



(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 I534502 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：098120793

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 06 月 22 日

(51)Int. Cl. : **G02F1/1335 (2006.01)**

(30)優先權：	2008/06/21	美國	61/074,618
	2008/06/21	美國	61/074,621
	2008/06/22	美國	61/074,653
	2008/06/22	美國	61/074,654
	2008/07/14	美國	61/080,404
	2008/12/31	美國	61/142,186

(71)申請人：聯思維公司 (美國) LENSVECTOR INC. (US)
美國

(72)發明人：葛斯堤恩 緹滾 GALSTIAN, TIGRAN (CA)；索羅拜恩 爾門 ZOHRABYAN, ARMEN (CA)；托克 阿米爾 TORK, AMIR (CA)；皮斯尼克夫 凡蘭迪米爾 PRESNIAKOV, VLADIMIR (CA)；阿薩瑞恩 凱倫 ASATRYAN, KAREN (CA)；貝格瑞揚 阿蕊 BAGRAMYAN, ARAM (CA)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

TW 338146

TW 200820209A

JP 2008-90315A

審查人員：蕭乃仁

申請專利範圍項數：67 項 圖式數：34 共 123 頁

(54)名稱

使用有效電極結構之動態再組構之電光學裝置及方法

ELECTRO-OPTICAL DEVICES AND METHOD USING DYNAMIC RECONFIGURATION OF EFFECTIVE ELECTRODE STRUCTURES

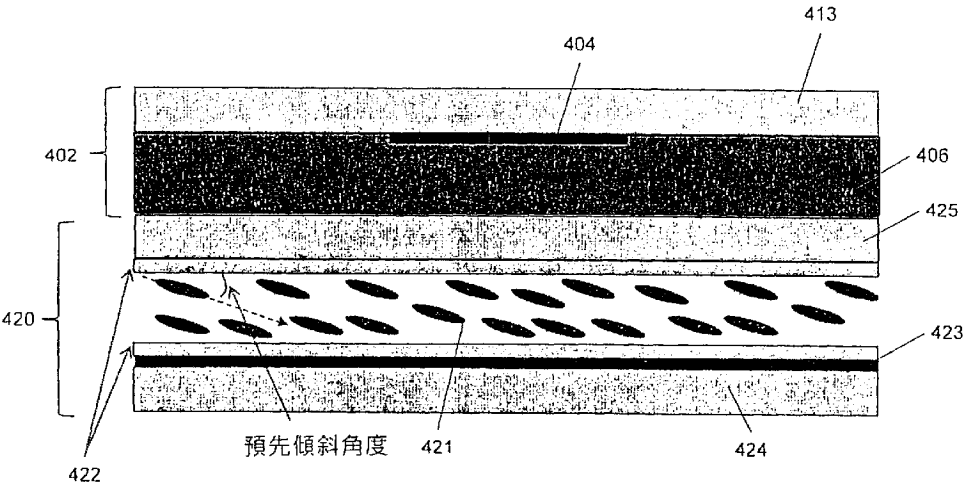
(57)摘要

一種用以控制通過液晶層之光的傳播之可變化液晶裝置，使用頻率取決材料以於該裝置中動態地再組構有效電極結構。於該裝置中產生電場之驅動信號之頻率係可變化的，且該頻率取決材料對於不同的頻率具有不同的電荷移動率。於低電荷移動率的情況下，該頻率取決材料對於現存的電極結構具有輕微的效應。然而，於高電荷移動率的情況下，該頻率取決材料表現如同該等固定電極之延伸，且可用以改變該有效電極結構並藉此改變該電場之空間分佈。這種特性改變了該液晶之光學性質，也因此使得該光學裝置為可頻率控制的。

Variable liquid crystal devices for controlling the propagation of light through a liquid crystal layer use a frequency dependent material to dynamically reconfigure effective electrode structures in the device. The frequency of a drive signal that generates an electric field in the device may be varied, and the frequency dependent material has different charge mobilities for the different frequencies. At a low charge mobility, the frequency dependent material has little effect on the existing electrode structures. However, at a high charge mobility, the frequency dependent material appears as an extension of the fixed electrodes, and may

be used to change the effective electrode structure and, thereby, the spatial profile of the electric field. This, in turn, changes the optical properties of the liquid crystal, thus allowing the optical device to be frequency controllable.

指定代表圖：



第4A圖

符號簡單說明：

- 402 . . . 梯度控制結構
- 404 . . . 光學透明中央電極
- 406 . . . 頻率取決材料層
- 413 . . . 選擇性覆蓋基板
- 420 . . . 液晶單元
- 421 . . . 液晶材料
- 422 . . . 塗層
- 423 . . . 透明導電層
- 424 . . . 基板
- 425 . . . 中間層

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於電性可調動光學裝置(tunable optical device)的領域，尤其係關於使用液晶(liquid crystal)的電性可調動光學裝置。

【先前技術】

可調動液晶(LC)光學裝置，如透鏡、光束偏轉裝置(beam steering device)及快門(shutter)，係本領域所習知之技術。雖然一些可調動液晶透鏡係配合均勻的電控場或磁控場來操作，但是大部份係使用空間調變場(spatially modulated field)。於電場的情況中，有一些習知技術係用以空間調變該電場。空間異質介電層(inhomogeneous dielectric layer)已用於衰減該電場，以使得該電場具有所期望之空間分佈(spatial profile)。將電極成型為球狀以提供所期望之電場空間分佈。空間調變該電場之另一種方法係使用平面電極(planar electrode)，該平面電極的阻抗性質使得當交流驅動電流(AC drive current)施加於該電極時，該電極上之電壓降(voltage drop)導致空間調變之電場。

如第 1 圖所示，一種習知 LC 單元的類型係藉由將該液晶 102 夾在兩個基板 104、106 之間，首先藉由透明電極 108、110 塗覆(coat)該等基板 104、106 之每一者，該透明電極可能為如銦錫氧化物(indium tin oxide; ITO)之材料層，並接著藉由聚合物層 112 塗覆，該聚合物層典型上

為聚醯亞胺(polyimide))，且該聚合物層 112 於預定方向上摩擦以對準(align)於基態(ground state)(亦即，缺少控制電場時)中的 LC 分子。施加電壓至兩個 ITO 產生了均勻的電場和相對應的均勻 LC 重新定向(reorientation)(以及相對應的均勻折射率(refractive index)分佈)。於此類裝置中，於縱長(lengthwise)方向上之分子折射率不同於橫向方向上之分子折射率。

第 2 圖說明習知技術之 LC 單元組構，其中，使用高電阻率材料之圓盤形區 205 周圍的低電阻率之孔狀圖案化電極環(hole patterned electrode ring)204 之強烈"共振"衰減("resonant" attenuation)以產生電場梯度(electric field gradient)。此類幾何形狀(geometry)的優勢在於非常薄(此為關鍵需求，例如，對於行動電話應用而言)和僅使用兩個電極(因此僅需要控制一個電壓)。不幸地，產生具高光學透明度之高電阻率材料的所需厚度和具良好均勻度之 LC 單元係困難的，且典型上製程的良率很低。不同透鏡將具有稍微不同的電極電阻值(聯想到典型控制(modal control)亦與精確的單元厚度非常相關)，且意指必須分別校正每一個個別透鏡。再者，典型透鏡之最小直徑係限制於約 2 毫米(mm)-在此尺寸之下，該 ITO 層所需之電阻率超過 $10\text{M}\Omega/\text{sq}$ 。最後，此類(稱作"典型控制")透鏡必須一直為正向或者負向。無法於發散和收斂透鏡之間進行切換。

第 3 圖說明另一個習知技術具電場梯度產生之 LC 單

元組構，使用三個不同電極 304、305、307(其中兩個位於形成在相同平面上之內部孔圖案中)和兩個電壓 V1、V2 以及額外不同的微弱導電層(WCL)306。該外部孔狀圖案化電極 304(有電壓 V1 施加於其上)之作用係產生似透鏡(lens-like)之電場分佈，而該中央圓盤型電極 305(有電壓 V2 施加於其上)之作用係避免向錯(disclination)和控制該梯度值(例如：消除(erase)該透鏡)。

該 WCL306 之作用係減弱由 V1 所產生之分佈，並且使得該透鏡之整體厚度得以縮減。不幸地，該頂部電極之複雜圖案、必須使用兩個不同電壓、以及個別的 WCL 使得此方法難以製造且抑制此方法之實用性。舉例而言，使用此方法以建立獨立偏光(polarization)之透鏡將會需要使用 6 至 7 片厚玻璃，此為困難的工作。

【發明內容】

依據本發明之內容，設置可變化之光學裝置，用以控制通過該光學裝置之光傳播，其中，該裝置運用了頻率取決材料(frequency dependent material)和在複數個不同頻率產生驅動信號的電性信號產生器。該裝置包含液晶(LC)層，與通過該液晶層，且該 LC 層控制該光傳播。亦設置有電極系統，該電極系統連接至該電性信號產生器，並且裝設成用以產生作用於該 LC 層上之電場以修改其光學性質。該電性信號產生器在複數個不同頻率產生驅動信號，並且供應該驅動信號至該電極系統，以便產生該電場。該頻率取決材料係位於該裝置中，使得該頻率取決材料與該

電場交互作用(interact)。此材料具有取決於該驅動信號之頻率的電荷移動率，使得該電場之空間分佈以該驅動信號頻率的函數而變化，以修改該 LC 層之性質。由於"導電性"能夠被理解以描述電子之平均自由路徑(mean free path)，所以"電荷移動率"取代"導電性"以描述該頻率取決材料之性質。在低頻率時，顯現高電荷移動率的一些頻率取決材料實際上可能比在較高頻率時具有較低之導電性(也就是，較短的電子平均自由路徑)，然而，由於在低頻時電荷在該頻率取決材料中流動之時間較長，故能夠造成較少的電荷流(charge flow)。同樣地，在較高頻率時，一些材料中的電子平均自由路徑可能較長，然而，將該電位可用於每一個正向或負向循環(positive or negative cycle)之時間縮短，可能大幅地降低所造成的電荷流。因此，"電荷移動率"係用以關連於在所施加的交替電性信號之約束下頻率取決材料中電荷流動之整體能力。在一些實施例中，該電極系統包括連接至該頻率取決材料之本體(body)的固定導體電極。該電場可能具有實質上由該固定導體電極所定義之部分(portion)，以及由該頻率取決材料所定義之部分。該電場也可能實質上由該頻率取決材料所定義。該電極系統能夠具有固定導體電極，且該固定導體電極之電場係由該頻率取決材料之本體所成型，且該頻率取決材料並未連接至該固定導體電極。於一些實施例中，使用具有實質上平坦的層幾何形狀之元件製作該電極系統。

該電極系統實質上也可能為光學隱藏的，而因此可能不會干擾透過該光學裝置之光傳播。

於一些實施例中，該電極系統包括與該頻率取決材料之層接觸之圖案化電極。

於一些實施例中，該裝置係可調動焦距透鏡。該透鏡能夠折射(refractive)或繞射(diffractive)。

於一些實施例中，該裝置包含可變化的頻率控制信號電路，該電路係組構以使得該裝置以控制信號頻率之函數控制光傳播。

頻率取決材料和不同頻率之驅動信號的使用考慮到該光學裝置之各種不同實施例。一些變化範例係電極之數量、形狀及組構、不同頻率取決材料之數量和其相對於該等電極和彼此之位置、施加不同驅動信號頻率和電壓、以及於該光學裝置結構中使用額外之材料。於一個實施例中，該驅動信號包括單一頻率信號，其中，該頻率係用以改變該裝置之光學特性。該信號電壓可能不需任何顯著的變動，或者也可能包含改變信號振幅。於另一實施例中，一起混合並且同時地施加複數個頻率以產生與該頻率取決材料之特殊交互作用，並且相應地產生所期望之電場分佈。

本發明之基本概念係使用頻率取決材料配合不同驅動信號頻率以改變該光學裝置中的有效電極結構。該電極結構決定該電場之分佈，而該電場繼而決定該 LC 層之光學性質。可以選定該頻率取決材料以在不同頻率下顯現出不同的電荷移動率，使得在不同頻率下，該頻率取決材料可

以表現如同導電材料或者是非導電材料。對於該頻率取決材料表現如同導體之頻率而言，該頻率取決材料可產生位於與該等固定電極之其中一者不同位置之有效電極結構。然而，對於該頻率取決材料中電荷移動率相對低之頻率而言，該頻率取決材料並未表現如同導體，且該有效電極結構係由該等固定電極之實際位置所決定。因此，利用適當擺放頻率取決材料以及選擇不同的驅動頻率，可修改該有效導體組構，並且動態地改變該 LC 層之光學性質。

在一個群組實施例中，頻率取決材料係配合圖案化電極一起使用，在缺少不同電極結構的情形下，會在空間中產生出非均勻的電場。此類結構可用以在該 LC 層中由於該電場所造成該等 LC 分子之非均勻重新定向(reorientation)而產生出特殊的特性(如透鏡結構)。然而，在此類實施例中，也可期望在空間中產生出均勻的電場，以便提供所有 LC 分子之初始共同對準傾向(initial common alignment tendency)(例如：避免向錯)。在本發明之此實施例中，可放置該頻率取決材料，使得當選定提供高度電荷移動率(使得電荷能夠行進較遠之距離)於該頻率取決材料中之驅動信號之頻率時，產生出有效電極結構，使得該電場之空間分佈成為實質上均勻的分佈。舉例而言，該圖案化電極可為環形電極(ring electrode)，且該電極之中央空間填充有該頻率取決材料。在此種情況中，施加第一頻率(如相對的高頻率)之驅動信號，該頻率取決材料中之電荷移動率很小(亦即，電荷行進相對短的距

離)，導致該電極表面的無效延伸(no effective extension)，並且基於該電極之環形結構產生非均勻的電場。然而，改變頻率(如相對的低頻率)，該頻率取決材料具有相對高的電荷移動率之數量，造成該材料表現如同該環形電極之延伸，且該有效電極結構變成為平面的。因此，藉此產生實質上均勻的電場。在前述的實施例中，可使用其他形狀作為該固定電極(如圓盤形)，且該頻率取決材料可形成在其頂部或底部附近放置有固定電極之層，或者有固定電極在相同平面上圍繞該層。

在本發明的另一實施例中，該可變化光學裝置包含擺放於兩個 LC 層之間的中心層。該等液晶層之每一者可能具有不同的 LC 定向之方向(direction of LC orientation)。該驅動信號所施加至的一對電極係個別地放置成鄰接每一個 LC 層，且放置至遠離該中心層之側邊。該中心層包含固定電極(如孔狀圖案化電極)和頻率取決材料之特殊幾何形狀裝設，且藉由以對稱方式成型每一個 LC 層所見之電場而當作梯度控制層。此電場成型係取決於該驅動信號之頻率，且該驅動信號之頻率決定該頻率取決層之電荷移動率的程度。在相對應於低電荷移動率之頻率下，該梯度控制層係根據該固定中心層電極(central layer electrode)之形狀來成型該電場。然而，在相對應於高電荷移動率之頻率下，該頻率取決層產生有效電極表面，且該梯度控制層係根據該電極和該頻率取決層共同造成之整體電極幾何形狀來成型該電場。在本發明的另一實施例中，該光學裝

置具有在某些頻率下具有不同電荷移動率之數量的複數個頻率取決材料。可以將這些材料以特殊的幾何形狀組構裝設在一起，以產生可動態調整的有效電極形狀。舉例而言，可將該兩個材料放置於共同層，該等材料之其中一者具有似透鏡的形狀，並且以另一個材料圍繞該材料。利用將此層和 LC 層一起放置於兩個平面電極之間，可藉由改變該驅動電壓之頻率來改變該電場分佈，並且藉此使該有效電極結構採納(adopt)由該頻率取決材料所產生之形狀，如同可能沿著該兩個材料之間的邊緣(border)而產生。如果有需要的話，為了較佳的光學效率，該等不同的材料也可裝設有垂直於該裝置之光學軸(optical axis)的表面，而且也可將非導電材料與其他材料一起使用，以建構所期望之有效電極形狀。

本發明的另一個變化運用了具有頻率取決電荷移動率之頻率取決層，且該頻率取決電荷移動率沿著透過該層之梯度而變化。因此，相較於該層之其他部分，該層之一個部分顯現出高度的電荷移動率以回應第一頻率。因此，對於施加至該裝置之驅動電壓之頻率，調整該頻率會改變表現出如同導體之該層之部分。因此，該層中之梯度形狀可用以產生隨著改變驅動信號頻率而變化之有效電極形狀。這種類型的層也可與不同的固定電極結構組合(包含圖案化電極)以產生更複雜的有效電極形狀。

該等頻率取決材料可能由各種不同的可能材料所組成。在一個實施例中，該材料係熱可聚合導電材料

(thermally polymerizable conductive material)，同時，在另一實施例中，該材料係光可聚合導電材料(photo polymerizable conductive material)。其它可能性包含真空(或者，例如，溶液-凝膠(sol-gel))沉積薄膜、高介電常數液體、電解質凝膠(electrolyte gel)、導電離子液體、電子導電聚合物或者是具有電子導電奈米粒子之材料。該材料之關鍵特徵係具有頻率取決之電荷移動率。當該頻率取決材料係熱或光可聚合導電材料時，該材料可能包含：具有至少一個乙烯化不飽和雙鍵(ethylenically unsaturated double bond)的可聚合單體化合物(polymerizable monomer compound)；為紫外-可見光(UV-Vis)、近紅外線(NIR)敏感或者是熱敏感分子之組合的引發劑(initiator)；用以改變混合物之介電常數的添加物，其中，該添加物係選自由有機離子化合物和無機離子化合物所組成之群組；以及，用以改變該混合物之黏性的填充物。該材料也可包含選自由對紫外-可見光敏感之黏著劑、對近紅外線敏感之黏著劑及使用熱引發劑而聚合之黏著劑所組成之群組的黏著劑。也可包含光學彈性體(optical elastomer)。

當該頻率取決材料係高介電常數液體時，可包含於相對低頻之下具有電容率在 2.0 和 180.0 間之透明液體材料，使得電荷能夠以頻率取決的方式移動。

當該頻率取決材料係電解質凝膠材料時，可包含：聚合物材料；離子組成物；以及，離子運輸器。

當該頻率取決材料係導電離子液體時，可包含選自由氯酸鹽、過氯酸鹽、硼酸鹽、磷酸鹽以及碳酸鹽所組成之群組之離子種類。

本發明的各種實施例也包含在信號頻率上變化的驅動信號。該驅動信號產生器可輸出可改變頻率之單一頻率信號、不同個別頻率混合之信號、或者是頻率內容可變化的一些其他信號形式。在一個實施例中，該驅動信號產生器產生可變化填充因子(filling factor)之經過脈衝寬度調變的信號(pulse width modulated signal)。在此類情況中，可修改該填充因子以改變該信號之高頻內容之數量。在另一實施例中，該驅動信號產生器在其基本模式中或者在第二頻率信號調變第一頻率信號的模式中，產生經過振幅調變(amplitude modulated)的信號。在又一實施例中，該驅動信號產生器產生由數個不同個別頻率信號之組合的驅動信號，該等不同個別頻率信號具有預定的相對頻率和振幅。可考慮特定電極和特殊應用之頻率取決層組構作為適當驅動信號之選擇。

在本發明的特殊群組實施例中，使用包含具有非平坦幾何形狀之固定導體電極的電極系統。也可使用具有非平坦幾何形狀之頻率取決材料作為替代，或者是與該非平坦固定電極組合。將此實施例中的結構性組構變化，並且可包含固定導體電極，該固定導體電極包括頂上塗覆有似透鏡之聚合物結構(lens-like polymer structure)的彎曲導電材料層。在另一實施例中，該固定導體電極係頂上塗覆

有平坦隙縫聚合物結構(flat-aperture polymer structure)的多層次平坦表面導電材料層。該頻率取決材料也可為位於該 LC 層和該固定導體電極之間的平坦材料層。在一個變化實施例中，具有相反且匹配彎曲表面的一對似透鏡之聚合物結構可形成平坦表面的聚合物結構。該彎曲的頻率取決材料層也可包含將該等匹配彎曲表面附接在一起之光學透明黏膠層。

在本發明的再一實施例中，可變化光學裝置包含本身具有頻率取決電荷移動率的 LC 層。在此實施例的一個版本中，當該 LC 層本身的電荷移動率程度隨著該驅動頻率改變而改變時，不需要外部的頻率取決材料。因此，與該 LC 層互相作用的電場之空間分佈可為頻率取決的，導致可藉由改變該驅動信號之頻率內容而修改該 LC 層的光學性質。在此實施例的一個版本中，該電極組件在空間中產生非均勻之電場，且當在該 LC 層中產生產生高度電荷移動率之頻率時，可將該電場修改成在空間中較均勻的電場。在另一個變化實施例中，該電極系統包含了在該電極的中心區中具有光學透明材料的孔狀圖案化電極。

在所屬技術領域中具有通常知識者咸了解可將本文中所描述的各種原理和實施例混合和匹配，以產生具有各種電場產生特性之光學裝置。不同形狀和組構的電極、不同類型、形狀及位置的頻率取決材料、不同驅動信號產生器、以及本文中所描述的其他所有變化均可組合在一起，以產生具有特殊特性之光學裝置。該等裝置也可為頻率控

制的、電壓控制的，或者是兩者的組合。

舉例而言，可使用具有低角度預先傾斜對準層(low angle pre-tilt alignment layer)之 LC 層，並且可施加第一頻率使得該有效電極結構為均勻的。在此頻率下，可接著增加該電壓至所有 LC 分子均在均勻傾斜下具有初始重新定向之層次(level)。可接著改變該電壓之頻率以修改該有效電壓結構，並且將非均勻度(non-uniformity)引入該電場，以便改變該液晶之光學特性(如形成透鏡結構)。藉由在引入電場非均勻度前施加初始均勻電場強度至該液晶，可避免該 LC 層中的向錯。也可施加該驅動信號，以便避免該等液晶殘留在基態附近，並藉此降低影像像差(aberration)。在另一範例中，可使用頻率控制以修改 LC 透鏡的光學放大倍率，但是在不同光學放大倍率之下將該驅動信號的電壓由一個層次切換至另一個層次，以便改善該透鏡之效能。也可能使用許多其他類似的控制範例。

【實施方式】

本發明係關於可調動液晶(liquid crystal; LC)透鏡，使用頻率取決材料經由頻率調動以修改該電場之空間分佈。因此，能夠頻率控制該透鏡之調動。本發明之該等裝置可用於可調動聚焦(focusing)、繞射、偏轉(steering)等。本發明之該等裝置亦可用以控制固定之 LC 光學裝置。第 4A 圖示意地說明使用具有頻率取決特性之材料層 406 的可調動 LC 透鏡。舉例而言，此材料可為高介電常數材料，或者微弱導電性(weak conductivity)材料，且為了簡

潔起見，於下文中稱作為該"頻率取決材料"。就功能上而言，該材料具有容許有限度的電荷移動率(charge mobility)通過該材料之特性，且電荷移動率的程度係取決於施加至該裝置之電性信號之頻率。因此，對於給定之頻率取決材料而言，相對高頻之電性信號可能在該材料中導致高度的電荷移動(運輸距離)，同時，相對高頻之電性信號可能導致相對低程度的電荷移動率。當將該頻率取決材料配合回應所施加之驅動信號而產生電場之電極對一起使用時，電荷移動率之程度決定電荷穿入該材料中之深度，且因此根據電場型式，該材料之部分因而表現如同"良好"導電層，以及部分表現如同"劣"導體。因此，利用高度的電荷移動率，有較大的材料段落(segment)將表現如同導體，並且因而表現如同附近電極之延伸。因而，於本發明中使用頻率取決特性以產生可動態組構之有效電極表面，且可藉由改變該驅動信號之頻率而改變該有效電極表面。以此方式改變該有效電極分佈會導致該兩個電極之間相對應的電場分佈發生改變。利用位於該等電極之間的 LC 層，可因此使用可動態改變之電場分佈以動態地改變該 LC 層之光學性質。

再參照第 4A 圖，該液晶單元(LCC)420 係由夾在"定向"塗層(coating)422 之間的 LC 材料 421 層所組成，且該等塗層 422 係由如摩擦聚醯亞胺(rubbed polyimide)之材料所形成。該 LCC 之下側表面包含由適當材料(如銦錫氧化物(ITO))所形成的相對均勻透明導電層(亦即，電極)423。基

板 424 係設置於該下側表面上，並且支撐該透明導電層。可選擇地，中間層 425 可設置於該 LCC 之上側表面上、於最上側的定向塗層 422 之上。

控制該電場梯度之梯度控制結構 402 係由固定(較佳為低電阻值)電阻之光學透明中央電極 404 所組成，同時藉由該頻率取決材料層 406 填充相同層(在相同平面上)之周圍部份和該平面下的區域。此層 406 係該結構之部分，又可於本文中稱作為隱藏電極(hidden electrode)。在本實施例中，該電極 404 係圓盤形且位於該梯度控制結構 402 之中央。也可於該梯度控制結構之上側部分中、於該透明中央電極 404 和該頻率取決層 406 之上設置選擇性覆蓋基板(optional cover substrate)413。

如上文中所提及，該頻率取決層 406 係複介電材料(complex dielectric material)，其中所施加之交流激勵電壓(AC excitation voltage)導致的電荷穿入深度將因不同頻率而不同。對於不同頻率之不同電荷穿入深度使得藉由移動該等有效電極表面而再組構該等電極結構。換言之，一個頻率所造成之電荷穿入深度可產生出有效的、或者"虛擬的"電極表面，該電極表面對於不同頻率之有效電極表面而言係位於不同的位置。當使用該等電極以產生施加至該 LC 層之電場時，可使用該等不同的有效電極表面，以改變該 LC 層所感受之電場，並且因此改變其光學性質。因此，舉例而言，由於該 LC 單元之光學性質可由施加至該等電極之頻率所控制，所以可將可調動 LC 透鏡製造成可頻

率調動的(frequency tunable)。此外，該頻率調動可與電壓無關，其中能夠對於不同頻率的激勵信號使用實質上相同的 RMS 電壓來完成該調動。

再參照第 4A 圖，所示之透鏡可以不同的可能規則來操作。對於在該頻率取決層 406 中具有高度電荷運輸之控制頻率而言，電極 404 和層 406 將一起表現如同均勻的"頂部"電極。也就是說，電荷高度穿入該層 406 將產生出該電極 404 之"延伸"，且該有效電極將延伸越過該層 406 之全長。由於該底部電極結構 423 也係平坦且均勻的，所以越過該 LC 層之電場將大約為均勻的，且該等 LC 分子將均勻地重新定向，並且沒有發生能夠影響藉由改變圖案化電極上之電壓而重新定向之 LC 結構的定向錯誤(稱之為向錯(disclination))。相較之下，如果施加頻率至該等電極，使得通過該層 406 之電荷運輸相當有限，則該有效頂部電極形狀將接近於該電極 404 單獨之形狀，且所產生越過該 LC 層之電場將為非均勻的。在此範例中，該非均勻電場將集中環繞該圓盤形電極 404，並且將以預定之方式改變該 LC 層 421 之光學性質。藉由頻率調動代替實質電壓調動，無論是為了能量消耗之目的或者是為了液晶調變之目的，均能夠將電壓範圍更有效率地使用，同時能夠使用頻率控制來提供所期望之光學調動。也能夠使用頻率控制來提供對於該等電極之有效形狀之動態控制能力，並且因此藉由這些電極產生該電場之形狀。再者，使用此類"隱藏且頻率控制"電極以提供該電場之空間調變為光學透明材料開啟

(open up)了相當大的選擇性。這樣的 LC 透鏡組構的製造係簡單且具有成本效益，同時，對於物理參數的變動並不敏感。最終，導電性之頻率取決係額外工具，容許建立較厚之薄膜，並且容許藉由其導電性來控制該電場空間分佈。

上述範例之變化顯示於第 4B 圖，其中，擺放該光學透明圓盤形中央電極 404 使得該頻率取決材料 406 填充該圓盤形電極之平面之周圍部份和該平面之上的區域。也就是說，在此變化範例中，該電極 404 係於該材料 406 之下側區域中，而非該上側區域中。然而，該系統之其他零件和功能性態樣均為等效。

將了解到，能夠使用層對層組件(layer by layer assembly)並且，優先地，以平行的方式(同時多個單元，稱作"晶圓層次")製造該可調動 LC 光學裝置，藉由切單(singulation)得到最終產品和，可選擇地，接合透鏡，該接合透鏡在交錯方向(cross direction)上具有操作軸(引向器(director))以聚焦光之正交偏光(orthogonal polarization)。

組構成用以使得該裝置以控制信號頻率之函數控制該裝置中之光傳播的可變化頻率控制信號電路能夠提供用以調動該光學裝置之控制信號。此類電路係為習知之設計，本文中不予進一步詳細討論。

第 5A 圖和第 5B 圖說明可調動 LC 透鏡之變化組構，該可調動 LC 透鏡使用隱藏電極經由頻率調動提供該電場之空間調變。在這兩個範例中，該梯度控制結構 502 係由

孔狀圖案化固定導電電極環(hole-patterned fixed conductive electrode ring)504所組成，該孔狀圖案化固定導電電極環504可以選擇性地製造成透明的。在第5A圖中，該電極504位於頻率取決材料層506之頂部，同時在第5B圖中的裝設具有該電極504位於該材料506之底部。在這些實施例的每一者中，如同第4A圖和第4B圖之實施例，能夠在空間中產生均勻的或者非均勻的電場，取決於施加至該等電極之控制信號之頻率。低頻信號提供該材料506深的電荷穿入，產生出延伸該層之長度之有效電極形狀，並且配合下側電極523產生出均勻的電場。相較之下，相對高頻的信號容許較淺的電荷穿入，並導致非均勻的電場而修改該LC層521之光學性質。如下文中將進一步討論者，該等不同的電極形狀(第5A圖和第5B圖相較於第4A圖和第4B圖)提供不同的電場特性。然而，該等結構之其他零件(如具有定向塗層522之液晶單元520、底部基板524、選擇性中間層525、底部導電層523和液晶521以及該選擇性頂部基板513)以相同於第4A圖和第4B圖之相對應零件的方法運作。

第6圖和第7圖說明第5A圖之組構之相對應等電位平面(equi-potential plane)。如第6圖所示，使用適度的/高頻率驅動信號(在此情況中係20V、3kHz)於該頻率取決層中產生出適度的電荷移動量以產生特殊的電場，如圖所示為平順的梯度。必然地，該頻率範圍之選擇係取決於所使用之頻率取決材料之參數。如第7圖所示，使用相對

定向相對應之均勻分佈，而沒有透鏡效應(lensing effect)。電壓由 0V(第 10A 圖)增加至 35V(第 10B 圖)，改變了該等液晶之定向，但是並未增加定向之梯度(gradient of orientation)，所以沒有透鏡效應。第 10C 圖至第 10E 圖顯示該透鏡於驅動頻率下之操作，其中，該頻率取決介電常數層(frequency dependent permittivity layer)之電荷移動率係適度的。因此，在 1.1 MHz、10V_{RMS}(第 10C 圖)，許多干擾環(interferential ring)顯示存在有梯度和相對應之透鏡效應。將電壓增加至 35 V_{RMS}(第 10D 圖)局部地降低梯度且相對應地降低該透鏡之光學放大倍率(power) (較少的環)。如第 10E 圖所示，如果電壓相同但是將頻率降低至該頻率取決層之電荷移動率較高的點(接近第 10B 圖所示之情形)，可得到類似的效應。

第 11A 圖和第 11B 圖顯示對於第 5A 圖所示之單元組構，該光學放大倍率與 RMS 像差個別地對在振幅調變區域中之 RMS 電壓的實驗資料(Shack-Hartmann 資料)。於此範例中，1.1MHz 的驅動電壓施加至具有第 5A 圖之組構的 LC 透鏡，且變化該驅動電壓之大小。由第 11A 圖清楚地明白光學放大倍率之平順改變，同時第 11B 圖示範使用簡單的電壓控制而無須任何額外的頻率調整所得到的良好(很低)像差層次(aberration level)。如圖所示，即使在 9 個屈光度(Diopter)的光學放大倍率下，該像差仍低於 0.18 微米(micrometer)。然而，應注意的是，藉由增加電壓來"消除"該透鏡係沒有效率的。即使 V 大於 70 V_{RMS}，仍有大

約 1.5 個屈光度的"剩餘光學放大倍率"，使得頻率控制更具吸引力。

熟習本領域者咸了解顯示本發明不同實施例之圖式(如第 4A 圖至第 5B 圖)係示意且不按照比例的。因此，雖然顯示該頻率取決層相較於其他層為相對厚，但是實際上該頻率取決層可能相當薄，並且用以基於該頻率取決材料之位置動態地產生出有效電極分佈。電極之"延伸"也可在平行或者垂直該透鏡之光學軸的方向上或者同時在兩個方向上。因此，舉例而言，在第 5B 圖之結構中，該孔狀圖案化電極 504 和該平坦電極層 523 將(於該頻率取決層 506 中缺少任何顯著的電荷移動率)產生出越過該 LC 層 521 之非均勻電場。舉例而言，該非均勻電場能給予該 LC 層所期望之透鏡分佈(lensing profile)。然而，當施加具有能夠於該頻率取決層中有顯著電荷移動率數量之驅動電壓時，該有效電極結構延伸進入該孔狀圖案化電極中央之"孔"區域，因而產生出越過該全體結構之平坦的有效電極。該孔狀圖案化電極之"水平"延伸將該電場分佈改變成如同該兩個均勻電極結構之結果般均勻。此均勻電場於該等液晶分子上具有均勻的重新定向效應(reorienting effect)，得以消除任何透鏡效應。

在以上所討論之相對高頻率和相對低頻率之間的頻率範圍中，可調整該驅動電壓之頻率以便產生出逐漸改變的 LC 層之光學參數。此類範例係產生具有能夠藉由改變該驅動電壓之頻率而在最小值和最大值間變化之光學放大倍

率的透鏡。習知技術中之可調動 LC 透鏡使用具固定頻率之驅動電壓，並且調整該電壓位準以改變該 LC 層之光學性質。因此，改變平坦電極和孔狀圖案化電極(如第 5A 圖和第 5B 圖所示者)之間的電壓能夠改變透鏡之光學放大倍率，但是利用類似習知技術系統之固定電極結構不可能進行頻率調動，且無法做到如本發明所能得到的複雜電場分佈之形狀。

利用具有圖案化電極之習知技術系統的另一個問題係"向錯"的效應。在典型 LC 透鏡中，所有該等 LC 分子均設置以共同預先傾斜角度(common pretilt angle)，使得所有該等 LC 分子均對準於零電壓(zero voltage)。當使用具有圖案化電極之透鏡之電壓調動時，所增加之電壓產生出非均勻的電場線(electric field line)，使得一些 LC 分子重新對準(realign)，不同於其他感受相同電場強度之 LC 分子。這些向錯在該透鏡中造成像差，但是在將電壓降低回到用以提供所期望之光學放大倍率之適當範圍之前，可藉由利用消除該透鏡之非常高電壓對準所有的分子來移除這些像差。然而，在如第 5B 圖之實施例中，初始施加相對低頻率的激勵電壓產生出有效的均勻電極分佈和相對應的電場分佈。藉由提升電壓至超越臨限電壓之位準，該等分子將以共同角度定向(common angular orientation)而重新定向(在此狀態下，光學放大倍率是零)。可接著增加該激勵電壓之頻率以降低該頻率取決材料中的電荷移動率。當增加該頻率時，該電場發展出非均勻的分佈，產生

出所期望之透鏡效應。然而，由於所有的 LC 分子均藉由超過臨限之低頻率電壓進行預先對準，所以當引入該透鏡分佈時並未發生向錯。

第 12A 圖顯示根據本發明如何可藉由透鏡結構完成頻率調動之圖式範例。如上所述，雖然該曲線顯示延伸至零頻率，提供至該透鏡之初始電壓可為如 100 Hz 的低交流(AC)頻率。在此頻率下，因為所有的 LC 分子實質上均為共同對準，所以該光學放大倍率很低。如圖所示，並未改變該信號之電壓，接著可增加該信號之頻率，當該非均勻電場開始於該 LC 層中發展出透鏡特性時，係提升該光學放大倍率。於此範例中，在大約 25kHz 達到最大光學放大倍率，在達到最大值之後該光學放大倍率再度降低。因此可看出如何適當地使用頻率調動，或者 LC 透鏡之電壓調動。第 12B 圖類似第 12A 圖，顯示另一個可頻率調動之透鏡結構，在此情況中係涵蓋較高的頻率範圍。然而，第 12B 圖也顯示涵蓋該主動光學放大倍率範圍所產生之非常低的 RMS 像差層次。

在自聚焦液晶透鏡 (gradient index liquid crystal lens) 之情況中，使用在空間中均勻的低角度預先傾斜對準層，該液晶材料在該電場方向上經受自基態至所期望之最大值的重新定向。當相對於該電場之預先傾斜角度接近 90 度時，該電場重新定向 LC 分子的能力最弱。因此，對於一些可調動 GRIN 光學裝置設計中選擇作為該可調動之範圍而言係有利的，避免在具有微弱的液晶重新定向能力之電

場中定向液晶。藉由施加均勻電場，其導致重新定向遠離該基態之液晶，以因此具有新的(更敏感的)"基"態或基礎態，並且接著在該均勻電場的頂部上施加經過調變之電場以形成該透鏡或其他光學裝置。或者是，藉由具有起因於接近利用電場(最低的光學放大倍率)對準之定向的折射率(index of refraction)變動，以及在基態方向上(最高的光學放大倍率)脫離均勻電場對準之經過空間調變的定向。這樣避免了在該電場和該液晶之間微弱的交互作用在該基態中所造成的像差。因此，將了解到，本發明能夠使用頻率取決材料以形成此類適合之電場。

第 13 圖說明使用隱藏電極經由頻率調動提供該電場之空間調變之可調動 LC 透鏡之額外變化。在第 13 圖中，控制該電場梯度之結構係由固定電阻值(較佳為低電阻值)之孔狀圖案化周圍電極 1304 所組成，同時，此電極中央之中央圓盤形區域(在相同平面上)和環繞該平面之區域係藉由頻率取決材料 1306 填充。此梯度控制結構(GCS)1302 係夾在於該正交平面中具有引向器(LC 長分子軸之平均定向)的兩個 LC 單元 1320a、1320b 之間。舉例而言，該等引向器其中一者可能在 XZ 平面中，而第二引向器可能在 YZ 平面中，該夾層(sandwich)之法線(normal)係 Z 軸。在此實施例中，移除了傳統上所使用的一種 LC 單元"內部"電極，以容許在該 LC 層中形成該電場梯度。該 GCS 1302 之位置可有利於用以組合該 GCS 的多種功能，如電極、加熱器以及(頻率取決材料之)片電阻(sheet resistance)，或者是

溫度感測器。該加熱器和該溫度感測器可一起使用以幫助維持該裝置之溫度於最佳位準。該電極 1304 之額外圖案化也可用以測量該材料 1306 之電性性質，如片電阻，該電性性質在該電場分佈之形成中扮演了決定性之角色，且可能以熟化(aging)而隨著時間部份至部份的改變

(part-to-part over time)。在本文中，該 GCS 可以不同之形式製作，並且形成特殊的合金(例如：鉬/鋁)以實施這些功能。於該組件中間設置決定該電場之空間調變之層有利於平均地影響上述調變層下之層中的電場。藉由設置中間電極，電極間之間隔將實質地減半，且儘管必須驅動兩個電極單元，但是電壓和部份至部份之變動較不顯著。

於上述實施例中，該 TLCL 之結構實質上為完全平坦的，也就是說，該頻率取決層、電極層(ITO 或類似材料)、LC 層等均為平坦的。該電場之成型(shaping)係圖案化該電極層或者該頻率取決層之複阻抗(complex impedance)或者兩者同時之結果。然而，可使用其他結構組構以提供該電場之成型。

經由非限定之範例，將提供本發明之可變化焦距平坦折射透鏡尺寸之實施例。將了解到，該等尺寸能夠依據設計選擇和材料選擇而大幅變化。該覆蓋基板能夠以厚度 50 至 100 微米(micron)之玻璃來製作。該孔狀圖案化電極可以如鋁之不透明金屬製作，或者能夠以透明的銦錫氧化物(ITO)製作。該電極之厚度可在 10 至 50 奈米(nm)的範圍內。該頻率取決材料可以厚度大約 10 奈米之氧化鈦

(titanium oxide)製作。氧化鈦具有隨著控制信號頻率而改變的半導體性質。

該頻率取決介電常數(或複介電)材料可包括如下列之各種材料。此類材料之實質性質係顯現出將提供使得電荷移動率如同該控制信號之頻率之函數般變化的微弱導電性。此性質容許該電場之形狀之頻率調動以控制光學品質或光學放大倍率和該 LC 光學裝置開啟/關閉(on/off)操作之頻率調動。

頂部和底部對準層可為厚度大約 20 至 40 奈米之聚醯亞胺層，該聚醯亞胺層經過摩擦以產生誘導具有低角度預先傾斜之液晶基態對準的表面。舉例而言，該液晶層之厚度可為 5 至 30 微米。此具有空間調變之單一液晶層形成聚焦光之單一線性偏光(linear polarization)的自聚焦透鏡。在第 13 圖之實施例中，孔狀圖案化電極 1304 和頻率取決材料 1306 係置於該頂部基板上，且此電極係均分於兩個 LC 層或者單元 1320a 和 1320b 之間。

將了解到，能夠以此方法組合兩層至四層之 TLCL，其可具有透鏡直徑大約 1 至 3 毫米，厚度大約 460 微米。該 TLCL 之光學放大倍率實質上可為 8 至 16 個屈光度，適用於大部份的相機應用。一個 TLCL 能夠提供可變化聚焦，同時，兩個可提供變焦透鏡(zoom lens)。

在第 14 圖之實施例中，裝設有兩個不同的頻率取決材料以具有非平面之幾何形狀。該等材料之不同複介電常數使得該電場以控制信號頻率之函數成型，以影響該電極

之有效三維(3D)形狀。較佳地，兩個材料具有匹配的光學折射率，使得該非平面幾何形狀不會干擾光學傳輸和折射，然而，透鏡系統亦可設計成用以對具有影像修改效應(image altering effect)之電極結構之任何效應負責。

在此實施例中，該兩個頻率取決材料係放置於相同層中，並且佔據該層之不同區域。第一材料 1406a 具有似透鏡(lens-like)之形狀並且位於該透鏡之光學軸之相對中央位置。第二頻率取決材料 1406b 佔據該層之其他位置，並且具有不同於該第一材料之頻率取決特性。因此，當電場施加至該層時，該兩個材料 1406a、1406b 將會有不同的回應。在此實施例中，該上側電極 1404 和該下側電極 1423 兩者均為平面的且互相平行，其間具有該液晶 1421。當該兩個電極 1404、1423 之間的電壓電位之頻率改變時，將改變施加至該液晶之電場分佈。這樣使得該 LC 單元 1420 之光學特性能夠藉由改變該控制頻率而改變，如同該電場之"形狀(shape)"將由該兩個材料 1406a、1406b 之相對位置和其相對介電常數所支配(dictate)。

舉例而言，如果第 14 圖之實施例所使用之激勵頻率使得電荷之移動相當有限，且該等材料 1406a 和 1406b 之介電性質相當類似，所以該 LC 層所見到之電場將為實質上均勻的電場。這樣將導致該等 LC 分子之均勻重新定向，而沒有任何透鏡效應以及向錯。然而，如果所施加之頻率使得電荷之移動實在該層 1406b 中(但是層 1406a 中並不顯著)，則該 LC 層將在其周圍上感受到較強之電場，因此產

生出重新定向之梯度和相對應之透鏡效應。此外，這兩個狀態之間的轉換(transition)能夠平順地達成且沒有向錯。這是該電場分佈之頻率控制所提供之重要優勢，僅使用電壓控制改變該激勵電場之振幅而非改變其分佈無法得到同樣的效果。熟習本領域者咸了解，可針對特殊應用適當地選擇該等材料 1406a、1406b 之相對形狀和其介電常數。此外，如此的複頻率取決層可能較兩個以上不同的頻率取決材料更加有用。另外，如同先前之實施例，使用此建構(construct)之可調動透鏡可藉由變化該驅動電壓之頻率，或者藉由變化該具有特殊頻率之電壓之大小，或者藉由兩者之組合來調動。

在第 15 圖之實施例中，設置頻率取決層 1506 以具有導電聚合物或凝膠之交聯梯度(gradient of cross linking)，或者是提供頻率取決電荷移動率梯度之另一頻率取決材料。能夠藉由例如雷射光束或其他光(例如：紫外光(UV))或具有梯型強度(gradient shaped intensity)、中央陷落(drop)及在聚合作用之前的擴散之熱源或在聚合作用之前的電場誘導(例如：電解質)材料間隔而產生出此梯度結構。在此實施例中，當施加至該等電極 1504、1523 之電壓頻率非常高時，層 1506 對該電場的效應很輕微，表現如同由不具有此類層於其中之均勻電極對所產生之電場。也就是說，該有效上側電極表現如同在該實際上側(頂部)電極位置。然而，當降低該頻率時，該頻率取決材料開始在該材料之某些區域中感受到高度的電荷移動。當進一

步降低該頻率時，根據該梯度結構，更多材料開始感受到電荷移動。該梯度之形狀因而支配了在該材料 1506 中發展出有效電極結構之方法，且相對應地支配了該有效電極形狀如何隨著頻率而改變。由於該電極形狀係直接相關於該電場之分佈，因此產生出可頻率調動之電場分佈和該 LC 層上之可頻率調動效應。當該頻率夠低使得該頻率取決介電常數材料為完全導電時，該有效上側電極表現如同位於該頻率取決介電常數層之底部。因此，當頻率介於該頻率取決層係完全"導電性"之低頻和該頻率取決材料層係完全"非導電性"，該有效電極之形狀係根據該材料 1506 中之梯度。因此，如同第 14 圖之實施例，施加至該液晶之電場形狀能夠藉由調整該電極電壓之頻率來調整。

第 16 圖說明結合梯度頻率取決層 1606(如第 15 圖所示之實施例)和圖案化電極 1604 之實施例。熟習本領域者將了解到，當調整該電極電壓之頻率時，可選定該電極 1604 之特殊形狀和該導電層 1606 之有效頻率取決變化性，以提供所期望之電場形狀範圍。舉例而言，該材料 1606 可為具梯度形式之複介電常數(該梯度係如圖中虛線 1607 所指示者)之材料，並且在不同的梯度區域中具有不同的頻率取決電荷移動率層次。該材料 1606 可由一種於其中產生有梯度之材料或者由兩個或更多個材料之組合所建構。該材料 1606 係鄰接頂部電極 1604，同時，LC 層 1621 係鄰接底部電極 1623。該頂部電極形狀和該層 1606 中之頻率取決梯度結構的組合係用以產生所期望之有效電極形狀範圍

和所期望之電場分佈範圍。

第 17 圖說明本發明之另一實施例，其中，平面的上側和下側電極 1704 和 1723 之間的電場係由具有不同頻率取決材料 1706a 和 1706b 之光學透明隱藏結構以及具有具梯度結構之頻率取決材料之層 1706c 所調變，類似第 15 圖所示者。材料 1706a 和 1706b 具有不同的頻率取決特性，並且在兩者的共同層中產生出特殊的有效電極結構，該有效電極結構係取決於所施加之激勵頻率。另外，該電場之頻率取決成型係藉由頻率取決層 1706c 完成。此方法的一個優勢係光穿過材料 1706a 和 1706b 之平坦表面，但是依據所施加之激勵電壓的頻率，該 LC 層所見之電場可為平坦的或者彎曲的。尤其是，該等材料 1706a、1706b 之特定形狀和位置，以及該層 1706c 之特定複特性(complex characteristic)係根據所期望之應用而選定。熟習本領域者咸了解，可藉此產生出各種不同的電場形狀。

第 18 圖說明進一步的實施例，其中，裝設頻率取決材料以頻率的函數而改變該電極結構之有效 3D 形狀。此實施例結合使用成型上側電極 1804(在此情況中為圓盤形)和包含非導電區域 1806a 之頻率取決層和頻率取決材料 1806b。藉由小心地選定該電極 1804 之形狀、該非導電區域 1806a 和材料 1806b 之相對分佈、以及該材料之頻率取決特性可產生所期望之電場形狀。類似第 17 圖之實施例，此實施例受益於該材料層之平坦表面，其中光係輕易地傳播通過該材料層。

第 19A 圖說明第 18 圖之電極結構在相對高的頻率(在此情況中為 20V、10kHz)下所產生之電場等電位線，在該頻率下該頻率取決層僅具有適度的電荷移動率。此範例中之有效電場形狀表現如同由該中央圓盤形電極所產生，而不具有來自該頻率取決材料之顯著貢獻。第 19B 圖說明第 18 圖之電極結構在相對低的頻率(在此情況中為 20V、100Hz)下所產生之電場等電位線，在該頻率下該頻率取決層顯現出明顯較多的電荷移動率。此範例中之有效電場形狀表現如同由該電極結構頂部上之中央圓盤形電極與位於該頻率取決介電常數層底部之環形電極所產生。將了解到，在中間頻率下，該有效電極形狀將更為平順，且稍微呈現半球形(dome-shaped)。

第 20 圖係具有與第 18 圖之實施例稍微相反之幾何形狀的實施例，而第 21A 圖和第 21B 圖顯示對於不同驅動頻率相對應之等電位線，實質上如同第 19A 圖和第 19B 圖。有鑑於第 18 圖之實施例使用圓盤形電極和該頻率取決層中之非導電中央區域，第 20 圖之實施例使用孔狀圖案化電極 2004 和頻率取決層 2006，其中，該導電材料均位於該電極之"孔"下之中央區域中。因此，此實施例可用以產生出與第 18 圖稍微相反之電場回應(electric field response)。舉例而言，此幾何形狀能夠用於產生可調動 LC 透鏡，該可調動透鏡可回應改變頻率而自正向改變至負向。在高頻率下(例如：25V、12kHz)，該頻率取決材料具有不顯著的電荷移動率，且該電場表現如同僅由該孔狀圖

案化電極所產生之電場。在低頻率下(例如：25V、200Hz)，該頻率取決材料具有高很多的電荷移動率，所以該電場表現如同由該電極 2004 和位於該頻率取決材料底部之圓盤形電極所產生。改變這些極端情況之間的頻率產生了適合用於調動 LC 透鏡之彎曲電場形狀的平順範圍。因此，提供了同時具有正向和負向可調動性(tunability)兩者之透鏡。

重要且必須留意的是，使用此類隱藏電極以提供用於調變該電場的 LC 透鏡可能有許多其他的變化組構，且包含在本發明之範疇中。

頻率取決材料

如上文中所提及，本發明提供頻率取決材料的各種化學組成物，適合用於可調動光學裝置(如本文中所描述之 LC 透鏡)中。熟習本領域者咸了解，此類材料也可用於其他頻率取決光學應用中，如光束偏轉裝置、快門等。為了經由頻率調動而提供電場之空間調變，可將均勻或非均勻頻率取決材料層合併入該透鏡中。因此，調動可為頻率控制。此類裝置可用於可調動焦距、繞射、偏轉等。

對於以上所討論之不同 LC 透鏡組構而言，該頻率取決層係由具有複介電常數之材料所製作，其中，該複介電常數係取決於施加至該等系統電極之驅動頻率(包含該微弱導電性質)。根據非限定之實施範例，此材料可為熱或光可聚合導電材料，其組成物可能包含以下成分：

(i) 可聚合單體(線性或環狀)化合物；

- (ii) 引發劑(initiator)；
- (iii) 用以改變最終組成物之介電常數或導電性的添加物(additive)；
- (iv) 用以增加該聚合物對玻璃表面之黏著力之黏著劑(adhesive)(該黏著劑可用以作為表面處理劑或直接併入溶液中以增加該黏著力)；以及
- (v) 用以改變混合物之黏性的填充物(filler)。

在一個範例中，90(wt.)之異癸乙酯(isodecyl acrylate)(SR256)混合 0.3%(wt%)之過氯酸鋰($\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$)。接著添加入 3%之引發劑；2-羥 2-甲基 1,1-苯丙酮(2-hydroxyl 2-methyl 1,1-phenyl propanone)(起始劑(Darocure 1173))，並且於室溫下小心地攪拌該混合物，以得到同質的清潔溶液(homogeneous clear solution)。接著添加入 10%之 ECA(2-乙基氰基丙烯酸酯(2-ethyl cyanoacrylate))(該等單體總質量之 wt%)並且於室溫和黑暗條件(dark condition)下小心地攪拌最終溶液達 15 分鐘。能夠藉由將該材料暴露於強度 $15\text{mV}/\text{cm}^2$ 之 UV 源下達三分鐘而聚合該混合物。

在另一個範例中，為了製備該組成物之第一部分，將 35%(wt)之光學黏著劑 OA9352HT2(HT)與 65%(wt.)之(2(2-乙氧乙氧)乙酸酯單體)) (2(2-Ethoxyethoxy)Ethylacrylate monomer)混合，並且於室溫下小心地攪拌該混合物，以得到同質的清潔溶液。接著添加入 10%之 4-甲苯[4-(2-甲基丙)苯]-六氟磷酸(該

等單體總質量之 wt)，並且於室溫和黑暗條件下小心地攪拌該最終溶液達 15 分鐘。

具有低電容率(ϵ)和導電性之組成物之第二部分係 55%wt. 之異癸乙酯(SR395)混合光學黏著劑(45%wt. 之 AT6001)。於室溫和黑暗條件下小心地攪拌該溶液達 15 分鐘。能夠藉由將該材料暴露於強度 $15\text{mV}/\text{cm}^2$ 之 UV 源下達三分鐘而聚合該混合物。可選擇地，來自該矽樹脂家族(silicone family)之光學彈性體可包含於該熱或光可聚合導電材料中，並且用以作為該組成物之低電容率部份。此材料可分類成為可熱固化化合物(thermally curable compound)(且可為一個或兩個部份之矽樹脂彈性體)。

應留意的是，各種材料組成物、各種 LC 層、各種電極、各種引向器對準、各種幾何形式等均可用以製造相同的光學裝置。也就是說，雖然使用頻率取決材料使得該光學裝置之頻率調動對於每一個實施例來說都是共通的，但是本文中所揭示之不同的材料和物理結構的組合可用於特殊之應用。

已決定具複介電常數之材料之各種不同化學組合物均可適用於該上述可頻率調動透鏡、光束偏轉裝置、及/或快門組構，其中，此材料可藉由調變施加至該等電極之驅動頻率而修改(包含該微弱導電性質)。

根據本發明的一個實施例，該可聚合單體化合物(polymerizable monomer compound)具有至少一個乙烯化不飽和雙鍵，且具有包含描述該導電性之虛數部分

(imaginary part)的複介電常數，且該引發劑為紫外-可見光、近紅外線敏感(sensitive)或者是熱敏感分子之組合。

特殊的引發劑化合物可能包含，例如，混合的三芳基硫型六氟銻鹽(triarylsulfonium hexafluoroantimonate salt)、六氟磷酸鹽(hexafluorophosphate salt)、及熟習本領域者所習知之任何其他適合之引發劑。較佳的引發劑化合物係 4-甲苯[4-(2-甲基丙基)苯]-六氟磷酸。

改變該熱或光可聚合導電材料之介電常數或導電性之添加物可為有機離子化合物(如混合於碳酸丙烯酯(propylene carbonate)中的鎂(4-甲苯)[4-(2-甲基丙基)苯]-六氟磷酸鹽或者是三芳基硫型六氟銻鹽)、無機離子化合物(如過氯酸鋰($\text{Li}^+\text{ClO}_4^-$)、過氯酸鉀等)、離子有機金屬化合物，或者任何其他化合物之混合，以及熟習本領域者所習知之任何其他適合之添加物。

該黏著劑係對紫外-可見光、近紅外線敏感，或者係使用熱引發劑來聚合且可用以作為表面處理劑之黏著劑，或者直接合併該溶液以增加該黏著力。在以上範例中，該黏著劑係光學黏著劑 OA9352HT2(HT)，但是熟習本領域者將習知其他適合之黏著劑。

如上述範例所討論之光學彈性體可選自包含異癸乙酯(SR395)混合光學黏著劑(AT6001)、以及熟習本領域者所習知之任何其他適合之光學彈性體的群組。

根據本發明之另一實施例，該頻率取決材料係高介電常數液體，該高介電常數液體係選自具有電容率值介於

2.0 和 180.0 之間，能夠提供電荷移動率的所有透明液體材料。較佳的情況是，該高介電常數液體具有電容率值介於 30.0 和 150.0 之間。更佳的情況是，該高介電常數液體具有電容率值介於 60.0 和 120.0 之間。該液體可為純的，或者是碳酸炔屬烴家族(alkylene carbonate family)之混合物，如個別具有電容率 67 和 111 之碳酸丙烯(propylene carbonate; PC)或碳酸甘油(glycerin carbonate; GC)、烷基群(alkyl group)、替代烷基群、烷基羰基群(alkyl carbonyl group)、烷氧羰基群(alkoxycarbonyl group)、芳香族羰基群(aryl group)、替代芳香族羰基群以及芳香族羰基羰基群(aryl carbonyl group)。再者，也可使用水、甘油(glycerol)以及水和有機或無機化合物(如甘油、鹼性鹽或地球上稀有之鹼性鹽)之混合物。一個特殊範例係 7% 蒸餾水與 93%甘油之混合物。於室溫下攪拌該溶液達 15 分鐘(該溶液之折射率係調整至相較於該隱藏層之第二部份為 1.4630 之數值)。

根據本發明之另一實施例，該頻率取決材料係電解質凝膠，其中包含聚合物材料(用作為母體(matrix))、離子組成物、以及離子運輸器(transporter)。

一般而言，所有市面上可得到之聚合物(如聚丙烯(polyacrylic)、環氧材料(epoxy material)、聚胺酯(polyurethane)、聚碳酸酯(polycarbonate)以及聚苯材料(polyphenylic material))可與該離子組成物和離子運輸器材料溶混(miscible)，並且能夠用以作為聚合物母體。

該離子組成物所具有之陰離子和陽離子種類可選自以下群組，包含：可溶解之鹼性鹽或者稀有鹼性鹽（如 Li^+ 、 K^+ 等）、有機化合物或有機金屬化合物。

該離子運輸器材料可為純液體（如碳酸丙烯（PC）、碳酸乙烯（EC））或者是兩種或更多種液體之混合物或者是具有極性群組（polar group）之單體（如醚或苯氧基群組）。此極性群組可為側鏈（side chain）或可併入聚合物之主鏈（main chain）。舉例而言：（2（2-乙氧乙氧）乙酸酯單體），其中，該醚群組係長側鏈，並且扮演離子傳輸體之角色。電解質凝膠之範例可為 10%wt. 之 PMMA 溶解於 80% 之碳酸丙烯（PC）中。此溶液係於室溫下攪拌過夜。接著，10%wt. 之過氯酸鋰添加至該溶液並且於室溫下攪拌。該最終類似凝膠之材料係用以作為該可調動 LC 透鏡之高介電常數層部分。

根據本發明之進一步實施例，該頻率取決材料可為導電離子液體。此材料係分類於不同的有機的、無機的或者有機金屬化合物，具有離子種類如氯酸鹽、過氯酸鹽、硼酸鹽、磷酸鹽以及碳酸鹽。此類材料之特定且非限定之範例包含（1-正丁基-3-甲基引咪-四氟硼酸（1-butyl-3-methyl imidazolium tetrafluoroborate））和（1-丁基-3-甲基引咪六氟磷酸（1-butyl-3-methyl imidazolium hexafluorophosphate））。

該頻率取決材料之再一範例係電子導電聚合物。共軛聚合物之最重要態樣係其作為電子導體之能力。這些材料

之範圍包含典型聚合物(例如：多塞吩衍生物 (polythiophene)、聚苯胺(polyaniline)、高分子電解質 (polypyrrole)、多乙炔(poly acetylene))或者 PEDOT(聚 (3,4-二氧乙基塞吩); poly(3,4-ethylenedioxythiophene)) 以及 PEDT 自克雷維斯(Clevios)至具有特別化導電性性質之新聚合物(如低能帶間隙(band gap)和本質導電之聚合物)。在奈米粒子環境中，材料可分散於水、有機溶劑、單體中。例如，ATO($(\text{SnO}_2)_{0.9}(\text{Sb}_2\text{O}_5)_{0.1}$)分散於水中或分散於聚乙炔乙二醇丙烯酸酯(polyethylene glycol diacrylate)中，或者是，該奈米粒子係以粉末的形式如同藉由濺鍍而塗覆在該基板上之薄層般使用。或者為碳之同素異形物之碳奈米管(carbon nanotube(CNT))，具有圓柱形奈米結構。此材料可被用以作為分散在水中或有機材料(如單體)中之奈米粒子。該等奈米粒子能夠藉由不同技術(如旋轉塗覆製程(spin coating process))沉積於該玻璃表面上。

用以製備該頻率取決層之另一種可能性係基於沉積於玻璃基板表面上如同薄膜之金屬氧化物。在此情況中，該金屬化合物係沉積於該玻璃之表面上，接著是氧化製程。在此方法中，金屬化目標係用於電子束(e-beam)、濺鍍或者熱蒸發製程。舉例而言，由電子束技術所製備之金屬氧化物化合物(如氧化錫(SnO_2)、氧化鈦(Ti_2O_3)、硫化鋅(ZnS)、氧化鋅(ZnO_2)等)能夠用以作為頻率取決部分。

導電玻璃也能夠用以作為可調動 LC 透鏡之頻率取決部分。在此情況中，能夠將該導電材料摻雜玻璃(塊體

(bulk))中，並且用以作為薄膜沉積技術(如電子束、濺鍍或者溶液-凝膠製程等)中的目標。範例包含將鉬、銀或兩者之混合物直接摻入該玻璃，並且作為用於薄膜沉積技術之導電玻璃目標。儘管氧化鈦(titanium oxide)層可為大約 10 奈米厚，但是提供一些離子導電性之聚合物能夠良好運作，雖然該聚合物之厚度範圍會在 0.1 至 30 微米。

驅動信號

本文中用以提供相對應光學裝置之頻率取決控制的該等特定材料可運用具有不同特性之各種不同驅動信號。這些信號特性包含頻率變動，並且也可包含振幅和工作週期控制。一些範例係於下文中詳細討論。

脈衝寬度調變

做到頻率控制的一種方法係藉由使用稱作為"脈衝寬度調變(PWM)"之信號。第 22 圖說明 PWM 信號之參數，亦即，振幅、週期及工作週期或填充因子("FF")。如圖所示，該 PWM 信號具有由總週期(total period)所定義之特性，且該等脈衝之持續期間決定該工作週期。該 PWM 信號之頻域(frequency domain)特性示意地顯示於第 23 圖中，係指示 PWM 波形對於不同填充因子之頻率內容。將了解到，脈衝列(pulse train)含有相對應至該波形週期之支配頻率(dominant frequency)。然而，如同此波形之傅立葉序列(Fourier series)所示範，較低振幅之較高頻率成分係包含於方波(square wave)中。因此，雖然 50%之工作週期方波脈衝列的大部分能量係包含於相對應至該 PWM 信號週期

之"中心"頻率中，但是仍然有一些能量承載於其他頻率中。第 23 圖所指示之該"高 FF" 包覆線(envelope)中所顯示之填充因子示範了此情形。在較低填充因子之情況中，該 PWM 信號中遠離該中心頻率之能量數量較大。此對應了較寬包覆線在較高頻率具有較多能量。在較高工作週期之情況中，該 PWM 信號中遠離該中心頻率之能量數量較小。作為範例，將 PWM 工作週期由 50% 工作週期降低至 5% 將以大小由正規化的 1.0 降低至 0.1 之順序來改變 RMS 電壓，同時造成在較高頻率下能量顯著增加。TLCL 之控制可運用 PWM，例如，在如行動電話相機之透鏡的某些應用中。PWM 控制對於此種 TLCL 提供了某些優勢，並且可視為具有以下之特性：

- 1) 對於給定之"中心"頻率而言，例如， $f=f_1$ ，可設定該驅動"最大振幅"以使得在考量到驅動信號之真實頻譜將顯著變寬的前提下，在相對低之 FF 達到最大光學放大倍率。接著，簡單地增加該 FF 將增加該 RMS 電壓，並且因而降低該光學放大倍率，但是這樣的降低將不被 f_1 之曲線所容許(第 24A 圖)。事實上，由於 FF 的增加，該驅動信號之頻譜內容將顯著地減少，因此，不僅僅因為該 RMS 電壓之成長，也因為高頻信號成分之減少，而該光學放大倍率將降低。這樣將使得光學放大倍率更佳"快速地"降低，而容許使用相較為低的電壓。
- 2) 一旦對於給定之驅動頻率和 FF 達到了最大光學放大倍率，則能夠向下平移(shift down)該驅動頻率，有效地

自一個轉換函數改變至另一個轉換函數(如第 24A 圖中，自 f_1 改變至 f_2)。如此幫助避免需要高 RMS 電壓以使得該透鏡之光學放大倍率達至最小值。

- 3)組合的或同時的 FF 和頻率改變也能夠用以達到光學放大倍率控制。本發明係關於使用隱藏電極系統之可調動 LC 透鏡，以經由頻率調動來提供該電場之空間調變。因此，雖然調整該 FF 也改變了該驅動信號之相對頻率內容，但是該透鏡之調動能夠為頻率控制的。如此一來，FF 和頻率兩者均能夠用以調動該透鏡。如上文中所提及，本發明之裝置可使用於各種不同之應用，包含可調動之焦距、繞射、偏轉等。

相較於 PWM 模式，振幅調變(amplitude modulation; AM)模式也可用以在給定之特殊頻率下調變該透鏡。第 24A 圖示意地示範該轉換函數，顯示了在該振幅調變模式中對於不同驅動頻率 f_1 - f_3 的 RMS 電壓對光學放大倍率。不同的控制選項可能在振幅調變模式(AM)和 PWM 模式兩者中具有所提出之 TLCL。AM 模式不同於 PWM 模式之處在於，該 PWM 信號依賴該 RMS 振幅之控制，其藉由改變該填充因子以決定該信號之相對高或低之頻率內容。相較之下，AM 模式使用具有 100%填充因子之設定頻率信號，並且僅改變該信號之振幅。第 24A 圖中之不同曲線顯示了對於不同的選定頻率，RMS 電壓如何能夠用以改變 TLCL 之光學放大倍率。此種行為係典型的，例如，對於第 14 圖所示之透鏡。第 24B 圖係類似於第 24A 圖，但是顯示了頻率控制的透鏡如何會

對於不同控制電壓發生行為。對於圖中所示之不同電壓，頻率的增加對應至該透鏡之光學放大倍率之增加(並接著減少)。然而，取決於該電壓，該光學放大倍率可具有較高之最大值，且該最大值可發生於較高之頻率。這樣的行為係典型的，例如，對於第 5 圖所示之透鏡。

能夠藉由可變化頻率控制信號電路來提供用以調動該光學裝置之控制信號，該可變化頻率控制信號電路係組構成用以造成該裝置以控制信號頻率的函數控制該裝置中的光傳播。作為範例，在第 25 圖中，示意地顯示具有以至少一個固定透鏡 2504 所組合之 LC 透鏡 2502 的相機，以利用提供聚焦控制之 LC 透鏡 2502 來聚焦影像於影像感測器 2506 上。該影像係饋至(feed to)包含自動聚焦功能以輸出所期望之聚焦值的相機控制器 2508。電場控制器 2510，通常使用查找表(lookup table)(具有關於幾何形狀、材料、溫度、片電阻、相機等可能的/可選擇性的資訊)轉譯該聚焦值成為電性參數，在此情況中係所期望之填充因子。在無法僅藉由設定於單一 PWM 波形振幅和週期之填充因子達到調動之情況中，該控制器 2510 能夠調整 PWM 振幅設定和週期設定。該 PWM 驅動電路 2512 本身可為典型的 PWM 電路。熟習本領域者將了解到，能夠使用執行於微控制器上之微碼(microcode)來實施零件 2508 和 2510，同時零件 2512 能夠包括有在該微控制器之控制下切換的電壓源，以使得脈衝寬度調變電路系統(circuitry)也由該微控制器所控制，以具有所期望之頻率和工作週期。

在欲控制該頻率內容以減少所存在之較高頻率之情況中，該 PWM 振幅能夠步進下降(step down)，同時接著增加該工作週期以達到相同的 RMS 電壓，如同機制(mechanism)，以避免產生出較高的頻率而造成該電極系統或者該 LC 單元將以非期望方式做出回應。

複頻率信號

雖然 PWM 或 AM 信號係特別討論於上文中，但是可能使用簡單地承載於一個頻率上或者是具有多重個別頻率成分組合之驅動信號。此類"複頻率"信號可為例如於不同頻率之個別信號全部以預定比例(但是係可動態變化的)混合在一起之組合。不同於 PWM 方法，該複頻率信號並非專門依賴方波類型信號形狀，且並未使用填充因子調整以改變高頻和低頻成分之層次。

第 26 圖說明三個不同頻率之三個控制信號如何能夠一起運作以成型用於可頻率調動透鏡結構(如第 25 圖之透鏡結構)之電極電壓分佈，其中，該複頻率信號產生器將會替代圖中所顯示之 PWM 信號產生器 2512。再次參照第 26 圖，該圖顯示越過 LC 透鏡之有效電壓，該 LC 透鏡具有顯示於中央範圍之電極半徑位置之中央點。本說明書中所使用之振幅值和頻率值僅為舉例。

當該向錯在相對於半徑位置之有效電壓中產生輕微之變動時，10V、100Hz 之第一信號係作用以減少越過該透鏡之向錯。12V、3kHz 之第二信號提供該透鏡一般之形狀。最終，8V、20kHz 之第三信號以改善該分佈之雙凸透鏡形

(球形或非球形)性質之方式對該整體電壓分佈造成貢獻。因此，該三個信號之組合以較單一頻率為佳之方式來成型該電極電壓分佈。該第一信號能夠用以確保該 LC 層之整個隙縫(aperture)經受最小電壓值以開始該等 LC 分子之定向。該第二信號在外側和中央間具有平順之轉換，且提供良好而平順之分佈。於較高頻增加第三信號可提供更接近球形、雙凸透鏡形、非球形或其他所期望之分佈。熟習本領域者咸了解，於其他頻率增加更多之信號能夠用以以該透鏡性質所期望之方式進一步成型該電場。另外，一旦達到所期望之電壓分佈，也能夠單獨藉由電壓調整做到該透鏡之調動。能夠為所有的信號一起做到電壓調整，或者是能夠將不同的調整用於每一個不同的頻率。

成型的電極

第 27A 圖係根據本發明示意地說明可調動 LC 透鏡，該可調動 LC 透鏡使用幾何形狀成型(geometrically shaped)之固定電極。如圖所示，LC 層 2702 係個別地夾在頂部和底部基板 2713 和 2724 之間。平坦的底部電極 2708 (其可為 ITO 層)係設置於該底部基板上，且藉由定向塗層 2710 而塗覆(例如：摩擦聚醯亞胺)，用以於預定方向上對準該 LC 層 2702 之 LC 分子。該頂部基板之表面係鄰近該 LC 層，並且亦以定向塗層 2710 而塗覆，用以對準該等 LC 分子。除了該底部電極 2708 之外，該電極系統包含以似透鏡之聚合物結構 2714 所形成之頂部電極結構 2712，該聚合物結構 2714 係藉由彎曲電極 2716(其也可為 ITO 層)而

塗覆。該頂部電極結構 2712 係組合可變化電極結構 (combined variable electrode structure; CVES) 且也包含具有頻率取決複介電常數之材料層 2706。雖然非必要的，但是此可為具可變化導電性之率匹配層 (index matched layer with variable conductivity; IMLVC)，其中，此材料係裝設於該 LC 單元 2713 之頂部基板和該似透鏡之聚合物結構 2714 之間。此材料之介電常數，且因而該電荷移動率，可以動態地改變 (例如：藉由改變施加於該頂部和底部電極之間的電壓之驅動頻率)。

該頻率取決材料可為如以上所述的那些微弱導電材料，其電荷移動率可以施加至該等電極之電性信號頻率的函數而變化，使得該頻率取決材料可用以於空間中調變其所造成之電場。更特別的是，該微弱導電材料可為具有取決於頻率之介電常數/導電性之複介電材料。因此，藉由變化該電極 2708 和 2716 之間的交流激勵電壓之頻率，能夠變化該頻率取決層中的電荷移動率之程度。此提供了由該底部平坦和頂部彎曲電極所產生於該 LC 單元中之電場的可變化 (可頻率控制的) 轉換/調整。

在本實施例中，可選定該頂部電極結構之似透鏡聚合物結構之形式以最佳化其光學功能，同時能夠藉由該平坦 IMLVC 層和選擇該驅動頻率來調整其電性功能 (於該 LC 單元中產生該電場)。此外，產生於該 LC 層中之電場彎曲 (curvature) 可由在相對高驅動頻率之似透鏡形式改變成為在低驅動頻率之平坦電場分佈 (如同，有效地，可使用兩

個平坦電極)。也就是說，該頻率取決層之高電荷移動率狀態係導因於低驅動頻率，使得該頂部結構表現如同並不存在彎曲電極，且如同該層 2706 係該頂部電極。因此，可能避免產生向錯(於空間中突然改變定向(abrupt orientation change))。最終，藉由 LC 分子之動態重新定向之電場分佈轉換(與相對應之像差)可藉由該頻率取決材料之隱藏層之電荷移動率之動態改變來補償，其中將重新成型該電場分佈。

或者是，對於相對高之驅動頻率，電荷於材料 2706 中之移動係相當受限，將不會影響該電場之分佈，並且將主要地由該似透鏡聚合物結構 2714 之彎曲來定義。在本實施例之變化中，該似透鏡聚合物結構可由相同於該層 2706 之材料製造。此結構之操作將非常類似於以上所定義，但是將不需要分離材料層 2706。

雖然該頻率取決材料層係描述於該等給定範例中，如同該可調動 LC 透鏡之電極系統之一部份，該頻率取決材料層也可認為如同分離自該電極系統，簡單地如同該可調動 LC 透鏡之額外元件。如同該透鏡之一部份，容許由該電極系統所產生之電場形狀成為藉由變化施加至該電極系統之驅動信號之頻率而動態地控制。

第 27B 圖顯示第 27A 圖所示之 LC 透鏡對於高驅動頻率(在此情況中為 $35V_{rms}$ 、100kHz)之電性等電位平面。藉由施加高頻率驅動信號，該隱藏層(IMLVC)之電荷移動率係最小的。此低電荷移動率狀態容許在該 LC 層中產生出漸變

化電場(gradually varying electric field)，對應至該等 LC 分子在空間中之非均勻重新定向和似透鏡形式之非均勻折射率分佈(亦即，該 LC 透鏡變成可調動的)。

第 27C 圖顯示第 27A 圖所示之 LC 透鏡對於低驅動頻率(在此情況中為 $35V_{rms}$ 、 $100Hz$)之電性等電位平面。藉由施加低頻率驅動信號，該隱藏層(IMLVC)之電荷移動率係最大的。此高電荷移動率狀態容許在該 LC 層中產生出均勻電場，對應至該等 LC 分子在空間中之均勻重新定向和均勻折射率分佈。為了避免形成向錯錯誤，可能因此以此均勻之激勵開始該重新定向製程，之後能夠將該驅動頻率調整至較高之頻率值，以形成似透鏡之結構。為了漸漸地移除該似透鏡之結構(通常非常緩慢)而不會到達該基態($V=0$ 伏特)，可接著將該驅動信號之頻率調整至回到該均勻激勵。

也應該留意的是，於重新定向該等 LC 分子期間，將改變(該 LC 層中)該電場之分佈。然而，顯示於第 27A 圖之 LC 透鏡組構容許藉由調整該驅動信號之頻率和該 rms 電壓來更正任何非期望之轉換，因此將該透鏡之像差維持在所期望之數值以下(無法利用固定電極對來做到此效果)。應了解到的是，使用頻率取決層和頻率控制能夠使用電極 2716 和頻率取決層 2706 產生良好之電場分佈(由該 LC 所看見)而達到"調和(reconcile)"該元件 2714 之光學功能(具有良好的"固定"光學放大倍率和低像差)之獨特可能性。

第 28A 圖係根據本發明示意地說明可調動 LC 透鏡之

變化組構。如圖中所看見，該似透鏡之聚合物結構 2814 係裝設於該頂部基板 2813 上且藉由彎曲電極 2816(其可為 ITO 層)而塗覆，且其形狀不同於第 27A 圖所示者。該頂部電極結構仍然包含具有頻率取決介電常數之材料層 2806，其中，此材料係裝設於該 LC 單元之頂部基板 2813 和該似透鏡之聚合物結構之間。因此，第 28A 圖所顯示之透鏡具有與第 27A 圖所示之透鏡類似之操作，但是具有相反的可調動性(tunability)。也就是說，藉由該結構所誘導之有效電場形狀產生出與第 27A 圖相反之透鏡效應，使得能夠以反向的指向(inverse sense)改變該驅動頻率而修改該透鏡之光學放大倍率。此種相反的可調動性係在某些透鏡應用中所期望。

第 28B 圖係根據本發明示意地說明該可調動 LC 透鏡之另一變化組構。在第 28B 圖中顯示 LC 透鏡組構，其中，LC 層 2802 係夾在頂部和底部基板 2813、2824 之間。平坦的底部電極 2808(例如：ITO 層)係設置於該底部基板上，藉由定向塗層 2810(例如：摩擦聚醯亞胺)而塗覆，用於在預定方向上對準該 LC 層 2802 之 LC 分子。該頂部基板 2813 之表面鄰近於該 LC 層，也塗覆有用於對準該等 LC 分子之定向塗層 2810。除了該底部電極之外，該電極系統還包含藉由非均勻平坦表面電極 2817(例如：ITO 層)而塗覆之非均勻"平坦隙縫"聚合物(或其他)結構 2815 所形成的頂部電極結構 2811，其中，此頂部電極結構係裝設於該頂部基板 2813 上。該頂部電極結構 2811 也包含頻率取決材料之

平面層 2806，其中，此材料係裝設於該 LC 單元之頂部基板和該"平坦隙縫"聚合物結構之間。

該聚合物結構之"平坦隙縫"形狀之選擇意指該頂部電極結構 2811，且因此該整體電極系統變成為光學上"不可見的(invisible)"，使得此層不再實施光學功能(透鏡)且僅僅對該電性功能有回應(於 LC 層中產生空間中非均勻之電場)。如同先前所討論之透鏡組構，該平坦的 IMLVC 層和該驅動頻率之選擇提供了對於此電性功能之調整，使得該 LC 透鏡之調動係可頻率控制。由第 28B 圖之 LC 透鏡組構中之所有表面均係平坦的之事實所引起之另一重要優勢係能夠無困難地塗覆具有均勻 ITO 層之聚合物結構。

第 28C 圖係根據本發明示意地說明該可調動 LC 透鏡之再一變化組構。第 28C 圖所顯示之組構係類似於第 28B 圖所顯示者，其中，該組合可變化電極結構之所有表面均係平坦的。因此，第 28C 圖所示之透鏡組構提供了對於該電極系統之光學和電性功能之相同解耦(de-coupling)以及相同的操作優勢，係關於以上第 28B 圖所討論者。然而，此結構不同於第 28B 圖之結構，其中，該等表面之位置係顛倒的，使得該電極 2819 在該結構之中央離該 LC 層較遠，相較之下在該結構之外側較接近該透鏡。此結構產生出可頻率調動之透鏡，類似第 28B 圖之結構，除了此結構具有相反的光學可調動性之外。也就是說，第 28C 圖之透鏡之光學放大倍率對頻率之曲線係與第 28B 圖所示者相反。

第 29A 圖係根據本發明示意地說明該可調動 LC 透鏡

之又一變化組構。如圖所示，LC 層 2902 係夾在頂部和底部基板 2913、2924 之間。平坦的底部電極 2908(例如：ITO 層)係設置於該底部基板 2924 上，並且藉由定向塗層 2910(例如：摩擦聚醯亞胺)而塗覆，用於在預定方向上對準該 LC 層之 LC 分子。鄰近於該 LC 層 2902 之頂部基板 2913 表面也係塗覆有定向塗層 2910，用於對準該等 LC 分子。特別對於本實施例，該電極系統之頂部電極結構 2912 包含了包覆(encase)於聚合物(或其他)材料之平坦頂部層(flat-top layer)2914 中之可變化介電常數材料之彎曲層 2916，且該頂部電極結構 2912 係裝設於該頂部基板之頂部上。如上文中所討論者，該 IMLVC 材料之電荷移動率可動態地改變(例如：藉由改變驅動頻率)。該頂部電極結構也包含平坦且光學透明之層 2906(例如：ITO 層)，其係裝設於聚合物材料之平坦頂部層之頂部上。

因此，在第 29A 圖所顯示之變化組構中，微弱導電材料之彎曲層 2916 在操作上替代了第 27A 圖之頂部彎曲 ITO 層。由於該似透鏡之結構在光學上係隱藏的(hidden)且其僅具有一個功能：產生非均勻電場，所以並未限定該似透鏡之結構的形狀。此外，沒有欲藉由 ITO 塗覆之彎曲表面。光學透明黏膠(具有可變化之導電性)係用以附接具有被包覆之彎曲 IMLVC 之聚合物結構之摺疊表面(具有相反但是相同的/匹配的彎曲)。再者，產生於該 LC 層 2902 中之電場彎曲可以改變自低驅動頻率(當該 IMLVC 係於該高電荷移動率狀態時)之似透鏡形式一直到在較高驅動頻率下得

到平坦的電場分佈(即使不需要率匹配(除非期望降低菲涅爾反射損失(Fresnel reflection loss)), 當該 IMLVC 之電荷移動率非常小時, 該 IMLVC 變成為簡單的介電質薄層), 因此避免產生向錯(突然之空間定向改變)。最終, 藉由 LC 分子之動態重新定向之電場分佈轉換(以及相對應之像差)可以藉由該隱藏層之電荷移動率之動態改變來補償, 而將重新成型該電場之分佈。

對於第 29A 圖所示之透鏡組構而言, 第 29B 圖和第 29C 圖個別地顯示該透鏡中該等 LC 分子於高和低驅動頻率下之最大重新定向之角度。第 29B 圖所示之輸出(無透鏡效應)係使用 100kHz、40V 之驅動電壓所產生, 同時第 29C 圖所示之輸出(具有透鏡效應)係使用 100kHz、40V 之驅動電壓所產生。

第 30A 圖和第 30B 圖個別地說明可用於如上所述之該 LC 透鏡組構中之典型 LC 單元的兩個不同類型範例。具體而言, 第 30A 圖顯示"pi"類型單元, 而第 30B 圖顯示"twist"類型單元。也可考慮其他包含混合式對準(hybrid alignment)之 LC 對準類型。

第 31A 圖和第 31B 圖個別地說明結合本發明之新穎電極結構的兩個可能組構, 具有為了處理光之 s 和 p 偏光之 LC 單元。在第 31A 圖之組構中, 兩個液晶單元(LCCx 和 LCCy)係定向於該交錯方向上, 以處理該垂直光之偏光, 而 CVES 係位於該等 LCC 層之任一側邊。在此範例中, 該等 CVES 層之每一者均使用以控制不同之 LCC 層。第 31B 圖之替代

組構係類似的，但是僅使用一個電極結構以控制兩個交錯定向之 LCC。在此情況中，該頂部 LCCx 之底部平坦電極係如此定向，以藉由該 LCCy 之頂部電極結構和底部平坦電極來產生該控制電場。也可能使用如第 31C 圖所示之組構，其中，改建(adapt)該 CVES 層並位於該最終裝置之中間(介於兩個交錯定向之 LC 單元間)。

本文中所討論之任何頻率取決材料均可用在上述該等不同 LC 透鏡組構中。此類材料具有可藉由改變驅動頻率而變化(包含該微弱導電性質)之複介電常數。該材料之特定特性可根據討論中的特殊透鏡結構來選定。應留意的是，各種材料組成物、各種 LC 層、各種電極、各種幾何形狀形式等均可用以製造該上述 LC 透鏡，而不背離本發明之範疇。讀者也應該了解的是，能夠使用本文中所述之 LC 透鏡發展出各種光學裝置。此外，於本文中(例如：第 27 圖、第 28A 圖)所討論之所有"彎曲的"表面幾何形狀均可覆蓋或者如第 29A 圖所示者"填充"以具有相同於該頂部表面之光學性質之光學被動材料(optical passive material)，以消除其純粹的光學作用。

熟習本領域者咸了解，某些裝置可運用具有低或沒有頻率取決之材料，但是仍然可能對該激勵信號之頻率是"敏感的"。在此情況中，不同元件之組合係根據該頻率提供了電場衰減(於該橫向平面中)，如同分散式 RCL 電子電路。有摻雜之 LC 層(doped LC layer)

第 32A 圖所示者係本發明的另一替代實施例。在此實

施例中，缺少了分離自該 LC 層之頻率取決材料，相反地，使用本身具有所期望之頻率取決性質的 LC 材料 3202。雖然該頻率取決材料係該液晶本身之一部份，但是達到了該 LC 層中所期望之電場形狀。當平面底部電極 3223 係位於該 LC 層 3202 之其他側時，孔狀圖案化導電環 3204 用作為該頂部電極。定向塗層 3222 可為摩擦聚醯亞胺，且該結構個別具有頂部和底部基板 3213 和 3224。在此範例中，該結構使用選擇性中間層 3225，該選擇性中間層 3225 具有由電極 3204 和 3223 所產生之電場之額外成型之效應。如第 32B 圖所示，另一實施例實質上係相同的，但是不具有此中間層。在此實施例中，該 LC 層之電荷移動率減弱該電場（由該孔狀圖案化電極所產生），因此儘管該孔狀圖案化電極之位置接近該 LC 層，仍然能夠產生出產生似透鏡之折射分佈之電場。

如第 33 圖所示之結果，當使用具有電荷移動率之液晶時，由圖案化電極所成型之電場係顯著的。等電位線之模擬(simulation)係使用介於該孔狀圖案化電極間之區域中之相對標準的 ITO 電極層（小於 $100\text{k}\Omega/\text{sq}$ ）結合具有等級 10^{-3}s/m 之微弱導電液晶來推定。第 32A 圖和第 32B 圖所示之環狀電極(annular electrode)可為不透明的（如鋁），且在定義該透鏡之光學隙縫的頂部電極中具有中央隙縫或孔。典型上，該等 LC 材料係在其合成之後進行純化(purify)，以降低其導電性。如果該等液晶之本質導電性(natural conductivity)並不足夠（例如：由於一些離子雜

質(ionic impurity))，則該等液晶也可接著被摻雜。舉例而言，能夠添加金屬或金屬氧化物奈米粒子、碳奈米管、以及如鋰(lithium)之離子，以增加該液晶之導電性，而不會損害該液晶之性質。也有 LC 材料在其基本分子結構中具有金屬複合物(metal complex)或者具有具足夠微弱導電性之組件。這樣的微弱導電性(當並不希望太高時)，並不會削弱該液晶於平面電極之間的操作。當該電場係來自圖案化電極時，藉由成型該電場，該液晶之電荷移動率顯著地改變操作。

將了解到，以某種方式來選擇該 LC 之參數，以避免非期望之效應，如該等液晶材料之電流體力學不穩定性(electrohydrodynamic instability)。第 34 圖係將具有有限導電性之液晶用於該可調動透鏡應用之另一種可能的方式。可區別至少數種不同之狀況(為了簡化起見，忽略內層(internal layer)之存在)。關於此圖式，該頂部和底部基板可個別稱作為"第 1 區"和"第 2 區"。在一個變化實施例中，第 1 區和第 2 區之其中一者係非導電材料。接著對於具有 2 毫米直徑和 40 微米厚度之 LC 而言，該電場分佈對透鏡應用(給定任何合理之 LC 導電性)而言將太過陡峭(sharp)。在另一個可能性中，第 1 區和第 2 區兩者均係導電材料。接著，該電場分佈對透鏡應用(給定任何合理之 LC 導電性)而言將太過平坦。在一個變化實施例中，第 1 區和第 2 區係高度電阻性材料，例如，具有 $100\text{k}\Omega/\text{sq}$ 之片電阻(或者是具有高複可極性度(complex

polarisability)，但是並非良好導體之材料…。在此情況中，該電場分佈能夠適當地用於透鏡應用（給定任何合理之 LC 導電性或者甚至純的/非導電的 LC）。最終，第 1 區和第 2 區之其中一者可為高度電阻性材料，同時另一個則是非導電材料。在該情況中，該電場分佈能夠適當地用於透鏡應用（給定任何合理之 LC 導電性或者甚至純的/非導電的 LC）。具有高度電阻性區域之孔狀圖案化電極的所提出之組合最後將降低所需要之液晶導電性層次。

將了解到，微弱導電液晶材料能夠與複介電材料層組合，且一起運作以成型該所期望之電場，無論是使用頻率作為控制機制以改變該電場之形狀，或者固定頻率而使用電壓控制該電場和該裝置之光學狀態。

雖然本發明已藉由參考其較佳實施例而顯示和描述，但是熟習本領域者咸了解本發明可做形式上和細節上的各種改變，而不會背離藉由附加之申請專利範圍所定義之本發明的精神與範疇。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係習知技術之可調動液晶(LC)透鏡結構之示意圖；

第 2 圖係習知技術之具有孔狀圖案化電極之可調動 LC 透鏡結構之示意圖；

第 3 圖係習知技術之具有三個段落之頂部電極之可調動 LC 透鏡結構之示意圖；

第 4A 圖係具有頻率取決材料層和位於接近該層頂部

之圓盤形頂部電極之可調動 LC 透鏡結構之示意圖；

第 4B 圖係具有頻率取決材料層和位於接近該層底部之圓盤形頂部電極之可調動 LC 透鏡結構之示意圖；

第 5A 圖係具有頻率取決材料層和位於接近該層頂部之孔狀圖案化頂部電極之可調動 LC 透鏡結構之示意圖；

第 5B 圖係具有頻率取決材料層和位於接近該層底部之孔狀圖案化頂部電極之可調動 LC 透鏡結構之示意圖；

第 6 圖係顯示當使用具有相對高頻率之驅動信號時，對於第 5A 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 7 圖係顯示當使用具有相對低頻率之驅動信號時，對於第 5A 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 8 圖係顯示當使用具有相對高頻率之驅動信號時，對於第 5B 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 9 圖係顯示當使用具有相對低頻率之驅動信號時，對於第 5B 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 10A 至 10E 圖係說明顯示對於類似第 5A 圖之組構之可調動透鏡效應之影像；

第 11A 圖係顯示對於第 5A 圖之組構而言光學放大倍率對 RMS 電壓之圖示實驗資料；

第 11B 圖係顯示對於類似第 5A 圖之組構而言 RMS 像差對 RMS 電壓之圖示實驗資料；

第 12A 圖係顯示對於類似第 5A 圖之組構而言光學放大倍率對頻率之圖示實驗資料；

第 12B 圖係顯示對於類似第 5A 圖之組構而言光學放

大倍率對頻率之圖示實驗資料，以及在相同頻率範圍內像差之相對應指示；

第 13 圖係顯示根據本發明之具有夾在兩個 LC 單元間之孔狀圖案化電極和頻率取決材料之梯度控制結構之結構示意圖；

第 14 圖係顯示位於具有非平面幾何形狀之共同層之兩個不同頻率取決材料之結構示意圖；

第 15 圖係具有頻率取決特性之梯度之頻率取決材料之結構示意圖；

第 16 圖係組合梯度頻率取決層和圖案化電極之結構示意圖；

第 17 圖係具有位於具平坦表面之共同層之多個頻率取決材料之結構示意圖；

第 18 圖係使用成型之上側電極和具有非導電區域之頻率取決層之結構示意圖；

第 19A 圖係顯示當使用具有相對高頻率之驅動信號時，對於第 18 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 19B 圖係顯示當使用具有相對低頻率之驅動信號時，對於第 18 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 20 圖係具有孔狀圖案化上側電極和位於該電極之孔下之頻率取決材料之結構示意圖；

第 21A 圖係顯示當使用具有相對高頻率之驅動信號時，對於第 20 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 21B 圖係顯示當使用具有相對低頻率之驅動信號

時，對於第 20 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 22 圖係顯示脈衝寬度調變信號之參數之圖式；

第 23 圖係顯示脈衝寬度調變信號之頻域特性之圖式；

第 24A 圖係顯示於三個不同頻率驅動 LC 透鏡之轉換函數(光學放大倍率對 RMS 電壓)之圖式；

第 24B 圖係顯示可頻率調動 LC 透鏡對於三個不同控制電壓之光學放大倍率對頻率之轉換函數之圖式；

第 25 圖係具有可頻率調動 LC 透鏡之相機之示意圖；

第 26 圖係顯示如何能夠一起使用不同頻率之三個控制信號以成型可頻率調動 LC 透鏡之電場分佈之圖式；

第 27A 圖係具有成型之頂部電極、似透鏡之聚合物結構及頻率取決層之結構示意圖；

第 27B 圖係顯示當使用具有相對高頻率之驅動信號時，對於第 27A 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 27C 圖係顯示當使用具有相對低頻率之驅動信號時，對於第 27A 圖之組構之等電位平面之圖式；

第 28A 圖係類似於第 27A 圖但是具有成型頂部電極之結構示意圖，其中，該成型頂部電極具有倒轉之形狀以提供相反之可調動性；

第 28B 圖係具有具平坦表面形狀之頂部電極及平坦隙縫聚合物結構之結構示意圖；

第 28C 圖係類似於第 28B 圖之結構示意圖，但是該等平坦表面之位置均顛倒以便提供相反之可調動性；

第 29A 圖係具有具包覆於聚合物材料頂部層中之頻率

取決材料之彎曲層之頂部電極之結構示意圖；

第 29B 圖係顯示當驅動於相對高頻率時，第 29A 圖之透鏡組構之 LC 分子重新定向之最大角度之圖式；

第 29C 圖係顯示當驅動於相對低頻率時，第 29A 圖之透鏡組構之 LC 分子重新定向之最大角度之圖式；

第 30A 圖係"pi"類型 LC 單元之示意圖；

第 30B 圖係"twist"類型 LC 單元之示意圖；

第 31A 圖係用以控制光之兩個正交偏光之 LC 單元組構之示意圖；

第 31B 圖係類似第 31A 圖之 LC 單元組構之 LC 單元組構之示意圖，但是單一組合可變化電極結構控制該等 LC 單元；

第 31C 圖係類似第 31B 圖之 LC 單元組構之 LC 單元組構之示意圖，但是該組合可變化電極結構係位於該兩個交錯定向 LC 單元之間；

第 32A 圖係使用本身具有頻率取決性質之 LC 層之結構示意圖；

第 32B 圖係類似第 32A 圖之結構之結構示意圖，但是未使用中間層；

第 33 圖係顯示當使用微弱導電之頻率取決層時，對於第 32A 圖之組構之等電位平面之圖式；以及

第 34 圖係使用具有微弱導電之頻率取決特性之液晶之一般性表示之示意圖。

【主要元件符號說明】

- 102、521、1421 液晶 104、106、424 基板
- 108、110 透明電極 112 聚合物層
- 204 孔狀圖案化電極環
- 205 圓盤形區
- 304、305、307、1504、1523、2819、3224 電極
- 306 微弱導電層 402、502 梯度控制結構
- 404 光學透明中央電極
- √406、506 頻率取決材料層
- 413 選擇性覆蓋基板 420、520 液晶單元
- 421、3202 液晶材料 422 塗層
- √423 透明導電層 425、3225 中間層
- 504 孔狀圖案化固定導電電極環
- 513、2813 頂部基板 522 定向塗層
- √523 底部導電層
- 524、2824、2924、3222 底部基板
- 525 選擇性中間層 1302 梯度控制結構
- 1304 孔狀圖案化周圍電極
- 1306、1406a、1406b、1506、1706a、1706b、1706c、1806b
頻率取決材料
- 1320a、1320b、1420 LC 單元
- 1404、1704、1804 上側電極
- 1423、1723 下側電極 1604 圖案化電極
- 1606 梯度頻率取決層 1607 虛線
- 1621 液晶層

1623、2808、2908、3223	底部電極		
1806a	非導電區域	2004	孔狀圖案化電極
2006	頻率取決層	2502	液晶透鏡
2504	固定透鏡	2506	影像感測器
2508	相機控制器	2510	電場控制器
2512	PWM 驅動電路	2802、2902	液晶層
2806	平面層	2810、2910	定向塗層
2811、2912	頂部電極結構	2814、2815	聚合物結構
2816	彎曲電極	2817	表面電極
2906	光學透明層	2913、3213	頂部基板
2914	頂部層	2916	彎曲層
3204	孔狀圖案化導電環		

三、英文發明摘要：

Variable liquid crystal devices for controlling the propagation of light through a liquid crystal layer use a frequency dependent material to dynamically reconfigure effective electrode structures in the device. The frequency of a drive signal that generates an electric field in the device may be varied, and the frequency dependent material has different charge mobilities for the different frequencies. At a low charge mobility, the frequency dependent material has little effect on the existing electrode structures. However, at a high charge mobility, the frequency dependent material appears as an extension of the fixed electrodes, and may be used to change the effective electrode structure and, thereby, the spatial profile of the electric field. This, in turn, changes the optical properties of the liquid crystal, thus allowing the optical device to be frequency controllable.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (4A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

402	梯度控制結構	404	光學透明中央電極
406	頻率取決材料層	413	選擇性覆蓋基板
420	液晶單元	421	液晶材料
422	塗層	423	透明導電層
424	基板	425	中間層

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無代表化學式

三、英文發明摘要：

Variable liquid crystal devices for controlling the propagation of light through a liquid crystal layer use a frequency dependent material to dynamically reconfigure effective electrode structures in the device. The frequency of a drive signal that generates an electric field in the device may be varied, and the frequency dependent material has different charge mobilities for the different frequencies. At a low charge mobility, the frequency dependent material has little effect on the existing electrode structures. However, at a high charge mobility, the frequency dependent material appears as an extension of the fixed electrodes, and may be used to change the effective electrode structure and, thereby, the spatial profile of the electric field. This, in turn, changes the optical properties of the liquid crystal, thus allowing the optical device to be frequency controllable.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (4A) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

402	梯度控制結構	404	光學透明中央電極
406	頻率取決材料層	413	選擇性覆蓋基板
420	液晶單元	421	液晶材料
422	塗層	423	透明導電層
424	基板	425	中間層

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無代表化學式

低頻率之驅動信號(在此情況中係 20V、100Hz)導致更多的電荷於該頻率取決層中移動。這樣使得該電場分佈變得平坦，相對應地引入均勻的引向器重新定向(director reorientation)，並且容許輕易地避免定向錯誤，或稱作"向錯"。此類型之分佈也容許於低 RMS 電壓"消除"該透鏡，而無須傾向於降低主裝置(host device)效能或違反主裝置電壓限制的第三電極或者是改變該驅動信號至非常低(例如：0 伏特)或非常高的電壓(例如：100 伏特)。該平坦等電位平面對應至越過該透鏡直徑的平坦電場。再者，該"低"頻率範圍係取決於所使用之頻率取決材料之參數。

第 8 圖和第 9 圖說明第 5B 圖之組構之相對應等電位平面。第 8 圖顯示第 5B 圖之裝設給定具有 25V 且頻率為 700Hz 之驅動電壓的電場分佈。此相對高頻率之電壓於該頻率取決材料中產生了適度的電荷移動，導致空間中可變化之電場分佈具有平順的變動，如圖中所指示者。相較之下，低頻率驅動信號(例如：25V、100Hz)產生相對平坦的電場空間分佈，如第 9 圖所示。

第 10A 圖至第 10E 圖說明對於第 5A 圖所示之單元組構的可調動 LC 透鏡(TLCL)之效應的實驗示範。為了得到所顯示之影像，在兩個交錯的偏光鏡(polarizer)之間放置(於 45 度)具有單一液晶層之可調動透鏡。第 10A 圖示範在利用控制電壓激勵之前 LC 對準之均勻分佈。第 10B 圖顯示當藉由相對低的激勵頻率施加電壓至該等電極時之 LC 定向的均勻分佈。此低頻激勵所產生的均勻電場分佈給予 LC

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98120793

※申請日：98-6-22 ※IPC 分類：G02F1/1335 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

使用有效電極結構之動態再組構之電光學裝置及方法

ELECTRO-OPTICAL DEVICES AND METHOD USING DYNAMIC
RECONFIGURATION OF EFFECTIVE ELECTRODE STRUCTURES

二、中文發明摘要：

一種用以控制通過液晶層之光的傳播之可變化液晶裝置，使用頻率取決材料以於該裝置中動態地再組構有效電極結構。於該裝置中產生電場之驅動信號之頻率係可變化的，且該頻率取決材料對於不同的頻率具有不同的電荷移動率。於低電荷移動率的情況下，該頻率取決材料對於現存的電極結構具有輕微的效應。然而，於高電荷移動率的情況下，該頻率取決材料表現如同該等固定電極之延伸，且可用以改變該有效電極結構並藉此改變該電場之空間分佈。這種特性改變了該液晶之光學性質，也因此使得該光學裝置為可頻率控制的。

七、申請專利範圍：

1. 一種可變化光學裝置，係使用電極幾何形狀用以控制通過該裝置的光傳播，該光學裝置包括：

液晶層，係有該光通過該液晶層，且該液晶層之光學性質控制該光傳播；

電極系統，係經裝設以產生作用於該液晶層上之電場；以及

電性信號產生器，係用以在複數個不同的頻率產生驅動信號，並且施加該驅動信號至該電極系統；

其中，該裝置包括頻率取決材料，且該頻率取決材料具有於其中隨著該驅動信號之頻率而變化的電荷移動率，使得該驅動信號之頻譜內容組構該電極系統之電極幾何形狀，藉以使得該電場之空間分佈以該頻譜內容的函數而變化，以修改該液晶層之該光學性質，該液晶層係嵌入至該電極系統中，並且該頻率取決材料係嵌入至該電極系統中，

其中，該驅動信號實質上包括單一頻率信號，且該單一頻率信號經改變，以改變該光傳播，

其中，該信號產生器控制該光傳播，且該驅動信號並無實質的電壓變動。

2. 如申請專利範圍第 1 項之裝置，其中，該驅動信號包括複數個頻率，且該複數個頻率經組合以產生該空間分佈。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該信號產生

器改變該驅動信號的振幅以調整該光傳播。

4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該液晶層包括低角度預先傾斜的對準層，以及該信號產生器經操作以施加驅動信號，且該驅動信號避免於該液晶層中之液晶的向錯。
5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該裝置為透鏡，該液晶層包括低角度預先傾斜的對準層，以及該信號產生器經操作以施加驅動信號，且該驅動信號避免於該液晶層中之液晶殘留在由該對準層所定義之基態附近，並因此藉由該液晶對該電場的改善回應而降低影像像差。
6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該裝置包括至少兩個液晶層，且該液晶層具有不同之液晶定向的方向，以降低該裝置的偏光敏感度。
7. 如申請專利範圍第 6 項之裝置，其中，該電極系統包括位於至少一個上側液晶層和至少一個下側液晶層之間的中間環形電極、上側透明電極以及下側透明電極，該頻率取決材料包括位於接近該中間環形電極之材料層，且藉由該頻率取決材料所調變之該空間分佈，因此對該中間環形電極和該上側透明電極之間的該至少一個上側液晶層，以及對該中間環形電極和該下側透明電極之間的該至少一個下側液晶層而言是相同的。
8. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該液晶層實質上係平面的。

9. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該裝置係自聚焦透鏡(GRIN)。
10. 如申請專利範圍第 9 項之裝置，其中，該透鏡具有可調動變化的光學放大倍率，該光學放大倍率較佳為超過 3 個屈光度的範圍。
11. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該電極系統包括孔狀圖案化或環形電極。
12. 如申請專利範圍第 11 項之裝置，其中，該頻率取決材料包括接近該電極系統之該孔狀圖案化或環形電極的材料薄層。
13. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該電極系統和該頻率取決材料提供非平面的電極幾何形狀，且除了電極電壓的任何空間調變以外，該電場之該空間調變藉由電極幾何形狀而產生。
14. 如申請專利範圍第 13 項之裝置，其中，該電極系統包括彎曲電極。
15. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該頻率取決材料包括在該液晶層之液晶內所含有的雜質或摻雜物。
16. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該信號產生器包括脈衝寬度調變電路。
17. 如申請專利範圍第 16 項之裝置，其中，該脈衝寬度調變電路提供複數個 PWM 波形之振幅，且當該波形中之頻率內容含有太多遠離中心頻率之能量時，該振幅隨著於工作週期中相對應的改變而改變，以傳遞實質上相同的

有效 PWM 電壓。

18. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該頻率取決材料包括半導體材料。
19. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之裝置，其中，該產生器經組構以在該空間分佈實質上均勻時提供第一驅動信號，該液晶自藉由對準層所定義的基態而重新定向，且該液晶層之該光學性質於空間中是均勻的，以及該產生器經組構以在該空間分佈於空間中並非均勻時提供第二驅動信號，以達到所期望對光傳播的控制。
20. 一種用以組構電極幾何形狀之方法，係使用具有不同頻率的驅動信號、施加該驅動信號用以產生電場的固定電極、以及電荷移動率於其中隨著該驅動信號之頻率而變化的頻率取決材料，藉以產生提供所期望的該電場之空間分佈的組構電極幾何形狀，其中，該頻率取決材料係嵌入至該電極系統中。
21. 如申請專利範圍第 20 項之方法，包括控制該驅動信號之至少一個頻率成分，以頻率調動該空間分佈。
22. 如申請專利範圍第 20 或 21 項之方法，包括混合共同於該驅動信號中的不同頻率，以達到該所期望的該電場之空間分佈。
23. 如申請專利範圍第 20 或 21 項之方法，包括調整該驅動信號之振幅。
24. 如申請專利範圍第 23 項之方法，其中，該調整振幅包括使用具複數個 PWM 波形振幅的脈衝寬度調變，且當該

波形中之頻率內容含有太多遠離中心頻率之能量時，該振幅隨著於工作週期中相對應的改變而改變，以傳遞實質上相同的有效 PWM 電壓。

25. 一種用以驅動液晶裝置之方法，包括於該裝置中設置頻率取決材料，並且依據申請專利範圍第 20 至 24 項中任何一項之方法組構電極幾何形狀，其中，該電場之該空間分佈係用以控制該裝置之液晶。
26. 如申請專利範圍第 25 項之方法，其中，該液晶裝置為具有由該空間分佈所控制之光學放大倍率的自聚焦透鏡。
27. 如申請專利範圍第 25 或 26 項之方法，包括控制該電場以降低或避免於該液晶中之向錯。
28. 如申請專利範圍第 27 項之方法，包括控制該電場以避免液晶殘留在由對準層所定義之基態附近，並因此藉由該液晶對該電場之改善回應而降低影像像差。
29. 一種可變化光學裝置，係使用電極幾何形狀用以控制通過該裝置的光傳播，該光學裝置包括：

液晶層，係有該光通過該液晶層，且該液晶層之光學性質控制該光傳播；

電極系統，係經裝設以產生作用於該液晶層上之電場；以及

電性信號產生器，係用以在複數個不同的頻率產生驅動信號，並且施加該驅動信號至該電極系統；

其中，該裝置包括頻率取決材料，且該頻率取決材

料具有於其中隨著該驅動信號之頻率而變化的電荷移動率，使得該驅動信號之頻譜內容組構該電極系統之電極幾何形狀，藉以使得該電場之空間分佈以該頻譜內容的函數而變化，以修改該液晶層之該光學性質，該液晶層係嵌入至該電極系統中，並且該頻率取決材料係嵌入至該電極系統中，

其中，該液晶層包括低角度預先傾斜的對準層，以及該信號產生器經操作以施加驅動信號，且該驅動信號避免於該液晶層中之液晶的向錯。

30. 一種可變化光學裝置，係使用電極幾何形狀用以控制通過該裝置的光傳播，該光學裝置包括：

液晶層，係有該光通過該液晶層，且該液晶層之光學性質控制該光傳播；

電極系統，係經裝設以產生作用於該液晶層上之電場；以及

電性信號產生器，係用以在複數個不同的頻率產生驅動信號，並且施加該驅動信號至該電極系統；

其中，該裝置包括頻率取決材料，且該頻率取決材料具有於其中隨著該驅動信號之頻率而變化的電荷移動率，使得該驅動信號之頻譜內容組構該電極系統之電極幾何形狀，藉以使得該電場之空間分佈以該頻譜內容的函數而變化，以修改該液晶層之該光學性質，該液晶層係嵌入至該電極系統中，並且該頻率取決材料係嵌入至該電極系統中，

其中，該裝置為透鏡，該液晶層包括低角度預先傾斜的對準層，以及該信號產生器經操作以施加驅動信號，且該驅動信號避免於該液晶層中之液晶殘留在由該對準層所定義之基態附近，並因此藉由該液晶對該電場的改善回應而降低影像像差。

31. 一種熱或光可聚合導電組成物，包括：

可聚合單體，係具有至少一個具有複介電常數之乙烯化不飽和雙鍵，以及

引發劑，係包含一個或多個紫外-可見光敏感、近紅外線敏感或熱敏感分子，

其中，該組成物復包括下列所組成群組之一個或多個：(iii)添加物，係選自有機離子化合物、無機離子化合物及離子有機金屬化合物所組成之群組，以改變該最終組成物之介電常數或導電性；(iv)黏著劑，係選自對紫外-可見光敏感之黏著劑、對近紅外線敏感之黏著劑及使用熱引發劑而聚合之黏著劑所組成之群組；以及(v)填充物，係用以改變該添加物之黏性，以及

其中，該熱或光可聚合導電組成物具有電荷移動率，該電荷移動率取決於作用在其上之電場的頻率。

32. 如申請專利範圍第 31 項之熱或光可聚合導電組成物，

其中，該組成物復包括來自矽樹脂家族之光學彈性體。

33. 一種用以控制光傳播之可變化液晶光學裝置，該光學裝置

包含至少一個液晶層；電極結構，具有平面電極、孔狀圖案化電極、以及弱導電性材料，該弱導電性材料延

伸橫跨該孔狀圖案化電極的隙縫，係裝設在該層的相反側上；以及信號產生器，包含脈衝寬度調變電路，其中，驅動信號的電壓提供給該電極結構，而控制器係連接至該脈衝寬度調變電路並組構以將該驅動信號的振幅和頻率為期望調動光學性質。

34. 如申請專利範圍第 33 項之裝置，其中，提供有複數個脈衝寬度調變波形之振幅，且當該波形中之頻率內容含有太多遠離中心頻率之能量時，該振幅隨著於工作週期中相對應的增加而切換至較小之振幅。
35. 如申請專利範圍第 33 項之裝置，其中，該裝置之電極結構包含具有頻率取決電荷移動率之材料，且該驅動信號之脈衝寬度調變波形之振幅和週期經選擇，藉以使該波形之工作週期被控制，以藉由 RMS 電壓和頻率內容共同運作的方式共同改變該驅動信號之該 RMS 電壓和頻率內容，進而改變該光學裝置之可調動狀態。
36. 如申請專利範圍第 33 至 35 項中任何一項之裝置，其中，該裝置控制影像。
37. 如申請專利範圍第 36 項之裝置，其中，該裝置係可調動焦距透鏡。
38. 如申請專利範圍第 36 項之裝置，其中，該透鏡係可變化折射透鏡。
39. 如申請專利範圍第 36 項之裝置，其中，該透鏡係可變化繞射透鏡。
40. 一種用以頻率調動液晶光學裝置之方法，該液晶光學裝

置包含液晶層、用以產生作用於該液晶層上之電場的電極、以及用以產生驅動信號並且施加該驅動信號至該電極系統的電性信號產生器，該方法包括：

在該電極之間設置具有電荷移動率之頻率取決材料，且該電荷移動率隨著該驅動信號之頻率而變化；以及

利用該信號產生器施加多重頻率驅動信號，以空間調變作用於該液晶層上之該電場。

41. 一種用以控制光傳播之可變化光學裝置，該光學裝置包括：

液晶層；

電極系統，係經裝設以產生作用於該液晶層上之電場，該電極系統包含：

固定導體電極；以及

頻率取決材料，係具有隨著施加至該電極系統之電性驅動信號的頻率而變化之電荷移動率，且該固定導體電極和該頻率取決材料之其中一者之特徵在於非平坦的幾何形狀；

其中，該驅動信號之頻率經變化，以變化該電極系統之有效電極組構，藉以修改該電場之空間分佈，以供所期望之光傳播行為，該液晶層係嵌入至該電極系統中，並且該頻率取決材料係嵌入至該電極系統中。

42. 如申請專利範圍第 41 項之裝置，其中，該固定導體電極和該頻率取決材料之其中另一者之特徵在於實質上

平坦的幾何形狀。

43. 如申請專利範圍第 42 項之裝置，其中，該固定導體電極係頂上塗覆有類似透鏡之聚合物結構的彎曲導電材料層。
44. 如申請專利範圍第 42 項之裝置，其中，該固定導體電極係頂上塗覆有平坦隙縫聚合物結構的多層次表面平坦的導電材料層。
45. 如申請專利範圍第 43 或 44 項之裝置，其中，該頻率取決材料包括裝設於該液晶層和該固定導體電極之間實質上平坦的材料層。
46. 如申請專利範圍第 42 項之裝置，其中，該頻率取決材料包括包覆於表面平坦之聚合物結構中的彎曲材料層，且該表面平坦之聚合物結構裝設於該液晶層和該固定導體電極之間。
47. 如申請專利範圍第 46 項之裝置，其中，該固定導體電極包括頂上塗覆有該表面平坦之聚合物結構的平坦導電材料層。
48. 如申請專利範圍第 47 項之裝置，其中，該表面平坦之聚合物結構係由一對類似透鏡之聚合物結構所形成，該一對類似透鏡之聚合物結構具有相反且匹配的彎曲表面。
49. 如申請專利範圍第 48 項之裝置，其中，該彎曲的頻率取決材料層包括光學透明黏膠層，該光學透明黏膠層附接該一對類似透鏡之聚合物結構之相反且匹配的彎曲

表面。

50. 如申請專利範圍第 44 或 46 項之裝置，其中，該電極系統實質上係光學隱藏的，且不會干擾通過該裝置之光傳播。
51. 如申請專利範圍第 41 至 44 及 46 至 49 項中任何一項之裝置，其中，該固定導體電極係頂部電極，該裝置復包括平坦底部電極。
52. 如申請專利範圍第 41 至 44 及 46 至 49 項中任何一項之裝置，其中，該電場具有實質上由該固定導體電極所定義且些微地以該驅動信號之頻率的函數而變化的部分，以及由該頻率取決材料所定義且顯著地以該驅動信號之頻率的函數而變化的部分。
53. 如申請專利範圍第 52 項之裝置，其中，該電場實質上係由該頻率取決材料所定義。
54. 如申請專利範圍第 41 至 44 及 46 至 49 項中任何一項之裝置，其中，該裝置控制影像。
55. 如申請專利範圍第 54 項之裝置，其中，該裝置係可調動焦距透鏡。
56. 如申請專利範圍第 55 項之裝置，其中，該透鏡係可變化折射透鏡。
57. 如申請專利範圍第 56 項之裝置，其中，該透鏡係可變化繞射透鏡。
58. 如申請專利範圍第 41 至 44 及 46 至 49 項中任何一項之裝置，其中，該裝置復包括經組構的可變化頻率控制信

號電路，使該裝置得以控制信號頻率之函數而控制光傳播。

59. 一種用以控制光傳播之可變化光學裝置，該光學裝置包括：

電極系統，包含：

平坦的底部電極；以及

頂部電極；

液晶層，係裝設於該底部電極和該頂部電極之間，且該電極系統係經操作以產生作用於該液晶層上之電場；

頻率取決材料，係具有隨著施加至該電極系統之電性驅動信號的頻率而變化之電荷移動率，其中，該頻率取決材料係裝設於該液晶層和該頂部電極之間，且該頂部電極和該頻率取決材料之其中一者之特徵在於非平坦的幾何形狀；

其中，該驅動信號頻率經變化，以變化該電極系統之電極組構，藉以修改該電場之空間分佈，以提供所期望之光傳播行為。

60. 一種用以控制光傳播之可變化光學裝置，該光學裝置包括：

液晶層，係含有液晶；

其中，該液晶層具有隨著該電性驅動信號之頻率而變化之電荷移動率，以變化電場之空間分佈，並藉此修改通過該裝置之光傳播行為，其中，該電場係回應作用

於該液晶層上的電性驅動信號而產生。

61. 如申請專利範圍第 60 項之裝置，其中，該電場源包括裝設有至少一個隙縫的至少兩個電極，以產生作用於該液晶層上在空間中非均勻之電場，其中，該液晶之該頻率取決電荷移動率使該電場在該隙縫內更強。
62. 如申請專利範圍第 60 或 61 項之裝置，其中，該電場源包括至少一個光學透明電極。
63. 如申請專利範圍第 60 項之裝置，其中，該電場源包括孔狀圖案化電極，且該孔狀圖案化電極於該電極之中心區中具有光學透明材料。
64. 如申請專利範圍第 61 或 63 項中任何一項之裝置，其中，該裝置控制影像。
65. 如申請專利範圍第 64 項之裝置，其中，該裝置係可調動透鏡。
66. 如申請專利範圍第 65 項之裝置，其中，該透鏡為折射。
67. 如申請專利範圍第 66 項之裝置，其中，該透鏡為繞射。