20上之絕緣層106之頂表面)，其中基板20之頂表面1306充當一用於鏡14之移動之"擋止件"。在鏡14之反射表面及基板20之頂表面1306平坦(例如，以增強色域)之實施例中，表面之間的靜摩擦可不利地影響其接觸的MEMS裝置之操作。諸如表面粗糙化及抗靜摩擦層之某些特徵可用以減小此靜摩擦，但彼等特徵可不利地影響MEMS裝置之光學效能。然而，可移動元件1340上之致動電極142允許MEMS裝置1300之組態使得可移動元件1340之一部分接觸致動電極142且充當用於可移動元件1340之移動之擋止件，而非基板20之頂表面1306充當擋止件。可移動元件1340之部分接觸致動電極142處的界面可經有利地調適以減小靜摩擦，而不影響光學效能，因為其不處於光徑中。舉例而言，絕緣層144a之表面構形可經粗糙化以減少接觸點之數目，或者一抗靜摩擦層可形成於致動電極142上。

透明致動電極102大體處於鏡14之整個反射表面下(例

如，如在圖8中所描繪)，使得藉由將電壓施加至致動電極102而產生之靜電力足以致動MEMS裝置。因此，在MEMS裝置之電容器包含鏡14及致動電極102之實施例中，電容器之面積及MEMS裝置之電容高。在使用較大鏡14(例如，以增強填充因數)之實施例中，MEMS裝置可具有甚至更高的電容。電容器包含致動電極142及可變形層1302之上表面之部分(例如，如在圖13A中所描繪)的MEMS裝置1300可有利地減小電容器之面積且減小MEMS裝置1300之電容。

電容器包含致動電極142及可變形層1302之上表面之部分(例如，如在圖13A中所描繪)的MEMS裝置1300亦可有利地減小用以操作MEMS裝置之機械力且減小可變形層1302之某些尺寸，因為機械功能至少部分與光學功能分離。在MEMS裝置之致動電極142處於可變形層1302與反射元件1314之間且充當用於可變形層1302或反射元件1314之擋止件的某些實施例中，接觸面積可比反射表面1301之面積小。較小之接觸面積導致較少的靜摩擦，因此可使用較低機械力，此允許減小可變形層1302之尺寸。在電容器包含可變形層1302及致動電極142之實施例中，可變形層1302之減小的尺寸可減小電容器之面積，且因此有利地減小了MEMS裝置之電容及電力消耗。

在致動電極102處於光徑中之實施例中，MEMS裝置之第一與第二反射層之間的距離可忽略(例如，小於約100 Å)之高反射率寬頻白係不可能的。當絕緣層106如此之薄時，在致動電極102與鏡14之間可發生電短路。在致動電

極102處於光徑中之實施例中，MEMS裝置之第一與第二反射層之間的距離處於約90 nm與約110 nm之間(例如，約100 nm)的低反射率黑亦係不可能的，因為絕緣層106減小了反射率(例如，如以上關於圖9所描述)。

在圖8中所說明之實施例中，鏡14與致動電極102及第一反射層104因絕緣層106而電絕緣，其如上所述。在MEMS裝置包含在可移動元件1340上之致動電極142之某些實施例中，絕緣層106可視情況自MEMS裝置加以消除，例如，在反射元件1314不接觸基板20之頂表面1306(例如，當鬆弛狀態處於基板20之頂部上時，如由圖13A之MEMS裝置1300描繪)的實施例及反射元件1314接觸第一反射層104(例如，歸因於負發射，如由圖13C之MEMS裝置1300描繪)之實施例中。絕緣層106之消除允許反射元件1314之反射表面1301與第一反射層104分離一可忽略之距離(例如，小於約100 Å或觸碰)。反射性MEMS裝置之每一界面引起一些反射，因此無絕緣層106之實施例可比包括絕緣層106之實施例產生良好的色彩(例如，良好的黑)。藉由將反射元件1314之反射表面1301與第一反射層104相間隔開約100 Å與100 nm之間，在無時間調變之情況下可產生灰色。

再次參看圖13C，鬆弛狀態可產生高反射率寬頻白(例如，藉由觸碰第一反射層104或與第一反射層104間隔小於約100 Å)、低反射率黑(例如，藉由與第一反射層104間隔約100 nm)、灰(例如，藉由與第一反射層104間隔約100 Å

與 100 nm 之間)或彩色(例如，黃、紅、藍等)。

在 MEMS 裝置 1300 經組態使得反射元件 1314 與第一反射層 104 接觸或密切接觸使得產生寬頻白之實施例中，反射元件 1314 與第一反射層 104 較佳地處於同一電位下以便減小其間之可引起發弧的任何靜電力或電場。在某些實施例中，反射元件 1314 與第一反射層 104 經由可變形層 1302 電通信，使得其處於同一電位下。在某些實施例中，反射元件 1314 與可變形層 1302 電絕緣(例如，使用一介電連接元件 1319)，且第一反射層 104 亦電絕緣，使得其處於同一電位下。為了減小反射元件 1314 與第一反射層 104 之間的靜摩擦(在其接觸之實施例中)，可將導電特徵(例如，凸塊)塗覆至第一反射層 104 及/或反射表面 1301，但此等特徵可負面地影響 MEMS 裝置之光學效能。

在某些實施例中，一 MEMS 裝置包含一在可移動元件上之致動電極 142 及一第二致動電極。如上所述，可移動元件係回應於施加至可移動元件上的致動電極 142 之電壓而大體在一第一方向上移動。可移動元件進一步回應於施加至第二致動電極之電壓而大體在一大體上與第一方向相反之第二方向上移動。MEMS 裝置因此能夠穩定地產生至少三個色彩：在鬆弛狀態下之第一色彩、在第一方向上的在致動狀態下之第二色彩及在第二方向上的在致動狀態下之第三色彩。

圖 14A 說明包含一在基板 20 上之可移動元件 1440 之 MEMS 裝置 1400。可移動元件 1440 包含一可變形層 1302 及

一與可變形層 1302 相間隔開且具有一反射表面 1301 之反射元件 1314。MEMS 裝置 1400 進一步包含一在可移動元件 1440 上之致動電極 142 及一處於可變形層 1302 與反射元件 1314 之間的第二致動電極 902。在圖 14A 中，第二致動電極 902 由支撐結構 18 支撐。在某些替代實施例中，第二致動電極 902 由其他支撐結構(例如，與支撐結構 18 相間隔開)支撐。然而，某些此等實施例可藉由佔據 MEMS 裝置之可更有利地用於反射元件 1314 之部分而減小 MEMS 裝置之填充因數。

在可變形層 1302 與反射元件 1314 電通信(例如，歸因於導電連接元件 1418 及/或其間之導電連接元件(未圖示))之實施例中，可變形層 1302 與反射元件 1314 處於同一電位下。在某些此等實施例中，當將一電壓施加至第二致動電極 902 時，第一方向(例如，朝向反射元件 1314)上之第一吸引力作用於可移動元件 1440 之第一部分(例如，可變形層 1302)上，且第二方向(例如，遠離反射元件 1314)上之第二吸引力作用於可移動元件 1440 之第二部分(例如，反射元件 1314)上。在某些其他此等實施例中，當將一電壓施加至第二致動電極 902 時，第一方向(例如，遠離反射元件 1314)上之第一吸引力作用於可移動元件 1440 之第一部分(例如，反射元件 1314)上，且第二方向(例如，朝向反射元件 1314)上之第二吸引力作用於可移動元件 1440 之第二部分(例如，可變形層 1302)上。該第二方向大體上與該第一方向相反。在第一吸引力比第二吸引力大之實施例中，可

移動元件1440回應於第一及第二吸引力而大體在第一方向上(例如，在大體垂直於基板20之方向上)移動。

圖14B說明在第一致動狀態下的圖14A之MEMS裝置1400之一實施例。第一吸引力作用於可變形層1302上及第二吸引力作用於反射元件1314上。可移動元件1340回應於第一及第二吸引力而大體在第一方向上(例如，在大體垂直於基板20之方向上，如由箭頭1420說明)移動。可變形層1302之下表面接觸MEMS裝置1400之固定部分(例如，第二致動電極902)。在某些此等實施例中，在致動狀態下，反射元件1314不接觸基板20之頂表面1306(例如，絕緣層106之頂表面1306或第一反射層104之頂表面1306)。其他實施例亦係可能的。舉例而言，在可變形層1302之下表面接觸MEMS裝置1400之固定部分前，反射元件1314之反射表面1301可接觸MEMS裝置1400之固定部分(例如，基板20之頂表面1306)。

圖14C說明在第二致動狀態下的圖14A之MEMS裝置1400之一實施例。可移動元件1440回應於藉由將電壓施加至致動電極142而產生之吸引力而在朝向致動電極142之方向(如由箭頭1422指示)上移動。可變形層1302之上表面接觸MEMS裝置1400之固定部分(例如，絕緣層144a)。在某些實施例中，在致動狀態下，反射元件1314不接觸第二致動電極902。其他實施例亦係可能的。舉例而言，在可變形層1302接觸MEMS裝置1400之固定部分前，反射元件1314之上表面可接觸MEMS裝置1400之固定部分(例如，第二致

動電極902)。

為了確保回應於施加於第二致動電極902與可移動元件1440之間的電壓之位移大體上僅發生於可移動元件1440中(例如，歸因於可變形層1302之變形)且大體上不在第二致動電極902中，則第二致動電極902較佳地為硬性或剛性。層之硬度與層之厚度的立方成比例。在某些實施例中，第二致動電極902具有使得其大體上不變形之一厚度。舉例而言，在第二致動電極902包含鋁之實施例中，致動電極可具有為可變形層1302之厚度約2.15倍大之厚度。應瞭解，其他尺寸(例如，長度及寬度)亦可影響第二致動電極902之剛性。

再次參看圖14A，在某些實施例中，在鬆弛狀態下，可變形層1302與第二致動電極902分離一距離 $D_1$ ，及反射元件1314與第二致動電極902分離一與距離 $D_1$ 不同的距離 $D_2$ 。利用兩個導電層之間的電位差之兩個導電層之間的靜電力與兩個導電層之間的距離成反比。因此，第二致動電極902與可移動元件1440之一部分之間的距離愈小，則作用於可移動元件1440之彼部分上的靜電力之量值愈大。若距離 $D_2$ 比距離 $D_1$ 大，則作用於可變形層1302上的每單位面積之靜電力比作用於反射元件1314上的每單位面積之靜電力大。在某些此等實施例中，將電壓施加至第二致動電極902將使可移動元件1440朝向基板20移動。若距離 $D_1$ 比距離 $D_2$ 大，則作用於反射元件1314上的每單位面積之靜電力比作用於可變形層1302上的每單位面積之靜電力大。在某

些此等實施例中，將電壓施加至第二致動電極902將使可移動元件1440遠離基板20移動。在包含致動電極142(其使可移動元件1440遠離基板20移動)之實施例中，距離 $D_2$ 較佳地大於距離 $D_1$ ，使得致動電極142、902引起在不同方向上之偏轉。

在某些實施例中，距離 $D_1$ 、 $D_2$ 之間的百分比差大於約5%、大於約10%、大於約15%或大於約20%。應藉由某些其他因數來使距離 $D_1$ 、 $D_2$ 之間的差平衡，例如，光學干涉性質(例如，反射色彩)及MEMS裝置之厚度，其亦視距離 $D_1$ 、 $D_2$ 而定。一旦存在一些不平衡量(亦即，距離 $D_1$ 、 $D_2$ 之間的合適差)，則將電壓施加至第二致動電極902將會將可移動元件1440之具有較短距離之部分吸引向致動電極902，藉此減小了彼距離，同時亦增加了與可移動元件1440之具有較大距離之部分的距離。因此，即使在具有少量不平衡(例如，歸因於在約10%下的距離差)之實施例中，靜電力可合適地引起可移動元件1440之致動。

與第二致動電極902與可移動元件1440之第一及第二部分之間的距離無關，靜電力可至少部分由屏蔽致動電極902與可移動元件1440之間的電壓差之至少一部分的導電層減小。舉例而言，屏蔽可移動元件1440之第一部分而不受第二致動電極902影響可使靜電力更大體上作用於可移動元件1440之第二部分上。若可移動元件1440之至少部分經屏蔽而不受致動電極902影響的第一部分包含反射元件1314，則將電壓施加至第二致動電極902將使可移動元件

1440朝向基板20移動。若可移動元件1440之至少部分經屏蔽而不受致動電極902影響的第一部分包含可變形層1302，則將電壓施加至第二致動電極902將使可移動元件1440遠離基板20移動。在包含一致動電極142(其使可移動元件1440遠離基板20移動)之實施例中，以下詳細描述之第二導電層1558較佳地處於第一導電層1552之一側上，使得致動電極142、902引起在不同方向上之偏轉。在某些此等實施例中，屏蔽可減小包含MEMS裝置1400的顯示裝置之厚度，因為不必存在距離 $D_1$ 、 $D_2$ 之間的差，但屏蔽亦可增加設計複雜性及製造成本。

圖15A說明第二致動電極902包含一包括一導電層1552及一絕緣層1554之多層堆疊的實施例之一部分。在某些實施例中，導電層1552包含一電壓所施加至的導電材料，且絕緣層1554將所要之剛性提供至第二致動電極902，且提供電絕緣以抑制第二致動電極902與可移動元件1440之間的短路。舉例而言，大於約1,500 Å厚的一 $\text{SiO}_2$ 層足夠剛性。在某些替代實施例中，導電層1552包含一電壓所施加至的導電材料，且將所要之剛性提供至第二致動電極902，及絕緣層1554提供電絕緣以抑制第二致動電極902與可移動元件1440之間的短路。在MEMS裝置1400經設計使得在致動後可移動元件1440朝向基板20移動之實施例中，絕緣層1554較佳地處於導電層1552上(例如，如在圖15A中所說明)，因為當MEMS裝置1400處於致動狀態下時，可變形層1302之下表面可接觸第二致動電極902。在MEMS裝置

1400經設計使得在致動後可移動元件1440遠離基板20移動之實施例中，絕緣層1554較佳地處於導電層1552下，因為當MEMS裝置1440處於致動狀態下時，反射元件1314之上表面可接觸第二致動電極902。多層第二致動電極902之其他組態亦係可能的。舉例而言，第二致動電極902可包含一單一剛性的導電材料層，且一絕緣層可形成於可變形層1302之下表面及/或反射元件1314之上表面上。其他多層堆疊亦係可能的。舉例而言，第二致動電極902在導電層1552之與導電層1554相對的側上可進一步包含一第二絕緣層來提供電絕緣以抑制第二致動電極902與可移動元件1440之其他部分之間的短路。

絕緣層1554之厚度包括於自第二致動電極902之導電部分1552至可變形層1302之距離 $D_1$ (例如，當形成於導電部分1552上時，如在圖15A中所描繪)或至反射元件1314之距離 $D_2$ (例如，當形成於導電部分1552下時)中。在某些實施例中，絕緣層2254經選擇以提供所要之介電電容率以修整致動電極902與可移動元件1440之間的靜電力。

圖15B說明第二致動電極902包含一多層堆疊之另一實施例。第二致動電極902包含致動電壓所施加至的一第一導電層1552、抑制第二致動電極902與可移動元件1440之間的短路之一第一絕緣層1554、屏蔽可移動元件1440之層以防靜電力之一第二導電層1558及使第一導電層1552與第二導電層1558絕緣之一第二絕緣層1556。第二導電層1558處於第一導電層1552之與第一絕緣層1554相對的側上。在

MEMS裝置1400經設計使得在致動後可移動元件1440朝向基板20移動之實施例中，第一絕緣層1554處於第一導電層1552上(例如，如在圖15B中所說明)，因為當MEMS裝置1400處於致動狀態下時，可變形層1302之下表面可接觸第二致動電極902，且第二導電層1558處於第一導電層1552下，因為反射元件1314至少部分藉由第二導電層1558屏蔽以防靜電力。在MEMS裝置1400經設計使得在致動後可移動元件1440遠離基板20移動之實施例中，第一絕緣層1554處於第一導電層1552下，因為當MEMS裝置1400處於致動狀態下時，反射元件1314之上表面可接觸第二致動電極902，且第二導電層1558處於第一導電層1552上，因為可變形層1302至少部分藉由第二導電層1558屏蔽以防靜電力。在某些此等實施例中，包含層1552、1554、1556、1558的第二致動電極902之尺寸(例如，厚度)足夠剛性，使得第二致動電極902大體上不變形。其他多層堆疊亦係可能的。舉例而言，第二致動電極902在第二導電層1558之與第一導電層1552相對的側上可進一步包含一第三絕緣層來提供絕緣以抑制第二致動電極902與可移動元件1440之其他部分之間的短路。

可變形層1302與反射元件1314之間的致動電極902允許MEMS裝置1400之組態使得可移動元件1440之一部分接觸致動電極902(亦即，致動電極902充當用於可移動元件1440之移動之擋止件，而非基板20之頂表面1306或絕緣層144a之下表面充當擋止件)。可移動元件1440之部分接觸

致動電極902處的界面可有利地經調適以減小靜摩擦，而並不影響光學效能，因為其不處於光徑中。舉例而言，絕緣層1554之表面構形可經粗糙化以減少接觸點之數目，或者抗靜摩擦層可形成於致動電極902上。對於另一實例，反射元件1314之上表面或可變形層1302之下表面的表面構形可經粗糙化以減少接觸點之數目，或者一抗靜摩擦層可形成於反射元件1314之上表面或可變形層1302之下表面上。

靜電力係歸因於電位差。在可移動元件1440包含一絕緣連接元件(未圖示)之實施例中，當可變形層1302之電位不為零時，反射元件1314之電位可約為零。在某些此等實施例中，回應於施加至致動電極902的電壓之作用於可變形層1302上之靜電力可選擇性地大於回應於施加至致動電極902的電壓之作用於反射元件1314上之靜電力。因此，可移動元件1440可經組態以回應於施加至第二致動電極902的電壓朝向基板20致動。此外，電容器(例如，處於第二致動電極902與可變形層1302之間)之面積可有利地小，藉此比大電容器(例如，光徑中處於反射元件與致動電極之間)需要少的時間來放電，此可減少回應時間。然而，在反射元件1314與可變形層1302或其他結構電絕緣之實施例中，反射元件1314可變得帶電，藉此自身產生靜電力。在一些實施例中，反射元件1314經塗佈(例如，藉由塑膠)以選擇性地耗散靜電放電。

當將電壓施加至第二致動電極902時，靜電力作用於可

移動元件1440上。作為回應，若可變形層1302上之吸引力比反射元件1314上之吸引力大，則可變形層1302朝向第二致動電極902彎曲。反射元件1314機械耦接至可變形層1302，使得當可變形層1302朝向第二致動電極902移動時，反射元件1314相對於基板20且朝向基板20移動一對應的距離。MEMS裝置1400之固定部分充當用於可移動元件1440之移動之擋止件。

在某些實施例(例如，可變形層1302之下表面接觸第二致動電極902之實施例)中，致動電極902包含固定部分(例如，如在圖14B中所說明)。在某些此等實施例中，絕緣層106為可選的，因為可移動元件1440不接觸基板20之頂表面1306。在MEMS裝置包含一在光徑中之致動電極104及一絕緣層106且在致動狀態下鏡14接觸絕緣層106之頂表面的上述某些實施例中，接觸區包括一介電層。為了避免將電荷俘獲於介電層中，可交替地切換施加至致動電極104及鏡14的電壓之極性。切換極性耗散電荷，但消耗電力。然而，在MEMS裝置1400不包含絕緣層106且在致動狀態下反射元件1314之反射表面1301接觸第一反射層104之頂表面1306之某些實施例中，接觸有利地無電場。因此，施加至第二致動電極902及可移動元件1440之電壓可保持相同，其有利地節省電力。

在一些實施例中，絕緣層1554使可移動元件1440與第二致動電極902絕緣。在一些實施例中，形成於可變形層1302之下表面上的一絕緣層(未圖示)使可移動元件1440與

第二致動電極902絕緣。在某些替代實施例中，基板20之頂表面1306包含固定部分。在一些實施例中，絕緣層106使可移動元件1440與第一反射層104絕緣。

如上所述，可移動元件1440係回應於施加至致動電極142之電壓而大體在一第一方向上移動。在致動電極142提供使可移動元件1440遠離基板20移動之力的實施例中，第二致動電極902經組態使得當將電壓施加至第二致動電極902時，可移動元件1440朝向基板20移動(例如，藉由比反射元件1314靠近可變形層1302來定位第二致動電極902，藉由用一導電層1558屏蔽反射元件1314等)。

第二致動電極902較佳地包含一非透明導電材料，例如，用於上述電性質。第二致動電極902經定位於反射元件1314之反射表面1301上，使得第二致動電極902不處於MEMS裝置1400之光徑中，因此其可包含不透明導電材料。因此，MEMS裝置1400能夠有快速的回應時間及低電力消耗。

在某些實施例中，一MEMS裝置包含一處於可變形層1302與反射元件1314之間的致動電極902及一第二致動電極。如上所述，可移動元件係回應於施加至可變形層1302與反射元件1314之間的致動電極902之電壓而大體在一第一方向上移動。可移動元件進一步回應於施加至第二致動電極之電壓而藉由大體在一大體上與第一方向相反之第二方向上移動。MEMS裝置因此能夠穩定地產生至少三個色彩：在鬆弛狀態下之第一色彩、在第一方向上的在致動狀

態下之第二色彩及在第二方向上的在致動狀態下之第三色彩。在一些實施例中，在可移動元件1440上之致動電極142可表徵為"第二"致動電極(例如，如在圖14A至圖14C中所說明)。

圖16A說明一包含在基板20上之可移動元件1640之MEMS裝置1600。可移動元件1640包含一可變形層1302及一具有一反射表面1301之反射元件1314。MEMS裝置1600進一步包含一在可變形層1302與反射元件1314之間的致動電極902，且光學堆疊20包含一第二致動電極102。在圖16A中，第二致動電極102形成於基板20上。

圖16B說明在第一致動狀態下的圖16A之MEMS裝置1600之一實施例。可移動元件1640之由第一吸引力作用的第一部分包含可變形層1302，及可移動元件1640之由第二吸引力作用的第二部分包含反射元件1314。可移動元件1640回應於第一及第二吸引力而大體在第一方向上(例如，在大體垂直於基板20之方向上，如由箭頭1620說明)移動。在某些實施例中，在致動狀態下，反射元件1314之上表面接觸MEMS裝置1600之固定部分(例如，致動電極902)(例如，如在圖16B中所說明)。在某些替代實施例中，可變形層1302之上表面接觸MEMS裝置1600之固定部分(例如，在可移動元件1640上之層)。

圖16C說明在第二致動狀態下的圖16A之MEMS裝置1600之一實施例。當將電壓施加至第二致動電極102時，靜電力作用於可移動元件1440上。作為回應，可變形層1302朝

向第二致動電極102。反射元件1314機械耦接至可變形層1302，使得隨著可變形層1302朝向第二致動電極102移動，反射元件1314相對於且朝向第二致動電極102移動一對應的距離。可移動元件1640回應於藉由將電壓施加至第二致動電極102而產生之吸引力而在朝向第二致動電極102之方向(如由箭頭1622指示)上移動。在某些實施例中，在致動狀態下，反射元件1314接觸MEMS裝置1600之固定部分(例如，基板20之頂表面1306)(例如，如在圖16C中所說明)。在某些替代實施例中，可變形層1302之下表面接觸MEMS裝置1600之固定部分(例如，致動電極902)。在某些此等實施例中，在致動狀態下，反射元件1314不接觸基板20之頂表面1306(例如，絕緣層106之頂表面1306或第一反射層104之頂表面1306)。在致動電極902提供使可移動元件1640遠離基板20移動之力的實施例中，第二致動電極102經組態使得當將電壓施加至第二致動電極102時，可移動元件1640朝向基板20移動。

包含第一及第二致動電極的MEMS裝置之其他實施例亦係可能的。舉例而言，MEMS裝置可包含在包含一可變形層1302及一反射元件1314之可移動元件上之一第一致動電極142及在可移動元件下之一第二致動電極102。另外，雖然未在圖14A、圖15A及圖16A中描繪，但MEMS裝置之某些部分可與某些其他部分電通信。舉例而言，反射元件1314及/或可變形層1302可與第一反射層104電通信。

圖17A至圖17H說明製造圖13A之MEMS裝置1300之一方

法的一實例實施例。圖 17A 中說明之 MEMS 結構 1700 包括一基板 20(例如，包含玻璃、塑膠)、一第一反射層 104(例如，包含鉻)、一可選絕緣層 106(例如，包含  $\text{SiO}_2$  及 / 或  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、一第一犧牲層 1702 及一具有一反射表面 1301 之反射元件 1314(例如，包含鋁)。如上所論述，在一些實施例中，可省略絕緣層 106。在一些實施例中，在鬆弛狀態下，第一犧牲層 1702 之厚度影響 MEMS 裝置 1300 之色彩。

在某些實施例中，一或多個孔隙 1704 經形成穿過反射元件 1314 以允許第一犧牲層 1702 之較容易的蝕刻。反射元件 1314 與基板 20 之頂表面 1306 之間的距離量與反射元件 1314 與基板 20 之頂表面 1306 之間的空腔中之流體(例如，空氣)之量成比例。在反射元件 1314 不接觸基板 20 之頂表面 1306 的 MEMS 裝置 1300 之某些實施例中，反射元件 1314 與基板 20 之頂表面 1306 之間的距離變得很小。舉例而言，在可產生高反射率寬頻白(例如，因為距離小於約  $100 \text{ \AA}$ )之實施例中，距離通常小。在移動(例如，鬆弛)期間，某些此等小距離可影響在反射元件 1314 周圍的流體(例如，空氣)之流動，因為一些流體可能不具有足夠的空間來在反射元件 1314 之側周圍移動且可替代地可變得在反射元件 1314 與基板 20 之頂表面 1306 之間經壓縮。在某些實施例中，在移動(例如，鬆弛)期間，反射元件 1314 中之孔隙 1704 為佔據反射元件 1314 與基板 20 之頂表面 1306 之間的空腔之流體提供額外路徑以自反射元件 1314 下流動至反射元件 1314 上。因此，至少一孔隙 1704 可增加 MEMS 裝置 1300 之速度。然

而，反射元件 1314 之包含該至少一孔隙 1704 的部分不反射，此減小了 MEMS 裝置 1300 之填充因數。

在反射元件 1314 不接觸基板 20 之頂表面 1306 之實施例中，反射元件 1314 之反射表面 1301 較佳地大體上平滑且平坦，例如，以增加色域。在一些實施例中，藉由在平滑且平坦之第一犧牲層 1702 (例如，包含光阻劑) 上形成反射元件 1314 或藉由在反射元件 1314 之形成前拋光第一犧牲層 1702 (例如，包含鉬)，使反射表面 1301 大體上平滑且平坦。在反射元件 1314 接觸基板 20 之頂表面 1306 (例如，100 nm 厚絕緣層 106 之頂表面 1306 以產生黑，或第一反射層 104 之頂表面 1306 以產生寬頻白) 的實施例中，反射元件 1314 之反射表面 1301 亦可平滑且平坦，但在此等實施例中考慮靜摩擦之可能效應 (例如，藉由添加絕緣或導電性凸塊)。

在某些實施例中，藉由將第一犧牲層 1702 用作第一層 1308 且將用於反射元件 1314 之材料用作反射層 1309，形成黑光罩 1310。在某些替代實施例中，使用一或多個其他層形成黑光罩 1310。在一些實施例中，MEMS 裝置不包含黑光罩。

圖 17B 說明在第二犧牲層 1706 (例如，包含鉬) 已形成於反射元件 1314 上後的圖 17A 之 MEMS 結構 1700。第二犧牲層 1706 將反射元件 1314 與可變形層 1302 相間隔開。第二犧牲層 1706 可包含與第一犧牲層 1702 相同的材料或與第一犧牲層 1702 不同的材料。在一些實施例中，第二犧牲層 1706 之形成可形成穿過第二犧牲層 1706 之孔隙 1710。在一絕緣

或其他層已形成於反射元件1314之上表面上之實施例中，孔隙1710可允許在無額外圖案化步驟之情況下移除此等層。

圖17C說明在已形成支撐結構18後的圖17B之MEMS裝置1700。在包含一黑光罩1310之實施例中，支撐結構18可形成於黑光罩1310周圍以與導電層1309絕緣。在某些替代實施例中，在第二犧牲層1706前形成支撐結構18。

圖17D說明在一連接元件1319已形成於第二犧牲層1706上且至少部分在孔隙1710中後的圖17C之MEMS裝置1700。連接元件1319經由孔隙1710機械耦接至反射元件1314。在某些替代實施例中，在連接元件1319後形成支撐結構18。

圖17E說明在一可變形層1302(例如，包含鎳)已形成於支撐結構18、連接元件1319及第二犧牲層1706上後的圖17D之MEMS結構1700。可變形層1302由連接元件1318經由連接元件1319機械耦接至反射元件1314。在某些實施例中，一或多個孔隙1303經形成穿過可變形層1302以允許第二犧牲層1706之較容易的蝕刻。

圖17F說明在第三犧牲層1708(例如，包含鉬)已形成於可變形層1302上後的圖17E之MEMS結構1700。第三犧牲層1708將可變形層1302與致動電極142相間隔開。第三犧牲層1708可包含與第一犧牲層1702及第二犧牲層1706中之一或兩者相同的材料或與第一犧牲層1702及第二犧牲層1706中之一或兩者不同的材料。在某些實施例中，在致動

狀態下，第二犧牲層 1706 及第三犧牲層 1708 之厚度影響 MEMS 裝置 1300 之色彩。

圖 17G 說明在支撐結構 18a 在可變形層 1302 上、絕緣層 144a 在第三犧牲層 1708 上及致動電極 142 在絕緣層 144a 上之形成後的圖 17F 之 MEMS 結構 1700。在一些替代實施例中，在第三犧牲層 1708 前形成支撐結構 18a。在某些實施例中，在形成絕緣層 144a (例如，藉由沈積  $\text{SiO}_2$  且圖案化  $\text{SiO}_2$ ) 的同時形成支撐結構 18a。在一些實施例中，致動電極 142 及絕緣層 144a 包含至少一孔隙 1316 以允許第三犧牲層 1708 之較容易的蝕刻。

圖 17H 說明在已移除了第一犧牲層 1702、第二犧牲層 1706 及第三犧牲層 1708 後的圖 17G 之 MEMS 結構 1700，其產生圖 13A 之 MEMS 裝置 1300。在犧牲層 1702、1706、1708 每一者包含鉬之實施例中，可 (例如) 藉由用  $\text{XeF}_2$  蝕刻將其移除。在一犧牲層包含光阻劑之實施例中，可 (例如) 藉由灰化 (例如，藉由用  $\text{O}_2$  及 / 或  $\text{H}_2\text{O}$  蝕刻) 來將其移除。圖 17A 中說明之孔隙 1704 幫助蝕刻劑移除在反射元件 1314 下之第一犧牲層 1702。圖 17E 中說明之孔隙 1303 幫助蝕刻劑移除在可變形層 1302 下之第二犧牲層 1706。圖 17G 中說明之孔隙 1316 幫助蝕刻劑移除在致動電極 142 下之第三犧牲層 1708。在移除了該等犧牲層後，可移動元件 1340 可回應於施加至致動電極 142 之電壓而移動。

圖 18A 至圖 18G 說明製造圖 14A 之 MEMS 裝置 1400 之一方法的一實例實施例。圖 18A 說明在第二致動電極 902 在第二

犧牲層 1706 上形成後的圖 17B 之 MEMS 結構 1700。如上所述，第二致動電極 902 可包含多層堆疊。在此等實施例中，第二致動電極 902 之形成可包含一系列圖案化步驟(例如，對於多層堆疊中之每一層，沈積、光罩形成、蝕刻及光罩移除)或包含多個蝕刻之一單一圖案化步驟(例如，多層堆疊中之每一層之沈積、光罩形成、多層堆疊中之每一層之蝕刻、光罩移除)。其他序列亦係可能的(例如，多層堆疊中之每一層之沈積、光罩形成、多層堆疊中之頂層之蝕刻及將一或多個上層用作一或多個下層之光罩)。多層堆疊之層的厚度可變化，但所得第二致動電極 902 較佳地足夠剛性，使得其大體上不變形。

在可移動元件 1440 經組態以在將電壓施加至第二致動電極 902 後朝向基板 20 移動之實施例中，一絕緣層 1554 可形成於第二致動電極 902 之導電部分 1552 之頂部上，在該處，進行與可變形層 1302 之下表面的接觸(例如，如在圖 15A 及圖 15B 中所說明)。在某些此等實施例中，第二致動電極 902 之頂表面可經粗糙化以減少接觸點之數目以便減小與可變形層 1302 之靜摩擦。其他層(例如，抗靜摩擦層)亦可形成於第二致動電極 902 之頂部上。

圖 18B 說明在第三犧牲層 1808(例如，包含鉬)已形成於第二致動電極 902 上後的圖 18A 之 MEMS 結構 1800。第三犧牲層 1808 將第二致動電極 902 與可變形層 1302 相間隔開。第三犧牲層 1808 可包含與第一犧牲層 1702 及第二犧牲層 1706 中之一或兩者相同的材料或與第一犧牲層 1702 及第二

犧牲層 1706 中之一或兩者不同的材料。在一些實施例中，第三犧牲層 1808 之形成可形成穿過第三犧牲層 1808 之孔隙 1810。在一絕緣或其他層已形成於反射元件 1314 之上表面上之實施例中，孔隙 1810 可允許在無額外圖案化步驟之情況下移除此等層。

圖 18C 說明在已形成支撐結構 18 後的圖 18B 之 MEMS 裝置 1800。第二致動電極 902 之一部分較佳地經暴露使得該致動電極 902 可機械耦接至支撐結構 18。在某些實施例中，支撐結構 18 包含第二致動電極 902 之一或多個層(例如，以允許電導引)。

圖 18D 說明在可變形層 1302(例如，包含鎳)已形成於支撐結構 18 及第三犧牲層 1808 上後的圖 18C 之 MEMS 結構 1800。可變形層 1302 由連接元件 1418 機械耦接至反射元件 1314。在某些實施例中，一連接元件可形成於連接元件 1418 與反射元件 1314 之間。

圖 18E 說明在一第四犧牲層 1812(例如，包含鉬)已形成於可變形層 1302 上後的圖 18D 之 MEMS 結構 1800。第四犧牲層 1812 將可變形層 1302 與致動電極 142 相間隔開。第四犧牲層 1812 可包含與第一犧牲層 1702、第二犧牲層 1706、第三犧牲層 1808 中之一或多者相同的材料或與第一犧牲層 1702、第二犧牲層 1706、第三犧牲層 1808 中之一或多者不同的材料。

圖 18F 說明在支撐結構 18a 在可變形層 1302 上、絕緣層 144a 在第四犧牲層 1812 上及致動電極 142 在絕緣層 144a 上

之形成後的圖 18E 之 MEMS 結構 1800。在一些替代實施例中，在第三犧牲層 1808 前形成支撐結構 18a。在一些實施例中，在形成絕緣層 144a(例如，藉由沈積  $\text{SiO}_2$  且圖案化  $\text{SiO}_2$ ) 的同時形成支撐結構 18a。在一些實施例中，致動電極 142 及絕緣層 144a 包含至少一孔隙 1316 以允許第四犧牲層 1812 之較容易的蝕刻。

圖 18G 說明在已移除了第一犧牲層 1702、第二犧牲層 1706、第三犧牲層 1808 及第四犧牲層 1812 後的圖 18F 之 MEMS 結構 1800，其產生圖 14A 之 MEMS 裝置 1400。在該等犧牲層之移除後，可移動元件 1440 可回應於施加至致動電極 142 及第二致動電極 902 之電壓而移動。

圖 19A 至圖 19D 說明製造圖 16A 之 MEMS 裝置 1600 之一方法的一實例實施例。圖 19A 說明在已形成支撐結構 18 後的圖 18A 之 MEMS 結構 1800，但孔隙 1710 尚未形成於第二犧牲層 1706 中。

在可移動元件 1640 經組態以在將電壓施加至致動電極 902 後遠離基板 20 移動之實施例中，一絕緣層 1554 可形成於致動電極 902 之導電部分 1552 之底部上，在此處，進行與反射元件 914 之上表面的接觸。在某些此等實施例中，致動電極 902 之底表面可經粗糙化以減少接觸點之數目，以便減小與反射元件 914 之靜摩擦。其他層(例如，抗靜摩擦層)亦可形成於致動電極 902 之底部上。

圖 19B 說明在第三犧牲層 1808(例如，包含鉬)已形成於致動電極 902 上後的圖 19A 之 MEMS 結構 1900。第三犧牲層

1808將第二致動電極902與可變形層1302相間隔開。第三犧牲層1808可包含與第一犧牲層1702及第二犧牲層1706中之一或兩者相同的材料或與第一犧牲層1702及第二犧牲層1706中之一或兩者不同的材料。在一些實施例中，第三犧牲層1808之形成可形成穿過第二犧牲層1706及第三犧牲層1808之孔隙1810。在一絕緣或其他層已形成於反射元件1314之上表面上之實施例中，孔隙1810可允許在無額外圖案化步驟之情況下移除此等層。在一些替代實施例中，在第三犧牲層1808前形成支撐結構18a。

圖19C說明在可變形層1302(例如，包含鎳)已形成於支撐結構18及第三犧牲層1808上後的圖19C之MEMS結構1900。可變形層1302由連接元件1418機械耦接至反射元件1314。

圖19D說明在已移除了第一犧牲層1702、第二犧牲層1706及第三犧牲層1808後的圖19C之MEMS結構1900，其產生圖16A之MEMS裝置1600。在該等犧牲層之移除後，可移動元件1640可回應於施加至致動電極902及第二致動電極102之電壓而移動。

雖然以上詳細描述已展示、描述且指出了本發明適用於各種實施例之新穎特徵，但應理解，熟習此項技術者可在並不脫離本發明之精神的情況下對所說明之裝置或過程的形式及細節進行各種省略、替代及改變。如將認識到，可在並不提供本文中所闡明之所有特徵及益處的形式內體現本發明，因為一些特徵可與其他特徵相分離地使用或實

踐。本發明之範疇由隨附之申請專利範圍而非前文之描述指示。屬於該等申請專利範圍之均等物之意義及範圍內的所有改變待包含於其範疇內。

### 【圖式簡單說明】

圖1為描繪一干涉調變器顯示器之一實施例之一部分的等角視圖，其中第一干涉調變器之可移動反射層處於釋放位置，且第二干涉調變器之可移動反射層處於致動位置。

圖2為說明併有一 $3\times 3$ 干涉調變器顯示器之電子裝置之一實施例的系統方塊圖。

圖3為對於圖1之干涉調變器之一例示性實施例的可移動鏡位置對施加之電壓的關係圖。

圖4為一組可用以驅動一干涉調變器顯示器之列電壓及行電壓的說明。

圖5A說明圖2之 $3\times 3$ 干涉調變器顯示器中之顯示資料之一例示性圖框。

圖5B說明可用以寫入圖5A之圖框之列及行信號之一例示性時序圖。

圖6A及圖6B為說明一包含複數個干涉調變器之視覺顯示裝置之實施例的系統方塊圖。

圖7A為圖1之裝置之橫截面。

圖7B為一干涉調變器之一替代實施例之橫截面。

圖7C為一干涉調變器之另一替代實施例之橫截面。

圖7D為一干涉調變器之又一替代實施例之橫截面。

圖7E為一干涉調變器之一額外替代實施例之橫截面。

圖 8 為說明產生之光之頻譜特性的一實例干涉調變器之側橫截面圖。

圖 9 為若干實例干涉調變器之鏡的反射率對波長之關係圖說明。

圖 10 為說明可由包括紅、綠及藍干涉調變器之實例集合的彩色顯示器產生的色彩之色度圖。

圖 11 為一實例多狀態干涉調變器之側橫截面圖。

圖 12A 至圖 12C 為另一實例多狀態干涉調變器之側橫截面圖。

圖 13A 為具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置之一實例實施例之橫截面圖。

圖 13B 為在致動狀態下的圖 13A 之 MEMS 裝置之橫截面圖。

圖 13C 為具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置之另一實例實施例之橫截面圖。

圖 14A 為具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置之又一實例實施例之橫截面圖。

圖 14B 及圖 14C 為在致動狀態下的圖 14A 之 MEMS 裝置之橫截面圖。

圖 15A 及圖 15B 為具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置的致動電極之實施例之放大橫截面圖。

圖 16A 為具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置之再一實例實施例之橫截面圖。

圖 16B 及圖 16C 為在致動狀態下的圖 16A 之 MEMS 裝置之橫截面圖。

圖 17A 至圖 17H 示意性說明用於形成具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置的一實施例之一系列實例處理步驟。

圖 18A 至圖 18G 示意性說明用於形成具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置的另一實施例之一系列實例處理步驟。

圖 19A 至圖 19D 示意性說明用於形成具有與電氣功能及機械功能分離的光學功能之 MEMS 裝置的又一實施例之一系列實例處理步驟。

**【主要元件符號說明】**

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| 12  | 干涉調變器/顯示元件                   |
| 12a | 干涉調變器/像素                     |
| 12b | 干涉調變器/像素                     |
| 14  | 可移動反射層/金屬材料條帶/可移動反射材料/鏡/可移動鏡 |
| 14a | 可移動反射層/可變形金屬層                |
| 14b | 可移動反射層/可變形金屬層                |
| 16  | 光學堆疊                         |
| 16a | 光學堆疊                         |
| 16b | 光學堆疊                         |
| 18  | 柱/支撐件/支撐結構                   |
| 18a | 柱/支撐元件/支撐結構                  |

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| 19  | 間 隙 / 空 腔             |
| 20  | 基 板                   |
| 21  | 處 理 器                 |
| 22  | 陣 列 驅 動 器             |
| 24  | 列 驅 動 器 電 路           |
| 26  | 行 驅 動 器 電 路           |
| 27  | 網 路 介 面               |
| 28  | 圖 框 緩 衝 器             |
| 29  | 驅 動 器 控 制 器           |
| 30  | 顯 示 陣 列 或 面 板 / 顯 示 器 |
| 32  | 繫 栓                   |
| 34  | 可 變 形 層               |
| 40  | 顯 示 裝 置               |
| 41  | 外 殼                   |
| 42  | 支 撐 柱 插 塞             |
| 43  | 天 線                   |
| 44  | 匯 流 排 結 構             |
| 45  | 揚 聲 器                 |
| 46  | 麥 克 風                 |
| 47  | 收 發 器                 |
| 48  | 輸 入 裝 置               |
| 50  | 電 源                   |
| 52  | 調 節 硬 體               |
| 101 | 觀 看 位 置               |

|      |                                |
|------|--------------------------------|
| 102  | 第二致動電極                         |
| 104  | 部分反射材料/部分反射層                   |
| 106  | 介電層/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層 |
| 111  | 位置/距離                          |
| 112  | 位置/距離                          |
| 113  | 位置/距離                          |
| 114  | 位置/距離                          |
| 115  | 位置/距離                          |
| 116  | 未偏轉位置                          |
| 120  | 點                              |
| 122  | 點                              |
| 124  | 距離                             |
| 126  | 迹線                             |
| 128  | 點                              |
| 130  | 迹線                             |
| 140  | 干涉調變器                          |
| 141  | 觀看位置                           |
| 142  | 電極/導體                          |
| 144  | 介電層                            |
| 144a | 介電層/絕緣層                        |
| 148  | 支撐表面                           |
| 150  | 干涉調變器                          |
| 152  | 陣列控制器                          |
| 154  | 列驅動器                           |

|      |                       |
|------|-----------------------|
| 156  | 行 驅 動 器               |
| 158  | 虛 線                   |
| 159  | 虛 線                   |
| 902  | 第 二 致 動 電 極 / 致 動 電 極 |
| 1300 | MEMS 裝 置              |
| 1301 | 反 射 元 件 之 反 射 表 面     |
| 1302 | 可 變 形 層               |
| 1303 | 孔 隙                   |
| 1305 | MEMS 裝 置              |
| 1306 | 頂 表 面                 |
| 1308 | 第 一 層                 |
| 1309 | 反 射 層 / 導 電 層         |
| 1310 | 黑 光 罩                 |
| 1311 | 區                     |
| 1314 | 反 射 元 件               |
| 1316 | 孔 隙                   |
| 1318 | 連 接 元 件               |
| 1319 | 連 接 元 件               |
| 1320 | 箭 頭                   |
| 1340 | 可 移 動 元 件             |
| 1400 | MEMS 裝 置              |
| 1418 | 連 接 元 件               |
| 1420 | 箭 頭                   |
| 1422 | 箭 頭                   |

|                |               |
|----------------|---------------|
| 1440           | 可移動元件         |
| 1552           | 第一導電層/導電部分    |
| 1554           | 第一絕緣層         |
| 1556           | 第二絕緣層         |
| 1558           | 第二導電層         |
| 1600           | MEMS裝置        |
| 1620           | 箭頭            |
| 1622           | 箭頭            |
| 1640           | 可移動元件         |
| 1700           | MEMS結構/MEMS裝置 |
| 1702           | 第一犧牲層         |
| 1704           | 孔隙            |
| 1706           | 第二犧牲層         |
| 1708           | 第三犧牲層         |
| 1710           | 孔隙            |
| 1800           | MEMS結構/MEMS裝置 |
| 1808           | 第三犧牲層         |
| 1810           | 孔隙            |
| 1812           | 第四犧牲層         |
| 1900           | MEMS結構        |
| D <sub>1</sub> | 距離            |
| D <sub>2</sub> | 距離            |

## 五、中文發明摘要：

本發明提供一種微機電(MEMS)裝置(1300)，其包括一基板(20)、一在該基板(20)上之可移動元件(1340)及一在該可移動元件(1340)上之致動電極(142)。該可移動元件(1340)包括一可變形層(1302)及一反射元件(1314)。該可變形層(1302)與該反射元件(1314)相間隔開。

## 六、英文發明摘要：

A microelectromechanical (MEMS) device (1300) includes a substrate (20), a movable element (1340) over the substrate (20), and an actuation electrode (142) above the movable element (1340). The movable element (1340) includes a deformable layer (1302) and a reflective element (1314). The deformable layer (1302) is spaced from the reflective element (1314).

十一、圖式：

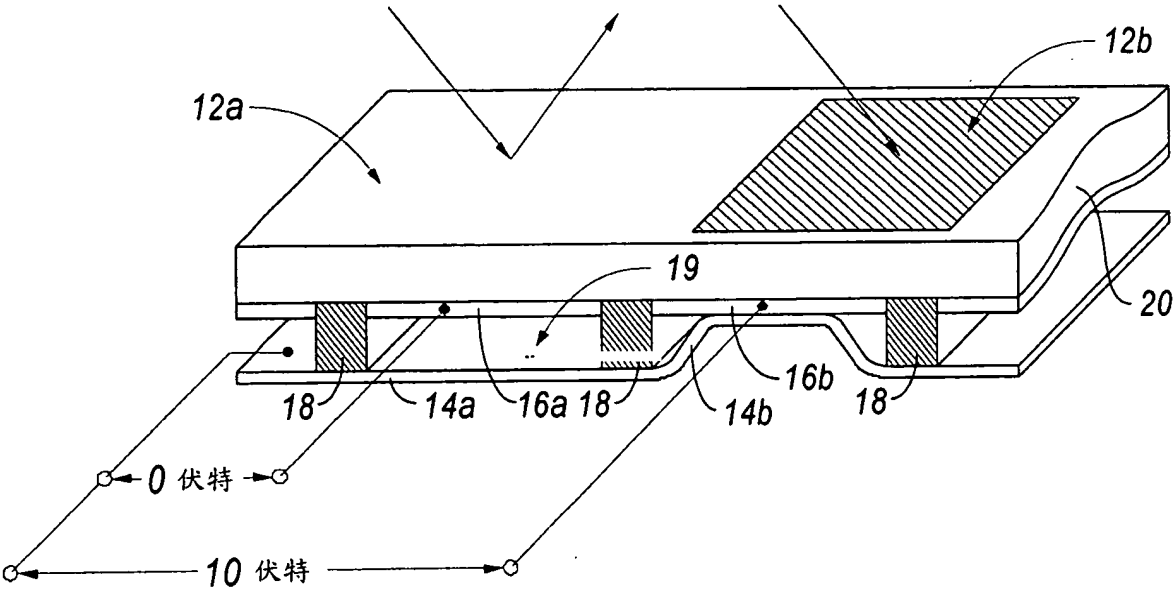


圖1

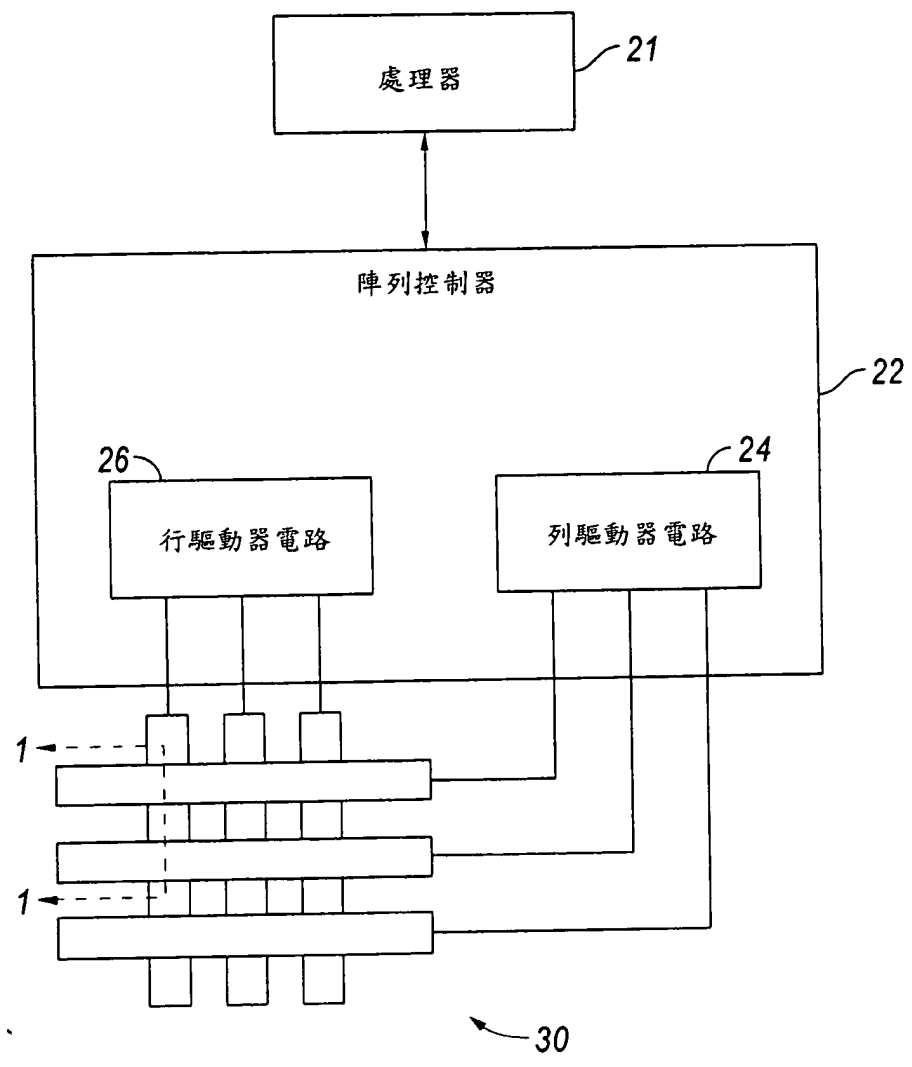


圖2

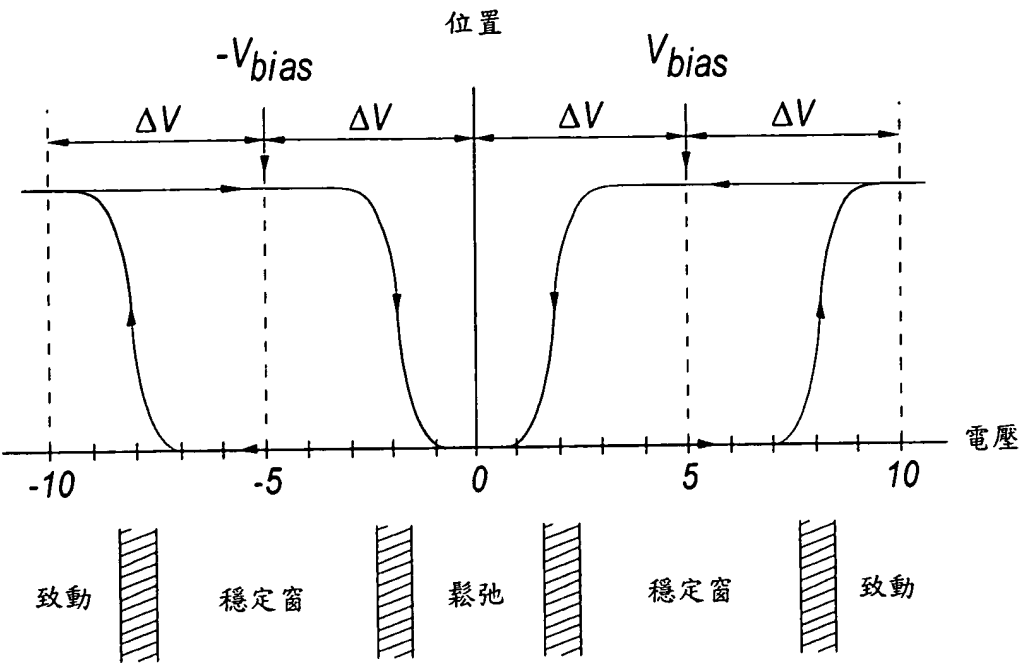


圖3

行輸出信號

|             | $+V_{bias}$ | $-V_{bias}$ |
|-------------|-------------|-------------|
| 0           | 穩定          | 穩定          |
| $+\Delta V$ | 鬆弛          | 致動          |
| $-\Delta V$ | 致動          | 鬆弛          |

列輸出信號

圖4

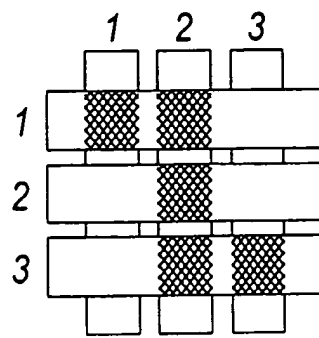


圖 5A

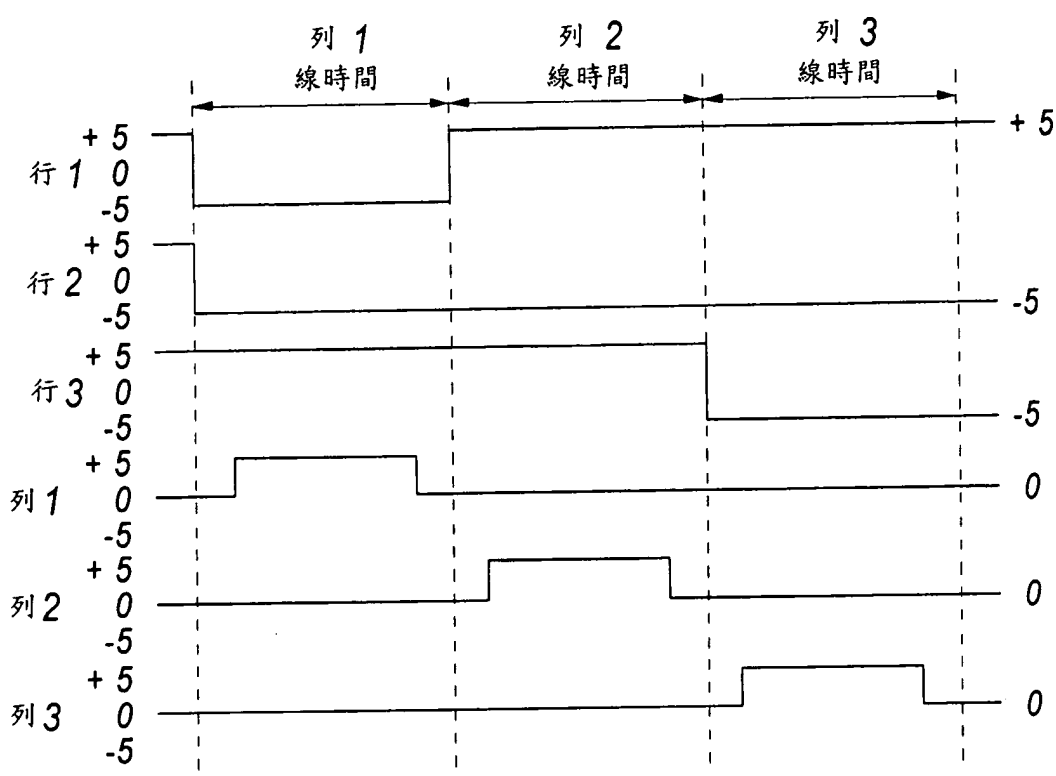


圖 5B

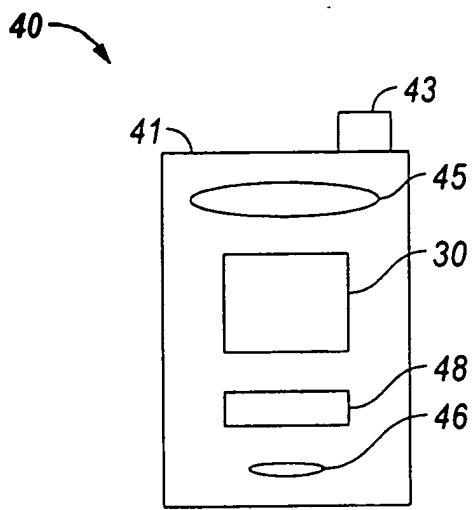


圖 6A

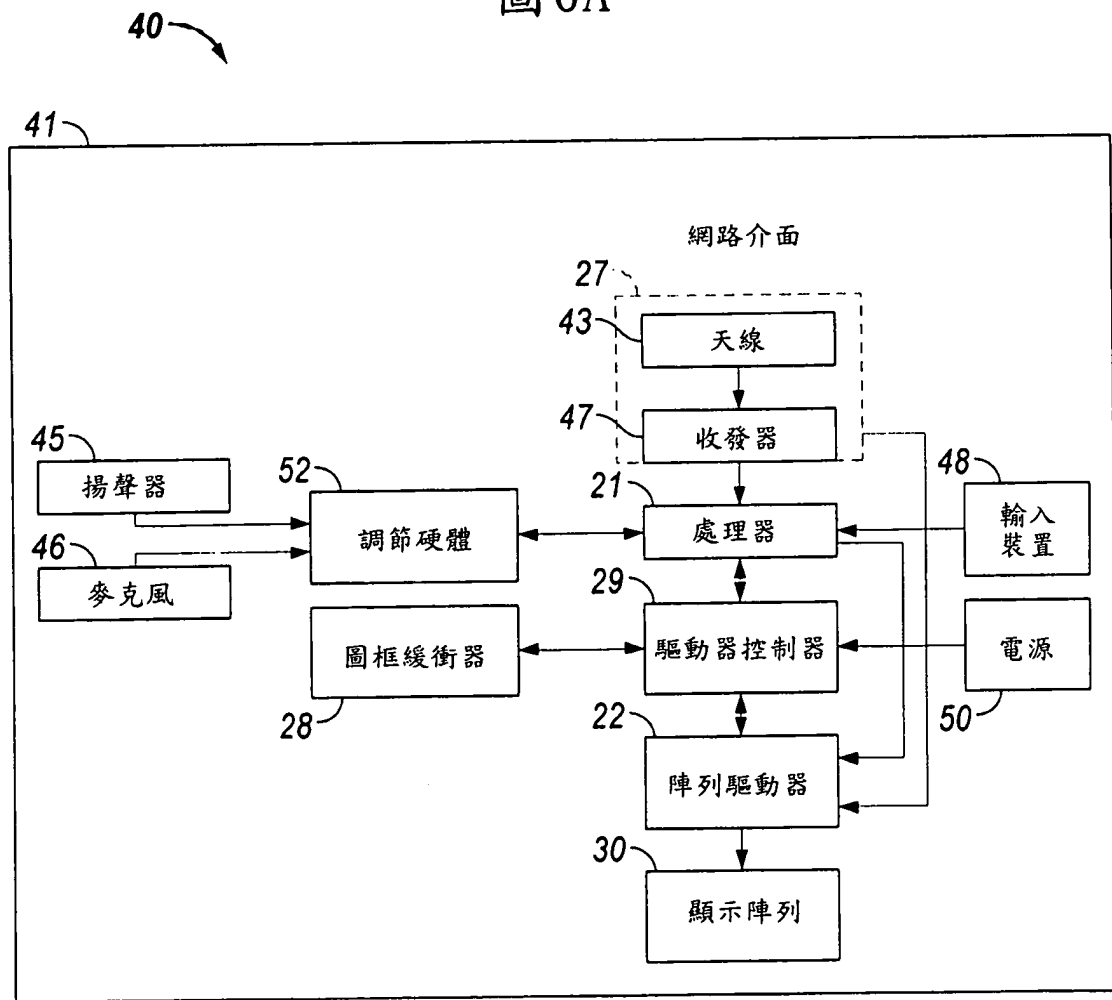


圖 6B

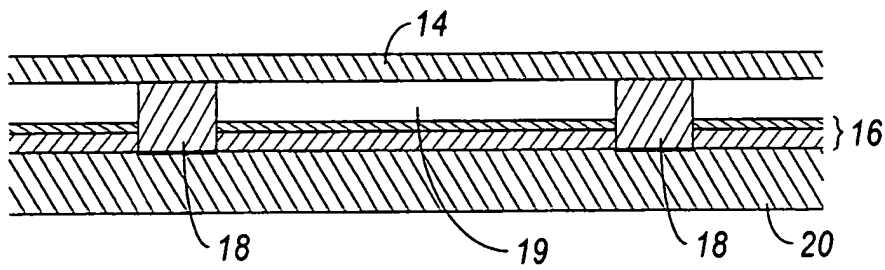


圖 7A

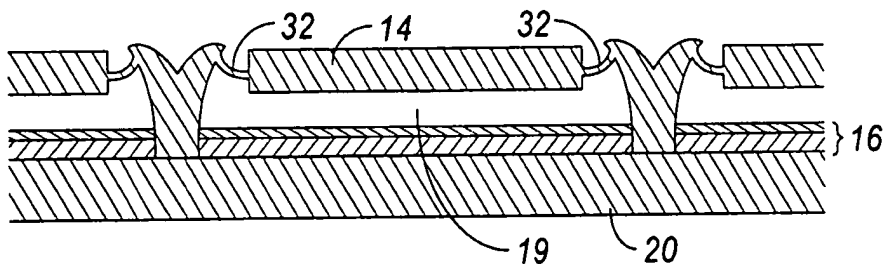


圖 7B

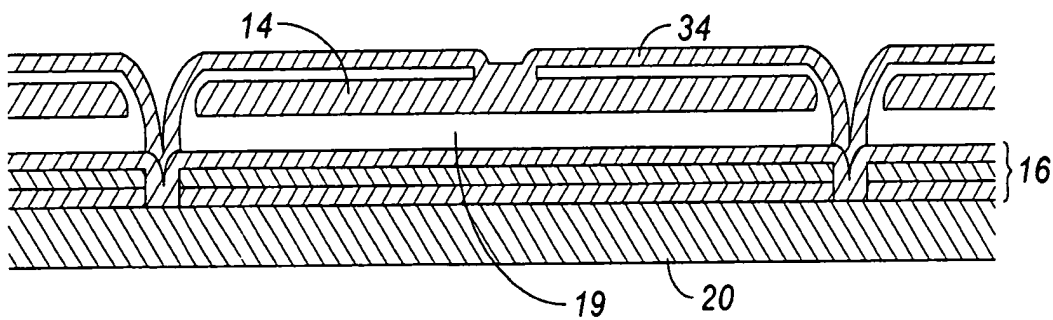


圖 7C

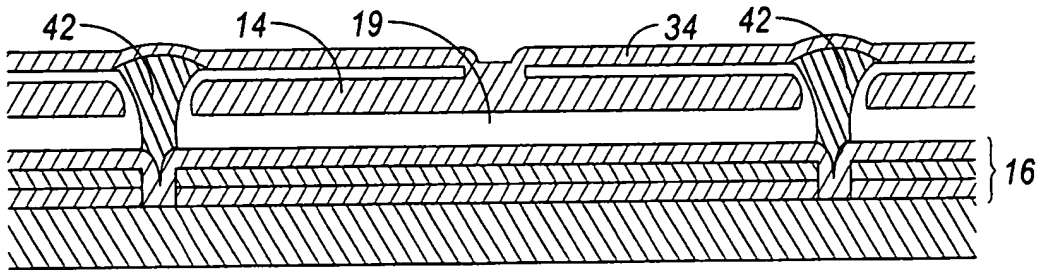


圖 7D

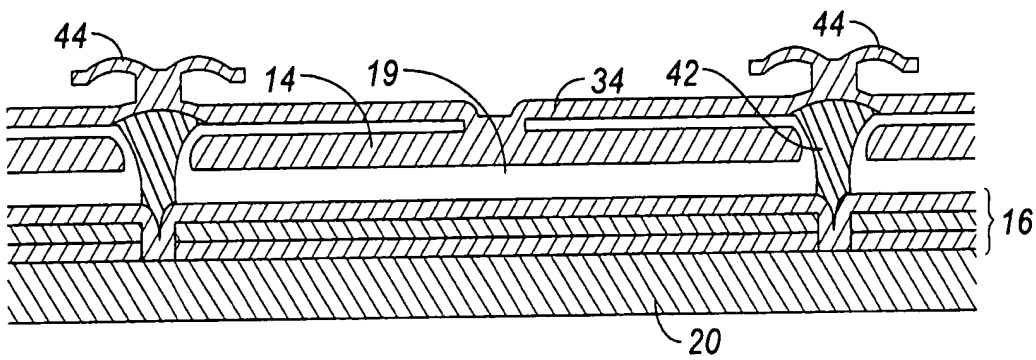


圖 7E

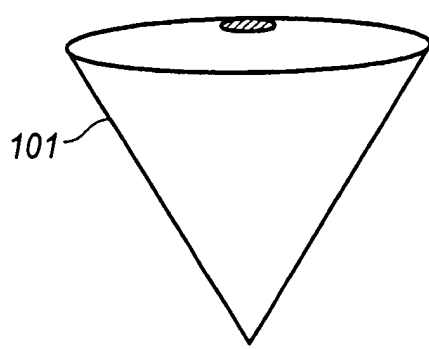
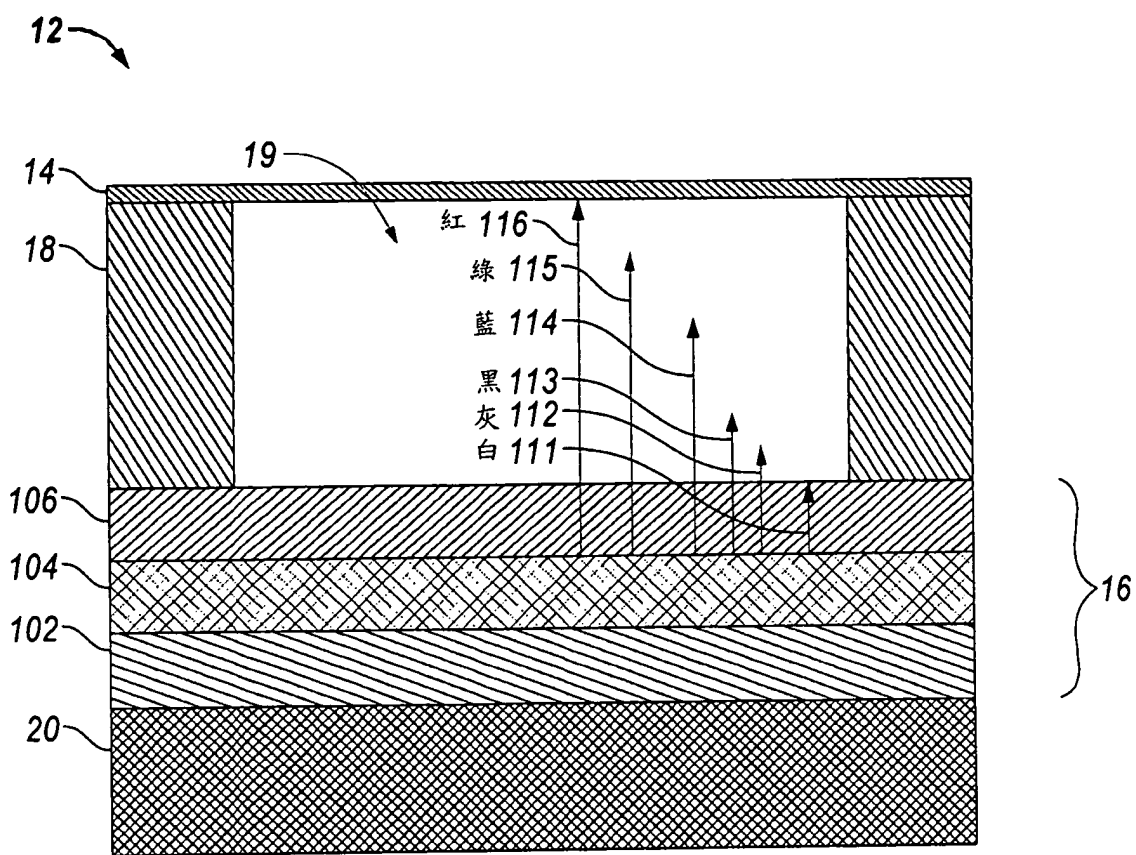


圖 8

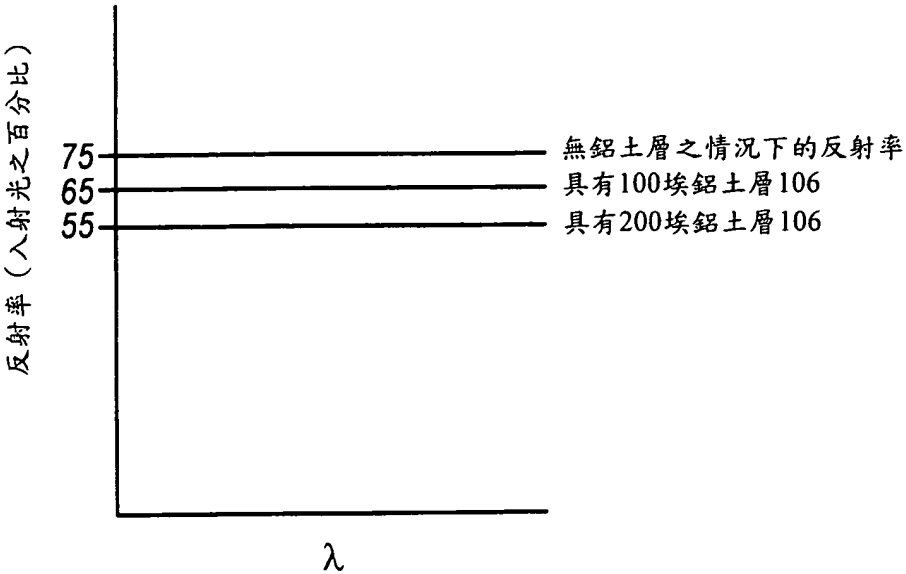


圖9

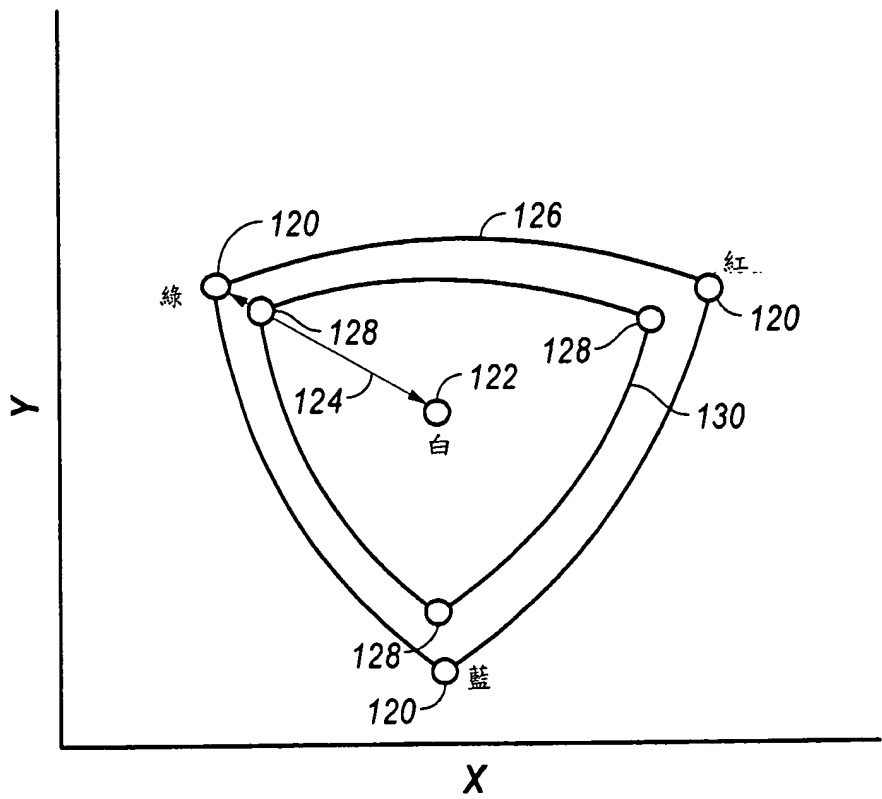


圖10

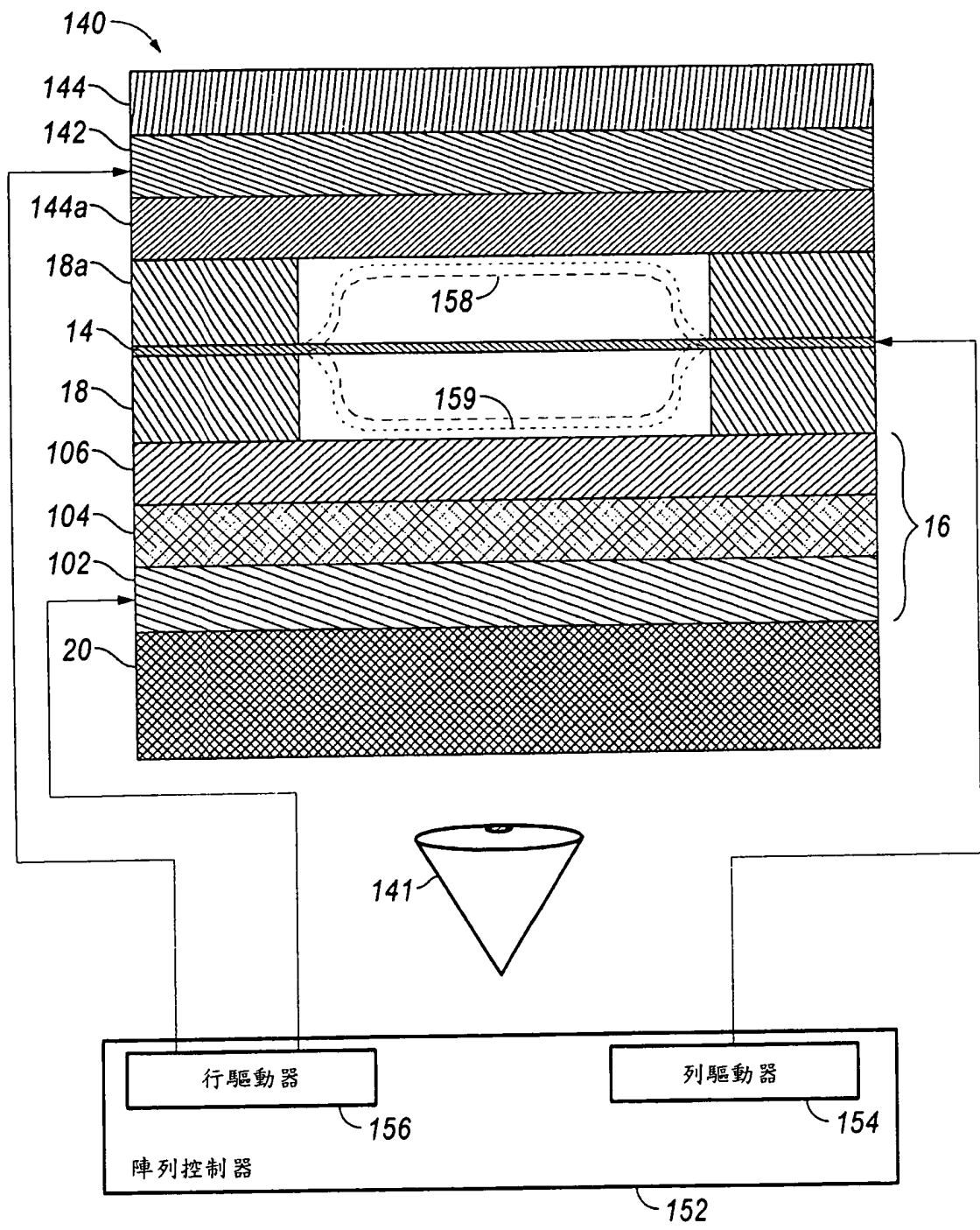


圖11

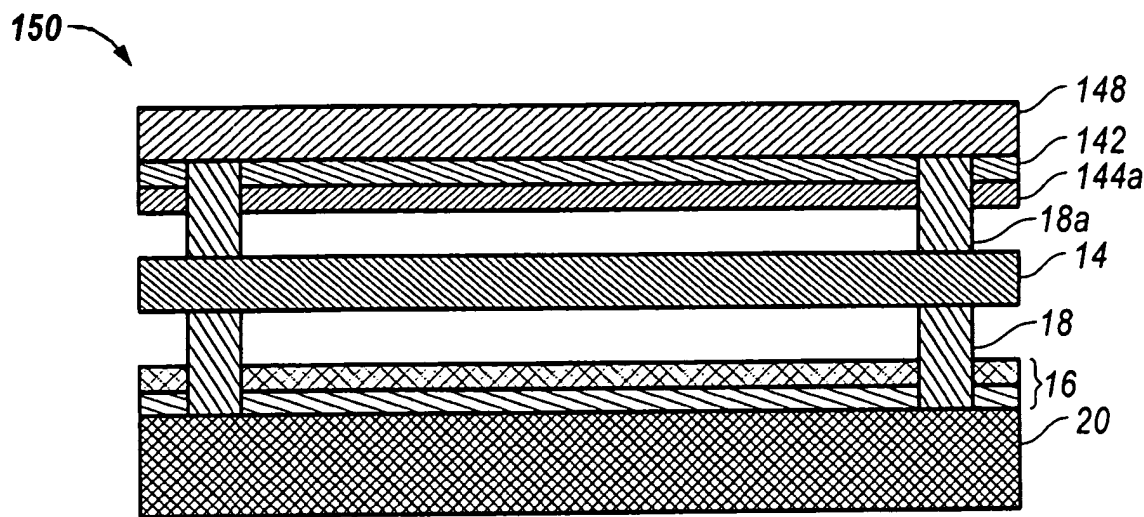


圖 12A

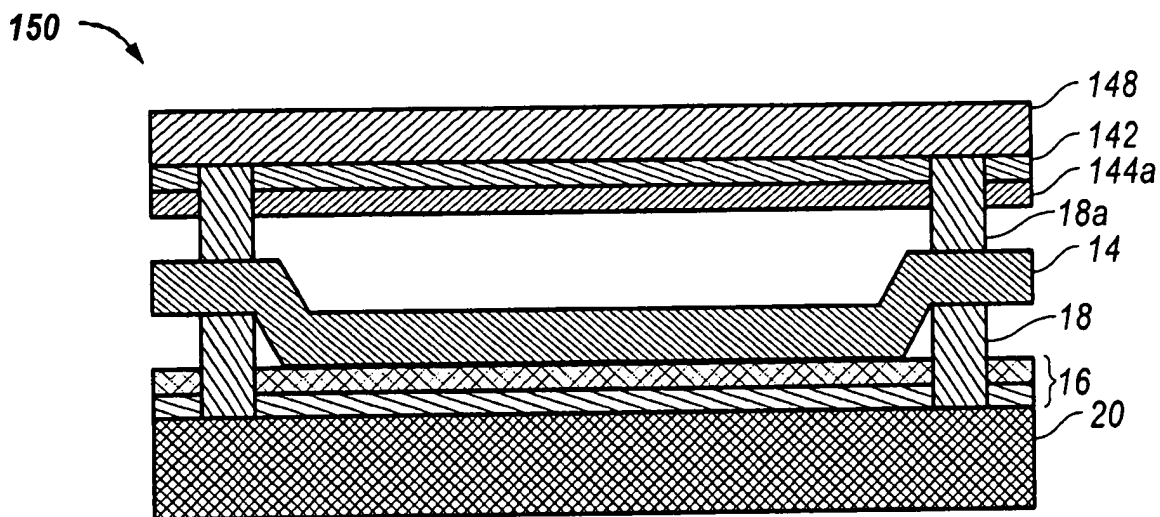


圖 12B

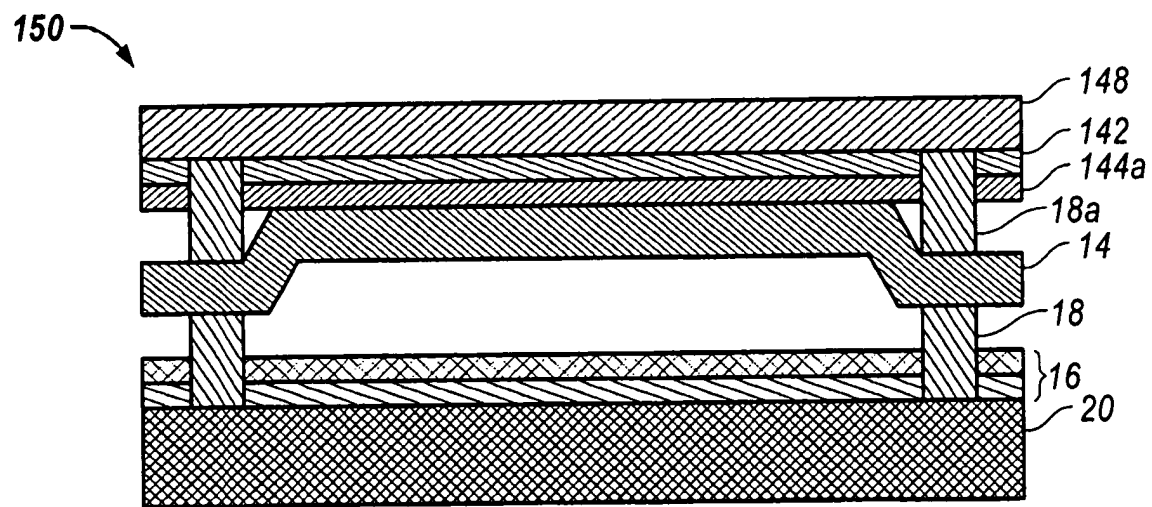


圖 12C

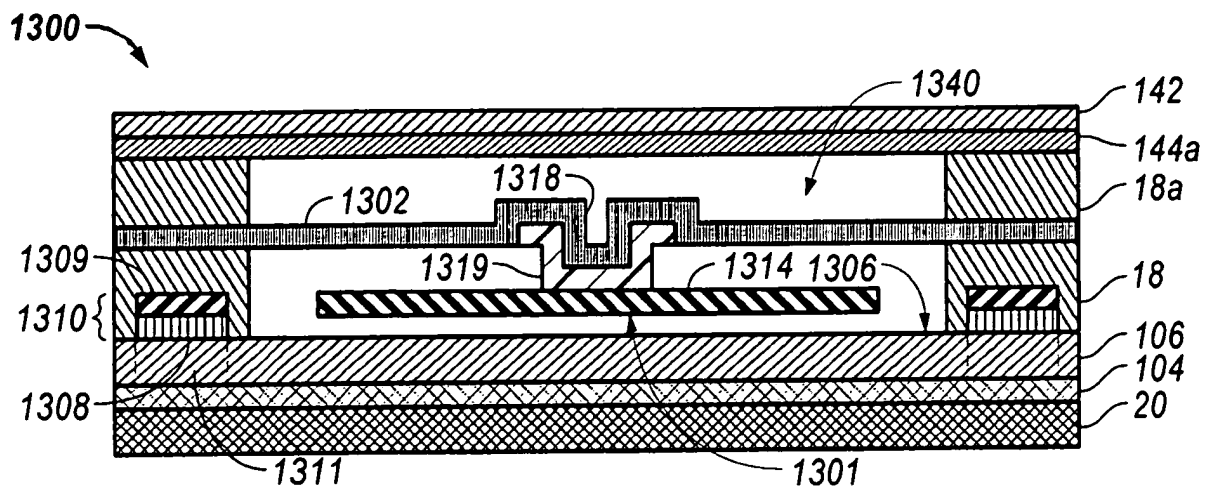


圖13A

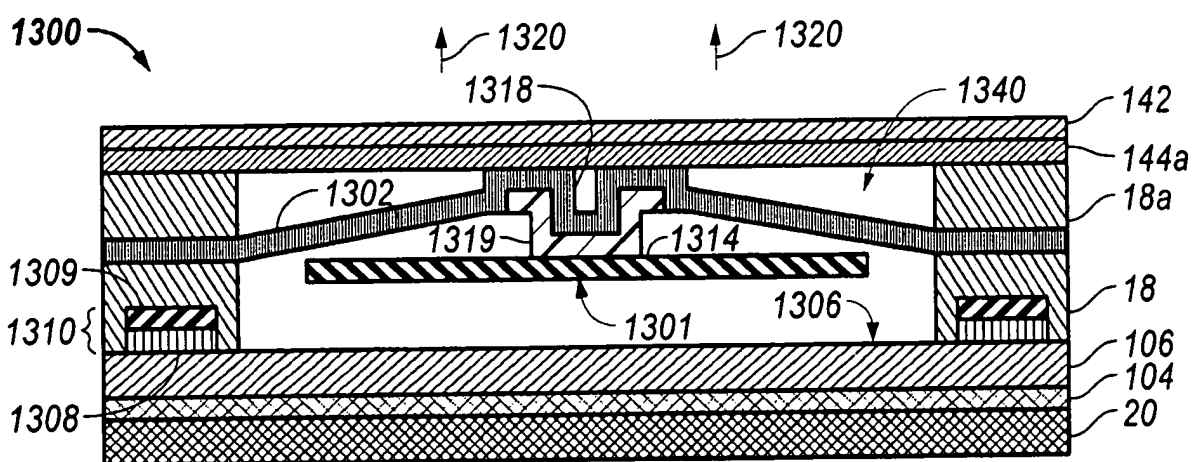


圖13B

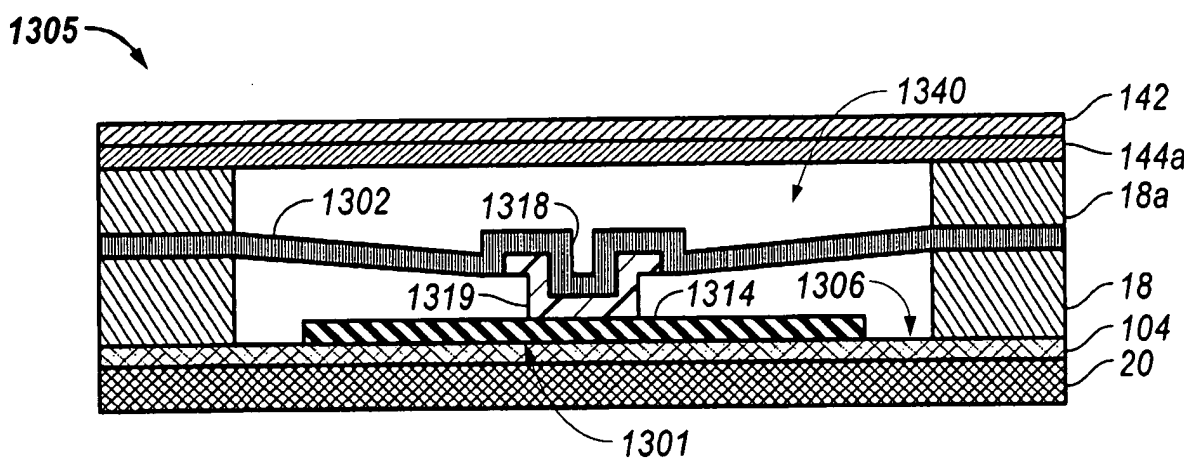


圖13C

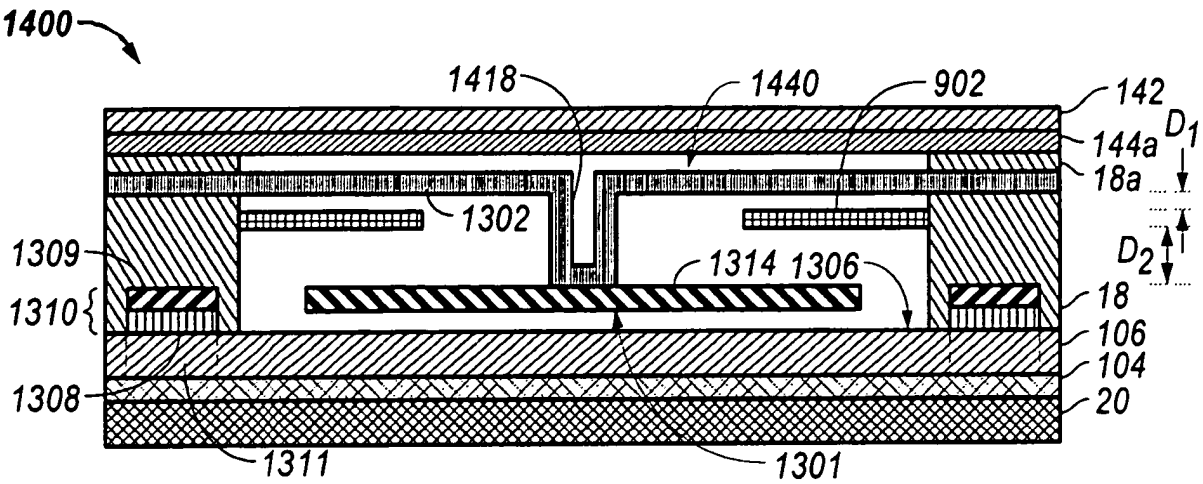


圖 14A

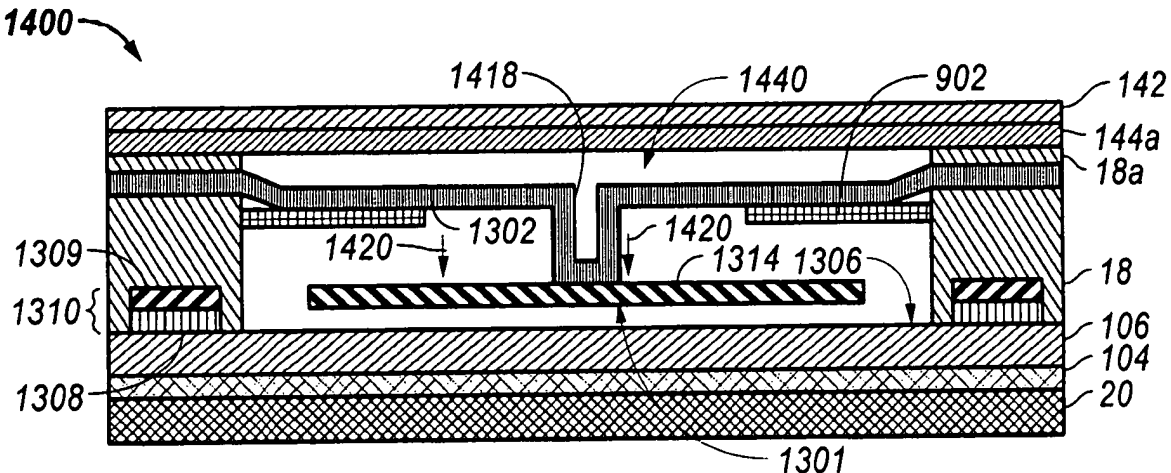


圖 14B

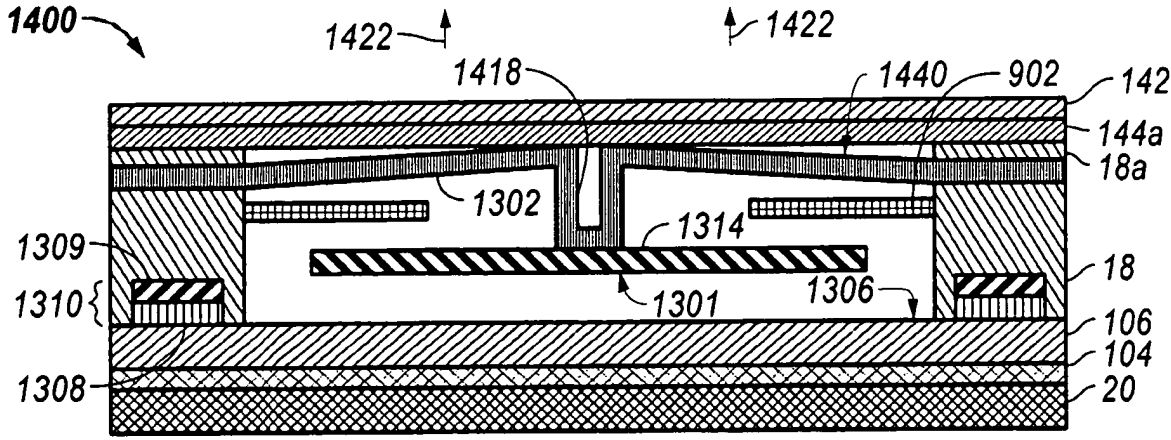


圖 14C

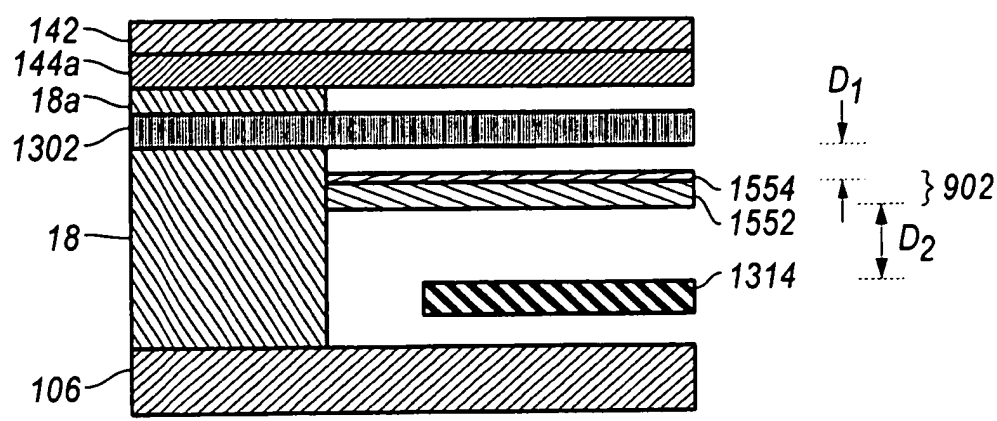


圖 15A

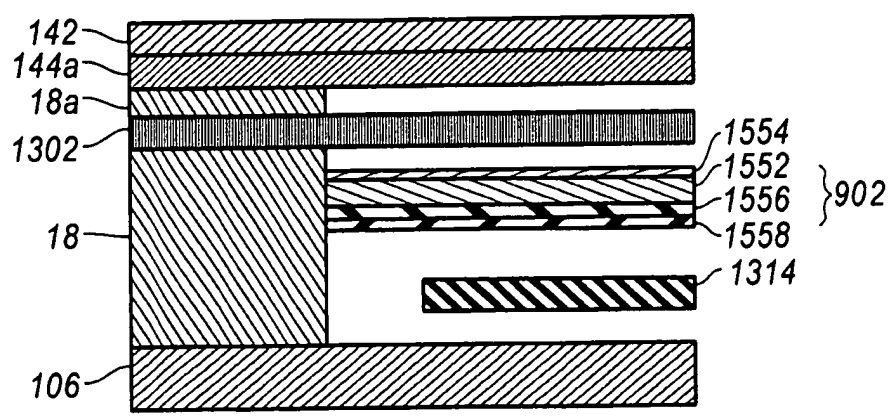


圖 15B

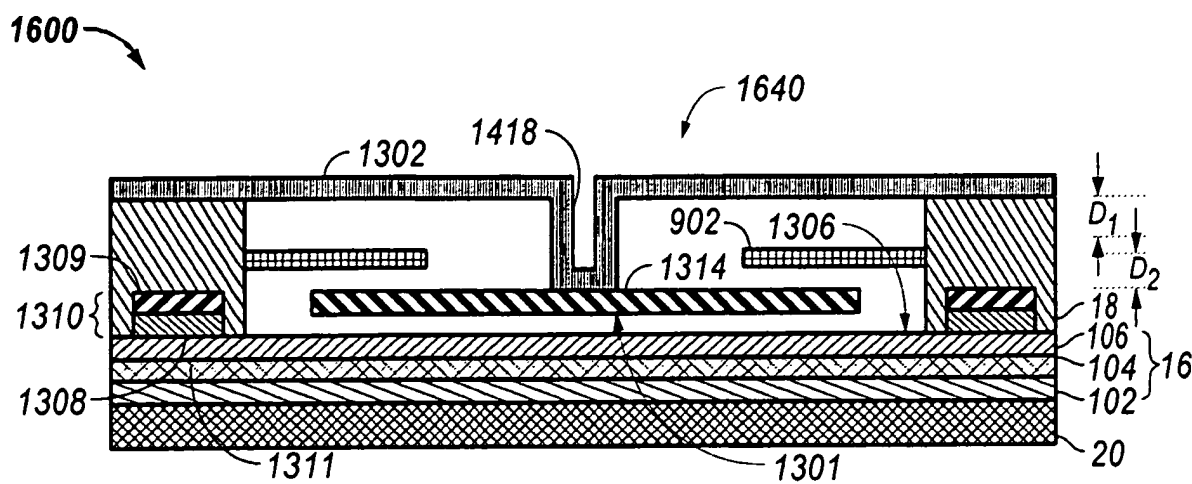


圖 16A

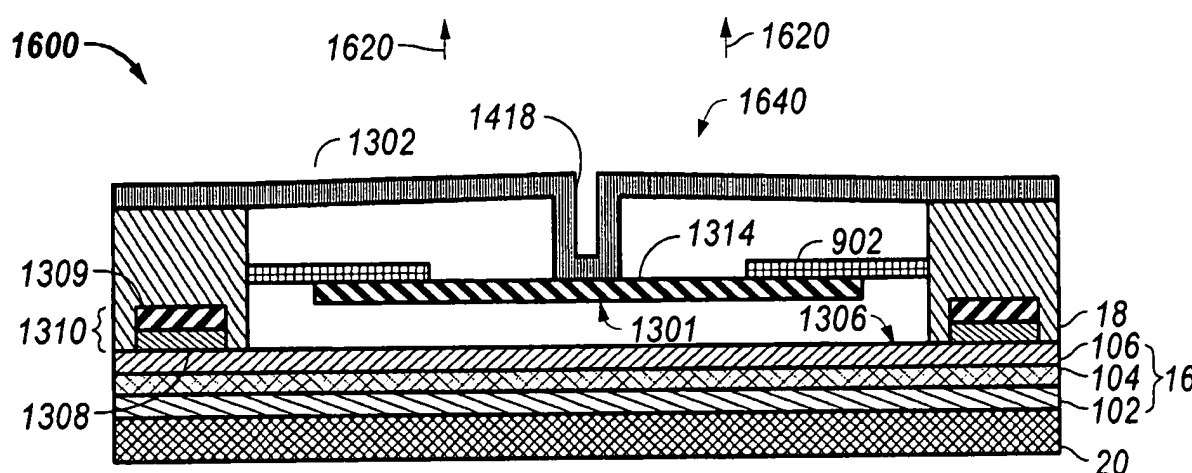


圖 16B

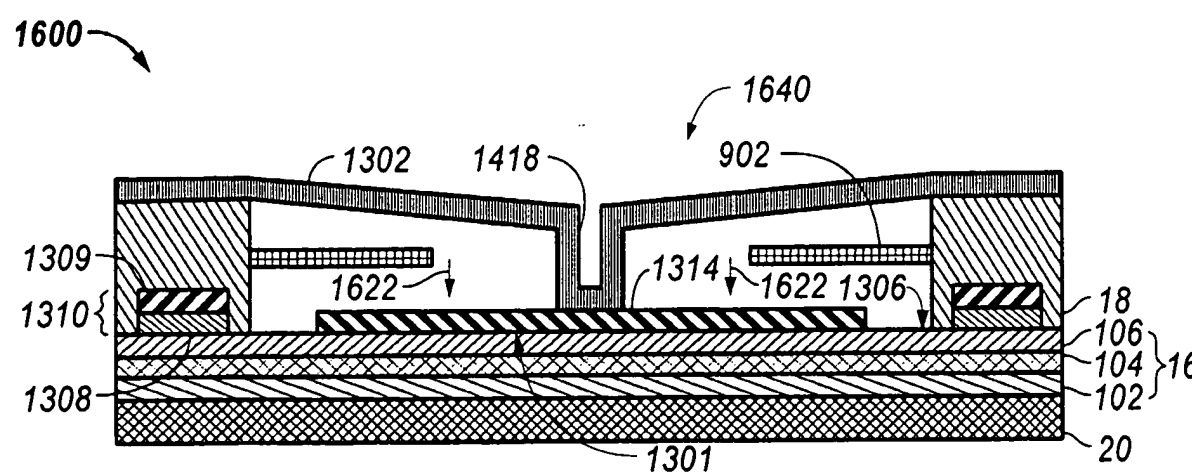


圖 16C

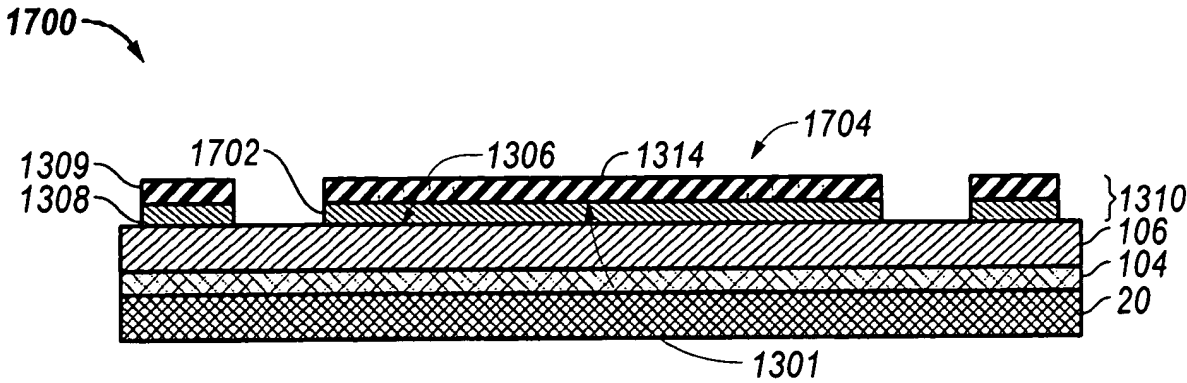


圖 17A

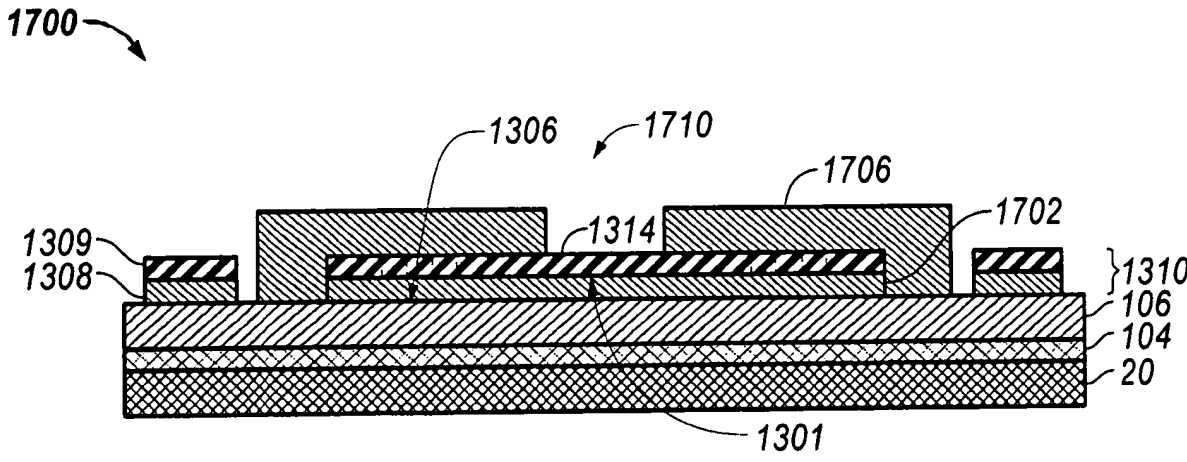


圖 17B

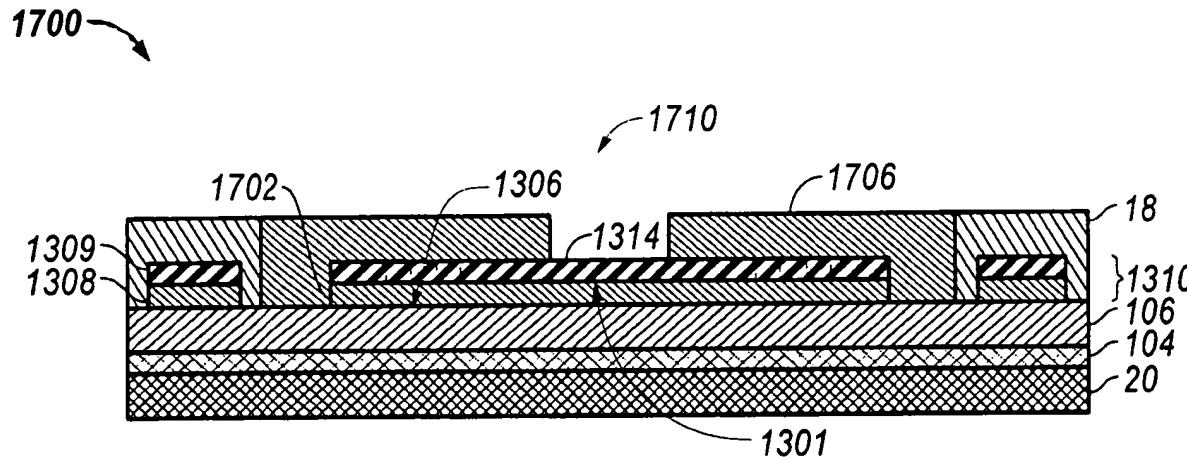


圖 17C

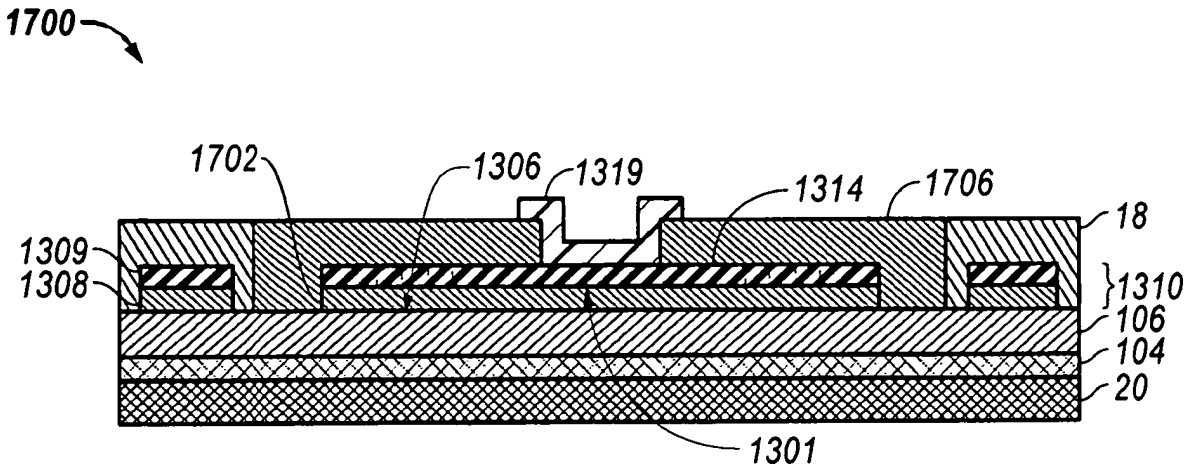


圖 17D

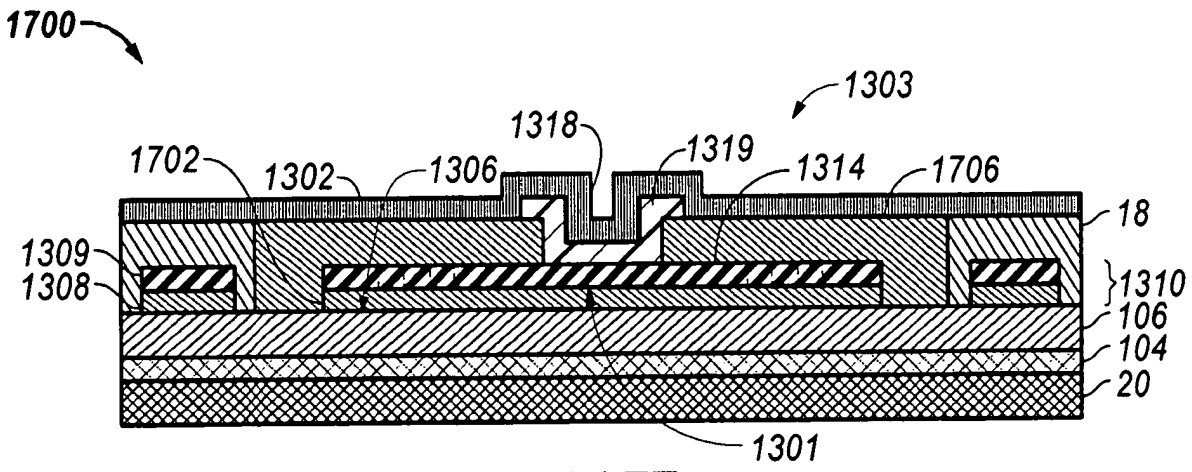


圖 17E

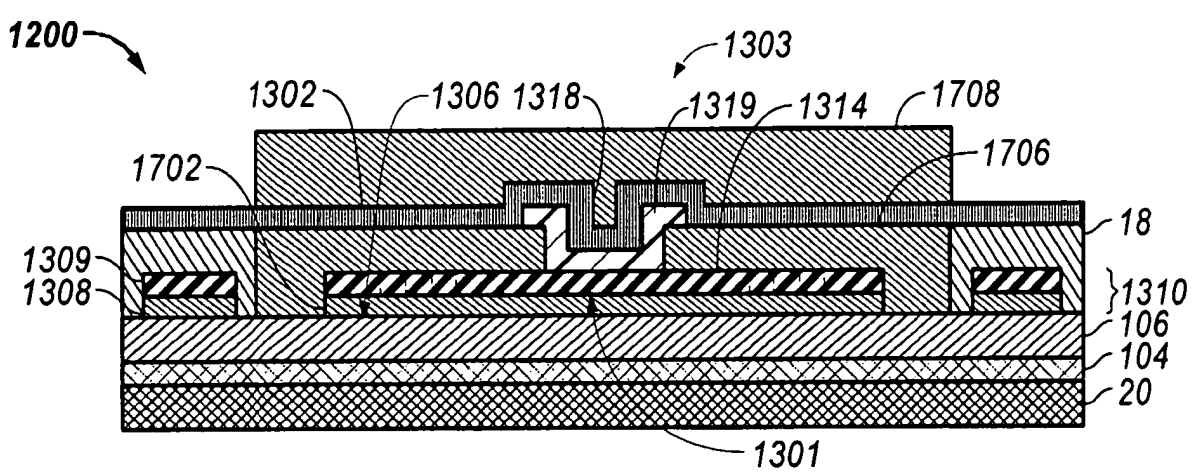


圖 17F

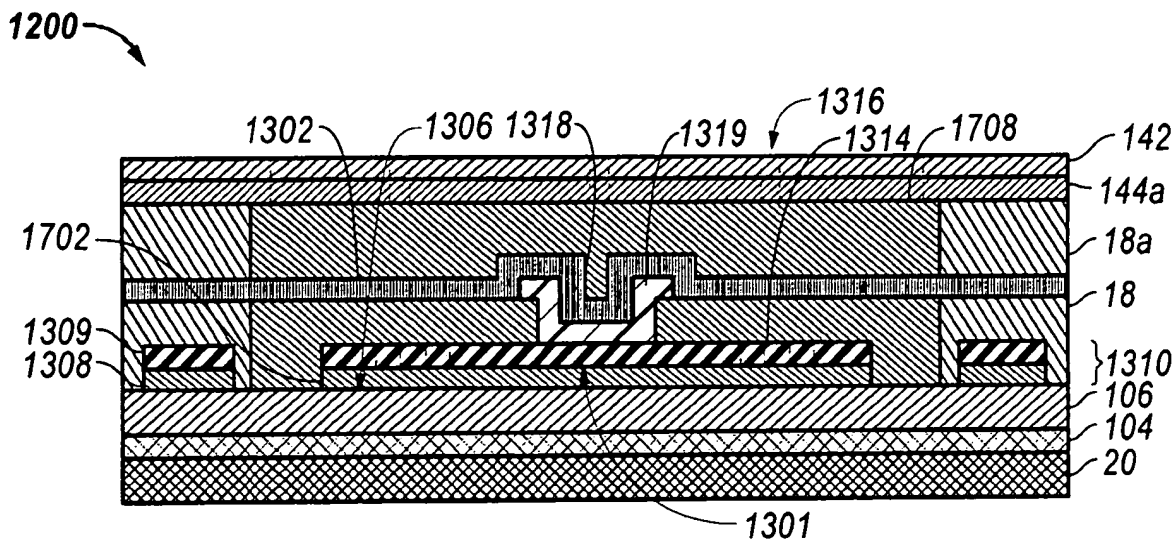


圖 17G

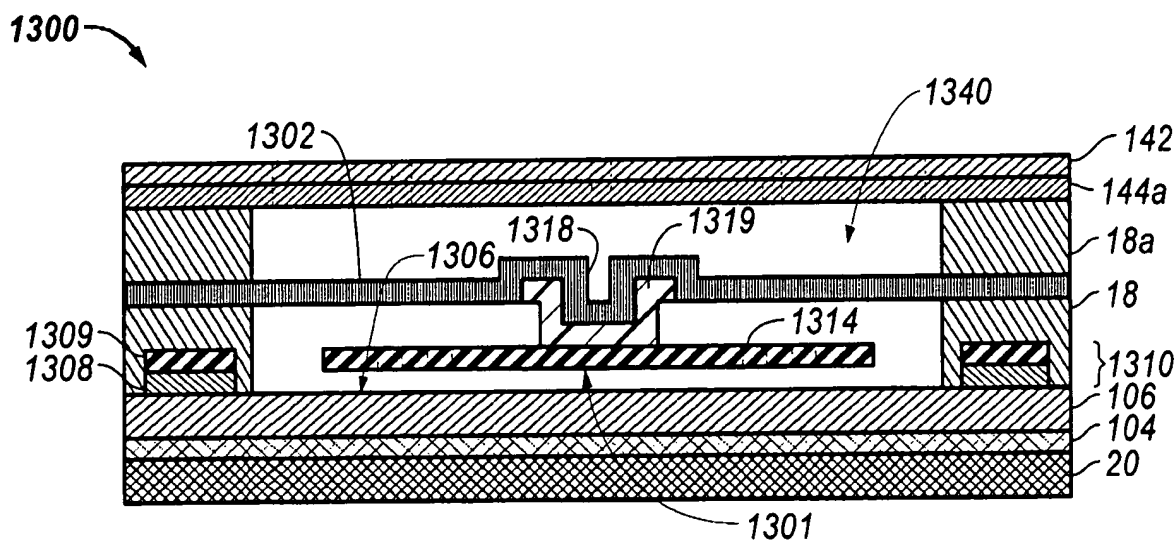


圖 17H



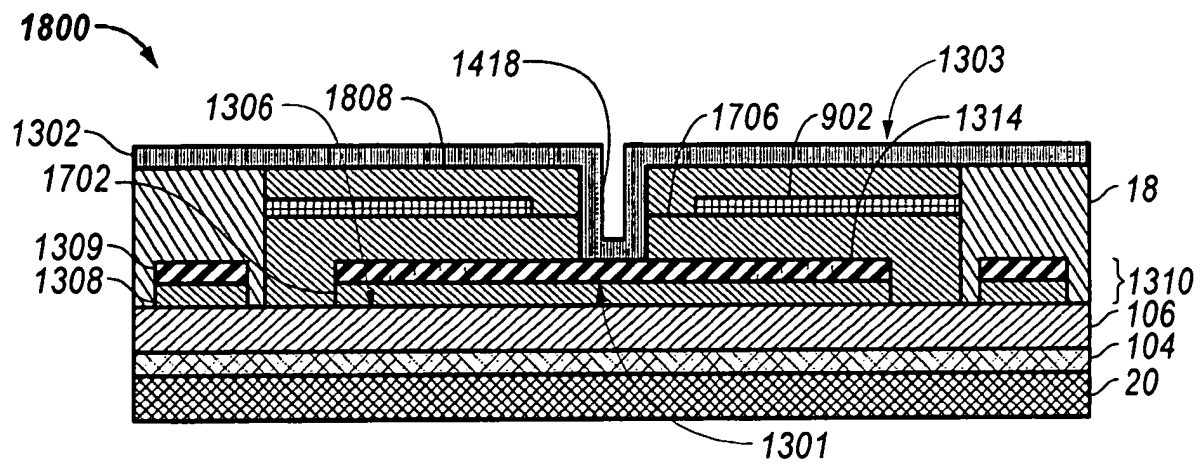


圖 18D

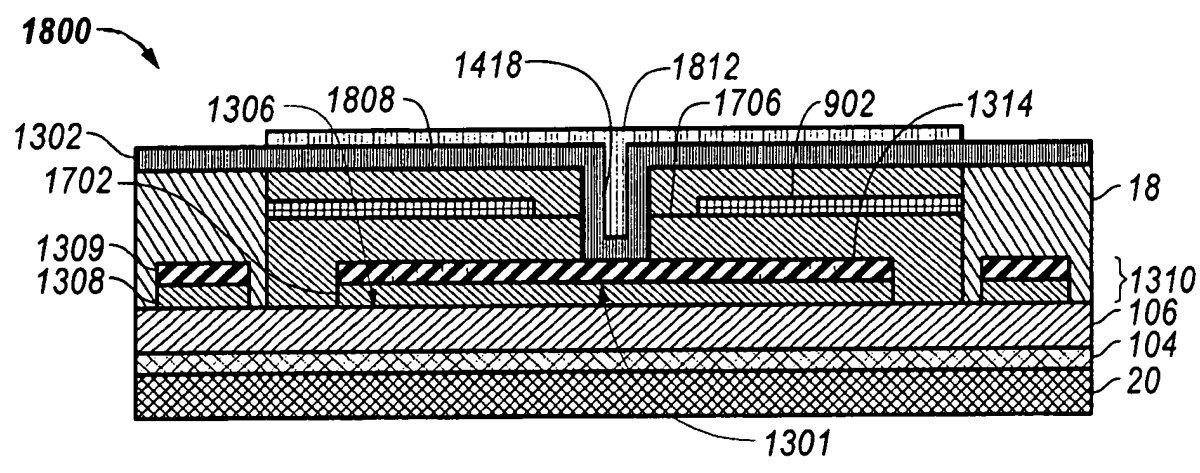


圖 18E

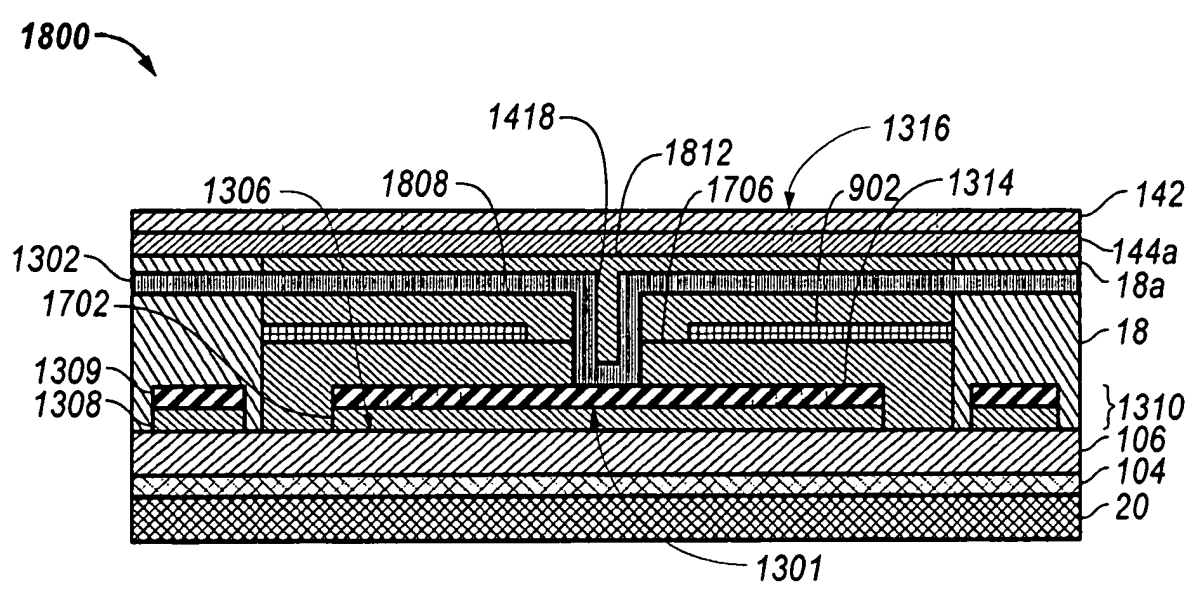


圖 18F

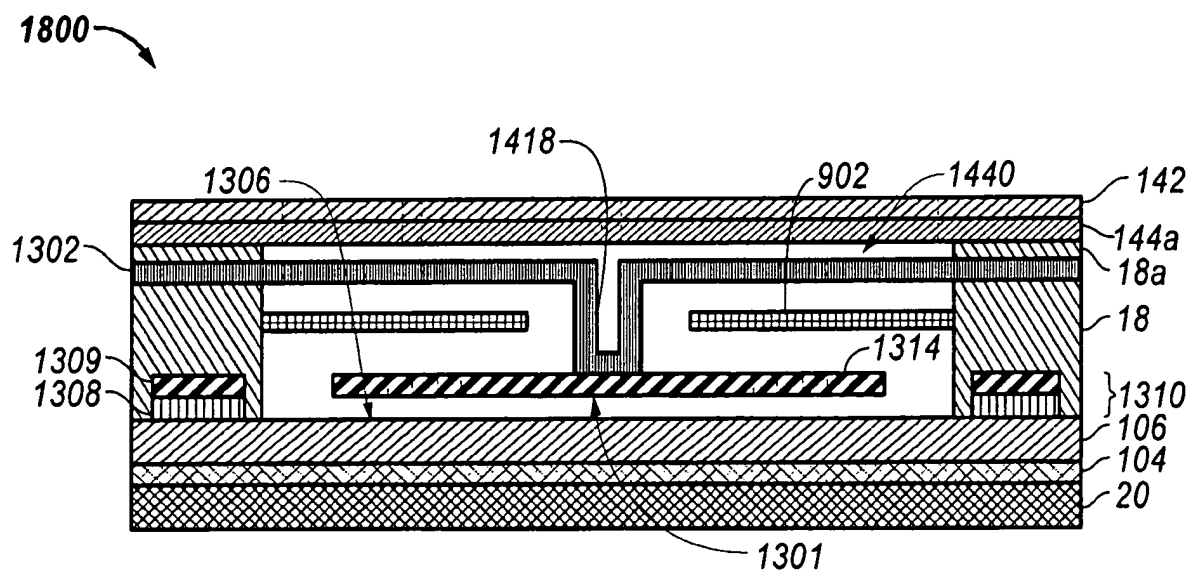


圖 18G

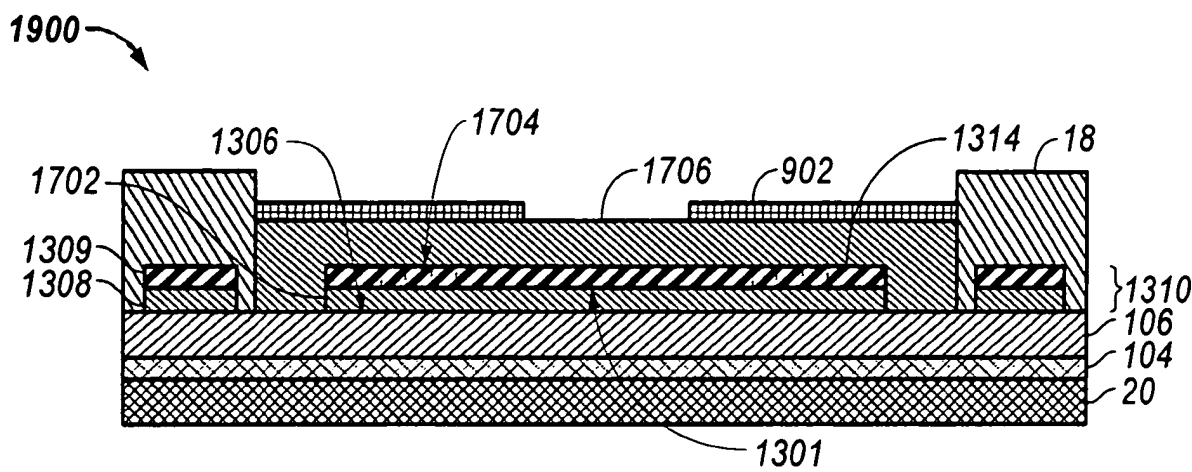


圖 19A

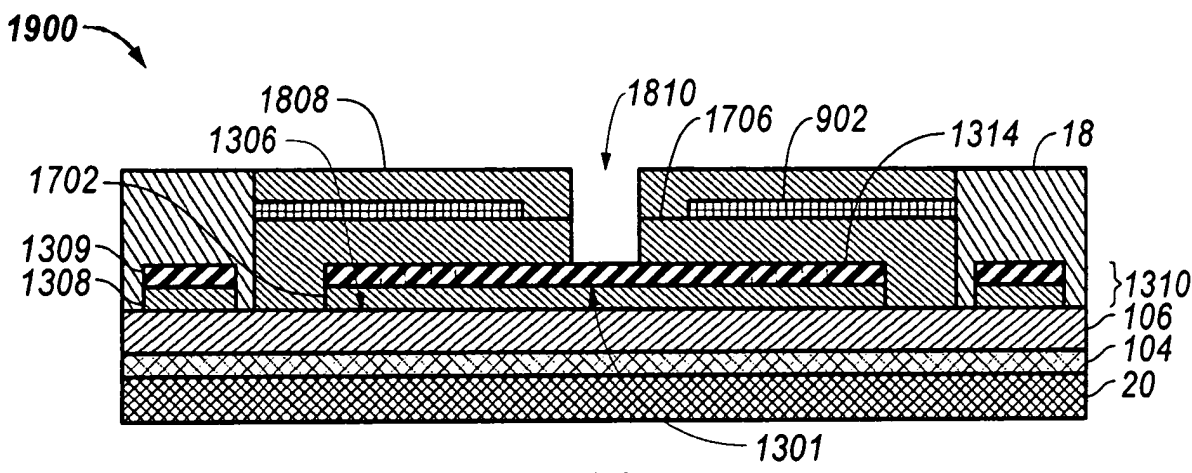


圖 19B

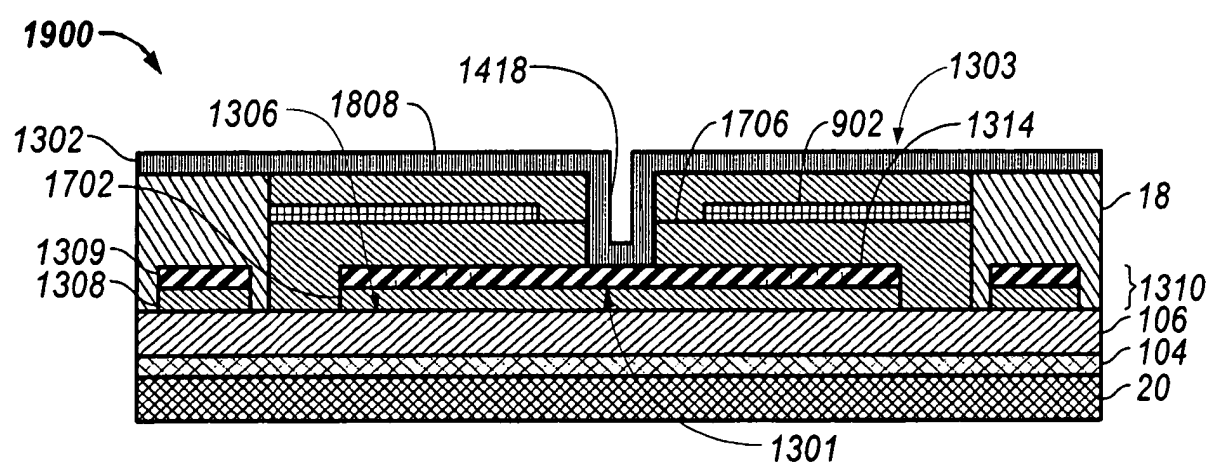


圖 19C

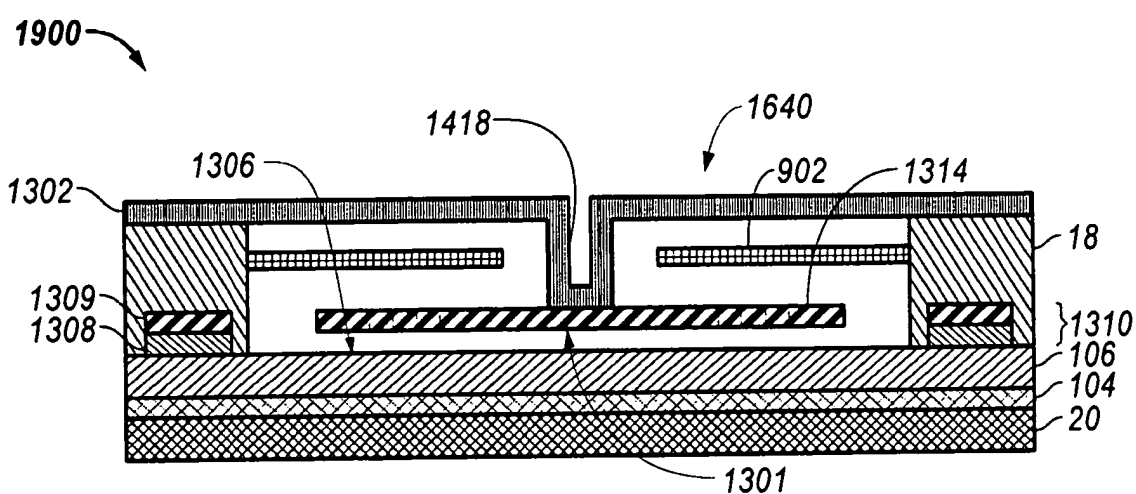


圖 19D

## 七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 13A ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

|      |                                |
|------|--------------------------------|
| 18   | 柱/支撐件/支撐結構                     |
| 18a  | 柱/支撐元件/支撐結構                    |
| 20   | 基板                             |
| 104  | 部分反射材料/部分反射層                   |
| 106  | 介電層/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層 |
| 142  | 電極/導體                          |
| 144a | 介電層/絕緣層                        |
| 1300 | MEMS裝置                         |
| 1301 | 反射元件之反射表面                      |
| 1302 | 可變形層                           |
| 1306 | 頂表面                            |
| 1308 | 第一層                            |
| 1309 | 反射層/導電層                        |
| 1310 | 黑光罩                            |
| 1311 | 區                              |
| 1314 | 反射元件                           |
| 1318 | 連接元件                           |
| 1319 | 連接元件                           |
| 1340 | 可移動元件                          |

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

公告本

99年4月9日修正  
補充發明專利說明書

中文說明書替換頁(99年4月)

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：097124769

※ 申請日期：97.7.1.

※IPC 分類：B81B 5/00 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

具有與機械及電氣功能分離的光學功能的微機電裝置

MICROELECTROMECHANICAL DEVICE WITH OPTICAL  
FUNCTION SEPARATED FROM MECHANICAL AND ELECTRICAL  
FUNCTION

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商高通微機電系統科技公司

QUALCOMM MEMS TECHNOLOGIES, INC.

代表人：(中文/英文)

約翰 巴帝

BATEY, JOHN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州聖地牙哥市摩豪斯大道5775號

5775 MOREHOUSE DRIVE SAN DIEGO, CA 92121, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

**十、申請專利範圍：**

## 1. 一種機電裝置，其包含：

一基板；

一致動電極；

一介於該基板與該致動電極間之可移動元件，該可移動元件包含一可變形層及一反射元件，該可變形層與該反射元件相間隔開；及

一光學層，其中入射於該反射元件上之光自該反射元件被反射，該入射光及該反射光傳播穿過該光學層且不傳播穿過該致動電極。

2. 如請求項1之裝置，其中該基板包含該光學層。

3. 如請求項1之裝置，其中當無電壓被施加至該致動電極時，該基板之一頂表面與該反射元件接觸。

4. 如請求項1之裝置，其進一步包含一在該可變形層與該反射元件之間的第二致動電極。

5. 如請求項4之裝置，其中該可移動元件係回應於施加至該致動電極之電壓而大體在一第一方向上移動，且其中該可移動元件係回應於施加至該第二致動電極之電壓而大體在一第二方向上移動，該第二方向大體上與該第一方向相反。

6. 如請求項1之裝置，其中一固定元件充當一用於該可移動元件之移動的擋止件，該固定元件處於該可變形層與該反射元件之間。

7. 如請求項1之裝置，其中該基板包含一第二致動電極。

8. 如請求項1之裝置，其中當無電壓被施加至該致動電極時，該基板之一頂表面與該反射元件相間隔開。
9. 如請求項1之裝置，其進一步包含：
  - 一顯示器；
  - 一處理器，其經組態以與該顯示器通信，該處理器經組態以處理影像資料；及
  - 一記憶體裝置，其經組態以與該處理器通信。
10. 如請求項9之裝置，其進一步包含一經組態以將至少一信號發送至該顯示器之驅動器電路。
11. 如請求項10之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料之至少一部分發送至該驅動器電路之控制器。
12. 如請求項9之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料發送至該處理器之影像源模組。
13. 如請求項12之裝置，其中該影像源模組包含一接收器、一收發器及一發射器中之至少一者。
14. 如請求項9之裝置，其進一步包含一經組態以接收輸入資料及將該輸入資料傳送至該處理器之輸入裝置。
15. 一種機電裝置，其包含：
  - 一基板；
  - 一致動電極；及
  - 一介於該基板與該致動電極間之可移動元件，該可移動元件包含一可變形層及一反射元件，該可變形層與該反射元件相間隔開，其中當無電壓被施加至該致動電極時，該基板之一頂表面與該反射元件接觸。

16. 如請求項15之裝置，其進一步包含一在該可變形層與該反射元件之間的第二致動電極。
17. 如請求項16之裝置，其中該可移動元件係回應於施加至該致動電極之電壓而大體在一第一方向上移動，且其中該可移動元件係回應於施加至該第二致動電極之電壓而大體在一第二方向上移動，該第二方向大體上與該第一方向相反。
18. 如請求項15之裝置，其中一固定元件充當一用於該可移動元件之移動的擋止件，該固定元件處於該可變形層與該反射元件之間。
19. 如請求項15之裝置，其中該基板包含一第二致動電極。
20. 如請求項15之裝置，其進一步包含：
  - 一顯示器；
  - 一處理器，其經組態以與該顯示器通信及經組態以處理影像資料；及
  - 一記憶體裝置，其經組態以與該處理器通信。
21. 如請求項20之裝置，其進一步包含一經組態以將至少一信號發送至該顯示器之驅動器電路。
22. 如請求項21之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料之至少一部分發送至該驅動器電路之控制器。
23. 如請求項20之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料發送至該處理器之影像源模組。
24. 如請求項23之裝置，其中該影像源模組包含一接收器、一收發器及一發射器中之至少一者。

25. 如請求項20之裝置，其進一步包含一經組態以接收輸入資料及將該輸入資料傳送至該處理器之輸入裝置。

26. 一種機電裝置，其包含：

一基板；

一致動電極；及

一介於該基板與該致動電極間之可移動元件，該可移動元件包含一可變形層及一反射元件，該可變形層與該反射元件相間隔開；及

一在該可變形層與該反射元件之間的第二致動電極。

27. 如請求項26之裝置，其中該可移動元件係回應於施加至該致動電極之電壓而大體在一第一方向上移動，且其中該可移動元件係回應於施加至該第二致動電極之電壓而大體在一第二方向上移動，該第二方向大體上與該第一方向相反。

28. 如請求項26之裝置，其中一固定元件充當一用於該可移動元件之移動的擋止件，該固定元件處於該可變形層與該反射元件之間。

29. 如請求項26之裝置，其中該基板包含該致動電極。

30. 如請求項26之裝置，其進一步包含：

一顯示器；

一處理器，其經組態以與該顯示器通信及經組態以處理影像資料；及

一記憶體裝置，其經組態以與該處理器通信。

31. 如請求項30之裝置，其進一步包含一經組態以將至少一

信號發送至該顯示器之驅動器電路。

32. 如請求項31之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料之至少一部分發送至該驅動器電路之控制器。

33. 如請求項30之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料發送至該處理器之影像源模組。

34. 如請求項33之裝置，其中該影像源模組包含一接收器、一收發器及一發射器中之至少一者。

35. 如請求項30之裝置，其進一步包含一經組態以接收輸入資料及將該輸入資料傳送至該處理器之輸入裝置。

36. 一種機電裝置，其包含：

一基板；

一致動電極；及

一介於該基板與該致動電極間之可移動元件，該可移動元件包含一可變形層及一反射元件，該可變形層與該反射元件相間隔開，其中一固定元件充當一用於該可移動元件之移動的擋止件，該固定元件處於該可變形層與該反射元件之間。

37. 如請求項36之裝置，其中該基板包含一第二致動電極。

38. 如請求項36之裝置，其進一步包含：

一顯示器；

一處理器，其經組態以與該顯示器通信及經組態以處理影像資料；及

一記憶體裝置，其經組態以與該處理器通信。

39. 如請求項38之裝置，其進一步包含一經組態以將至少一

信號發送至該顯示器之驅動器電路。

40. 如請求項39之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料之至少一部分發送至該驅動器電路之控制器。

41. 如請求項38之裝置，其進一步包含一經組態以將該影像資料發送至該處理器之影像源模組。

42. 如請求項41之裝置，其中該影像源模組包含一接收器、一收發器及一發射器中之至少一者。

43. 如請求項38之裝置，其進一步包含一經組態以接收輸入資料及將該輸入資料傳送至該處理器之輸入裝置。