

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 863.423

N° 1.315.029

Classification internationale :

G 02 b

Objectif de longueur focale variable.

M. PIERRE ANGENIEUX résidant en France (Seine).

Demandé le 31 mai 1961, à 11^h 18^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 10 décembre 1962.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 3 de 1963.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)



La présente invention se rapporte à un objectif de longueur focale variable du type comportant à l'avant un composant convergent fixe, puis derrière celui-ci un deuxième composant divergent axialement mobile suivi d'un troisième composant convergent axialement mobile, ces trois composants étant alignés sur un axe optique commun.

Un composant correcteur aligné sur le même axe optique se trouve à l'arrière et le diaphragme est de préférence disposé entre le troisième composant et ce composant correcteur. On sait que dans un tel dispositif les composants mobiles se déplacent simultanément suivant la loi assurant à l'image finale une position fixe par rapport aux éléments fixes du système, la dimension de cette image variant suivant la position relative des composants mobiles.

Si l'on appelle g_2 le grandissement de l'image donné par le deuxième composant et g_3 le grandissement de l'image donné par le troisième composant, la longueur focale du dispositif partiel constitué par les trois composants (en faisant abstraction du composant correcteur) est : $F = f_1 \times g_2 \times g_3$, f_1 étant la longueur focale du premier composant convergent fixe.

Si le composant correcteur produit un grandissement g_4 la longueur focale du dispositif est :

$$\Phi = g_4 \times F$$

$$\text{ou } \Phi = (g_4 \times f_1) \times (g_2 \times g_3).$$

Cette dernière expression comporte deux variables g_2 et g_3 . Dans ces conditions la gamme des distances focales du dispositif est fonction de l'importance des variations de g_2 et de g_3 , c'est-à-dire de l'amplitude des déplacements des composants mobiles.

Avec un tel dispositif on a déjà produit des objectifs de bonne qualité mais lorsqu'on veut étendre la gamme des distances focales on est généralement limité par les possibilités de correction des diverses aberrations qui affectent un tel système.

En fait, on a constaté que pour obtenir ces corrections il était plus aisé d'utiliser le deuxième composant divergent mobile comme principal élément variateur des longueurs focales, son déplacement ayant une grande amplitude et g_2 variant ainsi entre des limites assez larges, alors que le composant convergent mobile devait surtout être utilisé comme élément compensateur destiné à maintenir l'image finale dans une position fixe, son déplacement étant de faible amplitude et g_3 variant ainsi entre d'étroites limites. Dans ces conditions il est évident que les valeurs extrêmes de Φ dépendent principalement des valeurs extrêmes de g_2 et qu'on se trouve limité pour l'extension de la gamme des longueurs focales par la faible amplitude du déplacement du composant convergent mobile, g_3 n'ayant qu'une influence minime.

La présente invention a pour objet un dispositif permettant d'obtenir une bonne correction des diverses aberrations tout en utilisant un composant convergent mobile dont les positions extrêmes sont relativement éloignées l'une de l'autre, ce qui influe d'une façon efficace sur l'étendue de la gamme des longueurs focales de l'ensemble du dispositif.

A la suite de calculs effectués par le demandeur, il est apparu qu'il était possible d'obtenir de bons résultats avec un tel système en utilisant un composant convergent mobile formé de plusieurs lentilles, deux de ces lentilles étant disposées suivant un agencement consistant en une lentille divergente dont la face arrière est concave et disposée tout près et à l'avant d'une lentille convergente dont la face avant est convexe et dont le rayon de courbure est au moins égal à celui de la face arrière de ladite lentille divergente, et de préférence inférieur au double de celui-ci, le rayon de courbure, de la face arrière de ladite lentille divergente étant plus grand que la moitié de la longueur focale dudit troisième composant et de préférence plus petit que le double de

cette longueur focale. En fait l'effet combiné des deux dioptries que constituent la face arrière de la lentille divergente et la face avant de la lentille convergente doit être divergent. Dans ces conditions, il est possible de coller ces deux lentilles à condition que l'indice de réfraction de la lentille divergente soit supérieur à celui de la lentille convergente, le rapport de ces deux indices étant actuellement limité du fait des verres disponibles à un maximum d'environ 1,25.

Une forme simplifiée de ce composant convergent mobile consiste pour le former à utiliser trois lentilles, les deux lentilles qui constituent l'agencement précédemment décrit se trouvant à l'avant dudit composant qui ainsi, est formé d'une première lentille frontale divergente dont la face arrière est concave, d'une deuxième lentille biconvexe disposée tout près de ladite première lentille, ces deux lentilles étant suivies d'une troisième lentille convergente.

Une variante de cette forme de réalisation du composant convergent mobile consiste à coller les deux premières lentilles, lesquelles constituent ainsi un doublet dans lequel la surface de collage a sa convexité tournée vers l'avant. Dans ce cas la lentille divergente frontale doit avoir comme il a été dit plus haut un indice de réfraction supérieur à celui de la lentille biconvexe à laquelle elle est accolée.

Outre le fait que le dispositif doit comporter un composant convergent mobile tel qu'il vient d'être décrit, ledit dispositif doit répondre aux caractéristiques suivantes :

Lorsque l'ensemble du dispositif a la plus petite longueur focale possible (position grand angle) le composant divergent mobile se trouve à l'extrémité de sa course vers l'avant, c'est-à-dire dans sa position la plus proche du premier composant convergent fixe et produit un grandissement g_2 dont la valeur doit être comprise entre 0,25 et 0,50, alors que simultanément le composant convergent mobile se trouve à l'extrémité de sa course vers l'arrière, c'est-à-dire dans sa position la plus proche de l'élément correcteur et produit un grandissement g_3 dont la valeur doit être également comprise entre 0,25 et 0,50.

En outre, quoique cette condition ne soit pas absolument indispensable, on a intérêt à choisir la longueur focale du composant convergent mobile de telle façon qu'elle soit supérieure à celle du composant divergent mobile et de préférence inférieure à 160 % de celle-ci.

Dans une forme préférée de l'invention le composant frontal convergent fixe et le composant divergent mobile qui sont chacun composés de plusieurs lentilles comportent l'un et l'autre deux lentilles disposées suivant un agencement de même nature que celui décrit plus haut pour le composant

convergent mobile, à savoir : une lentille divergente dont la face arrière est concave et disposée tout près et à l'avant d'une lentille convergente dont la face avant est convexe. Il faut toutefois préciser que si dans le composant frontal convergent fixe, comme c'est le cas dans le composant convergent mobile, l'effet combiné produit par les deux dioptries constitués par la face arrière de ladite lentille divergente et la face avant de la dite lentille convergente doit être divergent, il n'en est pas de même en ce qui concerne le composant divergent mobile où cet effet doit être convergent. Il s'ensuit que, lorsque dans ce composant divergent les deux lentilles ci-dessus définies sont collées, l'indice de réfraction de la lentille négative doit être inférieur à celui de la lentille positive.

L'élément correcteur qui se trouve à l'arrière a un double rôle. En premier lieu, il sert d'amplificateur ou de réducteur, car il permet suivant le grandissement qu'il produit de modifier la zone dans laquelle varient les longueurs focales de l'ensemble du dispositif. En outre il permet de corriger les aberrations qui subsistent dans l'image fournie par le dispositif partiel constitué par les trois premiers composants. Il peut être constitué de diverses façons, toutefois dans une forme préférée cet élément correcteur comporte à l'avant une lentille biconcave dont la face arrière est collée à la lentille qui la suit, la surface de collage ayant un effet convergent et ladite surface de collage ayant de préférence un rayon de courbure compris entre 50 % et 150 % de la longueur focale de ladite lentille biconcave.

Pour la correction des aberrations chromatiques, et plus spécialement pour la correction de celles ayant trait au chromatisme de grandeur, on choisit pour la lentille biconcave un nombre d'Abbe supérieur à celui de la lentille qui lui est accolée. Pratiquement le nombre d'Abbe de la lentille biconcave sera compris entre 40 et 70.

Dans les dessins ci-annexés les figures 1, 2 et 3 montrent trois exemples pratiques d'objectifs suivant l'invention.

Dans chacun de ces dessins C1, C2, C3, désignent respectivement le composant convergent fixe, le composant divergent mobile et le composant convergent mobile. C4 désigne le composant correcteur. 1, 2, 3, ... etc., désignent les différentes lentilles; t_1, t_2, t_3, \dots , etc., désignent les épaisseurs des lentilles, s_1, s_2, s_3, \dots , etc., désignent les espaces d'air séparant deux lentilles consécutives, tandis que R_1, R_2, R_3, \dots , etc., désignent les rayons de courbure des surfaces des lentilles.

Les caractéristiques numériques sont données par les tableaux ci-dessous : le tableau I correspond à la figure 1, le tableau II à la figure 2 et le tableau III à la figure 3.

(Voir exemples I, II et III pages 3, 4 et 5)

EXEMPLE I

Lentilles	N	V	Rayons	Épaisseurs
			mm	mm
1.....	1,6979	30,2	R ₁ = + 1 876	t ₁ = 1,35
			R ₂ = + 65,37	s ₁ = 0,54
2.....	1,6201	60,2	R ₃ = + 71,92	t ₂ = 7,36
			R ₄ = - 251,80	s ₂ = 0,09
3.....	1,6201	60,2	R ₅ = + 54,00	t ₃ = 4,98
			R ₆ = + 335,35	s ₃ de 0,781 à 43,60
4.....	1,6903	54,0	R ₇ = + 194,29	t ₄ = 0,68
			R ₈ = + 20,95	s ₄ = 6,16
5.....	1,5743	57,4	R ₉ = - 39,63	t ₅ = 0,51
6.....	1,6979	30,2	R ₁₀ = + 20,44	t ₆ = 5,28
			R ₁₁ = + 310,15	s ₅ de 52,375 à 0,492
7.....	1,6979	30,2	R ₁₂ = + 160	t ₇ = 0,44
			R ₁₃ = + 23,07	s ₆ = 0,11
8.....	1,6574	57,2	R ₁₄ = + 23,57	t ₈ = 6,16
			R ₁₅ = - 33,30	s ₇ = 0,05
9.....	1,6903	54,0	R ₁₆ = + 26,70	t ₉ = 2,20
			R ₁₇ = + 77,367	s ₈ de 4,716 à 13,781
10.....	1,5162	64,0	R ₁₈ = - 20,28	t ₁₀ = 0,53
11.....	1,6253	46,9	R ₁₉ = + 10,57	t ₁₁ = 3,52
			R ₂₀ = + 71,04	s ₉ = 5,35
12.....	1,6979	30,2	R ₂₁ = + 87,98	t ₁₂ = 0,88
			R ₂₂ = + 16,75	s ₁₀ = 0,53
13.....	1,6903	54,0	R ₂₃ = + 28,65	t ₁₃ = 3,52
14.....	1,7304	28,4	R ₂₄ = - 11,73	t ₁₄ = 0,88
			R ₂₅ = + 18,95	

La distance focale varie de 12,76 à 74,86.

Dans ces tableaux comme dans les dessins les lentilles sont désignées de l'avant à l'arrière dans la première colonne; les indices de réfraction N pour la raie D du spectre et les indices dispersifs

conventionnels (nombre d'Abbe) V sont donnés dans les deuxième et troisième colonnes; les rayons de courbure R des surfaces des lentilles, les épaisseurs t des lentilles et les espaces d'air s sont donnés

EXEMPLE II

Lentilles	N	V	Rayons	Épaisseurs
			mm	mm
1.....	1,6973	30,2	R ₁ = + 1 658,44	t ₁ = 1,42
			R ₂ = + 64,60	s ₁ = 0,48
2.....	1,6201	60,2	R ₃ = + 69,55	t ₂ = 7,73
			R ₄ = - 292,60	s ₂ = 0,09
3.....	1,6201	60,2	R ₅ = + 59,55	t ₃ = 5,23
			R ₆ = + 555,99	s ₃ de 0,9155 à 47,476
4.....	1,6903	54,0	R ₇ = + 194,29	t ₄ = 0,68
			R ₈ = + 20,95	s ₄ = 6,16
5.....	1,5894	61,5	R ₉ = - 39,63	t ₅ = 0,51
6.....	1,6973	30,2	R ₁₀ = + 19,90	t ₆ = 6,10
			R ₁₁ = + 464,80	s ₅ de 66,680 à 0,116
7.....	1,6973	30,2	R ₁₂ = + 105,67	t ₇ = 0,55
8.....	1,6566	57,2	R ₁₃ = + 21,72	t ₈ = 7,85
			R ₁₄ = - 44	s ₆ = 0,06
9.....	1,6213	60,2	R ₁₅ = + 41,72	t ₉ = 3,20
			R ₁₆ = + 422,706	s ₇ de 3,986 à 23,990
10.....	1,5154	54,5	R ₁₇ = - 23,94	t ₁₀ = 0,62
11.....	1,6273	36,3	R ₁₈ = + 12,58	t ₁₁ = 4,16
			R ₁₉ = + 104,56	s ₈ = 7,40
12.....	1,6973	30,2	R ₂₀ = + 54,76	t ₁₂ = 1,04
			R ₂₁ = + 19,81	s ₉ = 0,62
13.....	1,6903	54,0	R ₂₂ = + 46,96	t ₁₃ = 4,16
14.....	1,7304	28,4	R ₂₃ = - 12,32	t ₁₄ = 1,04
			R ₂₄ = - 22,98	

La distance focale varie de 12,92 à 105,89.

dans les quatrième et cinquième colonnes.

Dans chacun de ces tableaux l'espace s_3 séparant les deux premiers composants correspond à une mise au point de l'objectif pour un objet situé à

l'infini mais le composant C1 peut se déplacer axialement vers l'avant pour obtenir la mise au point sur des objets rapprochés.

Dans l'exemple se rapportant à la figure 1 la

EXEMPLE III

Lentilles	N	V	Rayons	Épaisseurs
			mm	mm
1.....	1,6973	30,2	R ₁ = + 1 703,565	t ₁ = 1,53
			R ₂ = + 69,49	s ₁ = 0,53
2.....	1,6201	60,2	R ₃ = + 74,97	t ₂ = 8,33
			R ₄ = - 315,38	s ₂ = 0,10
3.....	1,6201	60,2	R ₅ = + 64,19	t ₃ = 5,64
			R ₆ = + 599,28	s ₃ de 0,916 à 54,030
4.....	1,6903	54,0	R ₇ = + 194,29	t ₄ = 0,68
			R ₈ = + 20,95	s ₄ = 6,16
5.....	1,5894	61,5	R ₉ = - 39,63	t ₅ = 0,51
6.....	1,6973	30,2	R ₁₀ = + 19,90	t ₆ = 6,10
			R ₁₁ = + 464,80	s ₅ de 73,303 à 0,219
7.....	1,6973	30,2	R ₁₂ = + 101,80	t ₇ = 3
			R ₁₃ = - 200	s ₆ = 0,50
8.....	1,6973	30,2	R ₁₄ = - 300	t ₈ = 1
9.....	1,6566	57,2	R ₁₅ = + 21,72	t ₉ = 7,85
			R ₁₆ = - 47,31	s ₇ = 0,06
10.....	1,6213	60,2	R ₁₇ = + 39,20	t ₁₀ = 3,20
			R ₁₈ = + 287,263	s ₈ de 2,078 à 22,048
11.....	1,5154	54,5	R ₁₉ = - 23,94	t ₁₁ = 0,62
12.....	1,6273	36,3	R ₂₀ = + 12,58	t ₁₂ = 4,16
			R ₂₁ = + 104,56	s ₉ = 7,40
13.....	1,6973	30,2	R ₂₂ = + 54,76	t ₁₃ = 1,04
			R ₂₃ = + 19,81	s ₁₀ = 0,62
14.....	1,6903	54,0	R ₂₄ = + 46,96	t ₁₄ = 4,16
15.....	1,7304	28,4	R ₂₅ = - 12,32	t ₁₅ = 1,04
			R ₂₆ = - 22,98	

La distance focale varie de 11,46 à 105,98.

longueur focale du composant C1 est égale à 25,60 mm. L'objectif est réglé à sa plus petite longueur focale $\Phi = 12,76$ mm lorsque $s_3 = 0,781$; 93,58 mm, celle du composant C2 est égale à 23,71 mm et celle du composant C3 est égale à $s_5 = 52,375$; $s_3 = 4,716$, et quand les composants

mobiles sont ainsi disposés le grandissement de l'image donnée par le composant C2 est $g_2 = 0,3674$ et le grandissement de l'image donnée par le composant C3 est $g_3 = 0,3638$.

Lorsque le composant C2 se déplace de l'avant vers l'arrière, le composant C3 se déplace de l'arrière vers l'avant jusque dans une position telle que $s_8 = 13,980$ et simultanément $s_3 = 41,607$. Puis, tandis que le composant C2 poursuit sa route dans la même direction, le composant C3 rebrousse chemin et atteint une position telle que $s_8 = 13,781$ tandis que $s_3 = 43,60$. La longueur focale de l'objectif est alors de 74,86 mm.

Dans l'exemple se rapportant à la figure 2 la longueur focale du composant C1 est égale à 98,30 mm, celle du composant C2 est égale à 23,57 mm et celle du composant C3 est égale à 30,81 mm. L'objectif est réglé à sa plus petite longueur focale $\Phi = 12,92$ mm lorsque $s_3 = 0,915$; $s_5 = 66,680$; $s_7 = 3,986$ et quand les composants mobiles sont ainsi disposés le grandissement de l'image donnée par le composant C2 est $g_2 = 0,3405$ et le grandissement de l'image donnée par le composant C3 est $g_3 = 0,3859$. Lorsque le composant C2 se déplace de l'avant vers l'arrière, le composant C3 se déplace continuellement de l'arrière vers l'avant jusque dans sa position extrême pour laquelle $s_7 = 23,99$ tandis que $s_3 = 47,476$. La longueur focale de l'objectif est alors de 105,89 mm.

Dans l'exemple se rapportant à la figure 3 la longueur focale du composant C1 est égale à 105,95 mm, celle du composant C2 est égale à 23,57 mm et celle du composant C3 est égale à 30,81 mm. L'objectif est réglé à sa plus petite longueur focale $\Phi = 11,46$ mm lorsque $s_3 = 0,916$; $s_5 = 73,303$; $s_8 = 2,078$, et quand les composants mobiles sont ainsi disposés le grandissement de l'image donnée par le composant C2 est $g_2 = 0,3074$ et le grandissement de l'image donnée par le composant C3 est $g_3 = 0,3518$.

Lorsque le composant C2 se déplace de l'avant vers l'arrière, le composant C3 se déplace continuellement de l'arrière vers l'avant jusque dans sa position extrême pour laquelle $s_8 = 22,048$ tandis que $s_3 = 54,030$. La longueur focale de l'objectif est alors de 105,98 mm.

RÉSUMÉ

1° Un objectif à focale variable comprenant un premier composant frontal convergent fixe, un deuxième composant divergent axialement mobile, un troisième composant convergent axialement mobile, tous alignés sur un axe optique commun à l'avant d'un composant correcteur aligné sur le même axe optique, le deuxième composant produisant un grandissement compris entre 0,25 et 0,50

lorsqu'il se trouve à l'extrémité de sa course vers l'avant alors que simultanément le troisième composant, qui se trouve alors à l'extrémité de sa course vers l'arrière, produit un grandissement également compris entre 0,25 et 0,50, ce troisième composant étant formé de plusieurs lentilles, deux de ses lentilles étant disposées suivant un agencement consistant en une lentille divergente dont la face arrière est concave et placée tout près et à l'avant d'une lentille convergente dont la face avant est convexe et dont le rayon de courbure est au moins égal à celui de la face arrière de ladite lentille divergente, ce dernier étant plus grand que la moitié de la longueur focale dudit troisième composant.

2° Un objectif à focale variable selon le paragraphe 1°, caractérisé en ce que le rapport entre la longueur focale du troisième composant et du deuxième composant est compris entre 1 et 1,6.

3° Un objectif à focale variable selon le paragraphe 1° ou 2°, caractérisé en ce que les premier et deuxième composants sont chacun constitués par plusieurs lentilles dont deux sont disposées suivant un agencement similaire à celui de deux des lentilles du troisième composant, cet agencement comprenant une lentille divergente dont la face arrière est concave et placée tout près et à l'avant d'une lentille convergente dont la face avant est convexe et dont le rayon de courbure est au moins égal à celui de la face arrière de ladite lentille divergente.

4° Un objectif à focale variable selon l'un des paragraphes 1° à 3° caractérisé en ce que le troisième composant est constitué par une première lentille frontale divergente dont la face arrière est concave, d'une deuxième lentille biconvexe disposée tout près de ladite première lentille derrière celle-ci, et d'une troisième lentille convergente.

5° Un objectif à focale variable selon l'un des paragraphes 1° à 3° caractérisé en ce que le troisième composant est constitué par un doublet avant convergent et une lentille arrière convergente, ledit doublet étant formé d'une lentille frontale divergente dont la face arrière est concave et d'une lentille biconvexe collée à la lentille frontale divergente, ladite lentille frontale divergente ayant un indice de réfraction supérieur à celui de la lentille biconvexe.

6° Un objectif à focale variable selon l'un des paragraphes précédents, caractérisé en ce que l'élément correcteur comporte à l'avant une lentille biconcave dont la face arrière est collée à la lentille qui la suit, la surface de collage ayant un effet convergent.

7° Un objectif à focale variable selon le paragraphe 6°, caractérisé en ce que le rayon de courbure de ladite surface de collage est compris entre 50 % et 150 % de la longueur focale de ladite lentille biconcave.

8° Un objectif à focale variable selon le paragraphe 6°, caractérisé en ce que le nombre d'Abbe du verre dont est formée ladite lentille biconcave est supérieur au nombre d'Abbe du verre dont est formée la lentille qui lui est accolée, le nombre d'Abbe de la lentille biconcave étant lui-même supérieur à 40.

PIERRE ANGENIEUX

Par procuration :

Cabinet TONY-DURAND

Fig. 1

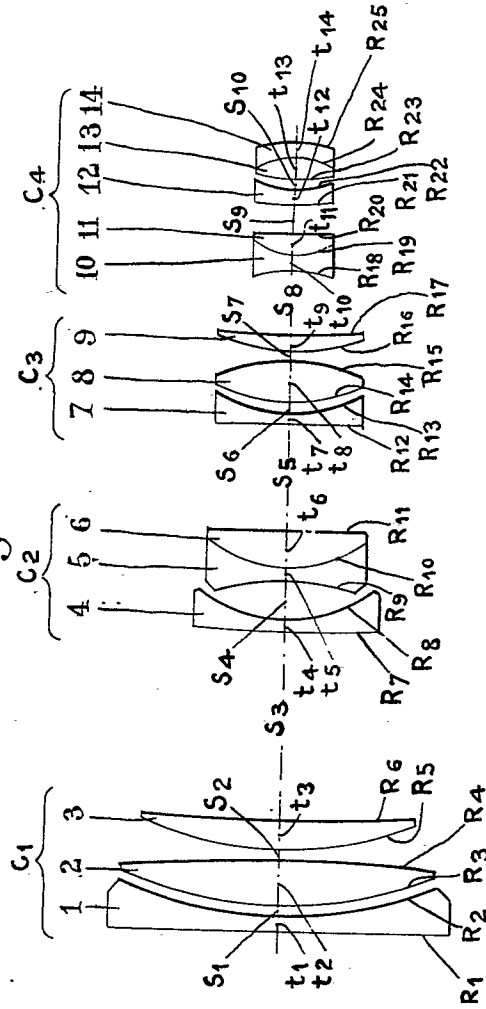


Fig. 2

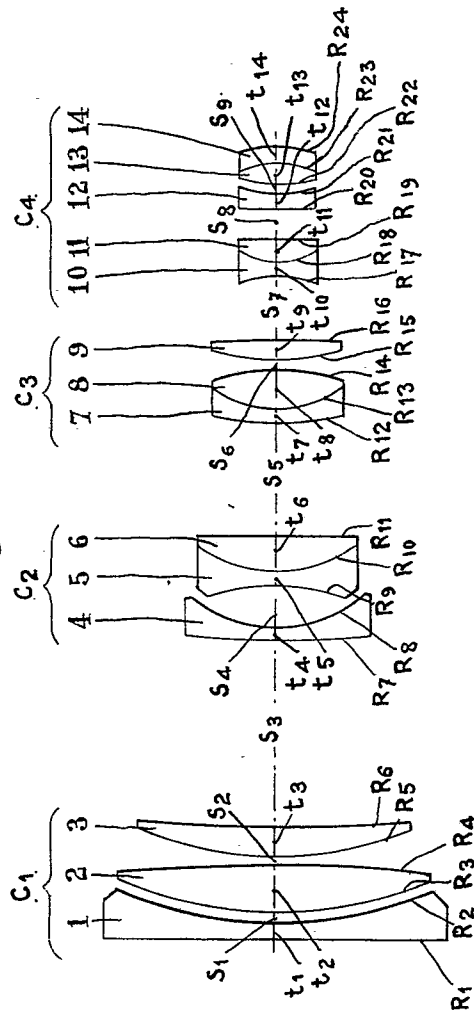


Fig.3

