



(21) 申請案號：106141441

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 28 日

(51) Int. Cl. : G02B13/14 (2006.01)

G02B7/02 (2006.01)

(30) 優先權：2016/11/30 美國

15/365,418

(71) 申請人：美商豪威科技股份有限公司 (美國) OMNIVISION TECHNOLOGIES, INC. (US)
美國

(72) 發明人：董偉林 TUNG, WEI LIN (TW) ; 鄧兆展 DENG, JAU JAN (TW)

(74) 代理人：江國慶

(56) 參考文獻：

CN 1455282A

EP 2453267A1

EP 3015902A1

US 8363339B2

審查人員：邱元玠

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：10 共 26 頁

(54) 名稱

無熱複合透鏡

ATHERMAL COMPOUND LENS

(57) 摘要

無熱複合透鏡包括平凹透鏡和平凸透鏡。平凹透鏡具有第一焦距、第一折射率以及與凹面像側表面相對的平面物側表面。平凸透鏡軸向對齊平凹透鏡，並且具有(i)第二焦距，(ii)第二折射率，(iii)平面像側表面，以及(iv)在平面像側表面與凹面像側表面之間的凸面物側表面。在自由空間波長範圍和溫度範圍中：(a)第一焦距除以第二焦距得到的數值小於-0.68，並且(b)當第一折射率為 n_1 ，

第二折射率為 n_2 時，第一折射率和第二折射率的溫度依賴性 $\frac{\Delta n_1}{\Delta T}$ 和 $\frac{\Delta n_2}{\Delta T}$ 滿足：

$$\left(\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right) / \left(\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right) \geq 2。$$

An athermal compound lens includes a plano-concave lens and a plano-convex lens. The plano-concave lens has a first focal length, a first refractive index n_1 , and planar object-side surface opposite a concave image-side surface. The plano-convex lens is axially aligned with the plano-concave lens and has (i) a second focal length, (ii) a second refractive index n_2 , (iii) a planar image-side surface, and (iv) a convex object-side surface between the planar image-side surface and the concave image-side surface. In a free-space wavelength range and temperature range: (a) the first focal length divided by the second focal length is less than -0.68, and (b) first and second refractive indices n_1 and n_2 have respective temperature dependences

$$\frac{\Delta n_1}{\Delta T} \text{ and } \frac{\Delta n_2}{\Delta T} \text{ that satisfy } \left(\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right) / \left(\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right) \geq 2.$$

指定代表圖：

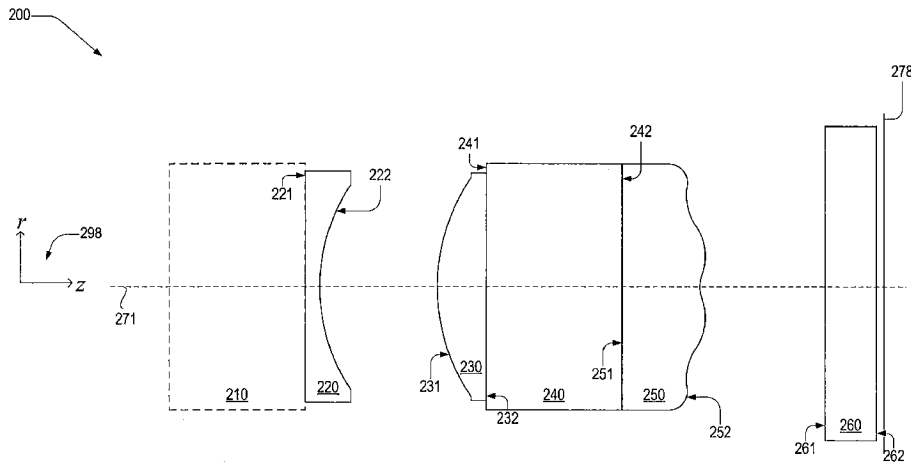


圖2

符號簡單說明：

- 200 . . . 無熱複合透鏡
- 210、240 . . . 基座
- 220 . . . 平凹透鏡/透鏡
- 221、231、241、251 . . . 物側表面
- 222、232、242、252 . . . 像側表面
- 230 . . . 平凸透鏡/透鏡
- 250 . . . 像側透鏡/透鏡
- 260 . . . 蓋玻片
- 261 . . . 前表面
- 262 . . . 後表面
- 271 . . . 光軸線
- 278 . . . 像平面
- 298 . . . 坐標系

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 (中文/英文)

無熱複合透鏡/Athermal Compound Lens

【技術領域】

【0001】 本申請涉及複合透鏡，具體地，涉及無熱複合透鏡。

【先前技術】

【0002】 設計成捕獲發射近紅外(near-infrared, near-IR)光的物體的圖像的相機模組在汽車應用和內視鏡中使用。例如，圖 1 描繪了病變 190 在內視鏡 110 的視場中。相機模組 120 對相對於具有方向 x 、 y 和 z 的坐標系 198 定位的病變 190 成像。相機模組 120 包括影像感測器 130 和成像透鏡 100。影像感測器 130 包括像素陣列 132，成像透鏡 100 將病變 190 的圖像形成在像素陣列 132 上。像素陣列 132 具有寬度 $132W$ ，並且成像透鏡 100 具有光軸線 $100X$ 。

【0003】 內視鏡 110 的有效性取決於它在應用中的波長和溫度範圍特徵下滿足性能規格的能力。波長範圍為例如可見光波長範圍(自由空間波長 $\lambda_0 \in [0.40\mu\text{m}, 0.65\mu\text{m}]$)或近紅外波長範圍($\lambda_0 \in [0.60\mu\text{m}, 1.0\mu\text{m}]$)。對於上述應用的通常的溫度範圍為 20°C 至 60°C 。因此，包括透鏡 100 的相機的性能部分地取決於成像透鏡 100 被絕熱(athermalized)為使得成像透鏡 100 在與其應用有關的溫度範圍內在影像感測器 132 上形成清晰的圖像。例如，成像透鏡 100 對從病變 190 上的點 190P 傳播到點 102 的光 192 進行成像。光 192 為例如近紅外光。點 102 位於距光軸線 $100X$ 的場高度 x_1 並距像素陣列 132 的焦移 Δz_1 處。焦移 $\Delta z_1 = 0$ 相當於當成像透鏡 100 在影像感測器 132 上形成點 190P 的對焦圖像。作為場高度 x_1 和環境溫度 T 的函數的焦點偏移(焦移) Δz_1 的大小為對於透鏡 100 的無熱化量度(athermalization metric)。對於現有技術透鏡，在可見光波長和近紅外波長下，在 20°C 與 60°C 之間，軸線上焦距以 $\Delta z_1 = 9.2\mu\text{m}$

或 $\frac{\Delta z_1}{\Delta T} = 0.23 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ 偏移。

【發明內容】

【0004】 本文公開的系統和方法的實施方式提供了無熱複合透鏡系統。本文中的無熱複合透鏡的實施方式可適用於以上提到的內視鏡成像應用以及任何帶有無熱成像要求的其他應用。

【0005】 在實施方式中，無熱複合透鏡包括平凹透鏡和平凸透鏡。平凹透鏡具有第一焦距、第一折射率和與凹面像側表面相對的平面物側表面。平凸透鏡軸向地對齊平凹透鏡，並且具有(i)第二焦距，(ii)第二折射率，(iii)平面像側表面，以及(iv)平面像側表面與凹面像側表面之間的凸面物側表面。在自由空間波長範圍和溫度範圍中：(a)第一焦距除以第二焦距的數值小於-0.68，以及(b)當第一折射率為 n_1 ，第二折射率為 n_2 時，第一折射率 n_1 和第二折射率 n_2 各自的溫度依賴性 $\frac{\Delta n_1}{\Delta T}$ 和 $\frac{\Delta n_2}{\Delta T}$ 滿足：

$$\left(\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right) / \left(\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right) \geq 2。$$

【圖式簡單說明】

【0006】 圖 1 描繪了帶有包括成像透鏡的相機模組的現有技術內視鏡。

【0007】 圖 2 是實施方式中與圖 1 的相機模組相容使用的無熱複合透鏡的剖視圖。

【0008】 圖 3 是包括圖 2 的無熱複合透鏡的第一實施方式的成像系統的剖視圖。

【0009】 圖 4 示出了圖 3 的無熱複合透鏡的示例性參數的表格。

【0010】 圖 5A、圖 5B、圖 5C 和圖 5D 是不同溫度下圖 3 的無熱複合透鏡的離焦調製傳遞函數(modulation transfer function, MTF)的示例性曲線圖。

【0011】圖 6 是包括圖 2 的無熱複合透鏡的第二實施方式的成像系統的剖視圖。

【0012】圖 7 示出了圖 6 的無熱複合透鏡的示例性參數的表格。

【0013】圖 8A、圖 8B、圖 8C 和圖 8D 是不同溫度下圖 6 的無熱複合透鏡的離焦調製傳遞函數(MTF)的示例性曲線圖。

【0014】圖 9 是示出圖 3 的透鏡中的兩個透鏡的折射率對溫度依賴性的曲線圖。

【0015】圖 10 是示出圖 6 的透鏡中的兩個透鏡的折射率對溫度依賴性的曲線圖。

【實施方式】

【0016】圖 2 是代替透鏡 100 與相機模組 120 相容使用的無熱複合透鏡 200 的剖視圖。無熱複合透鏡 200 包括具有共同的光軸線 271 的平凹透鏡 220、平凸透鏡 230、基底 240 和像側透鏡 250。透鏡 220 具有物側表面 221 和像側表面 222。無熱複合透鏡 200 可包括支撐透鏡 220 的基底 210。透鏡 230 具有物側表面 231 和像側表面 232。基底 240 具有支撐透鏡 230 的物側表面 241 和支撐透鏡 250 的像側表面 242。基底 240 可為整體的或由多個相互附接的基底形成。像側透鏡 250 具有物側表面 251 和包括凹面區域和凸面區域中的至少一者的像側表面 252。

【0017】無熱複合透鏡 200 還可包括蓋玻片 260。當蓋玻片 260 包括在無熱複合透鏡 200 或具有無熱複合透鏡 200 的成像系統中時，蓋玻片 260 覆蓋位於像平面 278 處的影像感測器(未示出)的像素陣列。蓋玻片 260 具有前表面 261 和後表面 262。像素陣列和影像感測器的具體類型可變化並且因此在本文中不進行詳細地討論。

【0018】 在實施方式中，無熱複合透鏡 200 的製造過程中的至少部分是使用晶片級光學複製技術在晶片級執行的。在此實施方式中，透鏡 230、250 模製在基底 240 上，並且當實施方式包括基底 210 時，透鏡 220 模製在基底 210 上。晶片級複製技術能夠使透鏡 230、250 分別由具有不同折射率的材料形成，這能夠以更大的靈活性設計無熱複合透鏡 200，以使焦移 Δz_1 最小化。

【0019】 無熱複合透鏡 200 的元件的截面可為矩形或正方形。例如，如果經由晶片級光學複製製造，則透鏡 230、250 以及基底 240 中的每個可具有由在基底 240 上模製透鏡 230、250 之後執行的切割操作而產生的相同的正方形截面。

【0020】 透鏡 220、230、250 可經由晶片級光學複製技術由焊料回流相容材料形成。焊料回流相容材料例如經受得住在超過 250°C 的溫度下發生的表面貼裝技術(surface-mount technology, SMT)回流焊接工藝。這樣的材料的示例包括 Nitto Denko 公司(大阪，日本)的 NT-UV 系列 UV 固化樹脂。應該理解的是，可使用額外的或替代的材料，而不偏離本發明的範圍。

【0021】 透鏡 220、230、250 還可經由注模或在本領域中已知的其他方法形成。此外，透鏡 220、230、250 可經由精密玻璃模製(也稱為超精密玻璃壓製)或本領域已知的其他方法由玻璃形成。

【0022】 雖然透鏡 220、230、250 中的每個在圖 2 中作為單一透鏡示出，但是透鏡 220、230、250 中的至少一個可為非單一透鏡，而不偏離本發明的範圍。

【0023】 無熱複合透鏡 200 滿足能夠使它在 20°C 與 60°C 之間的溫度下具有的無熱化量度 $\frac{\Delta z_1}{\Delta T} < 0.15\mu/\text{°C}$ 的限制。在本文中，諸如 ΔT 的溫度範圍具有攝氏度或等同地具有卡氏度(degrees Kelvin)的單位。在包括可見光波長範

圍和近紅外波長範圍中的至少一個的波長範圍中的自由空間波長下，滿足以下限制。

【0024】 透鏡 220、230 的焦距 f_{220} 、 f_{230} 滿足 $f_{220}/f_{230} < -0.68$ 。透鏡 220、230 的折射率 n_2 、 n_3 滿足 $n_3 \geq n_2$ ，以在保持足夠的影像品質的同時實現無熱化量度。折射率 n_2 、 n_3 的溫度依賴性 $\frac{\Delta n_2}{\Delta T}$ 、 $\frac{\Delta n_3}{\Delta T}$ 滿足 $(\frac{\Delta n_2}{\Delta T})/(\frac{\Delta n_3}{\Delta T}) \geq 2$ 。例如， $\frac{\Delta n_2}{\Delta T} = 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 並且 $\frac{\Delta n_3}{\Delta T} = 0.5 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 。

無熱複合透鏡，示例1

【0025】 圖 3 是成像系統 301 中的無熱複合透鏡 300 的剖視圖。無熱複合透鏡 300 為無熱複合透鏡 200 的實施方式。成像系統 301 還包括位於無熱複合透鏡 300 與像平面 278(1)之間的蓋玻片 260(1)。無熱複合透鏡 300 具有 $2\phi_1=110^{\circ}$ 的全角視場和工作 f 數 $N_w=3.3$ 。

【0026】 無熱複合透鏡 300 包括平凹透鏡 220(1)、平凸透鏡 230(1)、像側透鏡 250(1)、以及基底 210(1)、240(1)、360、370。基底 360、370 分別具有物側表面 361、371，以及像側表面 362、372。表面 362、371 是鄰接的；由此，基底 360、370 在本文中表示為蓋玻片 260(1)。像側透鏡 250(1)為平凸的。基底 240(1)包括基底 342、344，以及在基底 342 與基底 344 之間的孔徑光闌(aperture stop)343。在本文中，由帶括弧尾碼的附圖標記表示的附圖元件指代由附圖標記指代的元件的示例。例如，透鏡 220(1)為透鏡 220 的示例。

【0027】 圖 4 示出了無熱複合透鏡 300 的表面和基底的示例性參數的表格 400。表格 400 包括行 404、406、408、410、412、414、421~427。行 421 表示基底 210、342、344，表面 221(1)、222(1)、231(1)、232(1)、251(1)、252(1)、361、371、372，孔徑光闌 343 以及像平面 278(1)。行 423 包括光軸線 271(1)上無熱複合透鏡 300 的鄰接表面之間以毫米計的厚度值。行 423 包括基底 210(1)、342、344、360、370 以及透鏡 220(1)、230(1)、250(1)的中心厚度。行 423 中表示特定表面的列的厚度值表明此特定表面與下一個表面之間的軸

線上距離。例如，在光軸線 271(1)上，表面 221(1)和表面 222(1)以 0.020 mm 間隔，0.020 mm 對應於透鏡 220(1)的厚度 320T。在光軸線 271(1)上，表面 231(1)和表面 232(1)以 0.0928 mm 間隔，0.0928 mm 對應於透鏡 230(1)的厚度 330T。

【0028】 行 426 表示每個表面的最小直徑，使得入射在基底 210(1)上並穿過孔徑光闌 343 的光線也足以穿過此表面。孔徑光闌 343 的直徑 $\Phi_{343} = 0.192$ mm。應該理解的是，成像系統 301 不一定需要包括蓋玻片 260(1)，在這種情況下，像平面 278(1)朝向無熱複合透鏡 300 偏移。

【0029】 表面 222(1)、231(1)、252(1)由公式 1 中示出的表面 sag z_{sag} 限定。

$$z_{sag} = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=2}^N \alpha_{2i}r^{2i} \quad (1)$$

【0030】 在公式 1 中， z_{sag} 為徑向座標 r 的函數，其中方向 z 和 r 在圖 2 的坐標系 298 中示出。數 i 為正整數並且 $N=7$ 。在公式 1 中，參數 c 為表面曲率半徑 r_c 的倒數： $c = \frac{1}{r_c}$ 。表格 400 的行 422 列出了表面 222(1)、231(1)、252(1) 的 r_c 值。行 427 中示出的參數 k 表示圓錐常數。列 404、406、408、410、412、414 分別包括非球面係數 α_4 、 α_6 、 α_8 、 α_{10} 、 α_{12} 、 α_{14} 的值。表格 400 中的數量的單位與以毫米表示的公式 1 中的 z_{sag} 一致。

【0031】 行 424 列出了在自由空間波長 $\lambda_0=587.5$ nm(溫度 T_1 下)下的材料折射率 n_d 的值，並且行 425 列出了對應的色散係數(阿貝數 Abbb number) V_d 。對應於表面的折射率和色散系數值表示此表面與下一列中的表面之間的材料。例如，表面 221(1)與表面 222(1)之間的折射率和色散係數分別為 1.511 和 57.0。

【0032】 表格 1 示出了透鏡 220(1)、230(1)的折射率 n 和焦距 f 。焦距 f

是使用透鏡製造公式(lensmaker's equation)和表格 400 中的透鏡參數 ($\lambda_0=587.5\text{nm}$, $T=20^\circ\text{C}$)估計的。透鏡 220(1)的焦距與透鏡 230(1)的焦距的比值在 587.5nm 處為 -0.73 ，並且在 850nm 處為 -0.72 。

表格 1

透鏡	λ_0/nm	$n, 20^\circ\text{C}$	$n, 40^\circ\text{C}$	$n, 60^\circ\text{C}$	f/mm
220(1)	587	1.511	1.507	1.503	-0.460
	850	1.504	1.500	1.496	-0.466
230(1)	587	1.590	1.588	1.586	+0.634
	850	1.575	1.573	1.571	+0.650

【0033】圖 5A 和圖 5B 分別為在溫度 $T_1=20^\circ\text{C}$ 和溫度 $T_2=60^\circ\text{C}$ 下無熱複合透鏡 300 的軸線上離焦多色調製傳遞函數(MTF)曲線 520V、560V 的曲線圖。調製傳遞函數(MTF)曲線 520V、560V 均為 95 循環/毫米(cycles/mm)下在 420nm 與 640nm 之間的平均調製傳遞函數(MTF)。焦移參照的是溫度 T_1 下的焦平面位置，從而調製傳遞函數(MTF)曲線 520V 在焦移 $\Delta z_1=0$ 處具有最大值。調製傳遞函數(MTF)曲線 520V、560V 的峰值的比較示出了在溫度 T_1 與溫度 T_2 之間，軸線上焦距以 $\Delta z_1=1.9\mu\text{m}$ 或 $\frac{\Delta z_1}{\Delta T} = 0.05\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ 偏移。

【0034】圖 5C 和圖 5D 分別為在溫度 T_1 和溫度 T_2 下無熱複合透鏡 300 的軸線上離焦多色調製傳遞函數(MTF)曲線 520IR、560IR 的曲線圖。調製傳遞函數(MTF)曲線 520IR、560IR 均為 95 循環/毫米下在 830nm 與 870nm 之間的平均調製傳遞函數(MTF)。焦移參照的是溫度 T_1 下的焦平面位置，從而調製傳遞函數(MTF)曲線 520IR 在焦移 $\Delta z_1=0$ 處具有最大值。調製傳遞函數(MTF)曲線 520IR、560IR 的峰值的比較示出了在溫度 T_1 與溫度 T_2 之間，軸線上焦距以 $\Delta z_1=3.5\mu\text{m}$ 或 $\frac{\Delta z_1}{\Delta T} = 0.09\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ 偏移。

無熱複合透鏡，示例2

【0035】圖 6 是成像系統 601 中無熱複合透鏡 600 的剖視圖。成像系統

601 可為諸如手勢識別系統的汽車應用的一部分。無熱複合透鏡 600 為無熱複合透鏡 200 的實施方式。成像系統 601 還包括蓋玻片 260(2)，位於無熱複合透鏡 600 與像平面 278(2)之間。無熱複合透鏡 600 具有 $2\theta_1=50.6^\circ$ 的全角視場和工作 f 數 $N_w=5.3$ 。

【0036】 無熱複合透鏡 600 包括平凸透鏡 610、平凹透鏡 220(2)、平凸透鏡 230(2)、像側透鏡 250(2)、以及基底 210(2)、240(2)、260(2)。像側透鏡 250(2)為平凹的。平凸透鏡 610 具有物側表面 611 和像側表面 612，像側表面 612 對應於無熱複合透鏡 600 的孔徑光闌 643 的軸向位置。

【0037】 圖 7 示出了無熱複合透鏡 600 的表面和基底的示例性參數的表格 700。表格 700 包括行 704、706、708、710、712、714、716、721~727。行 721 表示基底 210(2)、240(2)、260(2)，表面 611、612、221(2)、222(2)、231(2)、232(2)、251(2)、252(2)、261(2)、262(2)，孔徑光闌 643 以及像平面 278(2)。行 723 包括光軸線 271(2)上無熱複合透鏡 600 的鄰接表面之間的以毫米計的厚度值。行 723 包括基底 210(2)、240(2)，蓋玻片 260(2)以及透鏡 610、220(2)、230(2)、250(2)的中心厚度。行 723 中表示特定表面的列的厚度值表示明此特定表面與下一個表面之間的軸線上距離。例如，在光軸線 271(2)上，表面 221(2)和表面 222(2)以 0.0223 mm 間隔，0.0223 mm 對應於透鏡 220(2)的厚度 620T。在光軸線 271(2)上，表面 231(2)和表面 232(2)以 0.1206 mm 毫米間隔，0.1206 mm 毫米對應於透鏡 230(2)的厚度 630T。

【0038】 行 726 表示每個表面的最小直徑，使入射在基底 210(2)上並穿過孔徑光闌 643 的光線也足以穿過此表面。孔徑光闌 643 的直徑 $\Phi_{643} = 0.32\text{mm}$ 。應該理解的是，成像系統 601 不一定需要包括蓋玻片 260(2)，在這種情況下，像平面 278(2)朝向無熱複合透鏡 600 偏移。

【0039】 表面 222(2)、231(2)、252(2)由公式 1 中示出的表面 sag z_{sag} 限定。表格 700 的行 722 列出了表面 222(2)、231(2)、252(2)的 r_c 值。行 727 中示出的參數 k 表示圓錐常數。行 704、706、708、710、712、714、716 分

別包括非球面係數 α_4 、 α_6 、 α_8 、 α_{10} 、 α_{12} 、 α_{14} 、 α_{16} 的值。表格 700 中的數量的單位與以毫米表達的公式 1 中的 z_{sag} 一致。

【0040】 行 724 列出了在自由空間波長 $\lambda_0=587.5\text{nm}$ 下材料折射率 n_d 的值，並且行 725 列出了對應的色散係數 V_d 。表格 2 示出了在 $\lambda_0=587.5\text{nm}$ 處的折射率 n 和透鏡 610、220(2)、230(2)、250(2) 的焦距 f 。焦距 f 是使用透鏡製造公式和表格 700 的透鏡參數($\lambda_0=587.5\text{nm}$, $T=20^\circ\text{C}$)估計的。透鏡 220(2) 的焦距與透鏡 230(2) 的焦距的比值在 $\lambda_0=587.5\text{nm}$ 處和 $\lambda_0=850\text{nm}$ 處均為 -0.965 。

表格 2

透鏡	λ_0/nm	$n, 20^\circ\text{C}$	$n, 40^\circ\text{C}$	$n, 60^\circ\text{C}$	f/mm
220(2)	587	1.520	1.516	1.511	-1.880
	850	1.513	1.508	1.504	-1.906
230(2)	587	1.520	1.518	1.516	+1.949
	850	1.513	1.511	1.509	+1.975

【0041】 圖 8A 和圖 8B 分別為在溫度 $T_1=20^\circ\text{C}$ 和溫度 $T_2=60^\circ\text{C}$ 下無熱複合透鏡 600 的軸線上離焦多色調製傳遞函數(MTF)曲線 820V、860V 的曲線圖。調製傳遞函數(MTF)曲線 820V、860V 均為 95 循環/毫米(cycles/mm)下在 420nm 與 640nm 之間的平均調製傳遞函數(MTF)。焦移參照的是溫度 T_1 下的焦平面位置，從而調製傳遞函數(MTF)曲線 820V 在焦移 $\Delta z_1=0$ 處具有最大值。調製傳遞函數(MTF)曲線 820V、860V 的峰值的比較示出了在溫度 T_1 與溫度 T_2 之間，軸線上焦距以 $\Delta z_1=5.6\mu\text{m}$ 或 $\frac{\Delta z_1}{\Delta T} = 0.14\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ 偏移。

【0042】 圖 8C 和圖 8D 分別為在溫度 T_1 和溫度 T_2 下無熱複合透鏡 600 的軸線上離焦多色調製傳遞函數(MTF)曲線 820IR、860IR 的曲線圖。調製傳遞函數(MTF)曲線 820IR、860IR 均為 95 循環/毫米下在 830nm 與 870nm 之間的平均調製傳遞函數(MTF)。焦移參照的是溫度 T_1 下的焦平面位置，從而調製傳遞函數(MTF)曲線 820IR 在焦移 $\Delta z_1=0$ 處具有最大值。調製傳遞函數

(MTF)曲線 820IR、860IR 的峰值的比較示出了在溫度 T_1 和與溫度 T_2 之間，軸線上焦距以 $\Delta z_1 = 5.6\mu\text{m}$ 或 $\frac{\Delta z_1}{\Delta T} = 0.14\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ 偏移。

【0043】圖 9 是表格 1 中示出的符合線性溫度依賴性(linear temperature dependency)925、928、935、938 的無熱複合透鏡 300 的透鏡 220(1)、230(1) 的折射率的曲線圖。線性溫度依賴性 925、928 分別對應於凹面透鏡 220(1) 在 $\lambda_0 = 587\text{ nm}$ 和 $\lambda_0 = 850\text{ nm}$ 時的情況，均具有斜率 $-2.0 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 。線性溫度依賴性 935、938 分別對應於凸面透鏡 230(1) 在 $\lambda_0 = 587\text{ nm}$ 和 $\lambda_0 = 850\text{ nm}$ 時的情況，均具有斜率 $-1.0 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 。

【0044】圖 10 是表格 2 中示出的符合線性溫度依賴性 1025、1028、1035、1038 的無熱複合透鏡 600 的透鏡 220(2)、230(2) 的折射率的曲線圖。線性溫度依賴性 1025、1028 分別對應於凹面透鏡 220(2) 在 $\lambda_0 = 587\text{ nm}$ 和 $\lambda_0 = 850\text{ nm}$ 時的情況，並且均具有斜率 $-2.3 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 。線性溫度依賴性 1035、1038 分別對應於凸面透鏡 230(2) 在 $\lambda_0 = 587\text{ nm}$ 和 $\lambda_0 = 850\text{ nm}$ 時的情況，並且均具有斜率 $-1.0 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 。

【0045】以上描述的特徵以及申請專利範圍可以以多種方式組合，而不偏離本發明的範圍。下述示例說明了一些可能的、非限制性的組合：

【0046】(A1)無熱複合透鏡包括平凹透鏡和平凸透鏡。平凹透鏡具有第一焦距、第一折射率和與凹面像側表面相對的平面物側表面。平凸透鏡軸向對齊平凹透鏡，並且具有(i)第二焦距，(ii)第二折射率，(iii)平面像側表面，以及(iv)平面像側表面與凹面像側表面之間的凸面物側表面。在自由空間波長範圍和溫度範圍中：(a)第一焦距除以第二焦距的數值小於 -0.68 ，並且(b)當第一折射率為 n_1 ，第二折射率為 n_2 時，第一折射率和第二折射率各自的溫度依賴性 $\frac{\Delta n_1}{\Delta T}$ 和 $\frac{\Delta n_2}{\Delta T}$ 滿足 $(\frac{\Delta n_1}{\Delta T}) / \frac{\Delta n_2}{\Delta T} \geq 2$ 。

【0047】(A2)在由(A1)表示的無熱複合透鏡中，自由空間波長範圍可包

括從 400nm 至 650nm 的波長。

【0048】 (A3)在由(A1)和(A2)中的一個表示的任意無熱複合透鏡中，自由空間波長範圍可包括從 600nm 至 1000nm 的波長。

【0049】 (A4)在由(A1)至(A3)中的一個表示的任意無熱複合透鏡中，溫度範圍可從 20°C 至 60°C。

【0050】 (A5)由(A4)表示的任意無熱複合透鏡在自由空間波長範圍和溫度範圍內可具有溫度依賴性的焦移 $\frac{\Delta f}{\Delta T} < 0.15\mu\text{m}/^\circ\text{C}$ 。

【0051】 (A6)在由(A1)至(A5)中的一個表示的任意無熱複合透鏡中， $\left|\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right|$ 可大於或等於 $10^{-4}/^\circ\text{C}$ ，並且 $\left|\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right|$ 可大於或等於 $0.5 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 。

【0052】 (A7)在由(A1)至(A6)中的一個表示的任意無熱複合透鏡中，第二折射率可大於或等於第一折射率。

【0053】 (A8)由(A1)至(A7)中的一個表示的任意無熱複合透鏡還可包括第三透鏡及雙平面基底，第三透鏡軸向對齊平凸透鏡並且具有平面物側表面，雙平面基底位於平凸透鏡與第三透鏡之間。

【0054】 (A9)在由(A8)表示的任意無熱複合透鏡中，第三透鏡可具有凸面像側表面。

【0055】 (A10)由(A8)和(A9)中的一個表示的任意無熱複合透鏡還可包括孔徑光闌，位於第三透鏡和平凸透鏡之間。

【0056】 (A11)在由(A8)至(A10)中的一個表示的任意無熱複合透鏡中，第三透鏡可具有凹面像側表面。

【0057】 (A12)在由(A8)至(A11)中的一個表示的任意無熱複合透鏡中，其中平凸透鏡由第一材料形成，並且第三透鏡由第三材料形成，第一材料可與第三材料不同。

【0058】 (A13)由(A1)至(A12)中的一個表示的任意無熱複合透鏡還可包括第四透鏡及第二雙平面基底，第四透鏡軸向對齊平凹透鏡並且具有平面像側表面，第二雙平面基底位於平凹透鏡與第四透鏡之間。

【0059】 可在以上方法和系統中做出改變，而不偏離本發明的範圍。因此，應當注意，以上描述中所包含的內容或附圖中所示的內容應被解釋為說明性的並且不具有限制意義。申請專利範圍旨在涵蓋本文中描述的所有通用和特定特徵，以及本方法和系統的範圍的所有陳述，這些特徵和陳述在語言上均被視為落入申請專利範圍中。

【符號說明】

【0060】

- 100…成像透鏡 / 透鏡
- 102、190P…點
- 100X、271、271(1)、271(2)…光軸線
- 110…內視鏡
- 120…相機模組
- 130…影像感測器
- 132…像素陣列
- 132W…寬度
- 190…病變
- 192…光
- 198、298…坐標系
- 200、300、600…無熱複合透鏡

210、210(1)、210(2)、240、240(1)、240(2)、260(2)、342、344、360、
 370…基底
 220、220(1)、220(2)…平凹透鏡 / 透鏡
 221、231、241、250(1)、251、361、371、611…物側表面 / 表面
 221(1)、221(2)、222(1)、222(2)、231(1)、231(2)、232(1)、232(2)、251(1)、
 251(2)、252(1)、252(2)、261(1)、261(2)…表面
 222、232、242、252、362、372、612…像側表面 / 表面
 230、230(1)、230(2)、610…平凸透鏡 / 透鏡
 250、250(1)、250(2)…像側透鏡 / 透鏡
 260、260(1)、260(2)…蓋玻片
 261…前表面
 262…後表面
 278、278(1)、278(2)…像平面
 301、601…成像系統
 320T、330T、620T、630T…厚度
 343、643…孔徑光闌
 400、700…表格
 404、406、408、410、412、414、421~427、704、706、708、710、712、
 714、716、721~727…行
 520IR、520V、560IR、560V、820IR、820V、860IR、860V…調製傳
 遞函數(MTF)曲線
 925、928、935、938、1025、1028、1035、1038…曲線
 x_1 …場高度
 Δz_1 …焦點偏移(焦移)
 Φ_{343} 、 Φ_{643} …直徑

發明摘要

※ 申請案號：106/11/28

※ 申請日：106/11/28

※IPC 分類：G02B 13/14 (2006.01)

G02B 7/02 (2006.01)

【發明名稱】 (中文/英文)

無熱複合透鏡/Athermal Compound Lens

【中文】

無熱複合透鏡包括平凹透鏡和平凸透鏡。平凹透鏡具有第一焦距、第一折射率以及與凹面像側表面相對的平面物側表面。平凸透鏡軸向對齊平凹透鏡，並且具有(i)第二焦距，(ii)第二折射率，(iii)平面像側表面，以及(iv)在平面像側表面與凹面像側表面之間的凸面物側表面。在自由空間波長範圍和溫度範圍中：(a)第一焦距除以第二焦距得到的數值小於-0.68，並且(b)當第一折射率為 n_1 ，第二折射率為 n_2 時，第一折射率和第二折射率的溫度依賴性 $\frac{\Delta n_1}{\Delta T}$ 和 $\frac{\Delta n_2}{\Delta T}$ 滿足：

$$\left(\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right)/\left(\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right) \geq 2。$$

【英文】

An athermal compound lens includes a plano-concave lens and a plano-convex lens. The plano-concave lens has a first focal length, a first refractive index n_1 , and planar object-side surface opposite a concave image-side surface. The plano-convex lens is axially aligned with the plano-concave lens and has (i) a second focal length, (ii) a second refractive index n_2 , (iii) a planar image-side surface, and (iv) a convex object-side surface between the planar image-side surface and the concave image-side surface. In a free-space wavelength range and temperature range: (a) the first focal length divided by the second focal length is less than -0.68, and (b) first and second refractive indices n_1 and n_2 have respective temperature dependences $\frac{\Delta n_1}{\Delta T}$ and

$$\frac{\Delta n_2}{\Delta T} \text{ that satisfy } \left(\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right)/\left(\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right) \geq 2.$$

申請專利範圍

1. 一種無熱複合透鏡，包括：

一平凹透鏡，具有(i)一第一焦距，(ii)一第一折射率，和(iii)一平面物側表面，相對一凹面像側表面；以及

一平凸透鏡，軸向對齊該平凹透鏡，該平凸透鏡具有(i)一第二焦距，(ii)一第二折射率，(iii)一平面像側表面，和(iv)一凸面物側表面，在該平面像側表面與該凹面像側表面之間，

在一自由空間波長範圍和一溫度範圍中：(a)該第一焦距除以該第二焦距得到的數值小於-0.68，並且(b)當該第一折射率為 n_1 ，該第二折射率為 n_2 ，該第一折射率和該第二折射率的溫度依賴性 $\frac{\Delta n_1}{\Delta T}$ 和 $\frac{\Delta n_2}{\Delta T}$ 滿足：

$$\left(\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right) / \left(\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right) \geq 2。$$

2. 如請求項第1項所述的無熱複合透鏡，該自由空間波長範圍包括從400nm至650nm的波長。

3. 如請求項第1項所述的無熱複合透鏡，該自由空間波長範圍包括從600nm至1000nm的波長。

4. 如請求項第1項所述的無熱複合透鏡，該溫度範圍從20°C至60°C。

5. 如請求項第3項所述的無熱複合透鏡，在該自由空間波長範圍和該溫度範圍內，具有溫度依賴性的焦移 $\frac{\Delta f}{\Delta T} < 0.15 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ 。

6. 如請求項第1項所述的無熱複合透鏡，其中 $\left|\frac{\Delta n_1}{\Delta T}\right| \geq 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 並且 $\left|\frac{\Delta n_2}{\Delta T}\right| \geq 0.5 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ 。

7. 如請求項第1項所述的無熱複合透鏡，該第二折射率大於或等於該第一折射率。

8. 如請求項第1項所述的無熱複合透鏡，還包括：

一第三透鏡，軸向對齊該平凸透鏡，並且具有一第三平面物側表面；以及

一雙平面基底，位於該平凸透鏡與該第三透鏡之間。

9. 如請求項第8項所述的無熱複合透鏡，該第三透鏡具有一凸面像側表面。
10. 如請求項第8項所述的無熱複合透鏡，還包括一孔徑光闌，位於該第三透鏡與該平凸透鏡之間。
11. 如請求項第8項所述的無熱複合透鏡，該第三透鏡具有一第三凹面像側表面。
12. 如請求項第8項所述的無熱複合透鏡，該平凸透鏡包括的材料不同於該第三透鏡。
13. 如請求項第1項所述的無熱複合透鏡，還包括：

一第四透鏡，軸向對齊該平凹透鏡，並且具有一第四平面像側表面；以及

一第二雙平面基底，位於該平凹透鏡與該第四透鏡之間。

圖式

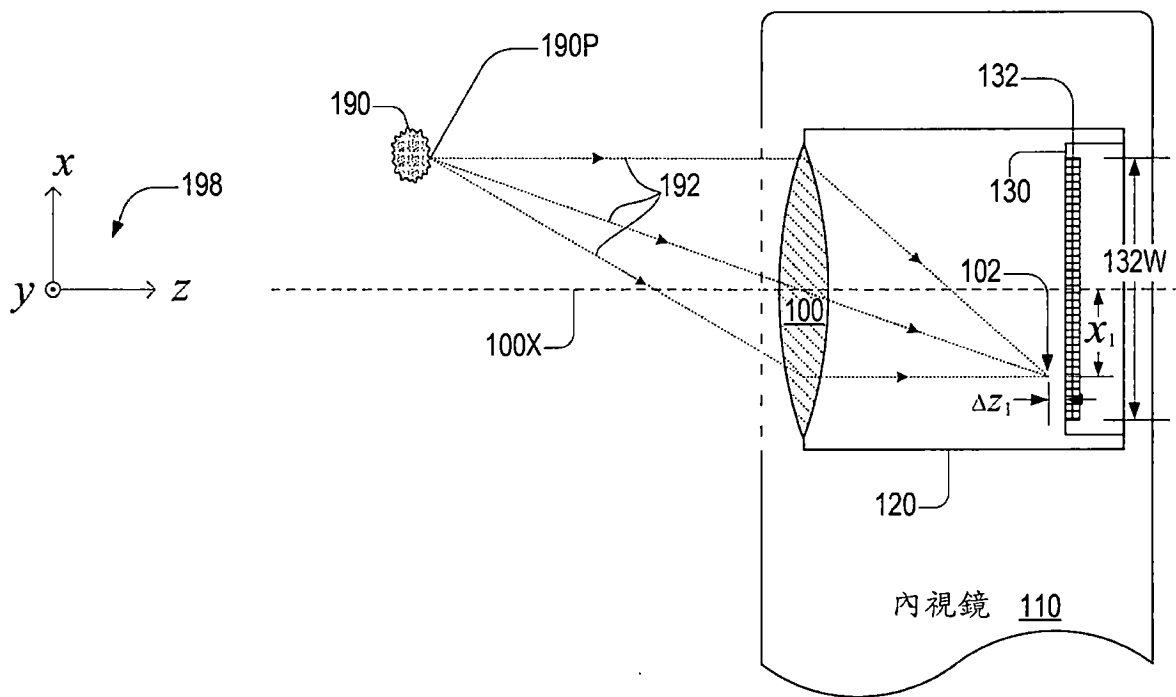


圖1

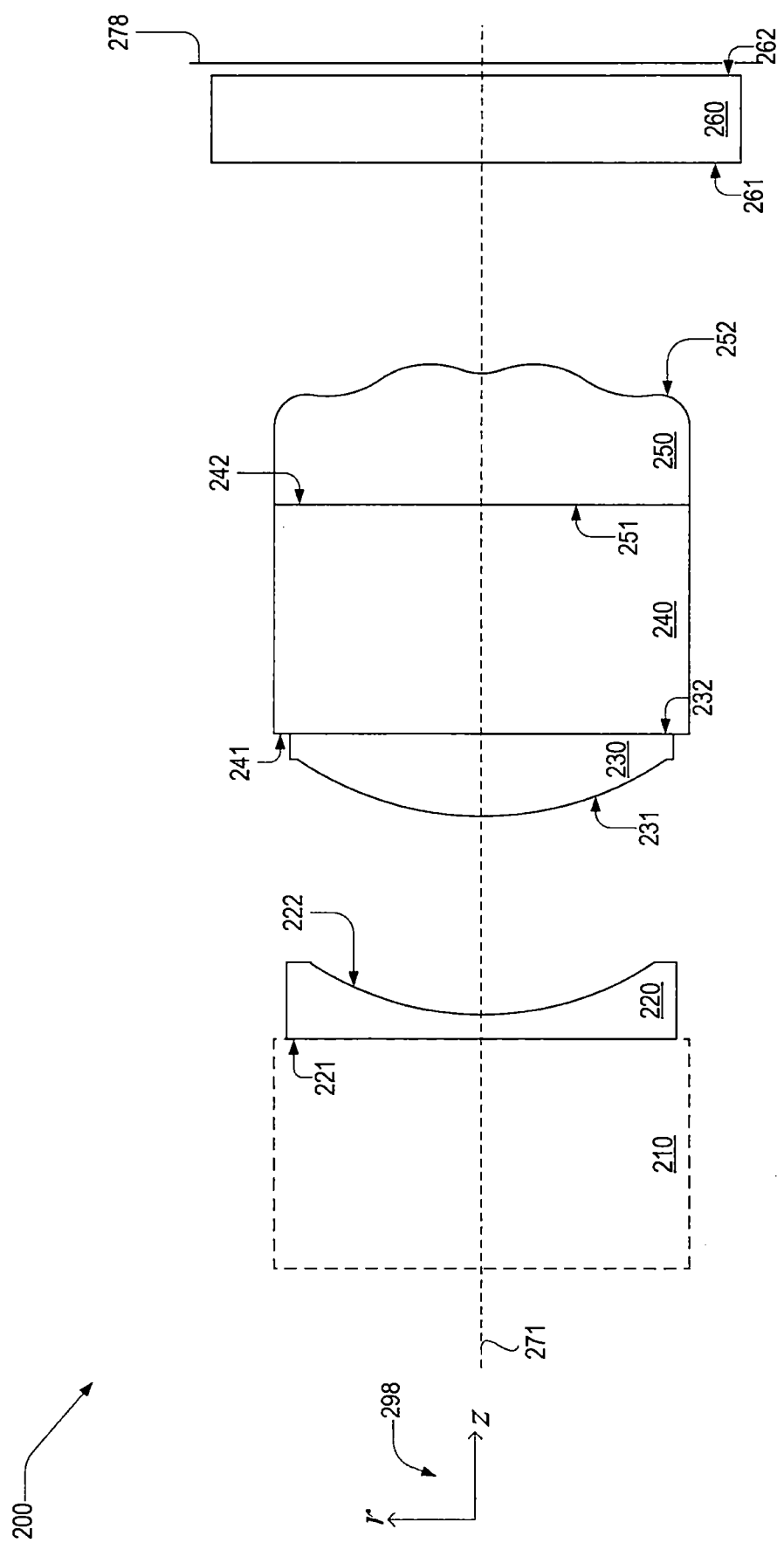


圖2

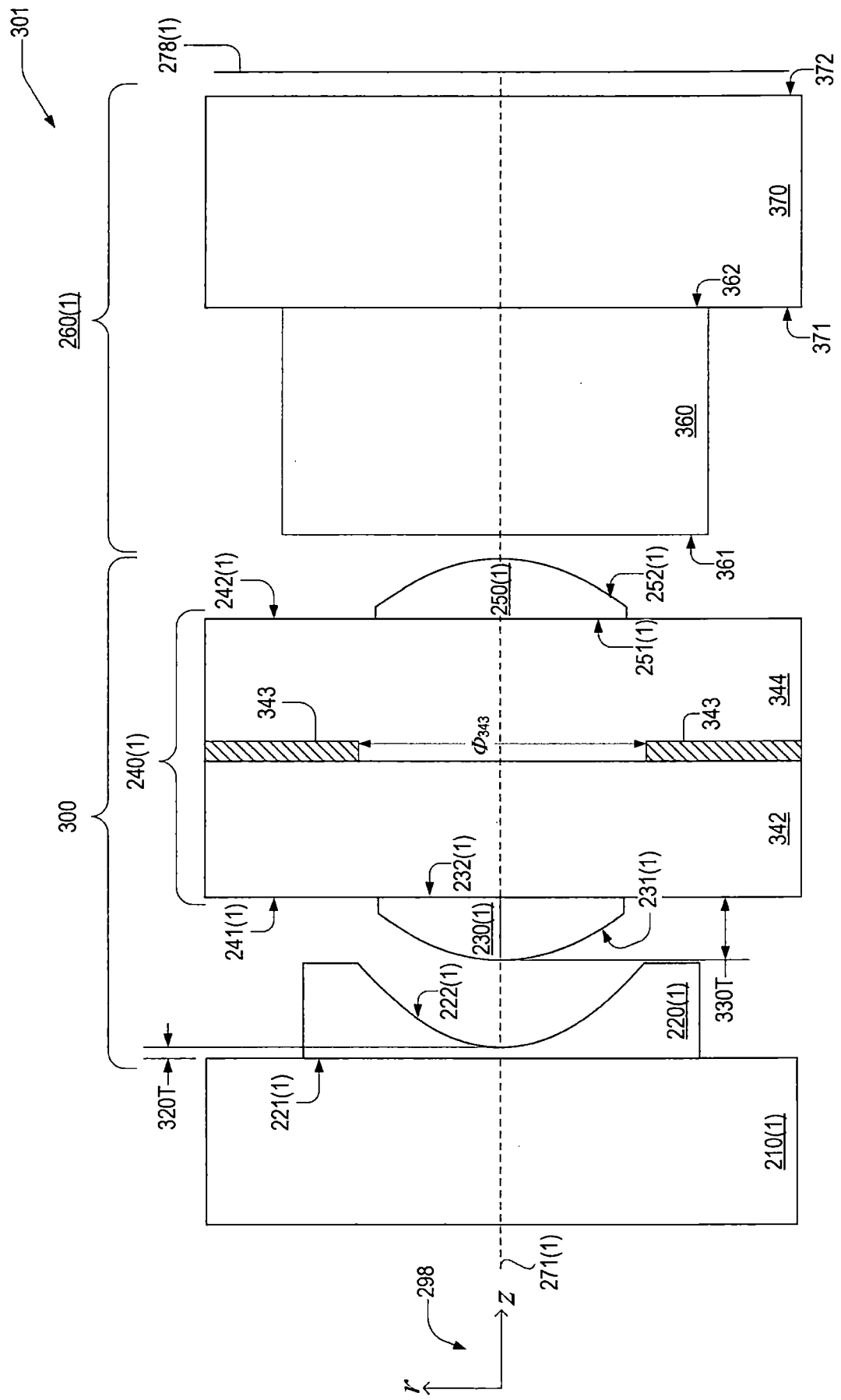


圖3

基底/表面	421	422	423	424	425	426	427	404	406	408	410	412	414
	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
半徑 r_c (mm)	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
厚度 (mm)	0.3000	0.0200	0.1814	0.0928	0	0.2500	0	0.2550	0.1008	0.0500	0.4050	0.4000	0.0450
折射率	1.517	1.511	1.590	1.517	1.517	1.517	1.517	1.517	1.517	1.517	1.517	1.517	1.517
色散 係數	63.00	57.00	31.00	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0	63.0
最小 直徑 (mm)	1.0900	0.7355	0.5325	0.4570	0.4351	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920
圓錐 常數 k			-0.6821	-0.5750	0.4351	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920	0.1920
4階項 α_4			3.00	0.4280	0.4280	0.4280	0.4280	0.4280	0.4280	0.4280	0.4280	0.4280	0.4280
6階項 α_6			-3.220E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02	-1.84E+02
8階項 α_8			7.865E+03	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04	9.611E+04
10階項 α_{10}			-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05	-1.93E+05
12階項 α_{12}			4.344E+05	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06	1.44E+06
14階項 α_{14}			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
非球面係數													
210													
221(1)													
222(1)													
231(1)													
232(1)													
342													
STOP 343													
344													
251(1)													
252(1)													
361													
371													
372													
278(1)													

圖4

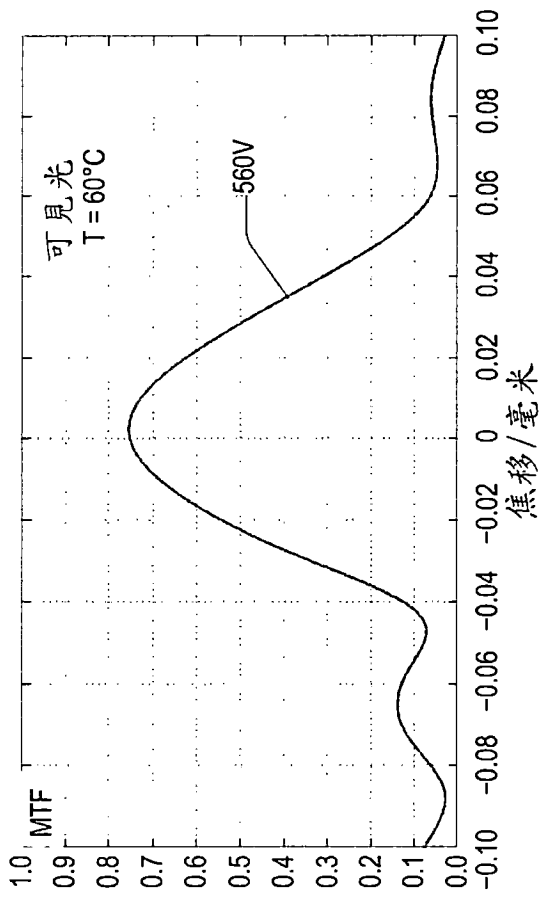


圖5B

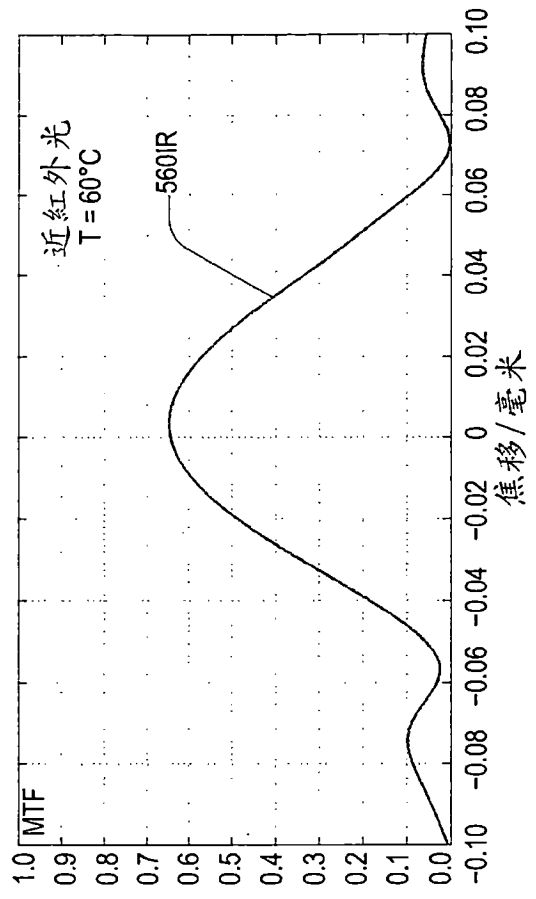


圖5D

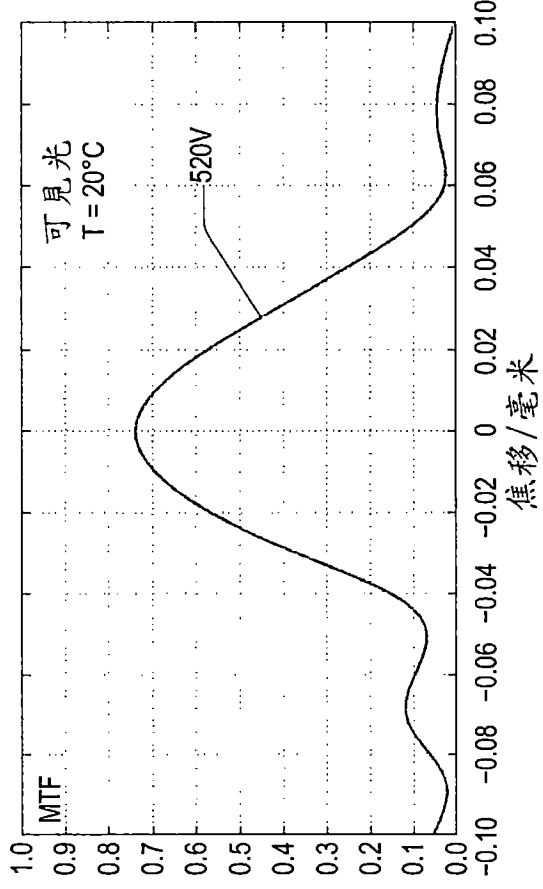


圖5A

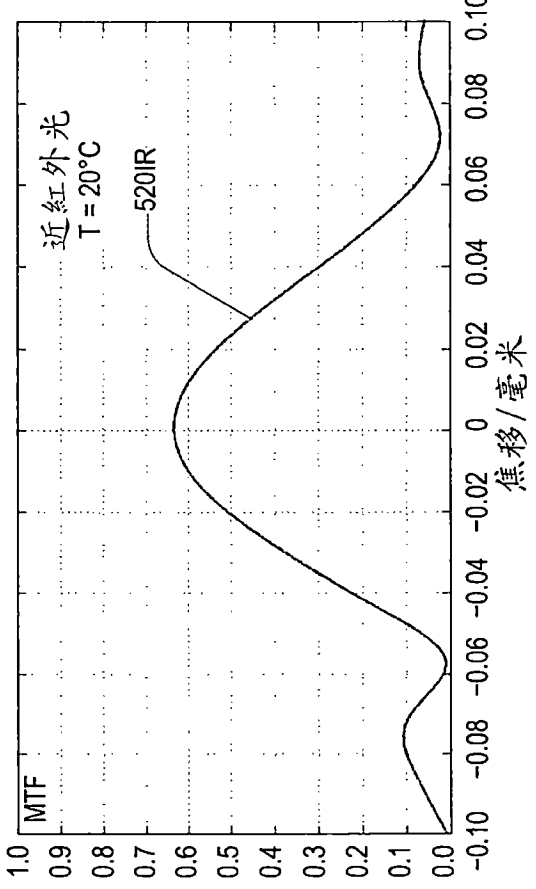


圖5C

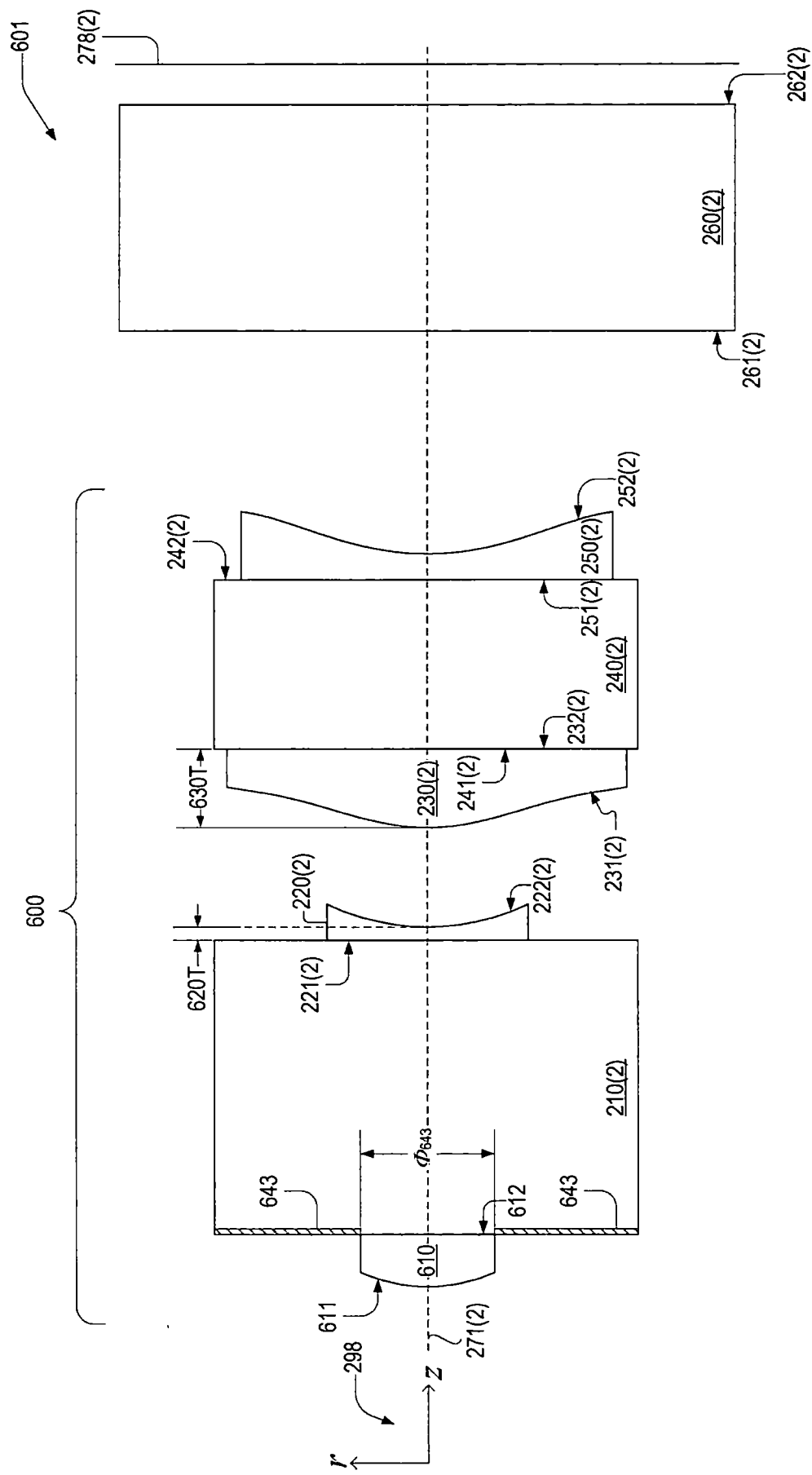


圖6

	721	722	723	724	725	726	727	704	706	708	710	712	714	716
基底/表面	半徑	厚度	折射率	色散	最小直徑	圓錐常數	4階項	6階項	8階項	10階項	12階項	14階項	16階項	
	r_c (mm)	(mm)		係數	(mm)	k	α_4	α_6	α_8	α_{10}	α_{12}	α_{14}	α_{16}	非球面係數
611	0.6790	0.0993	1.520	49.80	0.43									
612	∞	0			0.40									
STOP 643	∞	0.0000			0.32									
210(2)	∞	0.5052	1.517	63.00	0.32									
221(2)	∞	0.0223	1.520	49.80	0.57									
222(2)	0.9777	0.1869			0.60	0	-1.2431	15.9399	-47.5718	131.3482	-460.8227	0	0	
231(2)	1.0134	0.1206	1.520	49.8	0.88	0	-1.5357	0.7690	3.8849	-9.0421	-0.9977	30.3611	-71.5066	
232(2)	∞	0			0.91									
240(2)	∞	0.3000	1.517	63.0	0.91									
251(2)	∞	0.0278	1.520	49.8	1.12									
252(2)	1.9091	0.4580			1.18	0	-0.0827	-1.7969	3.3352	-1.4169	-5.9074	9.2184	-3.6084	
261(2)	∞	0.4000	1.517	63.0	1.90									
262(2)	∞	0.0400			1.90									
278(2)	∞													

圖7

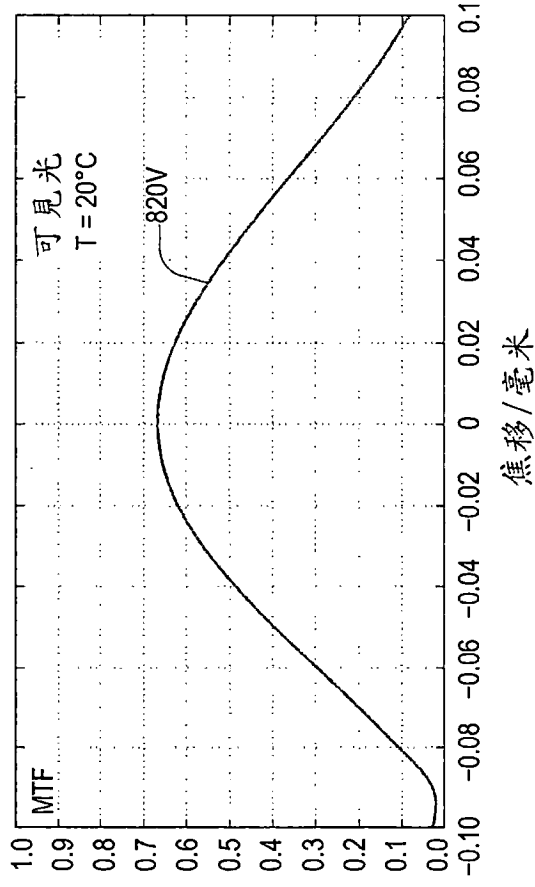


圖8A

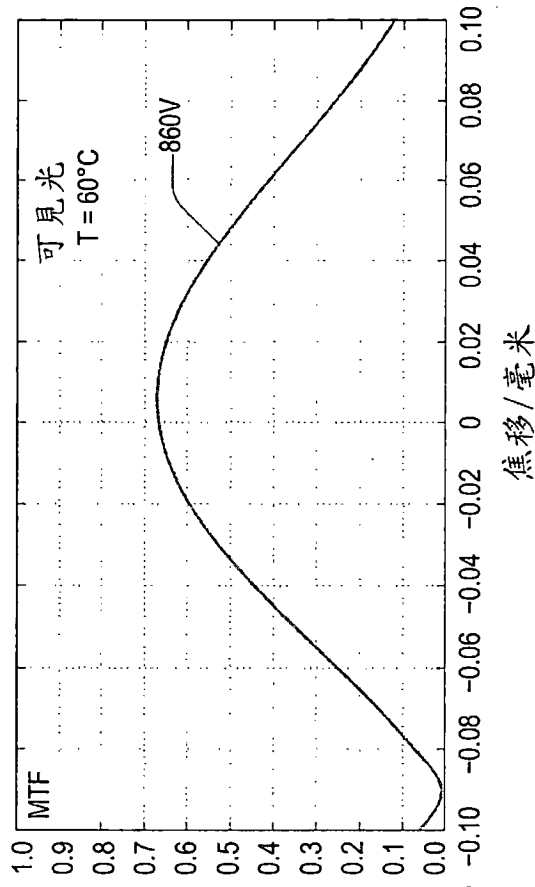


圖8B

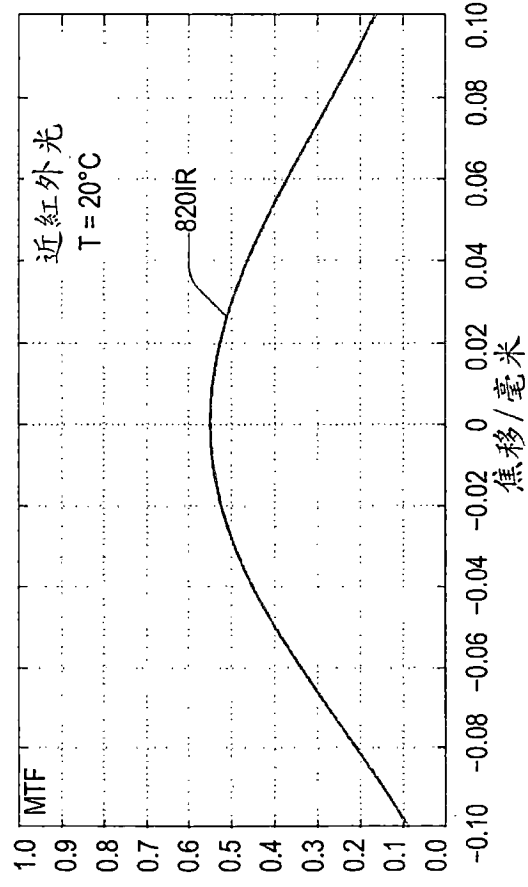


圖8C

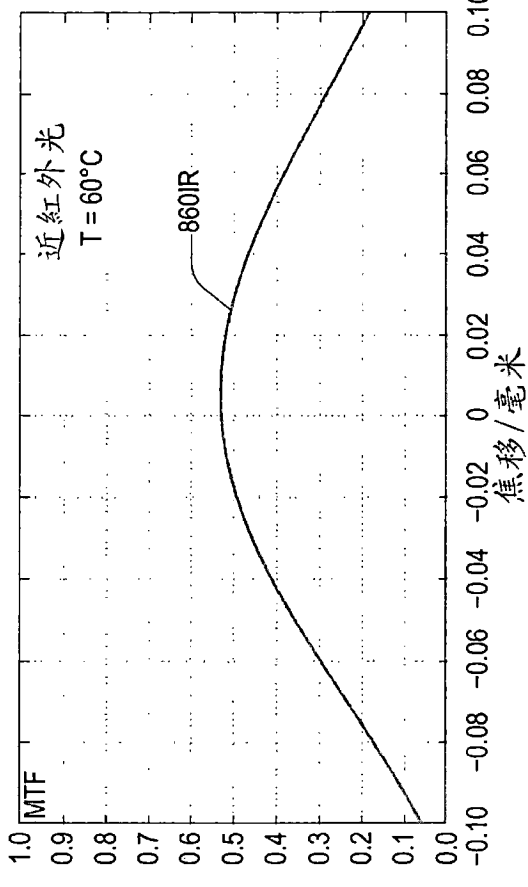


圖8D

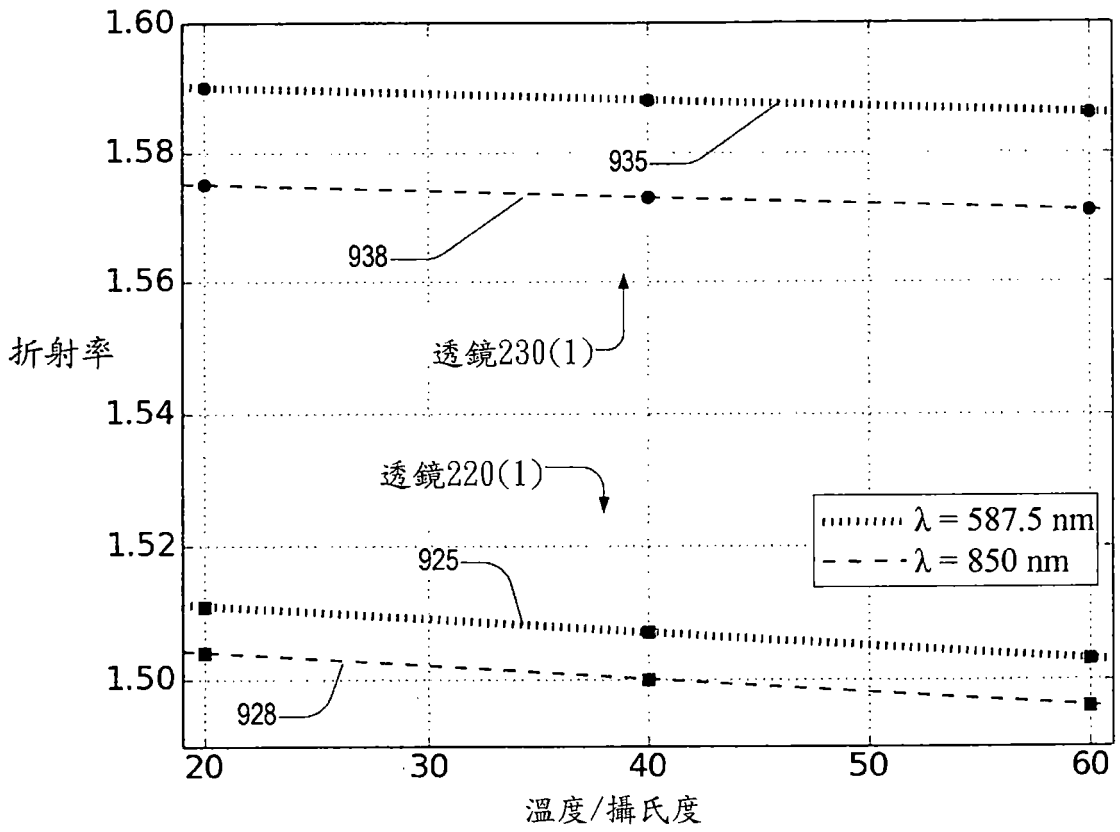


圖9

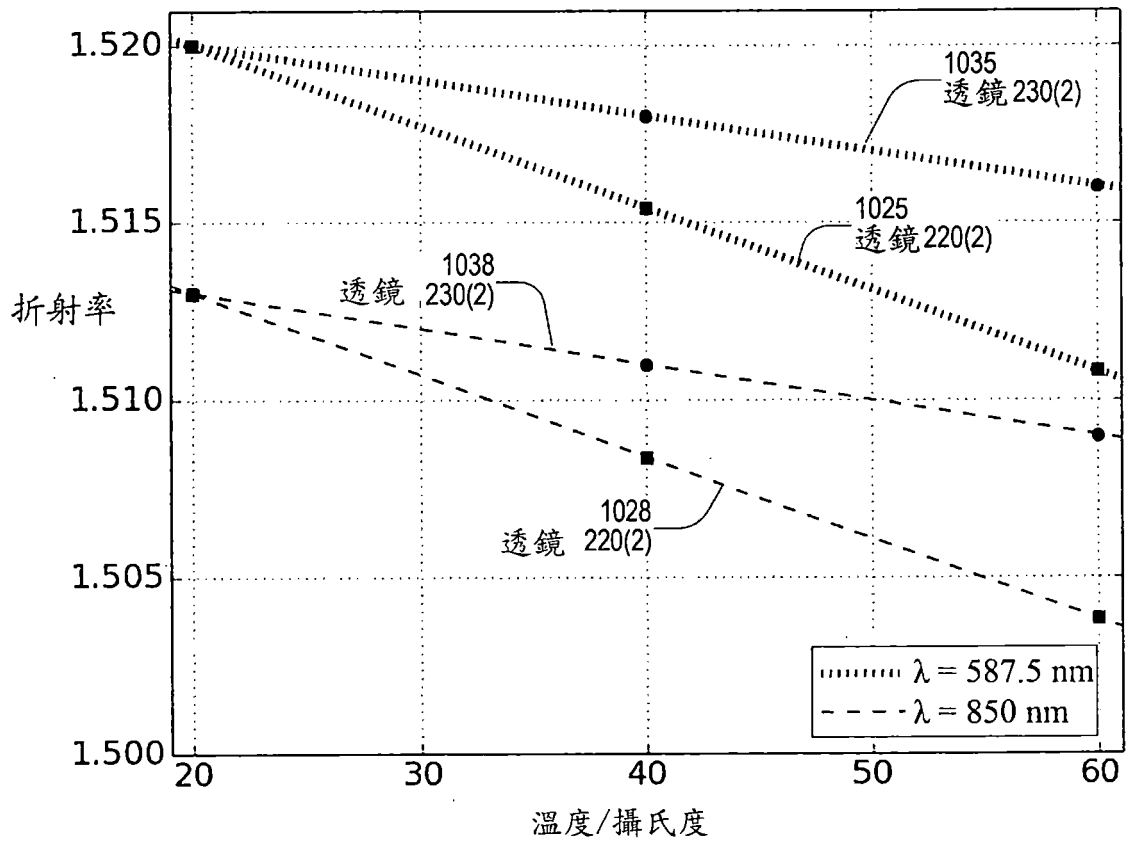


圖10

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 2。

【本代表圖之符號簡單說明】：

200…無熱複合透鏡

210、240…基座

220…平凹透鏡 / 透鏡

221、231、241、251…物側表面

222、232、242、252…像側表面

230…平凸透鏡 / 透鏡

250…像側透鏡 / 透鏡

260…蓋玻片

261…前表面

262…後表面

271…光軸線

278…像平面

298…坐標系