



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201930942 A

(43)公開日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：107147682

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 12 月 28 日

(51)Int. Cl. : G02B7/04 (2006.01) G02B3/14 (2006.01)

(30)優先權：2017/12/28 日本 2017-254351

2018/12/26 日本 2018-243598

(71)申請人：日商日東電工股份有限公司 (日本) NITTO DENKO CORPORATION (JP)

日本

國立大學法人信州大學 (日本) SHINSHU UNIVERSITY (JP)

日本

(72)發明人：山田泰美 YAMADA, YASUMI (JP)；平井利博 HIRAI, TOSHIHIRO (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：19 項 圖式數：21 共 58 頁

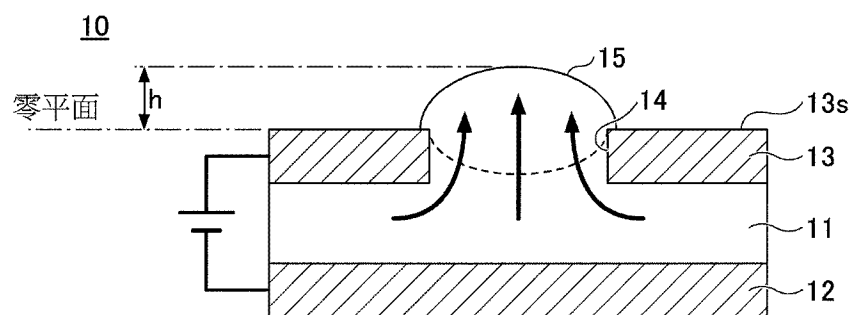
(54)名稱

光學元件、微透鏡陣列、及光學元件之製作方法

(57)摘要

提供一種藉由簡單的結構即可對光學特性進行調整的光學元件及其製作方法。光學元件具有第 1 電極層、第 2 電極層、及在上述第 1 電極層和上述第 2 電極層之間所配置的高分子材料層。在電壓的施加下，上述高分子材料層發生變形，從而在上述光學元件的表面上形成光散亂體。

指定代表圖：



【圖1A】

符號簡單說明：

10 . . . 光學元件

11 . . . 高分子材料層

12、13 . . . 電極

13s . . . 表面

14 . . . 開口

15 . . . 光散亂體

h . . . 高度

【發明說明書】

【中文發明名稱】

光學元件、微透鏡陣列、及光學元件之製作方法

【技術領域】

【0001】 本發明涉及光學元件、微透鏡陣列、及光學元件之製作方法。

【先前技術】

【0002】 先前，熟知有使用可在電壓的施加下進行變形的高分子材料，從而使透鏡沿光軸方向移動的焦點調節機構(例如，參照專利文獻1)、透鏡驅動機構(例如，參照專利文獻2)等。高分子材料應用於對透鏡進行保持的透鏡架，利用電壓的施加所引起的高分子材料的伸縮，可使透鏡的位置沿光軸進行移動。

【0003】 此外，還提出了藉由一對電極對沿電場的施加方向而伸縮的有機材料進行夾持，並在有機材料層的與電場施加方向垂直的面內使單位電場的電致伸縮性伸縮量具有分布(distribution)，以使有機材料層和電極變形，由此形成凸透鏡、凹透鏡等的方法(例如，參照專利文獻3)。

【0004】 作為應用於人工筋肉致動器的高分子柔軟致動器，熟知有相對於1～50重量份的聚氯乙烯而含有1～30重量份的離子液體的凝膠材料(例如，參照專利文獻4)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0005】 [專利文獻1]專利第4530163號

[專利文獻2]專利第5180117號

[專利文獻3]專利第5029140號

[專利文獻4]專利第5392660號

【發明內容】

[本發明欲解決之課題]

【0006】 使透鏡沿光軸移動的結構藉由使透鏡架上所配置的高分子材料發生伸縮，可使單一透鏡的位置發生變化。該結構首先使透鏡架變形，再藉由透鏡架的變形來改變透鏡位置，故難以充分提高透鏡驅動的應答性和精度。

【0007】 沿有機材料層的面內方向具有電致伸縮性伸縮量的分布的結構藉由噴墨、微接觸印刷等，將特性不同的材料一點一點地塗敷在期望的位置，故透鏡的製作步驟複雜且花費時間。

【0008】 此外，上述先前的結構都是以單一透鏡的調整為目的，但在成像和/或視頻相關製品中，對使用大量微小透鏡的微透鏡陣列的需求日益增高。如果能對微透鏡陣列賦予焦點調整功能，則可提高附加價值。

【0009】 鑑於上述課題，本發明的目的在於，提供藉由簡單的結構即可對光學特性進行調整的光學元件及其製作方法。

[用於解決課題之手段]

【0010】 本發明中，利用電壓的施加所引起的高分子材料的伸縮或變形，可在光學元件的表面上形成光散亂體。

【0011】 第1方式中，就具有第1電極層、第2電極層、及在上述第1電極層和上述第2電極層之間所配置的高分子材料層的光學元件而言，在電壓的施加下，上述高分子材料層發生變形，從而在上述光學元件的表面上形成光散亂體。

【0012】 第2方式中，光學元件之製作方法包括：

在第1電極層之上形成高分子材料層的步驟；

在上述高分子材料層之上配置第2電極層的步驟；及

向上述第1電極層和上述第2電極層之間施加電壓，使上述高分子材料層發生變形，並使上述高分子材料層的一部分突出於上述第2電極層的表面，從而形成光散亂體的步驟。

[本發明之效果]

【0013】 根據上述結構和方法，能夠實現藉由簡單的結構即可對光學特性進行調整的光學元件及其製作方法。

【圖式簡單說明】

【0014】 [圖1A]表示實施方式的光學元件的基本結構的概略圖。

[圖1B]表示實施方式的光學元件的基本結構的概略圖。

[圖1C]表示實施方式的光學元件的基本結構的概略圖。

[圖2(a)、(b)]實施方式的光學元件的動作原理的說明圖。

[圖3]圖1A的光學元件的變形例的示意圖。

[圖4]實施方式的微透鏡陣列的概略圖。

[圖5A]表示實施方式的微透鏡陣列的變形過程的3D圖像。

[圖5B]表示實施方式的微透鏡陣列的變形過程的3D圖像。

[圖5C]表示實施方式的微透鏡陣列的變形過程的3D圖像。

[圖]5D表示實施方式的微透鏡陣列的變形過程的3D圖像。

[圖6A]圖5A～圖5D的微透鏡陣列所使用的電極結構的俯視圖。

[圖6B]圖5A～圖5D的微透鏡陣列所使用的電極結構的剖面圖。

[圖7]將圖5A～圖5D的微透鏡陣列的斷面圖(cross-sectional profile)

作為電壓的函數進行表示的圖。

[圖8(a)～(c)]圖5A～圖5D的微透鏡陣列的形態的光學元件的動作原理的說明圖。

[圖9(a)、(b)]作為比較例使用網狀(mesh)電極時的3D圖像。

[圖10]圖9中所使用的聚合物凝膠的斷面圖(cross-sectional profile)。

[圖11(a)、(b)]比較例的聚合物凝膠的變形的說明圖。

[圖12(a)、(b)]光學元件的其他變形例的示意圖。

[圖13]對實施方式的光學元件的光擴散分布進行評價的測試裝置的圖。

[圖14(a)～(d)]對圖13的測試裝置的評價結果進行表示的圖像。

[圖15]使用了實施方式的微透鏡陣列的攝像裝置的圖。

[圖16]使用了實施方式的微透鏡陣列的照明裝置的圖。

[圖17]向高分子材料中添加了各種離子液體時的高分子材料層的應答特性的示意圖。

[圖18]離子液體的物性和聚合物凝膠的位移狀態的示意圖。

[圖19]離子液體的添加量和聚合物凝膠的位移的關係的示意圖。

[圖20]按照離子液體的添加量對藉由電壓的施加而形成的光散亂體的評價結果進行表示的圖。

[圖21]離子液體對電極劣化的影響的示意圖。

【實施方式】

【0015】圖1A～圖1C是實施方式的光學元件10的基本結構圖。光學元件10具有在一對電極12和電極13之間夾著高分子材料層11的三層層

疊結構。在電極12和電極13之間被施加了電壓的狀態下，至少在一個電極(例如，電極13)的表面13s上具有光散亂體15。光散亂體15由與高分子材料層11相同的材料而形成。

【0016】 高分子材料層11和光散亂體15由凝膠狀聚合物材料(以下，簡稱「聚合物凝膠」)而形成。光散亂體15利用電壓的施加所引起的聚合物凝膠的伸縮或變形而形成。圖1A的例子中，光散亂體15具有凸形形狀。本說明書和申請專利範圍中所稱的「凸形形狀」是指，變形了的聚合物凝膠的至少一部分從電極的表面13s(零平面)突出至上方的狀態，並不限定於如圖1A所示的全部都突出了的狀態。

【0017】 如圖1B和圖1C所示，即使就凸形的光散亂體的中央附近凹陷成凹狀的形狀而言，作為整體的光散亂體15來看時，也從電極13的開口14進行了突出，故也具有光散亂效果。不僅是如圖1B所示的光散亂體15A的頂點稍微凹陷了的狀態，如圖1C所示的光散亂體15B的中央部分位於電極13的表面13s下方的情況也屬於「凸形形狀」。

【0018】 聚合物凝膠為聚氯乙烯(PVC：polyvinyl chloride)、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨酯、聚苯乙烯、聚乙酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚碳酸酯、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚丙烯腈、矽橡膠等，可適當地選擇相對於所使用的波長為透明的高分子(或樹脂)材料。

【0019】 實施方式中，使用了電場的作用所引起的變形較大且較容易進行處理的PVC。可向PVC添加適當的可塑劑，也可使PVC溶解於溶劑(溶媒)。在使用可塑劑的情況下，可使用己二酸二丁酯(DBA：dibutyl adipate)、己二酸二乙酯(DEA：diethyl adipate)、癸二酸二乙酯(DES：diethyl sebacate)、鄰苯二甲酸二辛酯(DOP：dioctyl phthalate)、鄰苯二

甲酸二乙酯(DEP：diethyl phthalate)等。作為溶劑，可使用四氫呋喃(THF)等。

【0020】可塑劑的混合比為50wt%以上，優選為75wt%以上。如果混合比小於50wt%，則即使施加了電壓也難以使高分子材料層11發生變形。當混合比為50wt%以上且小於75wt%時，儘管電壓的施加可使高分子材料層11進行變形，但存在所施加的電壓等級(level)會變高的可能性。藉由使混合比為75wt%以上，能以適當的電壓等級使高分子材料層11發生變形。

【0021】電極12和電極13只要是具有導電性的材料，對其並無特別限制。在由金屬形成電極12和電極13的至少一個的情況下，可使用白金(鉑)、金、銀、鎳、鉻、銅、鈦、鋁、銦、鈹、鋰、鋯、其合金等。可由ITO(Indium Tin Oxide：氧化銦錫)等透明氧化物半導體材料形成電極12和電極13的至少一個，也可使用導電性聚合物、導電性碳等。

【0022】電極12和電極13的極性可基於使高分子材料層11的形狀進行變化的方向而設定。圖1A～圖1C的例子中，電極12為陰極層，電極13為陽極層。電極12和電極13與高分子材料層11進行了面接觸。

【0023】電極13具有開口14，在電壓被施加了的狀態下，光散亂體15、15A、及15B從開口14突出並超過電極13的表面13s。開口14的直徑盡管可基於光學元件10的用途而進行適當的設定，但小於1mm，優選為300 μ m以下。如果開口14的直徑為1mm以上，則電壓的施加難以導致聚合物凝膠從開口14突出。藉由使開口的直徑為300 μ m以下，可提高相對於電壓的施加的聚合物凝膠的變形效率，並可形成相對於開口14的中心為大致均等的凸形形狀。

【0024】開口14的形狀可為圓形、橢圓形、多邊形等應各種目的而確定的形狀。

【0025】作為光學元件10之製作方法，在被形成為預定尺寸的電極12之上採用拋擲(cast)法等塗敷添加了可塑劑的PVC的溶液，從而形成高分子材料層11。在高分子材料層11之上配置預先形成了開口14的圖案的電極13。向電極12和電極13之間施加預定的電壓，由此在電極13的表面上形成光散亂體15、15A、或15B。

【0026】高分子材料層11的厚度可根據開口14的大小(size)、想要形成的光散亂體15的高度h、所使用的電極12、13的厚度等適當地進行確定，作為一例，為1mm以下，優選為0.1mm～0.5mm。當高分子材料層11的厚度為0.1mm以下時，儘管多少有些難以處理，但最後還是要與電極13的開口大小保持均衡地進行設計，故，在製作具有很多微小透鏡的微透鏡陣列片的情況下，也會存在高分子材料層11的厚度變為0.1mm以下的情況。

【0027】圖2是以圖1A的形狀為例時的實施方式的光學元件10的動作原理的說明圖。圖2的(a)表示沒有施加電壓的狀態。圖2的(b)表示施加了電壓時的狀態。

【0028】在沒有施加電壓的狀態下，高分子材料層11在表面為平坦的狀態下位於開口14的內部。此時的高分子材料層11的表面位置在高度方向(層疊方向)上低於電極13的表面13s。電極13的表面13s為高度方向上的零平面。

【0029】如圖2的(b)所示向電極12和電極13之間施加電壓後，電子從陰極即電極12注入聚合物凝膠的高分子材料層11。包含電子的聚合物

凝膠被吸引至陽極即電極13的開口14的端面。藉由凝膠的彈性，在微小開口14處被壓縮了的量的聚合物凝膠從開口14的中央被向上壓起，並從電極13的表面13s突出，由此形成光散亂體15。

【0030】 聚合物凝膠的變形基於凝膠的彈性和電壓應答特性，從開口14隆起後，變為相對於開口14的中心呈點對稱的突起。如果高分子材料層11的組成(成分)均勻，則藉由施加相同等級的電壓，可形成偏差較少的凸形形狀的光散亂體15。

【0031】 由於整個聚合物凝膠的體積相同，故高分子材料層11的厚度會減小一些，減小量相當從開口14突出的聚合物凝膠的那部分的量。高分子材料層11的厚度減小後，與高分子材料層11進行面接觸的電極13的位置也會下降一些。

【0032】 高分子材料層11的變形是可逆的，停止電壓的施加，會返回圖2(B)的初始狀態。此外，如後所述，還可根據所施加的電壓的等級，對光散亂體15的高度h進行調整。

【0033】 圖3是光學元件10的變形例的光學元件10A的圖。光學元件10A中，取代圖1A～圖1C的金屬等的電極13，將由導電膜17對絕緣體16進行了被覆(coating)的電極13A作為陽極來使用。絕緣體16可使用二氧化矽、氧化鋁陶瓷等的無機絕緣體和/或絕緣樹脂。導電膜17由白金(鉑)、金、銀、鎳、鉻、銅、鈦、鉭、銮、鈮、鋇、鋰、鈮、其合金等的薄膜、導電性聚合物、導電性碳、氧化物半導體的薄膜等而形成。絕緣體16和導電膜17的雙方都可由透明材料而形成。

【0034】 就光散亂體15而言，與圖2中所說明的一樣，可在基於有無電壓的施加的可逆變形過程中形成。如上所述，光散亂體15是利用高分

子材料層11的彈性和電壓應答特性從開口14被擠出而形成的，故藉由電壓的施加可獲得良好的凸形形狀。

【0035】圖3的結構中，光散亂體15的凸形形狀也包括圖1B的光散亂體15A的剖面形狀和圖1C的光散亂體15B的剖面形狀。

【0036】圖3的結構具有藉由使用透明絕緣體和透明導電膜可製作透明光學元件的優點。此外，藉由減少金屬材料的使用，還可使光學元件10A整體的質量變輕。

【0037】圖1A～圖1C的結構和圖3的結構可擴張至在光學元件的兩個表面上都具有光散亂體15的結構。例如，將陰極即電極12使用為共同電極來，在電極12的兩個表面上配置高分子材料層11，並由2個陽極的電極13對其進行夾持，此時藉由施加電壓，可在光學元件的兩個表面上生成光散亂體15。此外，藉由使位於中間的電極12為透明電極，還可形成兩側為凸的透鏡單元。

【0038】圖4是作為圖1A～圖1C的光學元件10的應用例的微透鏡陣列100的示意圖。微透鏡陣列100在電極13的表面13s上具有複數個光散亂體15的排列。

【0039】微透鏡陣列100具有在一對電極12和電極13之間高分子材料層11被夾持了的三層的層疊結構。高分子材料層11如參照圖1A所說明的那樣可為PC、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨酯、聚苯乙烯、聚乙酸乙烯酯、聚乙烯醇、聚碳酸酯、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚丙烯腈、矽橡膠等的聚合物凝膠。

【0040】可向聚合物凝膠添加DBA、DEA、DES、DOP、DEP等的可塑劑。可塑劑的混合比為50wt%以上，優選為75wt%以上。

【0041】電極12和電極13由適當的導電性材料而形成。電極12為陰極層，電極13為陽極層，光散亂體15的排列形成在陽極的表面13s上。作為一例，高分子材料層11的厚度為 $500\mu\text{m}$ ，光散亂體15的直徑為 $150\mu\text{m}$ ，中心間間距為 $200\mu\text{m}$ ，相鄰2個光散亂體15的間隔為 $50\mu\text{m}$ 。

【0042】微透鏡陣列100是利用在膜狀的電極13上所形成的微米級(micron order)的開口和聚合物凝膠的彈性而形成的，在電極13的表面13s上排列了均勻的凸形形狀的光散亂體15。

【0043】如參照圖2所說明的那樣，根據施加至電極12和電極13之間的電壓的等級，可使光散亂體15的排列出現、和/或、可對光散亂體15的高度進行變更。

【0044】圖5A～圖5D是一邊對施加至圖4的微透鏡陣列100的電壓的等級進行改變一邊進行了觀察的3D圖像。藉由使施加的電壓按照0V、600V、700V、800V的順序進行變化而獲得的各圖像分別與圖5A、圖5B、圖5C、圖5D相對應。將電極13的表面13s的位置設為 $0\mu\text{m}$ 時，光散亂體15進行突出的方向為正側，低於表面13s的一側為負側。可使用Keyence公司製的數位顯微鏡(digital microscope)VHX1000進行3D觀測。

【0045】圖6A和圖6B是圖5A～圖5D的3D觀察中所使用的樣本的電極3的各部分的說明圖。電極13具有複數個開口14。在 $6\text{mm}\times 6\text{mm}$ 的開口區域內，將直徑 ϕ 為 $150\mu\text{m}$ 的開口14配置為 30×30 的矩陣。開口14的間距P為 $200\mu\text{m}$ ，相鄰的開口14和開口14的間隔為 $50\mu\text{m}$ 。

【0046】作為陰極的電極12使用ITO膜，作為陽極的電極13使用金屬膜。電極12的厚度 t_1 為 $30\mu\text{m}$ ，電極13的厚度 t_2 為 $30\mu\text{m}$ ，高分子材料層

11的厚度 t_3 為 $500\mu\text{m}$ 。

【0047】 高分子材料層11採用如下方式形成，即，將己二酸二丁酯(DBA)以混合比變為80wt%的方式添加至PVC，並使其完全溶解於THF的溶劑從而成為凝膠溶液後，在電極12之上將凝膠溶液拋擲(cast)成具有 $500\mu\text{m}$ 的厚度。作為可塑劑的DBA容易攜帶負離子，藉由電壓的施加，可將聚合物凝膠吸引至陽極的開口14。在聚合物材料層11之上配置電極13。

【0048】 返回圖5A～圖5D，圖5A中在無電壓的施加的情況($V=0\text{V}$)下，高分子材料層11在開口14的內部處於平坦狀態。圖5B中，施加了600V的電壓後，在開口14內觀察到了一部分突起。圖5C中，施加了700V的電壓後，聚合物凝膠在開口14的整個範圍內都變形為凸形形狀，並從電極13的表面進行了突出。圖5D中，施加了800V的電壓後，高度繼續增大，由此可獲得相對於中心呈大致對稱的凸形形狀。

【0049】 圖7是根據圖5A～圖5D的3D圖像將對角線上排列的3個連續的光散亂體15的高度作為電壓的施加的函數而進行了描繪的圖。縱軸為從電極13的表面13s開始的高度，橫軸為電極13的面內位置，1格(grid)為 $150\mu\text{m}$ 。

【0050】 當無電壓的施加時(0V)，開口14的內部的聚合物凝膠的高度位置位於比 $-30\mu\text{m}$ 還淺數 μm 的位置。其原因在於，電極3的自重導致高分子材料層11的表面稍微進入了開口14內。開口14內的聚合物凝膠的斷面(profile)為平坦面。

【0051】 當施加的電壓為500V時，聚合物凝膠開始發生變形，開口14的中心附近(近傍)的聚合物凝膠的表面位置低於初始位置。其原因在

於，正的開口14的邊緣(edge)為正極，聚合物凝膠被吸引至開口14的側壁並被向上拉引，導致開口的中央附近的聚合物凝膠的表面位置出現了下降。

【0052】 當施加的電壓為600V時，聚合物凝膠的一部分從開口14開始超過電極13的表面位置並進行了突出。突出從開口14的中央部分開始。

【0053】 當施加的電壓為700V時，聚合物凝膠的突出變得顯著，變形為凸狀。藉由施加800V的電壓，可獲得高度為40 μ m的凸形形狀。由圖7的斷面(profile)可知，各光散亂體的端面形狀為均勻的形狀。採用圖4的結構，並藉由電壓的施加，可獲得均勻的微透鏡陣列。

【0054】 圖8是基於圖5A～圖5D的電壓的施加的微透鏡陣列的動作原理的說明圖。圖8的(a)中，當施加的電壓小於500V時，高分子材料層11在表面為平坦的狀態下位於開口14的內部。此時的高分子材料層11的表面位置在高度方向(層疊方向)上低於電極13的表面13s。這裡，施加的電壓小於500V是指，根據所使用的高分子材料層11的彈性率、電極13的開口14的直徑 ϕ 等所確定的電壓等級，需留意的是，其僅為一例而已。

【0055】 如圖8的(b)所示，藉由使所施加的電壓等級為600V，攜帶電子的聚合物凝膠可被吸引至陽極的電極13的開口14的端面。聚合物凝膠的變形的初期，被優先吸引至攜帶正電荷的開口14的端面，開口14的中央部分的聚合物凝膠低於電極13的表面13s的位置。參照圖5A、圖5B、及圖7後可認為，聚合物凝膠從被吸引至開口14的周圍的凹狀態向凸狀態進行遷移時的最初的突起是從開口14的中央部分開始生成的。

【0056】 圖8的(c)中，所施加的電壓超過600V後，藉由聚合物凝膠

的彈性，聚合物凝膠在開口14內被整體地向上按壓。在開口14內被壓縮了的量的聚合物凝膠從開口14進一步向上被按壓，並從電極13的表面13s突出，由此可形成光散亂體15。

【0057】 需要說明的是，即使施加了800V，聚合物凝膠內流動的電流也為10 μ A以下，非常低，故可抑制發熱量，並可長期使用。

【0058】 圖8的聚合物凝膠的變化發生在所有的開口14內。在分子材料層11的組成(成分)完全均勻且所有的開口14完全相同的理想狀態下，應可獲得均勻形狀的光散亂體15的陣列。實際上，由於存在開口14的加工的偏差、高分子材料層11的內部組成(成分)的偏差等，如圖7所示，光散亂體15的形狀也存在若干偏差，盡管如此，如圖5B中所觀察的那樣，作為整體也可實現均勻的微透鏡陣列100。

【0059】 圖9是對作為比較例的取代電極13而使用了剖面為圓形的金屬配線的網狀電極時的聚合物凝膠的變化進行了觀察的3D圖像。將直徑為70 μ m的銅線編織成140 μ m的間隔的網狀，藉此形成具有140 μ m $\times$ 140 μ m的開口114的網狀電極。在與圖5A和圖5B中所使用的相同的厚度為30 μ m的陰極之上，將使用了相同組成(成分)的聚合物凝膠的高分子材料層11塗敷成150 μ m的厚度，並在高分子材料層11之上配置網狀電極。圖9的(a)為無電壓的施加的狀態，圖9的(b)與圖5B一樣是向陰極和網狀電極之間施加了800V的電壓時的觀察圖像。在進行3D觀察時，即使施加了800V的電壓，在網狀電極的開口114內也沒有觀察到突起。

【0060】 圖10是基於圖9的3D圖像對沿X-X'線而排列的開口內的高分子材料層11的高度進行了描繪的圖。縱軸為從網狀電極的表面開始的高度。網狀電極由剖面為圓形的銅電線形成，該電線的最高位置為0 μ m。

【0061】 從圖10可知，即使施加了800V的電壓，也沒有形成從網狀電極的開口114突出於表面的突起。其原因可被認為是，實施方式的微透鏡陣列100所使用的電極13與高分子材料層11進行了面接觸，然而，就編入了導電線的網狀電極而言，在垂直剖面內，與高分子材料層11的接觸是接近點接觸的狀態。

【0062】 需要說明的是，圖10中無電壓的施加的狀態下的高度位置為-200 μm 的原因在於，在網狀結構的導電線的交點處，導電線的厚度為2根導電線的厚度之和。網狀的編織不一定均勻，一旦導電線之間存在間隙和/或產生形變，則交點位置處的深度位置也會發生若干變動。如果考慮到光學測定時光難以進入的深度方向的誤差($\pm 20\mu\text{m}$ 左右)，則圖10所示的測定結果應為妥當的結果。

【0063】 圖11是圖9的比較例的結構中施加了電壓時的動作說明圖。圖11的(a)中，當施加的電壓為0V時，高分子材料層11的表面為平坦面。高分子材料層11之上所配置的網狀電極的導電線在切線方向上與高分子材料層11的表面進行了接觸。

【0064】 圖11的(b)中，在施加了800V的電壓的情況下，攜帶負電荷的聚合物凝膠以被吸引至陽極線(網狀電極)的周圍的方式進行流動。然而，開口114內並沒有產生凝膠突起了那樣的變形。其原因可被認為是，陽極線和高分子材料層11的接觸為點接觸，並沒有獲得可引起聚合物凝膠在開口114內被均勻地向上按壓的變形那樣的均勻的電壓的施加。

【0065】 在繼續提高所施加的電壓的情況(例如，提高至1000V以上的情況)下，聚合物凝膠在開口114內可能會發生突出，但電力消耗變大，並且也難以獲得具有實施方式那樣的均勻形狀的光散亂體15的排列的微透

鏡陣列。

【0066】圖12是作為光學元件10的其他變形例的光學元件10B的結構示意圖。圖1A～圖3的結構中，電極13具有開口14，在電壓的施加下可使光散亂體15從開口14突出。圖12的結構中，電極13具有預定形狀的非導電性區域19。非導電性區域19由電中性且可隨高分子材料層11的變形而變形的光透射性材料而形成。

【0067】可變形的非導電性且光透射性材料可為與高分子材料層11相同的材料，也可為不同的材料。在由與高分子材料層11不同的材料形成非導電性區域19的情況下，利用屈折率的不同，可對光的擴散進行控制。

【0068】非導電性區域19的平面形狀可基於光學元件的使用目的、用途等適當地進行選擇，可為圓形、橢圓形、多邊形等。非導電性區域19例如可藉由如下方式形成，即，在電極13上預先形成預定形狀的開口14，並將電性中立且可與高分子材料層11的變形一起進行變形的光透射性材料的層填充至開口內。

【0069】從圖12的(a)的狀態開始，如圖12的(b)所示，向電極12和電極13之間施加電壓後，高分子材料層11發生變形。隨著高分子材料層11的變形，非導電性區域19也發生變形。藉由高分子材料層11的變形部18和非導電性區域19，可形成光散亂體15。

【0070】構成非導電性區域19的層的厚度並不一定要與電極13的厚度一致，可比電極13的厚度還薄。此外，非導電性區域19和高分子材料層11也並不一定要進行面接觸，兩者之間也可隔著空氣層。在後者的情況下，電壓的施加導致高分子材料層11發生變形進而與非導電性區域19接觸後，隨著高分子材料層11的變形，非導電性區域19也發生變形，由此

可形成光散亂體15。

【0071】圖13是對實施方式的光學元件10的光擴散分布進行評價的測試裝置的示意圖。就光學元件10而言，陽極使用了形成有直徑為 $150\mu\text{m}$ 的開口的厚度為 $30\mu\text{m}$ 的金屬膜，陰極使用了厚度為 $150\mu\text{m}$ 的ITO膜。作為夾在陽極和陰極之間的高分子材料層，使用可塑劑DBA的含有率為83%的PVC凝膠。PVC凝膠的厚度為 $150\mu\text{m}$ 。將該三層結構的光學元件10保持在聚對苯二甲酸乙二醇酯(PET)的基膜上，然後藉由施加各種直流電壓在陽極的表面上形成光散亂體15。

【0072】光學元件10採用作為陰極的ITO膜位於鐳射源側且光散亂體15朝向屏幕方向進行突出的方式而被保持。使施加至電極的電壓按照0V、600V、700V、800V的順序進行變化。在各電壓等級，使來自鐳射源的紅色平行光L入射至光學元件10，由此對光散亂體15的聚光和擴散進行評價。如上所述，紅色鐳射光從光學元件10的透明陰極側入射，並被光散亂體15進行聚光。

【0073】光學元件10的光散亂體15的直徑為 $150\mu\text{m}$ ，高度為0～ $40\mu\text{m}$ 。在陽極的表面上形成光散亂體15並具有聚光功能的情況下，其焦點位置非常接近光學元件10，肉眼難以對其進行觀察。故，在超過了焦點的位置處配置屏幕，由此對經過了一次聚光後的光擴散進行觀察。

【0074】圖14是表示圖13的測試裝置的評價結果的圖像。左上的圖像是施加的電壓為0V時的屏幕上的光擴散圖像。右上的圖像是施加的電壓為600V時的屏幕上的光擴散圖像。左下的圖像是施加的電壓為700V時的屏幕上的光擴散圖像。右下的圖像是施加的電壓為800V時的屏幕上的光擴散圖像。

【0075】 當沒有施加電壓時(0V)，光學元件10的陽極面上沒有形成光散亂體15，從陰極的ITO膜入射的光直接透射過平坦的PVC凝膠層，並投射在屏幕上。光的擴散較小，在屏幕的中央處觀察到了較亮的光斑。

【0076】 當施加的電壓為600V時，為PVC凝膠的變形的初期，即使開始了變形，但也還沒達到具有聚光功能的凸形形狀。故，從光學元件10的陰極側入射的光基本上沒有受到聚光的作用就投射在屏幕上，此時也觀察到了與施加的電壓為0V時類似的光斑。

【0077】 當施加的電壓為700V時，陽極的表面上形成了凸狀的光散亂體15。鐳射光被光散亂體15聚光後進行擴散，擴散光投射在屏幕上。在700V的電壓的施加下，光散亂體15的曲率半徑較大，焦點距離較長，故屏幕位置上的光的擴散並不太顯著。

【0078】 當施加的電壓為800V時，陽極的表面上形成高度更高的凸狀的光散亂體15。此時光散亂體的曲率半徑較小，焦點距離較短，在光學元件10的附近(近傍)匯聚於焦點後進行擴散。在屏幕的位置處觀察到了進行了較大擴散的光。

【0079】 從這些光擴散分布可確認到，藉由對施加的電壓進行調整，可改變光散亂體15的焦點距離。實施方式的光學元件10可作為可變焦點透鏡或可變形狀透鏡而使用。

【0080】 圖15是使用了實施方式的微透鏡陣列100的攝像裝置150的示意圖。攝像裝置150具有一具備複數個光散亂體15的排列的微透鏡陣列100和一複數個攝像元件被進行了排列的攝像元件陣列130。攝像元件由CCD(charge coupled device)、CMOS(complementary metal oxide semiconductor)傳感器等形成。與攝像元件的排列相對應地，還可配置三

色濾色鏡131。該例中，交互配置了紅(R)、綠(G)、藍(B)濾色鏡131R、131G、131B。

【0081】圖16是使用了實施方式的微透鏡陣列100的照明裝置250的圖。照明裝置250例如具有LED燈等的光源230和配置在光源230的輸出側的前面的微透鏡陣列100。藉由配置微透鏡陣列100，可控制光擴散，由此可在較高地保持輝度的狀態下將擴散光變換為平行光。此外，藉由在微小的發光元件的輸出面的附近(近傍)配置實施方式的光學元件或具有複數個光散亂體15的微透鏡陣列100，還可應用於顯微鏡用、產業用等的照明裝置。

【0082】微透鏡陣列100可被形成為1mm以下的薄型，並可與陽極和陰極一起進行透明化，故，除了可應用於超薄型相機、頭戴式顯示器(HMD)，微透鏡陣列(MLA)片等之外，還可應用於內視鏡系統等的醫療領域。此外，具有單一光散亂體15的光學元件10在醫療、圖像形成領域也可應用於光擴散片、透鏡片等。

<高分子材料的構成>

【0083】如上所述，就實施方式的光學元件和微透鏡陣列而言，不使用複雜的機構就可進行電壓的接通(ON)/切斷(OFF)控制或電壓等級的調整，據此，可生成具有各種配向分布的光散亂體。所施加的電壓優選為較低。故，藉由對光學元件和微透鏡陣列中所使用的高分子材料的組成(成分)進行精心設計，可降低所施加的電壓。

【0084】具體而言，藉由在高分子材料層11中所使用的凝膠狀的高分子材料(聚合物凝膠)中添加滿足預定條件的離子液體，可降低光學元件10或微透鏡陣列100的驅動電壓。藉由離子液體的添加，還可提高高分子

材料的變形效率。

【0085】離子液體為由陽離子(帶正電荷的離子)和陰離子(帶負電荷的離子)構成的鹽，指的是25℃下的液體。預定條件之一為，離子液體在25℃下具有一定值以上的陰離子(負離子)傳輸率(輸率)。關於該條件，將在後面進行詳述。

【0086】高分子材料如上所述為聚乙烷基化乙烷基(PVC：polyvinyl chloride)、聚甲基丙烯酸甲酯、聚氨酯、聚苯乙烯、聚乙酸乙酯、聚乙醇、聚碳酸酯、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚丙烯腈、矽橡膠等。優選的構成例中，採用相對於所使用的波長為透明的高分子或樹脂材料。

【0087】相對於這樣的高分子材料的離子液體的重量比例為0.2 wt%以上且1.5 wt%以下，優選為0.3 wt%以上且1.0 wt%以下。當高分子材料的重量為1(或100%)時，藉由混合該重量比例的離子液體，可降低光學元件或微透鏡陣列的驅動電壓。其根據將在後面進行敘述。

【0088】可向聚合物凝膠添加適當的可塑劑，還可使其溶解於溶劑。在使用可塑劑的情況下，可使用己二酸二丁酯(DBA：dibutyl adipate)、己二酸二乙酯(DEA：diethyl adipate)、癸二酸二乙酯(DES：diethyl sebacate)、鄰苯二甲酸二辛酯(DOP：dioctyl phthalate)、鄰苯二甲酸二乙酯(DEP：diethyl phthalate)等。作為溶劑，可使用四氫呋喃(THF)等的醚系溶劑。

【0089】添加了離子液體的高分子材料可應用於圖1A～圖2的光學元件10、圖3的光學元件10A、圖12的光學元件10B、及圖4的微透鏡陣列100中的任一者。如以下所詳細敘述地，藉由向高分子材料添加預定條件

的離子液體，可使高分子材料層11的驅動電壓降低至200V以下，優選降低至150V以下。

【0090】圖17是添加了各種離子液體時的聚合物凝膠的電壓應答特性的示意圖。準備使重量平均分子量為230000的PVC溶解於四氫呋喃(THF)的溶劑的聚合物凝膠，並添加各種離子液體，由此製作複數個種類的樣本。將各樣本如圖1A～圖1C和圖2所示那樣夾在電極12和電極13之間，並藉由改變所施加的電壓對峰高h的電壓依存性進行了測定。作為比較例，使用沒有添加離子液體的聚合物凝膠，並同樣地對峰高的電壓依存性進行了測定。這裡，言及峰高時是指，從電極13的表面13s開始的高度h為最高的部分的值。

【0091】在作為下部電極的電極12之上塗敷厚度為300 μ m的樣本和比較例的聚合物凝膠。在聚合物凝膠之上，作為上部的電極13，配置形成有直徑為100 μ m的孔的厚度為20 μ m的金屬薄膜。使施加至電極12和電極13之間的電壓在0V至400V之間進行變化，由此對從電極13突出的光散亂體15的峰高h進行了測定。

【0092】線A表示作為離子液體添加了1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸鹽(EMI-BF₄)的樣本A的峰高的電壓依存性。相對於PVC的EMI-BF₄的重量比例為0.5 wt%。EMI為陽離子，BF₄為陰離子。

【0093】線B表示作為離子液體添加了1-辛基-3-甲基咪唑四氟硼酸鹽(OMI-BF₄)的樣本B的峰高的電壓依存性。相對於PVC的OMI-BF₄的重量比例為0.5 wt%。OMI是陽離子，BF₄是陰離子。

【0094】線C表示作為離子液體添加了1-乙基-3-甲基咪唑二氰胺(EMI-DCA)的樣本C的峰高的電壓依存性。相對於PVC的EMI-DCA的重

量比例為0.5 wt%。EMI為陽離子，DCA(C₂N₃)為陰離子。

【0095】 線D表示作為離子液體添加了四丁基四氟硼酸鎂(TBP-BF₄)的樣本D的峰高的電壓依存性。相對於PVC的TBP-BF₄的重量比例為0.1 wt%。TBP是陽離子，BF₄是陰離子。

【0096】 線E表示作為離子液體添加了四丁基四氟硼酸鎂(TBP-BF₄)的樣本E的峰高的電壓依存性。離子液體的種類與樣本D相同，但相對於PVC的TBP-BF₄的重量比例為0.5 wt%。TBP為陽離子，BF₄為陰離子。

【0097】 線F表示作為離子液體添加了1-乙基-3-甲基咪唑鎗三氟甲磺酸鹽亞胺(EMI-TFSI)的樣本F的峰高的電壓依存性。相對於PVC的EMI-TFSI的重量比例為0.5 wt%。EMI是陽離子，TFSI是陰離子。

【0098】 線G表示作為離子液體添加了四丁基鎂甲磺酸(TBP-MES)的樣本G的峰高的電壓依存性。相對於PVC的TBP-MES的重量比例為0.5 wt%。TBP為陽離子，MES為陰離子。

【0099】 線W表示作為比較例的沒有添加離子液體的樣本W的PVC聚合物凝膠的峰高的電壓依存性。

【0100】 由圖17的測定結果可知，即使在不添加離子液體的情況下，藉由使用電介質極化(dielectric polarization)所生成的聚合物凝膠，電壓的施加也可導致聚合物凝膠發生變形。在沒有添加離子液體的比較例的聚合物凝膠W中，相對於施加的電壓，光散亂體15的高度基本上呈線性增大。然而，為了使樣本W從電極13的表面13s開始突出至20μm的高度，需要400V的電壓。

【0101】 相對於此，就作為離子液體添加了0.5 wt%的EMI-BF₄的樣本A和添加了0.5 wt%的OMI-BF₄的樣本B而言，藉由100V以下的電壓

的施加，就可將高分子材料層11驅動至20 μm 以上的高度。特別地，樣本A藉由50V的電壓的施加可移動至20 μm 的高度，藉由200V的電壓的施加可移動至差不多40 μm 的高度。樣本B也一樣，藉由100V的電壓的施加可移動至25 μm 的高度，藉由200V的電壓的施加可移動至30 μm 的高度。

【0102】就添加了0.5 wt%的EMI-DCA的樣本C而言，與沒有添加離子液體的樣本W相比，藉由大約一半的電壓(210~220V)的施加就可獲得相同的20 μm 的峰高，極大地提高了變形效率。

【0103】就添加了0.1 wt%的TBP-BF₄的樣本D而言，藉由50V的電壓的施加，可使光散亂體15從電極13的表面13s突出，但即使提高了電壓，峰高也還是小於10 μm ，在50V至400V的範圍內，峰高的變化較小。樣本D中，難以藉由電壓的控制來高精度地調整光散亂體15的高度。

【0104】就添加了0.5 wt%的TBP-BF₄的樣本E、添加了0.5 wt%的EMI-TFSI的樣本F、及添加了0.5 wt%的TBP-MES的樣本G而言，即使施加了400V的電壓，也無法使光散亂體15從電極13的表面13s突出。

【0105】根據圖17的測定結果可認為，離子液體的種類(即，物性)和添加量中的至少一者起到了使高分子材料層11的驅動電壓的降低的作用。

【0106】<聚合物凝膠的位移和離子液體的物性的關係>

圖18是聚合物凝膠的位移和離子液體的物性的關係的示意圖。作為離子液體，除了圖17的樣本A~G之外，還對添加了1-乙基-3-甲基咪唑鎧磺鹽亞胺(EMI-FSI)的樣本H的物性也一起進行了測定。

【0107】添加了各種離子液體的樣本A~H中，位移為正者示出了，藉由電壓的施加，聚合物凝膠從電極13的表面13s突出，從而可形成

光散亂體15。就位移為負者而言，即使施加了電壓，聚合物凝膠也沒有從電極13的表面13s突出。

【0108】 作為各離子液體的物性，對導電率、電位窗的大小、25℃下的負離子的擴散係數和傳輸率進行了測定。所使用的離子液體中，存在25℃下為固體的離子液體，故針對加熱至80℃並熔融了的離子液體，測定了80℃下的負離子的擴散係數和傳輸率。

【0109】 首先對上述參數中的導電率進行探討。樣本C與樣本A、B相比，導電率小了2位，但添加了樣本C的聚合物凝膠進行了正位移。與此相對地，樣本H的導電率遠大於樣本C，但聚合物凝膠並沒有發生正位移。故可認為，離子液體的導電率與聚合物凝膠的變形效率沒有直接關係。

【0110】 電位窗是指，圖2的系統中可保持電氣化學穩定性的電位區域。電位窗的面積越大(數值越大)，系統電氣化學穩定的範圍越大。儘管樣本A和樣本F的電位窗具有相同的面積，但樣本A的聚合物凝膠進行了正位移，而樣本F的聚合物凝膠卻沒有獲得正位移。故可認為，離子液體的電位窗的面積也與聚合物凝膠的變形效率沒有直接關係。

【0111】 接下來，對25℃下的陰離子(負離子)的擴散係數和傳輸率進行探討。就離子液體中所含的正負離子的擴散係數而言，使用作為測定機器的固體NMR(Varian公司製的VNMR System)進行了測定。測定步驟為，向毛細管注入離子液體，並安裝在裝置上。在預定溫度(此情況下為25℃和80℃)下對相對於磁場的變化的信號強度進行了計測，並使用Stokes-Einstein公式計算了正負離子的擴散係數。

【0112】 負離子的傳輸率表示當使電流在離子液體中流動時，陰離

子相對於全電流所負擔的電流的比例。負離子的傳輸率被計算為，負離子的相對於上述求得的負離子的擴散係數和正離子的擴散係數的總和的擴散係數的比($D_{\text{anion}}/(D_{\text{cation}}+D_{\text{anion}})$)。

【0113】 樣本A、B、C、F、H中使用的離子液體在25℃下為液體，根據液體層析(Chromatography)的測定結果，對各離子液體的負離子的擴散係數和傳輸率進行了計算。就獲得了正位移的樣本A、B、C而言，25℃下的離子液體的負離子的傳輸率都為0.4以上。相對於此，沒有獲得正位移的樣本F和H中使用的離子液體的25℃下的負離子的傳輸率小於0.4。由此可認為，室溫下的負離子的傳輸率對聚合物凝膠的變形效率產生了影響。

【0114】 需要說明的是，獲得了正位移的樣本D中添加的離子液體TBP-BF₄在所使用的液體層析的加熱可能溫度(80℃)下沒有發生溶融，故無法對擴散係數進行測定。

【0115】 沒有獲得正位移的樣本G中添加的離子液體TBP-MES在25℃下也為固體，故也不能對擴散係數進行測定。將該離子液體加熱至80℃後發生了溶融，此時對負離子的擴散係數和傳輸率進行了計算，可知傳輸率為0.6。

【0116】 由圖18的結果可知，作為高分子材料層11中添加的離子液體的特性，25℃下的負離子的傳輸率優選為0.4以上。

【0117】 從圖17和圖18可推定，離子液體的陰離子的大小(分子量)較小者有助於提高聚合物凝膠的變形效率。另一方面，可認為離子液體的陽離子的大小對變形效率的幫助並不大。然而，樣本D的變形效率不足，故存在某些種類的陽離子會對陰極的劣化產生影響的可能性。對此，將參

照圖21在後面進行詳述。

【0118】 需要說明的是，樣本G中使用的離子液體的陰離子大小和陽離子大小都為中等程度，但離子液體在25℃下為固體，故可認為，即使藉由攪拌而分散在了聚合物凝膠中，對凝膠的變形效率的幫助也不大。

【0119】 由上述可知，除了 BF_4^- 和DCA之外，作為陰離子，還可使用離子大小較小的 Cl^- 和 Br^- 。此外，作為陽離子，藉由選擇不會對陰極的劣化產生影響的陽離子，可使用各種離子液體。例如，可將 Li-BF_4^- 使用為離子液體。

【0120】 <離子液體的添加量和聚合物凝膠的位移的關係>

圖19是離子液體的添加量和聚合物凝膠的位移的關係的示意圖。橫軸是相對於聚合物凝膠的高分子材料的離子液體的含有量(wt%)，縱軸是位移的峰高。

【0121】 作為高分子材料，使用了分子量為230000的PVC，作為離子液體使用了樣本A的 EMI-BF_4 。使 EMI-BF_4 的添加量在0 wt%至5.0 wt%的範圍內進行了變化。此外，使所施加的電壓按照0V、50V、100V、200V、400V的順序進行了變化。

【0122】 與所施加的電壓等級無關地，在離子液體的添加量為0.2 wt%~1.5 wt%的範圍內，獲得了正位移。此外，在0.3 wt%~1.0 wt%的範圍內，位移為最大。藉由該範圍的離子液體的添加，在100V以下的電壓的施加下，電極13的表面13s上可形成光散亂體15。當離子液體的添加量為5.0 wt%時，會發生即使停止施加電壓，變形也不會返回原狀的記憶現象。

【0123】 由圖19可知，相對於高分子的離子液體的重量比率優選為

0.2 wt% ~ 1.5 wt%，較佳為0.3 wt% ~ 1.0 wt%。這也與圖17的結果一致。

【0124】圖20是按照離子液體的添加量對藉由向高分子材料層11施加電壓而形成的光散亂體15的光擴散分布的評價結果進行表示的圖。作為離子液體使用了EMI-BF₄，並藉由改變了EMI-BF₄的添加量的高分子材料層11製作了圖2的樣本10。高分子材料層11中，作為聚合物凝膠包含PVC，作為可塑劑包含己二酸二丁酯(DBA)。相對於PVC和DBA的總量的DBA的含有比例為83 wt%。

【0125】由厚度為150μm的ITO形成作為陰極的電極12，並向夾在電極12和電極13之間的高分子材料層11施加電壓，由此形成了光散亂體15。與圖13同樣地，在由ITO形成的電極12的一側配置鐳射(laser(激光))，在形成了光散亂體15的一側配置屏幕。從電極12的背面側使紅色平行光的鐳射光入射至樣本10，並對屏幕上的光擴散狀態進行了觀察。

【0126】屏幕在光散亂體15的光射出側被配置在比光散亂體15的焦點還遠的位置。在屏幕上，對在光散亂體15的焦點處被進行了一次聚光後的光擴散進行了觀察。其原因在於，光學元件10的光散亂體15的直徑為100μm，高度為0~40μm左右，很小，焦點位置非常接近光學元件10，肉眼難以進行觀察。藉由對超過了光散亂體15的焦點的位置處的光擴散進行觀察，可對聚光狀態進行評價。

【0127】沒有添加離子液體的樣本(記為「w/o IL」)中，即使施加了200V的電壓，也不會形成從電極13的表面突出的光散亂體15。從光學元件10的背面入射的紅色平行光不發生聚光，仍以平行光的方式穿過光學元件10，並與所施加的電壓的等級無關地，在屏幕上形成了相同大小的光

斑(spot)。

【0128】 在添加了0.05 wt%的EMI-BF₄的樣本中，藉由施加100V的電壓，電極13的表面的聚合物凝膠僅膨脹了一點，聚光功能不足，屏幕位置處基本上維持了平行光的斑點。藉由施加200V的電壓，可形成峰高為10μm左右的(曲率較緩的)光散亂體15。在光散亂體15的焦點位置處進行了一次聚光後的光進行擴散並進行蔓延，屏幕上沒有出現光斑。

【0129】 在添加了0.5 wt%的EMI-BF₄的樣本中，藉由施加50V的電壓，在電極13的表面上可形成光散亂體15，在屏幕位置處觀察到了聚光後開始進行擴散的光。當施加100V的電壓和200V的電壓時，與施加50V時相比，峰高較大，即，在電極13的表面上形成了曲率較陡的光散亂體15。從光學單元的背側入射的光被聚光後進行了較大的擴散，在屏幕位置處觀察不到光斑。這些評價結果與圖19的測定結果一致。

【0130】 由圖20的光擴散分布可確認到，藉由對所施加的電壓進行調整，可改變光散亂體15的焦點距離。實施方式的光學元件10可作為焦點可變透鏡或形狀可變透鏡來使用。

【0131】 <離子液體(陽離子)對陰極劣化的影響>

圖21是表示離子液體的對陰極劣化的影響的示意圖。作為試驗用的樣本，在金屬基板上塗敷了添加有各種離子液體的PVC凝膠，並在PVC凝膠之上作為相對的電極而配置了ITO電極。

【0132】 塗敷的PVC凝膠的種類為樣本A(包含0.5 wt%的EMI-BF₄)、樣本B(包含0.5 wt%的OMI-BF₄)、樣本C(包含0.5 wt%的EMI-DCA)、樣本D(包含0.1 wt%的TBP-BF₄)、樣本H(包含0.5 wt%的EMI-FSI)、及樣本G(包含0.5 wt%的TBP-MES)的6個種類。其中，圖18中獲得

了正位移的樣本為樣本A～D。就樣本D而言，在使離子液體的重量比例與其他樣本相同，即為0.5wt%的情況下，並沒有獲得位移，故其為使添加量減少至0.1 wt%的樣本。

【0133】 將金屬基板作為正極，將ITO作為負極，一邊對施加至PVC凝膠的電壓的等級進行改變，一邊從ITO側對電極的表面狀態進行觀察。

【0134】 就沒有位移效果的樣本G而言，在50V這樣低的電壓的施加下觀察到了ITO(陰極)的劣化。此外，即使是樣本D，也觀察到了電壓的施加所引起的ITO電極的劣化。其原因可被認為是，陽離子對ITO電極的劣化產生了影響。相對於此，在位移效果較高的樣本A～C中，即使提高了所施加的電壓，也沒有觀察到ITO電極的劣化。

【0135】 基於圖17～圖21的考察可知，藉由添加25℃下的負離子的傳輸率為0.4以上的離子液體，與沒有添加離子液體的聚合物凝膠相比，施加較低的電壓即可獲得較大的變形。特別地，如樣本A和樣本B那樣，如果使用陰離子大小較小的離子液體，則在100V以下的電壓範圍內可較大地改變峰高，故可容易地進行光散亂體15的控制。即，根據所施加的電壓的等級，可使光散亂體15出現，並可對其高度進行調整。在使用這些樣本的情況下，當進行光學元件10的驅動時，對陰極的不良影響也較少。

【0136】 添加了離子液體的高分子材料如上所述可應用於圖4的微透鏡陣列100。此情況下，藉由向電極12和電極13之間施加200V以下的電壓，可在作為陽極的電極13的表面13s上形成光散亂體15的排列。基於所添加的離子液體的種類，藉由100V以下的電壓的施加，還可形成20 μ m以上的高度的光散亂體15的排列。

【0137】 使用添加了離子液體的高分子材料層11，可形成直徑為 $100\mu\text{m}$ 、中心間距為 $150\mu\text{m}$ 的光散亂體15的排列。此時，相鄰2個光散亂體15的間隔可設定為 $50\mu\text{m}$ 。就微透鏡陣列100而言，是利用在膜狀的電極13上所形成的微米級的開口和聚合物凝膠的電壓位移特性而形成的，故可在電極13的表面13s上排列均勻的凸形形狀的光散亂體15。基於電極12和電極13之間所施加的200V以下的電壓的等級，可使光散亂體15的排列出現、和/或、可對光散亂體15的高度進行調整。

【0138】 在使用添加了離子液體的高分子材料層11的情況下，除了可由單層導電層來構成微透鏡陣列的電極13之外，還可藉由導電膜對如圖3所示的形成有預定開口的樹脂等的絕緣片的兩個表面和開口內進行被覆。或者，如圖12所示，除了開口之外，也可將能隨高分子材料層11的位移而變形的光透射性非導電區域設置在電極13上。

【0139】 以上儘管根據特定的實施例對本發明進行了說明，但本發明並不限定於上述構成例。在微透鏡陣列100中，光散亂體15的排列並不限定於矩陣狀排列，也可交替地進行排列。或者，還可將電極13的開口14的形狀設計為六邊角形，從而進行更細密的配置。

【0140】 實施方式的光學元件10、10A、10B和圖7的微透鏡陣列100可擴張至兩個表面上都具有光散亂體15的結構。例如，將陰極即電極12使用為共同電極，在電極12的兩個表面上配置高分子材料層11，並由作為陽極的2個電極13對其進行夾持，此時藉由電壓的施加，可在光學元件或微透鏡陣列片的兩個表面上生成光散亂體15。另外，藉由使配置於中間的電極12為透明電極，還可形成兩側為凸的透鏡單元。

【0141】 實施方式的光學元件和微透鏡陣列不使用複雜的機構即可

生成具有各種配向分布的光散亂體。尤其是藉由使用添加了離子液體的高分子材料層，還可降低驅動電壓，並可藉由該降低了的驅動電壓高效地生成光散亂體。

【0142】 本申請主張基於2017年12月28日向日本國專利廳申請的專利申請第2017-254351號和2018年12月26日向日本專利廳申請的專利申請第2018-243598號的優先權，並將其內容全部引用於此。

【符號說明】

【0143】

10、10A、10B	光學元件
11	高分子材料層
12	電極(第1電極層)
13、13A	電極(第2電極層)
13s	表面
14	開口
15	光散亂體
16	絕緣體
17	導電膜
18	變形部
19	非導電性區域
100	微透鏡陣列
130	攝像元件陣列
131R、131G、131B	濾色鏡
150	攝像裝置

250	照明裝置
H	高度

201930942

【發明摘要】

【中文發明名稱】

光學元件、微透鏡陣列、及光學元件之製作方法

【中文】

提供一種藉由簡單的結構即可對光學特性進行調整的光學元件及其製作方法。光學元件具有第1電極層、第2電極層、及在上述第1電極層和上述第2電極層之間所配置的高分子材料層。在電壓的施加下，上述高分子材料層發生變形，從而在上述光學元件的表面上形成光散亂體。

【指定代表圖】

圖1A

【代表圖之符號簡單說明】

- 10 光學元件
- 11 高分子材料層
- 12、13 電極
- 13s 表面
- 14 開口
- 15 光散亂體
- h 高度

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種光學元件，具有：

第1電極層；

第2電極層；及

高分子材料層，配置在上述第1電極層和上述第2電極層之間，

其中，在電壓的施加下，上述高分子材料層發生變形，從而在上述光學元件的表面上形成光散亂體。

【第2項】

如請求項1所述的光學元件，其中，

上述第2電極層具有開口，

在上述電壓的施加下，上述光散亂體從上述開口突出於上述第2電極層的表面。

【第3項】

如請求項1所述的光學元件，其中，

上述第2電極層具有預定形狀的非導電區域，

上述非導電區域由電中性且可隨上述高分子材料層的變形而變形的
光透射性材料形成，

在上述電壓的施加下，上述高分子材料層和上述非導電區域突出於
上述第2電極層的表面，從而形成上述光散亂體。

【第4項】

如請求項1至3中的任一項所述的光學元件，其中，

上述第2電極層和上述高分子材料層之間為面接觸。

【第5項】

如請求項1至4中的任一項所述的光學元件，其中，
上述光散亂體為凸形形狀。

【第6項】

如請求項1至5中的任一項所述的光學元件，其中，
上述第2電極層為陽極層，上述第1電極層為陰極層。

【第7項】

如請求項1或2所述的光學元件，其中，
上述第2電極層由金屬材料形成。

【第8項】

如請求項1或2所述的光學元件，其中，
上述第2電極層為導電膜覆蓋絕緣體的結構。

【第9項】

如請求項1至8中的任一項所述的光學元件，其中，
上述第1電極層和上述第2電極層中的至少一者為透明電極層。

【第10項】

如請求項1至9中的任一項所述的光學元件，其中，
上述高分子材料層的凝膠狀高分子材料中添加了25℃下的負離子的
傳輸率為0.4以上的離子液體。

【第11項】

如請求項10所述的光學元件，其中，
相對於上述高分子材料的上述離子液體的重量比率為0.2 wt%以上且
1.5 wt%以下。

【第12項】

一種微透鏡陣列，具有：

第1電極層；

第2電極層；及

高分子材料層，配置在上述第1電極層和上述第2電極層之間，

其中，在電壓的施加下，上述第2電極層的表面上具有複數個光散亂體的排列。

【第13項】

如請求項12所述的微透鏡陣列，其中，

上述高分子材料層的凝膠狀高分子材料中添加了25℃下的負離子的傳輸率為0.4以上的離子液體。

【第14項】

一種攝像裝置，具有：

如請求項12或13所述的微透鏡陣列；及

與上述微透鏡陣列相對配置的攝像元件陣列。

【第15項】

一種照明裝置，具有：

如請求項12或13所述的微透鏡陣列；及

光源。

【第16項】

一種光學元件之製作方法，包括：

在第1電極層之上形成高分子材料層的步驟；

在上述高分子材料層之上配置第2電極層的步驟；及

向上述第1電極層和上述第2電極層之間施加電壓，使上述高分子材料層變形，並使上述高分子材料層的一部分突出於上述第2電極層的表面，從而形成光散亂體的步驟。

【第17項】

如請求項16所述的光學元件之製作方法，其中，
預先在上述第2電極層上形成預定的開口，
藉由上述電壓的施加，使上述高分子材料層的一部分從上述開口突出。

【第18項】

如請求項16所述的光學元件之製作方法，其中，
在上述第2電極層上，由電中性且可隨上述高分子材料層的變形而變形的
光透射性材料形成預定形狀的非導電區域，
藉由上述電壓的施加，使上述高分子材料層和上述非導電區域變形，
從而在上述第2電極層的表面形成上述光散亂體。

【第19項】

如請求項16至18中的任一項所述的光學元件之製作方法，其中，
上述高分子材料層的凝膠狀高分子材料中添加了25℃下的負離子的
傳輸率為0.4以上的離子液體。

