



(21) 申請案號：102137038

(22) 申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 14 日

(51) Int. Cl. : **G02B13/04 (2006.01)****G02B13/18 (2006.01)**

(30) 優先權：2013/09/16 中華民國

102133558

(71) 申請人：今國光學工業股份有限公司 (中華民國) KINKO-OPTICAL. CO., LTD. (TW)

臺中市梧棲區港南路 2 段 562 巷 91 號

(72) 發明人：林逸智 LIN, YI ZHI (TW)；陳思穎 CHEN, SZE YING (TW)；陳義方 CHEN, YI FANG (TW)

(74) 代理人：吳宏亮；劉緒倫

(56) 參考文獻：

TW M356114

TW 201200900A

CN 101859016A

JP 2011-107593A

審查人員：黃同慶

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：12 共 24 頁

(54) 名稱

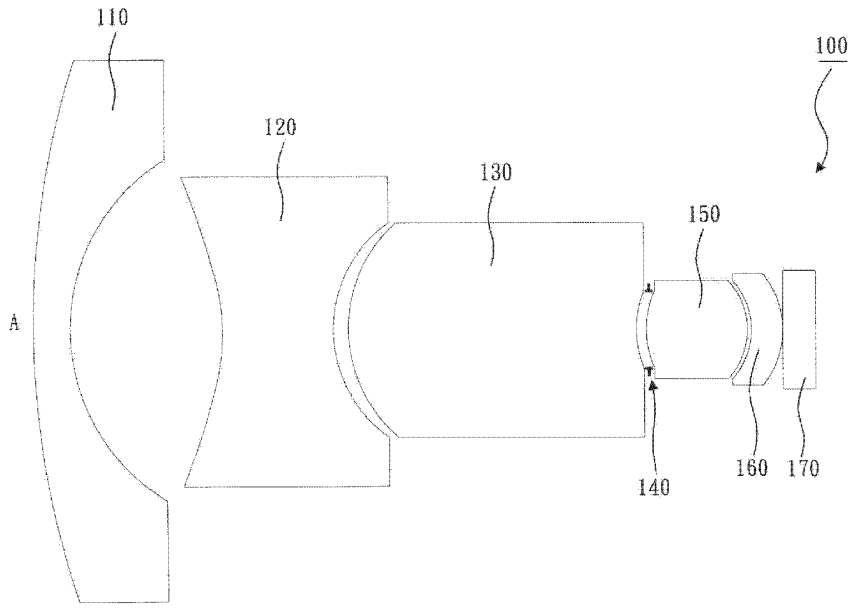
五片式廣角鏡頭

FIVE-PIECE WIDE-ANGLE LENS MODULE

(57) 摘要

一種五片式廣角鏡頭，其由物側至像側依序包括一第一鏡片、一第二鏡片、一第三鏡片、一光圈、一第四鏡片及一第五鏡片；該第一鏡片具有負屈光力，其物側面為凸面且像側面為凹面；該第二鏡片具有負屈光力，其物側面及像側面皆為凹面；該第三鏡片具有正屈光力；該第四鏡片具有正屈光力，其物側面及像側面皆為凸面；該第五鏡片具有負屈光力；該五片式廣角鏡頭係滿足下列關係式： $-0.6 < f_2 / f_3 < -0.3$ ，且 $-0.25 < f_4 / f_5 < -0.15$ ，藉此提供良好的影像品質；其中， f_2 為第二鏡片的焦距， f_3 為第三鏡片的焦距， f_4 為第四鏡片的焦距， f_5 為第五鏡片的焦距。

A five-piece wide-angle lens module includes a first lens, a second lens, a third lens, a stop, a fourth lens and a fifth lens, which are sequentially arranged from an object side to an image side. The first lens has a negative refractive power, a convex surface on the object side, and a concave surface on the image side. The second lens has a negative refractive power and two concave surfaces on both sides. The third lens has a positive refractive power. The fourth lens has a positive refractive power and two convex surfaces on both sides. The fifth lens has a negative refractive power. To provide good image quality, the five-piece wide-angle lens module satisfies the following relationships: $-0.6 < f_2 / f_3 < -0.3$, and $-0.25 < f_4 / f_5 < -0.15$, in which f_2 is the focal length of the second lens, f_3 is the focal length of the third lens, f_4 is the focal length of the fourth lens, and f_5 is the focal length of the fifth lens.



100 . . . 五片式廣角
鏡頭

110 . . . 第一鏡片

120 . . . 第二鏡片

130 . . . 第三鏡片

140 . . . 光圈

150 . . . 第四鏡片

160 . . . 第五鏡片

170 . . . 平板鏡片

A . . . 物側

B . . . 像側

第 1 圖

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)

五片式廣角鏡頭/FIVE-PIECE WIDE-ANGLE LENS MODULE

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種攝像系統，特別係關於一種五片式廣角鏡頭。

【先前技術】

【0002】 以往汽車駕駛人在倒車時，通常會仰賴位於車身兩側及駕駛室前方的後照鏡來觀察後方路況，惟車身正後方的區域仍會成為駕駛人的盲區；為了使駕駛人可觀察盲區的路況，許多車輛安裝倒車攝像系統，以輔助駕駛人觀察車後路況。

【0003】 在許多氣候變化較為顯著的地區，冬季氣溫可能接近攝氏零下 20 度或更低，而夏季時，溫度則可能高達攝氏 60 度或更高；因此，如果倒車攝像系統在高溫或低溫時無法提供良好的成像品質，其輔助觀察的功能將會大打折扣。

【發明內容】

【0004】 有鑑於此，本發明之主要目的之一係提供一種在高溫及低溫時皆能提供良好影像品質之攝像系統。

【0005】 本發明之另一主要目的係提供一種具備廣角之攝像系統。

【0006】 為了達成前述及其他目的，本發明提供一種五片式廣角鏡頭，其由物側至像側依序包括一第一鏡片、一第二鏡片、一第三鏡片、一光圈、一第四鏡片及一第五鏡片；該第一鏡片具有負屈光力，其物側面為凸面且像側面為凹面；該第二鏡片具有負屈光力，其物側面及像側面皆為凹面；該第三鏡片具有正屈光力；該第四鏡片具有正屈光力，其物側面及像側面皆為凸面；該第五鏡片具有負屈光力；此外，第二鏡片、第三鏡片、第四鏡片及第五鏡片皆具有至少一面為非球面，且該五片式廣角鏡頭係滿足下列關係式： $-0.6 < f_2/f_3 < -0.3$ ，且 $-0.25 < f_4/f_5 < -0.15$ ；其中 f_2 為第二鏡片

的焦距， f_3 為第三鏡片的焦距， f_4 為第四鏡片的焦距， f_5 為第五鏡片的焦距。

【0007】 當第二、第三鏡片的焦距比值及第四、第五鏡片的焦距比值滿足前述條件時，此五片式廣角鏡頭具有良好的屈光力配置，故可有效地修正廣角系統的像差問題，並且讓五片式廣角鏡頭在溫度變化較大（例如：攝氏零下 50 度至攝氏 100 度）的使用環境下，依然具備良好的成像品質。

【圖式簡單說明】

【0008】

- 第 1 圖係本發明第一實施例之鏡片組成圖。
- 第 2 圖係本發明第一實施例於攝氏 25 度時之像差圖。
- 第 3 圖係本發明第一實施例於攝氏零下 50 度時之像差圖。
- 第 4 圖係本發明第一實施例於攝氏 100 度時之像差圖。
- 第 5 圖係本發明第一實施例之場曲與畸變圖。
- 第 6 圖係本發明第一實施例之橫向色差圖。
- 第 7 圖係本發明第二實施例之鏡片組成圖。
- 第 8 圖係本發明第二實施例於攝氏 25 度時之像差圖。
- 第 9 圖係本發明第二實施例於攝氏零下 50 度時之像差圖。
- 第 10 圖係本發明第二實施例於攝氏 100 度時之像差圖。
- 第 11 圖係本發明第二實施例之場曲與畸變圖。
- 第 12 圖係本發明第二實施例之橫向色差圖。

【實施方式】

【0009】 請參考第 1 圖。在本發明的第一實施例中，一種五片式廣角鏡頭 100 由物側 A 至像側 B 依序包括一第一鏡片 110、一第二鏡片 120、一第三鏡片 130、一光圈 140、一第四鏡片 150 及一第五鏡片 160，於像側 B 處係設有 CCD、CMOS 或其他感光元件（未繪示），於感光元件與第五鏡片 160 之間則可另外設有濾光片及/或保護玻璃等平板鏡片 170，平板鏡片 170 之數量可依需求增減或不設置。

【0010】 在前述五片式廣角鏡頭 100 中，第一鏡片 110 具有負屈光力，且其物側面為凸面且像側面為凹面，藉以提供廣角特性。

【0011】 此外，第二鏡片 120 同樣具有負屈光力，其可分擔第一鏡片

110 之屈光力，進而避免系統像差過大，且第二鏡片 120 之物側面及像側面皆為凹面，此等設計有助於修正邊緣光線產生之像差。

【0012】 第三鏡片 130 提供正屈光力，因此可平衡第一鏡片 110 及第二鏡片 120 的負屈光力，達到修正像差的目的，且其物側面為凸面而像側面為凹面。

【0013】 該光圈 140 係設計位於第三鏡片 130 及第四鏡片 150 之間，此等配置有助於系統屈光力的平衡，並可有效降低系統敏感度。

【0014】 第四鏡片 150 具有正屈光力，其物側面及像側面皆為凸面。

【0015】 第五鏡片 160 則具有負屈光力，其物側面為凹面且像側面為凸面。

【0016】 本實施例五片式廣角鏡頭 100 之設計參數如下表一所示：

透鏡	面	曲率半徑	厚度	折射率	色散係數	錐面係數
物		∞	∞			0
第一透鏡	物側面 1	25	1	1.834	42.7	0
	像側面 2	5.5	4.225			0
第二透鏡	物側面 3	-4.4	3.1	1.53	56.1	-6.67
	像側面 4	4.92	0.39			0.97
第三透鏡	物側面 5	4.55	8	1.64	23.5	-0.87
	像側面 6	4.15	0.3			-38.17
光圈		∞	-0.168			0
第四透鏡	物側面 8	2.6	2.8	1.53	56.1	-11.16
	像側面 9	-1.47	0.1			-0.57
第五透鏡	物側面 10	-1.65	0.8	1.64	23.5	-0.55
	像側面 11	-2.4	0.05			-8.69
濾光片/ 保護玻璃	物側面 12	∞	0.9	1.52	64.1	0
	像側面 13	∞	3.27			0
像		∞				0

表一

【0017】 其中，第二鏡片 120、第三鏡片 130、第四鏡片 150 及第五鏡片 160 之物側面及像側面皆為非球面，且其面型滿足下列公式：

$$z = \frac{ch^2}{1 + [1 - (k+1)c^2h^2]^{\frac{1}{2}}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16}$$

【0018】 其中 $c=1/r$ ， r 為表面曲率半徑， h 為光線在此表面的高度， k 為錐面係數， A 為第四階係數， B 為第六階係數， C 為第八階係數， D 為第

十階係數，E 為第十二階係數，F 為第十四階係數，G 為第十六階係數。

【0019】 本實施例之第二鏡片 120 至第五鏡片 160 中，各非球面之參數如下表二所示：

	物側面 3	像側面 4	物側面 5	像側面 6	物側面 8	像側面 9	物側面 10	像側面 11
A	0.0010963265	0.022099817	0.012841651	0.040596125	0.041539684	0.0015924177	-0.019767887	-0.0692465
B	-3.0299061e-005	-0.0022800517	-0.0014392631	0.017826591	0.014245223	0.032582198	0.035192349	0.026160088
C	-4.4873152e-006	-3.4888069e-005	5.944269e-005	-0.0091502209	-0.019099719	-0.0087874901	-0.0031484984	-0.0042433034
D	2.5440967e-007	1.8727775e-005	5.22602e-006	0.00071855887	0.0076090621	0.00048587656	-0.0019634767	7.2802262e-006
E	-3.5544596e-009	-1.1285088e-006	-5.1219614e-007	0.002294535	-0.0001419018	-8.2859808e-006	-4.076445e-005	3.6374827e-005
F	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0

表二

【0020】 基於前述設計，本實施例之系統焦距 f 為 1.22 mm，系統長度 TTL 為 24.8 mm，視角達 166 度，第一鏡片 110 焦距為 -8.6 mm，第二鏡片 120 焦距為 -3.9 mm，第三鏡片 130 焦距為 10.67 mm，第四鏡片 150 焦距為 2.3 mm，且第五鏡片 160 焦距為 -14.06 mm。

【0021】 此時，第二鏡片 120 與第三鏡片 130 之焦距比值 (f_2/f_3) 為 -0.37，第四鏡片 150 與第五鏡片 160 之焦距比值 (f_4/f_5) 則為 -0.16，滿足 $-0.6 < f_2/f_3 < -0.3$ ，且 $-0.25 < f_4/f_5 < -0.15$ 之關係式，如此一來，系統具有良好的屈光力配置，可以有效地修正廣角系統的像差問題，且讓五片式廣角鏡頭 100 在溫度變化較大的環境下，依然具有良好的影像品質，其測試結果如第 2 至 5 圖所示。

【0022】 除此之外，第一鏡片 110 及第二鏡片 120 的焦距值也需互相搭配，較佳者係滿足下列關係式： $1.6 < f_1/f_2 < 2.9$ ，其中 f_1 為第一鏡片的焦距；本實施例中， f_1/f_2 為 2.2，滿足前揭關係式，故第二鏡片 120 可以協助分擔第一鏡片 110 的負屈光力，而可避免系統像差過大。

【0023】 由於第一鏡片 110 的像側面為凹面，而第二鏡片 120 的物側

【0023】 面亦為凹面，兩者曲率半徑需互相搭配，較佳者係滿足下列關係式： $8 < (r_2 - r_3) / (r_2 + r_3) < 22$ ，其中 r_2 為第一鏡片 110 像側面的曲率半徑， r_3 為第二鏡片 120 物側面的曲率半徑；本實施例中， $(r_2 - r_3) / (r_2 + r_3)$ 為 9，滿足前揭關係式，因此系統像差可得修正。

【0024】 又，由於第四鏡片 150 的物側面及像側面皆為凸面，兩者的曲率半徑也需互相搭配，較佳者係滿足下列關係式： $2 < (r_8 - r_9) / (r_8 + r_9) < 4.2$ 其中 r_8 為第四鏡片 150 物側面的曲率半徑， r_9 為第四鏡片 150 像側面的曲率半徑；本實施例中， $(r_8 - r_9) / (r_8 + r_9)$ 為 3.6，滿足前揭關係式，因此光線經由光圈 140 入射至第四鏡片 150 的入射角較小，有助於降低系統敏感度。

【0025】 為了修正廣角系統易產生色差的問題，第四鏡片 150 與第五鏡片 160 之色散係數需互相搭配，較佳者係滿足下列關係式： $V_{d4} - V_{d5} > 25$ ，其中 V_{d4} 為第四鏡片的色散係數， V_{d5} 為第五鏡片的色散係數；在本實施例中， $V_{d4} - V_{d5}$ 為 32.6，滿足前揭關係式，故本系統的色差可以得到修正，其測試結果如第 6 圖所示。

【0026】 接著，請參考第 7 圖。本發明的第二實施例繪示一五片式廣角鏡頭 200，其結構配置大抵與第一實施例相似，其設計參數如下表三所示：

透鏡	面	曲率半徑	厚度	折射率	色散係數	錐面係數
物		∞	∞			0
第一透鏡	物側面 1	18	1	1.834	42.7	0
	像側面 2	5.75	4.29			0
第二透鏡	物側面 3	-5.22	3.08	1.53	56.1	-6.245
	像側面 4	4.08	0.33			0.125
第三透鏡	物側面 5	4	8.27	1.64	23.5	-1.041
	像側面 6	5.7	0.235			-23.52
光圈		∞	-0.147			0
第四透鏡	物側面 8	3.52	3.37	1.53	56.1	6.284
	像側面 9	-1.42	0.07			-1.478
第五透鏡	物側面 10	-1.58	0.63	1.64	23.5	-1.07
	像側面 11	-2.3	0.05			-2.774
濾光片/ 保護玻璃	物側面 12	∞	0.9	1.52	64.1	0
	像側面 13	∞	3.42			0
像		∞				0

表三

【0027】 同樣地，第二鏡片 220、第三鏡片 230、第四鏡片 250 及第

五鏡片 260 之物側面及像側面皆為非球面並滿足前揭非球面面型公式，其中各非球面之參數如下表四所示：

	物側面 3	像側面 4	物側面 5	像側面 6	物側面 8	像側面 9	物側面 10	像側面 11
A	0.00094198026	0.014897377	0.0087719657	0.054573334	0.010475574	0.028244503	0.015520676	-0.031109108
B	-5.1966273e-005	-0.0013911648	-0.00042873058	0.0077799809	0.010495202	-0.00083714195	0.012002875	0.0099240437
C	6.6589612e-007	9.8304251e-006	-2.4132455e-006	-0.003256489	-0.020090321	-0.00271942	-0.0032935255	-0.00091942668
D	9.1307441e-009	-2.3053745e-007	-6.9203833e-008	-0.00060016498	-0.0015571378	0.00017213507	-0.00033941001	-6.4505856e-005
E	-2.2637996e-010	-3.8091874e-008	-5.7609957e-008	-0.0012027896	0.0075440299	-0.0016519109	-0.002205681	-0.00016946594
F	0	0	0	0	-0.0045331302	0.00053027025	0.00069011378	4.1576431e-005
G	0	0	0	0	0	0	0	0

表四

【0028】 基於前述設計，本實施例之系統焦距 f 為 1.39 mm，系統長度 TTL 為 25.5mm，視角達 166 度，第一鏡片 210 焦距為 -10.45 mm，第二鏡片 220 焦距為 -3.82 mm，第三鏡片 230 焦距為 7.20 mm，第四鏡片 250 焦距為 2.47 mm，且第五鏡片 260 焦距為 -11.95 mm。

【0029】 此時，第二鏡片 220 與第三鏡片 230 之焦距比值 (f_2/f_3) 為 -0.53，第四鏡片 250 與第五鏡片 260 之焦距比值 (f_4/f_5) 則為 -0.21，滿足 $-0.6 < f_2/f_3 < -0.3$ ，且 $-0.25 < f_4/f_5 < -0.15$ 之關係式，如此一來，系統具有良好的屈光力配置，可以有效地修正廣角系統的像差問題，且讓五片式廣角鏡頭 200 在溫度變化較大的環境下，依然具有良好的影像品質，其測試結果如第 8 至 11 圖所示。

【0030】 除此之外，第一鏡片 210 的焦距值 f_1 及第二鏡片 220 的焦距值 f_2 之比值為 2.74，滿足 $1.6 < f_1/f_2 < 2.9$ 之關係式，此時第二鏡片 220 可以協助分擔第一鏡片 210 的負屈光力，而可避免系統像差過大。

【0031】 本實施例中，第一鏡片 210 像側面的曲率半徑 r_2 與第二鏡片 220 物側面的曲率半徑 r_3 亦相互搭配，其中 $(r_2-r_3)/(r_2+r_3)$ 為 20.7，滿足 $8 < (r_2-r_3)/(r_2+r_3) < 22$ 之關係式，因此系統像差可得修正。

【0032】 本實施例中，第四鏡片 250 物側面的曲率半徑 r_8 與第四鏡片 250 像側面的曲率半徑 r_9 同樣相互搭配，其中 $(r_8-r_9)/(r_8+r_9)$ 為 2.35，滿足 $2 < (r_8-r_9)/(r_8+r_9) < 4.2$ 之關係式，因此光線經由光圈 240 入射至第四鏡片 250 的入射角較小，有助於降低系統敏感度。

【0033】 此外，第四鏡片 250 與第五鏡片 260 之色散係數差值 $V_{d4}-V_{d5}$ 為 32.6，滿足 $V_{d4}-V_{d5} > 25$ 之關係式，故本系統的色差可以得到修正，其測試結果如第 12 圖所示。

【0034】 藉由前揭設計，本發明的五片式廣角鏡頭不但視角可達 166 度，且影像品質得到大幅提升，在高溫（攝氏 100 度）及低溫（攝氏零下 50 度）的環境下，皆仍保持良好的影像品質，因此本發明確可符合實用上的需求。

【0035】 需說明的是，前述實施例中，第二鏡片至第五鏡片的物側面及像側面皆為非球面，惟實際上第二鏡片至第五鏡片只要至少一面設計為非球面即可。又，由於第二鏡片至第五鏡片皆具有至少一面為非球面，因此宜採用塑膠鏡片以降低生產成本並提高良率；第一鏡片則宜使用具有較佳的耐刮、耐磨性能的玻璃鏡片；惟需說明的是，各鏡片之材質選用並不以此為限。此外，本發明之五片式廣角鏡頭除可應用於車用鏡頭之外，還可應用於監視鏡頭等其他場合。

【0036】 最後，必須再次說明的是，本發明於前揭實施例中所揭露的構成元件僅為舉例說明，並非用來限制本案之範圍，其他等效元件的替代或變化，亦應為本案之申請專利範圍所涵蓋。

【符號說明】

五片式廣角鏡頭 100

第一鏡片 110

第二鏡片 120

第三鏡片 130

光圈 140

第四鏡片 150

第五鏡片 160

平板鏡片 170

五片式廣角鏡頭 200

第一鏡片 210

第二鏡片 220

第三鏡片 230

光圈 240

第四鏡片 250

第五鏡片 260

物側 A

像側 B

發明摘要

※ 申請案號：102137038

G02B 13/04 (2006.01)

※ 申請日：102.10.14

※IPC 分類：

G02B 13/18 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

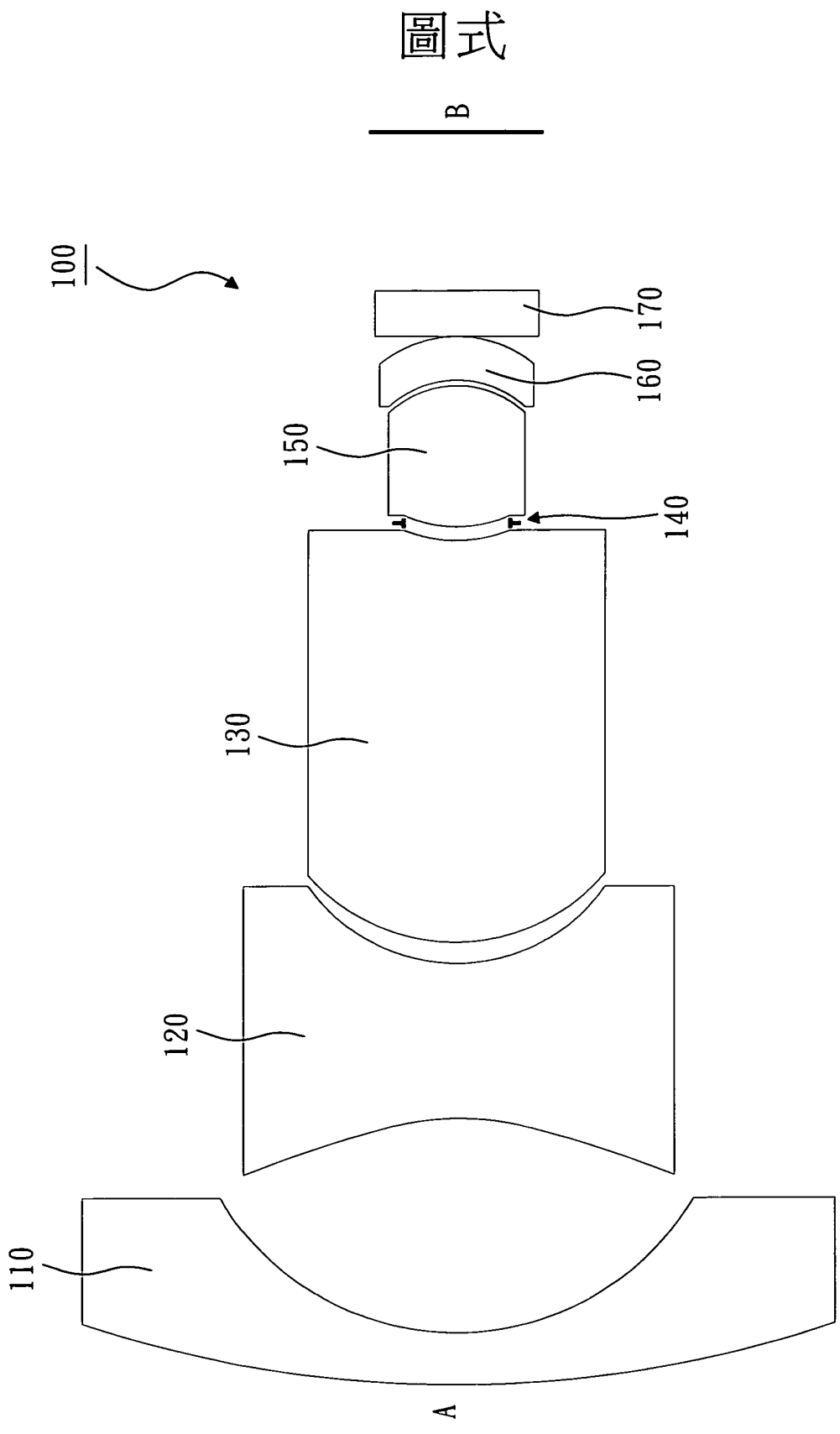
五片式廣角鏡頭/FIVE-PIECE WIDE-ANGLE LENS MODULE

【中文】

一種五片式廣角鏡頭，其由物側至像側依序包括一第一鏡片、一第二鏡片、一第三鏡片、一光圈、一第四鏡片及一第五鏡片；該第一鏡片具有負屈光力，其物側面為凸面且像側面為凹面；該第二鏡片具有負屈光力，其物側面及像側面皆為凹面；該第三鏡片具有正屈光力；該第四鏡片具有正屈光力，其物側面及像側面皆為凸面；該第五鏡片具有負屈光力；該五片式廣角鏡頭係滿足下列關係式： $-0.6 < f_2/f_3 < -0.3$ ，且 $-0.25 < f_4/f_5 < -0.15$ ，藉此提供良好的影像品質；其中， f_2 為第二鏡片的焦距， f_3 為第三鏡片的焦距， f_4 為第四鏡片的焦距， f_5 為第五鏡片的焦距。

【英文】

A five-piece wide-angle lens module includes a first lens, a second lens, a third lens, a stop, a fourth lens and a fifth lens, which are sequentially arranged from an object side to an image side. The first lens has a negative refractive power, a convex surface on the object side, and a concave surface on the image side. The second lens has a negative refractive power and two concave surfaces on both sides. The third lens has a positive refractive power. The fourth lens has a positive refractive power and two convex surfaces on both sides. The fifth lens has a negative refractive power. To provide good image quality, the five-piece wide-angle lens module satisfies the following relationships: $-0.6 < f_2/f_3 < -0.3$, and $-0.25 < f_4/f_5 < -0.15$, in which f_2 is the focal length of the second lens, f_3 is the focal length of the third lens, f_4 is the focal length of the fourth lens, and f_5 is the focal length of the fifth lens.



圖式

第 1 圖

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

五片式廣角鏡頭 100

第一鏡片 110

第二鏡片 120

第三鏡片 130

光圈 140

第四鏡片 150

第五鏡片 160

平板鏡片 170

物側 A

像側 B

申請專利範圍

1. 一種五片式廣角鏡頭，由物側至像側依序包括：

一第一鏡片，具有負屈光力，其物側面為凸面且像側面為凹面；

一第二鏡片，具有負屈光力，其物側面及像側面皆為凹面；

一第三鏡片，具有正屈光力；

一光圈；

一第四鏡片，具有正屈光力，其物側面及像側面皆為凸面；以及

一第五鏡片，具有負屈光力；

其中，第二鏡片、第三鏡片、第四鏡片及第五鏡片皆具有至少一面為非球面；

其中，該五片式廣角鏡頭滿足下列關係式：

$$8 < (r_2 - r_3) / (r_2 + r_3) < 22;$$

其中 r_2 為第一鏡片像側面的曲率半徑， r_3 為第二鏡片物側面的曲率半徑。

2. 如請求項 1 所述之五片式廣角鏡頭，更滿足下列關係式：

$$V_{d4} - V_{d5} > 25;$$

其中 V_{d4} 為第四鏡片的色散係數， V_{d5} 為第五鏡片的色散係數。

3. 如請求項 1 所述之五片式廣角鏡頭，更滿足下列關係式：

$$1.6 < f_1 / f_2 < 2.9;$$

其中 f_2 為第二鏡片的焦距， f_1 為第一鏡片的焦距。

4. 如請求項 1 所述之五片式廣角鏡頭，更滿足下列關係式：

$$-0.6 < f_2 / f_3 < -0.3, \text{ 且 } -0.25 < f_4 / f_5 < -0.15;$$

其中 f_2 為第二鏡片的焦距， f_3 為第三鏡片的焦距， f_4 為第四鏡片的焦距， f_5 為第五鏡片的焦距。

5. 如請求項 1 所述之五片式廣角鏡頭，更滿足下列關係式：

$$2 < (r_8 - r_9) / (r_8 + r_9) < 4.2;$$

其中 r_8 為第四鏡片物側面的曲率半徑， r_9 為第四鏡片像側面的曲率半徑。

6. 如請求項 1 所述之五片式廣角鏡頭，其中該第一鏡片為玻璃鏡片，而第二鏡片、第三鏡片、第四鏡片及第五鏡片皆為塑膠鏡片。

7. 如請求項 1 所述之五片式廣角鏡頭，其中該非球面之面型係滿足下列公式：

$$z = \frac{ch^2}{1 + [1 - (k+1)c^2h^2]^{\frac{1}{2}}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16}$$

其中 $c=1/r$ ， r 為表面曲率半徑， h 為光線在此表面的高度， k 為錐面係數， A 為第四階係數， B 為第六階係數， C 為第八階係數， D 為第十階係數， E 為第十二階係數， F 為第十四階係數， G 為第十六階係數。