(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
23 mai 2002 (23.05.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/41035 A2

(51) Classification internationale des brevets[7] : G02B

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/03545

(22) Date de dépôt international :
13 novembre 2001 (13.11.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/14625 14 novembre 2000 (14.11.2000) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **THALES** [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR).

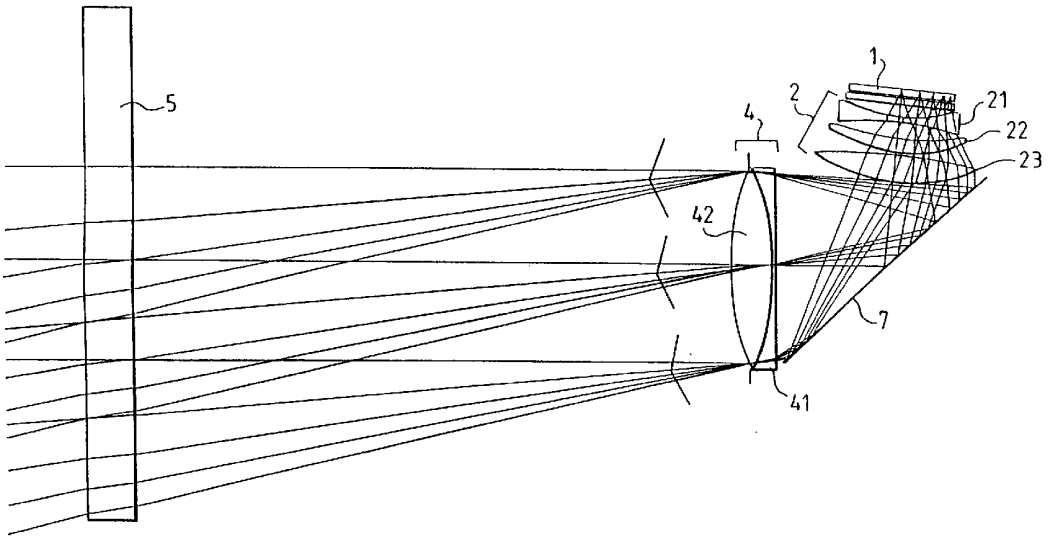
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **CHEVREAU, Yannick** [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). **BIGNOLLES, Laurent** [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 13, avenue du Président Salvator Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR). **DARRIEUX, Jean-Marc** [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HEAD-UP DISPLAY FOR AIRCRAFT WITH CURVED WINDSHIELD

(54) Titre : VISEUR TETE HAUTE POUR AERONEF A PARE-BRISE COURBE



(57) Abstract: The invention concerns the field of head-up displays for aircraft with curved windshield. It consists in a head-up display for aircraft with curved windshield. (5), the windshield. being external to the sight, capable of projecting at infinity a symbology designed to be superimposed on the external landscape, comprising a combination of optical elements (2, 21, 22, 23, 3, 4, 41, 42, 7) bent at a folding mirror, the folding mirror (7) having a curved shape adapted to correct the parallax associated with the optical power of the windshield. (5). The invention can in particular be applied to aircraft with a cylindrical or conical windshield.

(57) Abrégé : L'invention concerne le domaine des viseurs tête haute pour aéronef ayant un pare-brise courbe. C'est un viseur tête haute, pour aéronef à pare brise (5) courbe, le pare-brise étant extérieur au viseur, pouvant projeter à l'infini une symbologie destinée à être superposée au paysage extérieur, comportant une combinaison d'éléments optiques (2, 21, 22, 23, 3, 4, 41, 42, 7) coudée au niveau d'un miroir (3, 7) de repliement, le miroir

[Suite sur la page suivante]

WO 02/41035 A2

(74) Mandataires : VIGAND, Régis etc.; Thales Intellectual Property, 13, avenue du Prés. Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(81) États désignés *(national)* **:** IL, US.

(84) États désignés *(régional)* **:** brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour les désignations suivantes IL, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(7) de repliement présentant une forme courbe adaptée pour corriger la parallaxe associée à la puissance optique du pare-brise (5). L'invention peut notamment être appliquée aux aéronefs ayant un pare-brise cylindrique ou conique.

VISEUR TETE HAUTE POUR AERONEF A PARE-BRISE COURBE

L'invention concerne le domaine des viseurs tête haute pour aéronef à pare-brise courbe, c'est-à-dire pour aéronef ayant un pare-brise dont la forme est courbe. Le viseur tête haute est un dispositif optomécanique qui permet de superposer au paysage extérieur vu par le pilote de l'aéronef, une symbologie qui est projetée à l'infini, c'est-à-dire suffisamment loin pour que le pilote n'aie pas à accommoder substantiellement pour voir ladite symbologie. La symbologie comporte par exemple des images synthétiques et des réticules.

Il n'y a pas de difficulté particulière, dans le cas où le pare-brise de l'aéronef est plan, pour que le viseur tête haute superpose, au paysage extérieur, la symbologie projetée à l'infini. Par contre, dans le cas où le pare-brise de l'aéronef est courbe, alors que la symbologie est projetée à l'infini, la cible apparaît au pilote de l'aéronef comme plus proche que la symbologie, ce qui oblige le pilote à accommoder pour passer de la symbologie projetée par le viseur au paysage, et vice-versa. Ce phénomène est appelé parallaxe. En effet, comme la forme du pare-brise est courbe, le pare-brise n'est pas neutre optiquement, c'est un élément optique ayant une certaine puissance optique, généralement divergente car le pare-brise est courbe et d'épaisseur constante. C'est à cause de la puissance optique du pare-brise que la cible apparaît au pilote plus proche que la symbologie projetée à l'infini par le viseur tête haute. Ainsi, lorsque le pilote regarde la cible, il voit la symbologie légèrement dédoublée, par exemple sur quelques milliradians, tandis que lorsque le pilote regarde la symbologie, il voit la cible légèrement dédoublée, par exemple sur quelques milliradians. Ce dédoublement est gênant pour la vision du pilote, par exemple lorsqu'il doit aligner un réticule sur une cible lors d'une phase de tir dans le cas d'un aéronef militaire.

Selon un art antérieur, dont un exemple est représenté sur la figure 1, la parallaxe associée au pare-brise courbe, c'est-à-dire plus précisément à la forme courbe du pare-brise, est corrigée à l'aide d'une lame additionnelle. Cette lame additionnelle est une lame plano-cylindrique, placée à l'extérieur de la combinaison optique du viseur tête haute, en aval du dernier élément optique de ladite combinaison optique, et mécaniquement intégrée dans le viseur tête haute, c'est-à-dire incluse dans

le boîtier extérieur du viseur tête haute. Cette lame additionnelle de compensation de la parallaxe associée au pare-brise courbe présente plusieurs inconvénients. L'adjonction de cette lame additionnelle comportant une monture généralement opaque constitue, pour la vision du pilote, un masque supplémentaire, généralement de plusieurs degrés, ce qui entraîne une réduction du champ visuel du pilote, ce qui est gênant pour le pilote, et ce qui risque de supprimer des informations de la symbologie projetée, ce qui est également gênant pour le pilote. De plus, l'intérieur du viseur tête haute est généralement en surpression par rapport à l'extérieur du viseur tête haute, notamment pour empêcher l'humidité ambiante de pénétrer à l'intérieur du viseur tête haute ; il faut donc d'une part concilier la surpression interne du viseur tête haute et la rigidité mécanique de la lame additionnelle de compensation afin d'écarter la possibilité d'explosion de la lame additionnelle de compensation et d'autre part pouvoir rincer à l'aide d'un fluide le volume supplémentaire dû à la présence de la lame additionnelle de compensation. Ce problème de surpression nécessite des adaptations du viseur tête haute qui sont quelquefois difficiles à mettre en œuvre.

La figure 1 représente schématiquement la combinaison optique d'un viseur tête haute selon l'art antérieur pour aéronef à pare-brise courbe avec l'influence du pare-brise courbe lequel est extérieur au viseur. La direction de propagation des faisceaux lumineux est indiqué par des flèches. D'autres éléments optiques sont situés entre le pare-brise courbe et le viseur tête haute, mais ne sont pas représentés sur la figure 1, car ils n'ont pas de puissance optique, ce sont par exemple des glaces partiellement réfléchissantes dont la fonction est de superposer au paysage extérieur vu par le pilote, la symbologie projetée à l'infini par le viseur tête haute. Entre la sortie de la combinaison optique laquelle comporte des éléments optiques 1, 2, 21, 22, 23, 3, 4, 41, 42 qui seront décrits ultérieurement en liaison avec la figure 2, et le pare-brise 5 courbe, est située une lame 6 additionnelle de compensation de la parallaxe associée au pare-brise 5 courbe. Le miroir 3 de repliement est un simple miroir plan permettant de couder la combinaison optique du viseur tête haute afin de diminuer son encombrement global.

L'invention propose une solution qui d'une part n'augmente pas le masque visuel du pilote et qui d'autre part ne nécessite pas ou peu d'adaptations particulières, notamment du boîtier extérieur du viseur tête

haute et du circuit de rinçage de l'intérieur du viseur tête haute. Pour cela, le viseur tête haute selon l'invention ne nécessite pas de lame additionnelle de compensation, car la parallaxe associée au pare-brise courbe est corrigée par une forme particulière du miroir de repliement que comporte chaque combinaison optique de viseur tête haute. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'ajouter un élément optique supplémentaire, la modification de la forme d'un élément optique existant déjà dans la combinaison optique d'un viseur tête haute, à savoir le miroir de repliement, suffit pour corriger la parallaxe associée au pare-brise courbe, voire même supprimer cette parallaxe.

Selon l'invention, il est prévu un viseur tête haute, pour aéronef à pare-brise courbe, le pare-brise étant extérieur au viseur, pouvant projeter à l'infini une symbologie destinée à être superposée au paysage extérieur, comportant une combinaison d'éléments optiques coudée au niveau d'un miroir de repliement, caractérisé en ce que le miroir de repliement présente une forme courbe adaptée pour corriger la parallaxe associée à la puissance optique du pare-brise.

L'invention sera mieux comprise et d'autres particularités et avantages apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins joints, donnés à titre d'exemples, où :

- la figure 1 représente schématiquement la combinaison optique d'un viseur tête haute selon l'art antérieur pour aéronef à pare-brise courbe avec l'influence du pare-brise courbe qui est extérieur au viseur ;

- la figure 2 représente schématiquement la combinaison optique d'un exemple préférentiel de viseur tête haute selon l'invention pour aéronef à pare-brise courbe avec l'influence du pare-brise courbe qui est extérieur au viseur (l'échelle des figures 1 et 2 est d'environ 1/3).

Le viseur tête haute selon l'invention est un viseur pour aéronef à pare-brise courbe. Ce viseur tête haute peut projeter à l'infini une symbologie destinée à être superposée au paysage extérieur que voit le pilote. Ce viseur tête haute comporte une combinaison d'éléments optiques encore appelée combinaison optique. Cette combinaison d'éléments optiques comporte un miroir de repliement au niveau duquel la combinaison optique est coudée. Le miroir de repliement présente une forme courbe laquelle est adaptée pour

corriger la parallaxe associée au pare-brise courbe. La parallaxe associée au pare-brise courbe est donc corrigée par le miroir de repliement, ou plus précisément par la forme courbe adaptée du miroir de repliement.

Le viseur tête haute selon l'invention présente plusieurs avantages. D'abord, la parallaxe associée au pare-brise courbe est corrigée voire même supprimée puisqu'elle est compensée, complètement ou au moins substantiellement, par la forme courbe adaptée du miroir de repliement, et ceci sans dégradation substantielle des performances optiques du viseur tête haute. Puis, par rapport à une combinaison optique classique de viseur tête haute, il n'est pas nécessaire d'ajouter d'élément supplémentaire comme la lame additionnelle de compensation de l'art antérieur laquelle augmente le masque visuel lequel est gênant pour le pilote. Ensuite, un seul composant, le miroir de repliement, a besoin d'être modifié pour intégrer la compensation, complète ou au moins substantielle, de la parallaxe associée au pare-brise courbe, les autres éléments optiques de la combinaison optique classique d'un viseur tête haute pouvant rester inchangés, ce qui d'une part permet l'utilisation d'une architecture unique de combinaison optique qui peut être adaptée à plusieurs formes différentes de pare-brise courbe et d'autre part rend l'invention particulièrement intéressante lors de la remise à niveau (« retrofit » en terminologie anglo-saxonne) d'un aéronef. La méthode de remise à niveau d'un aéronef comprenant un viseur tête haute et ayant un pare-brise courbe, consiste uniquement, afin d'obtenir une compensation au moins substantielle de la parallaxe associée au pare-brise courbe, à substituer, dans le viseur tête haute selon l'art antérieur, au miroir de repliement existant dont la forme est plane, un miroir de repliement de forme courbe adaptée pour corriger la parallaxe associée au pare-brise courbe. Le peu de modifications nécessaires au niveau du viseur et l'absence de modifications nécessaires à l'extérieur du viseur dans le reste de l'habitacle de l'aéronef, rendent la solution de l'invention particulièrement intéressante dans le cas d'une remise à niveau, encore appelée « modernisation », d'un aéronef dont la forme du pare-brise est courbe. Bien sûr, dans ce cas, la lame additionnelle de compensation étant inutile, si elle existe déjà, elle doit être retirée du viseur tête haute de l'aéronef qui est remis à niveau.

Le viseur tête haute selon l'invention comporte de préférence un tube cathodique créant la symbologie et une combinaison optique permettant de projeter à l'infini cette symbologie, de manière à être vue à l'infini par le pilote. Le viseur tête haute comporte de préférence successivement, du tube cathodique vers la sortie optique du viseur tête haute, un groupe arrière, le miroir de repliement, un groupe avant. Généralement, le groupe avant assure les performances de puissance et corrige une partie du chromatisme, tandis que le groupe arrière assure les performances de qualité d'image dans le champ et corrige la plupart des aberrations.

La figure 2 représente schématiquement la combinaison optique d'un exemple préférentiel de viseur tête haute selon l'invention pour aéronef à pare-brise courbe avec l'influence du pare-brise courbe qui est extérieur au viseur. La direction de propagation des faisceaux lumineux est indiqué par des flèches. D'autres éléments optiques sont situés entre le pare-brise courbe et le viseur tête haute, mais ne sont pas représentés sur la figure 1, car ils n'intéressent pas l'invention, ce sont par exemple des glaces partiellement réfléchissantes dont la fonction est de superposer au paysage extérieur vu par le pilote, la symbologie projetée à l'infini par le viseur tête haute. Le viseur tête haute comporte un tube cathodique 1 émettant la symbologie qui va être projetée à l'infini par la combinaison optique du viseur tête haute, laquelle combinaison comporte plusieurs éléments optiques ou groupes d'éléments optiques : un groupe 2 arrière qui comporte trois lentilles 21, 22 et 23, un groupe 4 avant qui est un doublet constitué de deux lentilles 41 et 42 accolées l'une à l'autre et un miroir 7 de repliement au niveau duquel la combinaison optique est coudée. Le miroir 7 présente une forme courbe qui est adaptée de manière à compenser, complètement ou au moins substantiellement, la parallaxe associée à la forme courbe du pare-brise 5 courbe lequel n'appartient pas au viseur tête haute.

Le miroir 7 de repliement est de préférence concave au niveau de sa surface réfléchissante, c'est-à-dire vu du côté des faisceaux lumineux. En effet, un miroir 7 de repliement concave est un élément optique convergent permettant de compenser au moins substantiellement la puissance optique divergente du pare-brise qui est généralement courbe et d'épaisseur constante.

Dans un mode de réalisation, la forme du miroir 7 de repliement est préférentiellement conique. Le pare-brise 5 associé est alors de préférence également de forme conique. La parallaxe associée au pare-brise 5 de forme conique peut alors être complètement compensée.

Dans un autre mode de réalisation préférentiel, la forme du miroir 7 de repliement est préférentiellement cylindrique. Dans ce cas, la forme du pare-brise associé est de préférence, soit cylindrique soit conique. Dans le cas d'un pare-brise 5 de forme cylindrique, la compensation de parallaxe peut être complète. Dans le cas d'un pare-brise 5 de forme conique, la compensation de parallaxe ne pourra pas être complète, elle ne sera que substantielle. En effet, dans le cas d'un pare-brise 5 de forme conique, la forme cylindrique du miroir 7 de repliement surcompensera légèrement une partie de la pupille de sortie du viseur tête haute tandis qu'elle souscompensera légèrement l'autre partie de cette pupille de sortie du viseur tête haute. Dans ce dernier cas par exemple, la compensation de la parallaxe associée au pare-brise courbe n'est que substantielle. Un miroir 7 de repliement de forme cylindrique a l'avantage d'être plus aisé à fabriquer qu'un miroir 7 de repliement de forme conique. La forme cylindrique du miroir 7 de repliement présente un rayon de courbure qui vaut avantageusement plusieurs mètres, par exemple entre 5m et 20m.

La forme du miroir 7 de repliement est préférentiellement de même nature que celle du pare-brise courbe dont il corrige la parallaxe. Par exemple, si le pare-brise 5 est conique, le miroir 7 de repliement sera conique, et si le pare-brise 5 est cylindrique, le miroir 7 de repliement sera cylindrique. La forme du miroir 7 de repliement ne dépend que de la forme du pare-brise 5, elle est indépendante du reste des éléments optiques du viseur tête haute.

Le miroir 7 de repliement est avantageusement constitué d'une lame de verre sur laquelle est déposée une surface réfléchissante dans le domaine visible. Les faisceaux lumineux arrivent directement sur la surface réfléchissante et sont directement réfléchis par la surface réfléchissante sans traverser la lame de verre. La surface réfléchissante est de préférence un dépôt métallique. La surface réfléchissante est préférentiellement multicouche de manière à être d'une part transparente dans le domaine infrarouge et d'autre part réfléchissante dans le domaine visible. La

transparence dans le domaine infrarouge permet d'éviter la formation de points chauds dans le tube cathodique 1 pouvant détériorer celui-ci.

REVENDICATIONS

1. Viseur tête haute, pour aéronef à pare-brise (5) courbe, le pare-brise étant extérieur au viseur, pouvant projeter à l'infini une symbologie destinée à être superposée au paysage extérieur, comportant une combinaison d'éléments optiques (2, 21, 22, 23, 3, 4, 41, 42, 7) coudée au niveau d'un miroir (3, 7) de repliement, caractérisé en ce que le miroir (7) de repliement présente une forme courbe adaptée pour corriger la parallaxe associée à la puissance optique du pare-brise (5).

2. Viseur tête haute selon la revendication 1, caractérisé en ce que la forme du miroir (7) de repliement est de même nature que celle du pare-brise (5).

3. Viseur tête haute selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir (7) de repliement est concave.

4. Viseur tête haute selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la forme du miroir (7) de repliement est conique.

5. Viseur tête haute selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la forme du miroir (7) de repliement est cylindrique.

6. Viseur tête haute selon la revendication 5, caractérisé en ce que le rayon de courbure du miroir (7) de repliement vaut plusieurs mètres.

7. Viseur tête haute selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir (7) de repliement est constitué d'une lame de verre sur laquelle est déposée une surface réfléchissante dans le domaine visible.

8. Viseur tête haute selon la revendication 7, caractérisé en ce que la surface réfléchissante est un dépôt métallique.

9. Viseur tête haute selon l'une quelconque des revendications 7 à 8, caractérisé en ce que la surface réfléchissante est multicouche de manière à être d'une part transparente dans le domaine infrarouge et d'autre part réfléchissante dans le domaine visible.

10. Viseur tête haute selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le viseur tête haute comporte un tube cathodique (1) et une combinaison d'éléments optiques (2, 21, 22, 23, 3, 4, 41, 42, 7) laquelle comporte successivement, du tube cathodique (1) vers la sortie optique du viseur tête haute, un groupe arrière (2), le miroir (7) de repliement, un groupe (4) avant.

11. Méthode de remise à niveau d'un aéronef comprenant un viseur tête haute et ayant un pare-brise (5) courbe, consistant uniquement, afin d'obtenir un viseur tête haute selon l'une quelconque des revendications précédentes, à substituer, dans le viseur tête haute dudit aéronef, au miroir (3) de repliement existant de forme plane, un miroir (7) de repliement de forme courbe adaptée pour corriger la parallaxe associée au pare-brise (5) dudit aéronef.

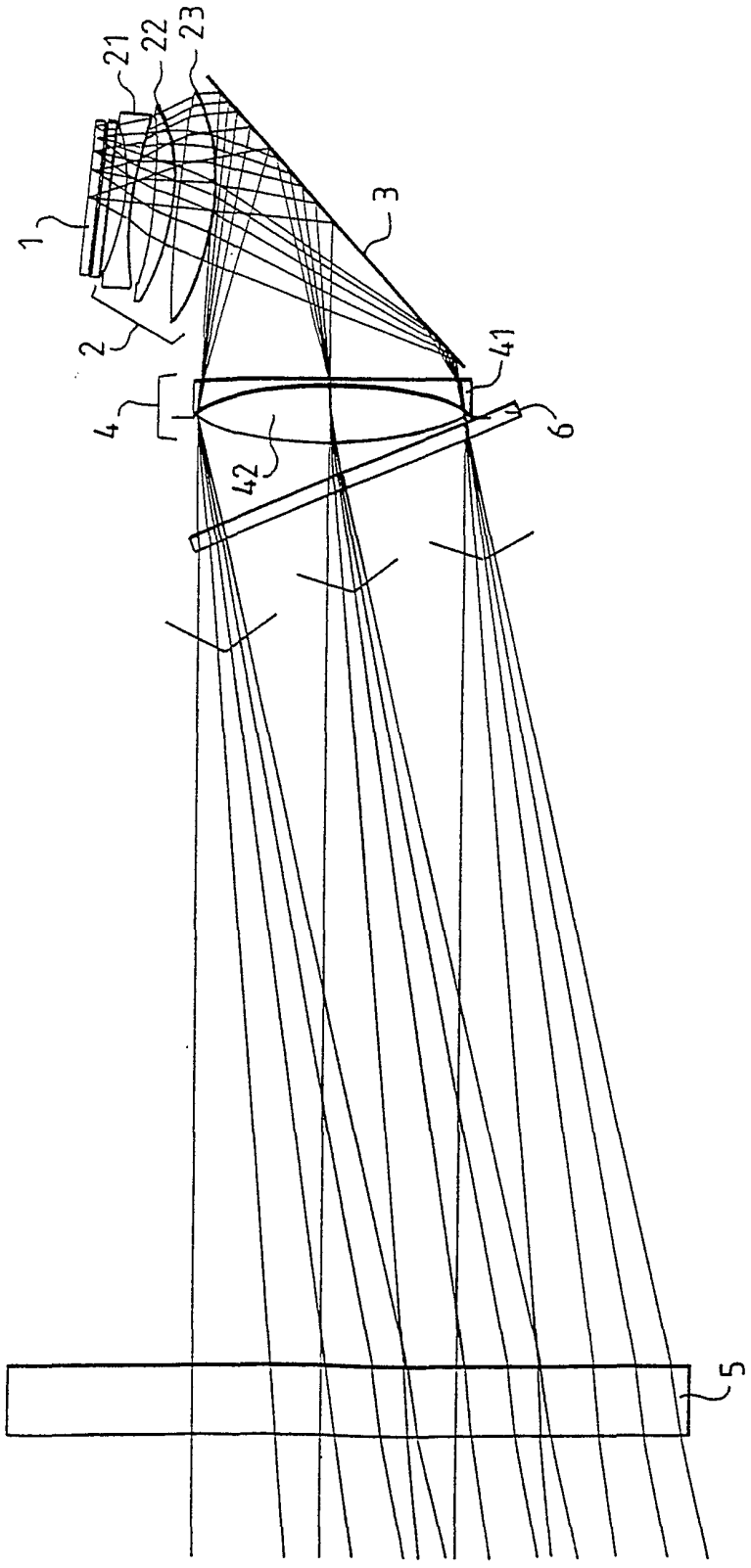


FIG.1

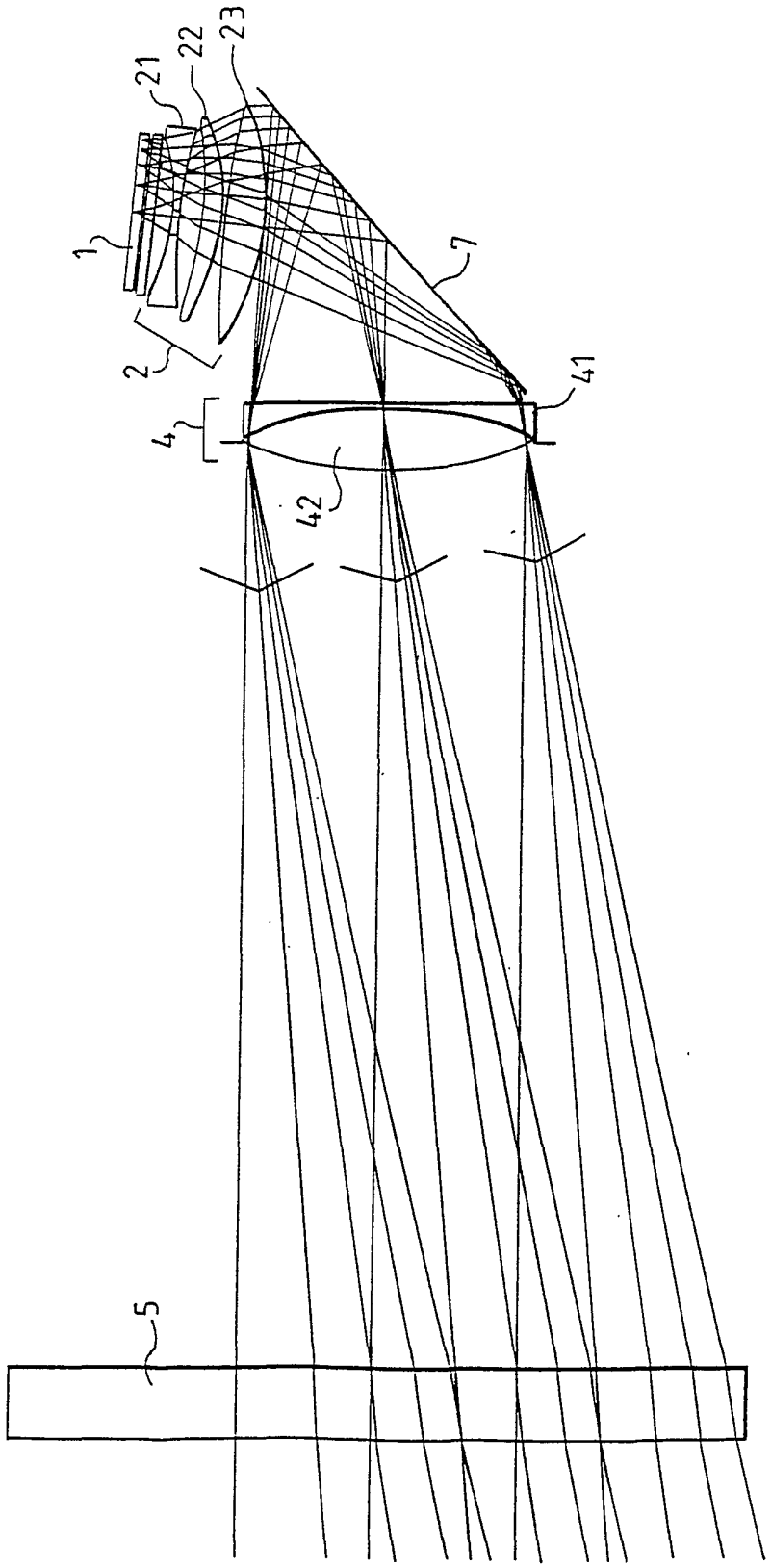


FIG.2