

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 22794

(54) Dispositif pour détecter un point chaud dans un paysage perçu selon un rayonnement infrarouge et système de guidage d'un missile sur une cible, comportant un tel dispositif.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). F 42 B 15/02; F 41 G 7/22.

(22) Date de dépôt..... 12 septembre 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 12 du 20-3-1981.

(71) Déposant : TELECOMMUNICATIONS RADIOELECTRIQUES ET TELEPHONIQUES T.R.T.,
société anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Jean-Pierre Fouilloy.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Jean Chaffraix, Société Civile S.P.I.D.,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

L'invention concerne un dispositif pour détecter un point chaud dans un paysage perçu selon un rayonnement infrarouge coopérant avec un système d'analyse de paysage par balayage destiné à faire converger en direction d'un premier circuit détecteur sensible audit rayonnement un faisceau principal issu successivement de différentes régions du paysage.

L'invention concerne aussi un système de guidage d'un missile sur une cible comportant un tel dispositif.

Le rayonnement infrarouge dont il est question est l'infrarouge lointain dont la longueur d'onde est supérieure au micron. Pour obtenir de bonnes observations, il faut tenir compte de la transparence de l'atmosphère à ces longueurs d'onde. En pratique, on utilise deux bandes dont la première est comprise entre 3,5 et 5 microns et la deuxième entre 8 et 13 microns.

Lorsqu'on veut détecter un point chaud porté par exemple à une température de 1 500 K dans un paysage de température moyenne de 300 K, on se heurte aux difficultés suivantes.

On peut observer le paysage dans la première bande. Le point chaud à 1 500 K présente justement une luminance $L\lambda$ maximale. Mais alors on est confronté avec un contraste trop fort entre la luminance du point chaud et la luminance des différents points du paysage. Le point chaud provoque une réponse du circuit détecteur qui s'étale dans le temps à un niveau tel qu'elle masque les réponses d'autres parties du paysage. Ainsi, le point chaud sera vu comme une tache noyant des détails du paysage.

L'observation du paysage peut se faire dans la deuxième bande où le contraste est moins élevé. Mais dans ce cas, si le point chaud est vu sous un angle inférieur à celui du champ élémentaire balayé par le système d'analyse du paysage, sa luminance apparente décroît avec le carré de la distance de sorte que le point chaud placé trop loin n'est plus discernable.

On pourrait aussi envisager de travailler dans les deux bandes, la première étant utilisée uniquement pour la détection du point chaud, la deuxième pour l'observation du paysage. Dans ce dernier cas, la difficulté rencontrée se situe au niveau du système d'analyse de paysage. En effet, il est difficile de réaliser un système qui puisse fonctionner de façon satisfaisante sur les deux bandes à la fois.

L'invention propose un dispositif du genre mentionné ci-dessus avec lequel on n'est pas confronté avec les difficultés précitées.

Pour cela, un dispositif pour détecter un point chaud dans un paysage perçu selon un rayonnement infrarouge est remarquable en ce qu'il comporte un agencement de filtrage optique pour scinder ledit faisceau principal en deux faisceaux secondaires représentant chacun une partie du spectre du faisceau principal, un deuxième circuit détecteur affecté à l'un desdits faisceaux secondaires alors que le premier circuit détecteur est affecté à l'autre faisceau secondaire, et en ce qu'il comporte aussi pour fournir un signal représentatif du point chaud un circuit de différence dont les entrées sont connectées auxdits circuits détecteurs.

L'idée de l'invention repose sur la constatation que la luminance du point chaud dans la deuxième bande décroît dans le sens des longueurs d'onde croissantes alors que la luminance du paysage reste à peu près constante dans cette deuxième bande. Ainsi, en partageant en deux parties cette bande au moyen de l'agencement de filtrage optique, le circuit de différence met en évidence cette variation de luminance en fonction de la longueur d'onde et fournit donc le signal représentatif du point chaud.

La description suivante faite en regard des dessins annexés, le tout donné à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 représente un système de guidage d'un missile sur une cible comportant un dispositif pour détecter un point chaud dans un paysage perçu selon un rayonnement infrarouge conforme à l'invention,

la figure 2 représente des courbes de luminances,

la figure 3 représente en détail un circuit de guidage faisant partie du système de la figure,

la figure 4 représente un mode de réalisation d'un dispositif de l'invention,

la figure 5 représente une disposition possible d'éléments faisant partie des circuits détecteurs.

A la figure 1, on a représenté un système de guidage d'un missile M sur une cible C. Ce système est muni d'un dispositif 1 pour détecter un point chaud, la détection d'un point

chaud se manifestant par un signal à la borne de sortie 2 du dispositif 1. Le point chaud est ici constitué par un traceur TR que l'on a fixé sur la tuyère du missile M et qui est porté pratiquement à une température de 1 500 K.

5 Le missile M et la cible C font partie d'un paysage délimité, sur la figure 1, par une pyramide 3 dont le sommet O correspond au centre optique du système d'analyse de paysage 4 et dont la base est un rectangle R.

Pour détecter des rayonnements infrarouges de longueur 10 d'onde supérieure au micron, on ne peut pas faire appel aux dispositifs du genre "vidicon", on utilise alors des circuits détecteurs formés d'un nombre limité d'éléments sensibles au rayonnement. Pour percevoir selon ce rayonnement un paysage, on doit donc effectuer une analyse point par point de ce dernier.

15 Au moyen du système d'analyse du paysage 4, on fait converger successivement sur un premier circuit détecteur 5, que l'on supposera pour le moment formé d'un seul élément, un faisceau principal 6 provenant de différentes régions du paysage. L'analyse se fait ligne par ligne en commençant par la ligne L1, ..., 20 Ln, ..., LM, ... ces lignes sont représentées sur le rectangle R. Un tel système d'analyse de paysage est décrit dans le brevet français n° 2 245 970 déposé au nom de la Demanderesse. Un circuit détecteur 5 fournit un signal dont l'amplitude est liée à la 25 lumerance de l'objet perçu. Ce signal permet par exemple de visualiser le paysage sur l'écran d'un tube cathodique 10 dont la cathode est reliée à la sortie 11 du dispositif 1; un dispositif de commande 12 fournit les signaux pour commander l'analyse du système 4 et pour faire dévier le faisceau électronique du tube cathodique 10 de sorte qu'il y a un synchronisme rigoureux entre 30 les balayages du paysage et de la surface du tube cathodique.

Pour guider le missile M, on a prévu un réticule qui est vu en surimpression sur l'image visualisée; la croisée de réticule est mise en coïncidence avec la cible vue sur l'écran. L'axe OC dans le paysage correspond à cette croisée du réticule. 35 Cette croisée est définie par une ligne LM de balayage et un temps TC à partir duquel les lignes de balayage démarrent. Le point chaud correspondant donc au missile va être détecté dans une autre ligne et en un autre temps de sorte qu'au moyen d'un

circuit de guidage 14 qui détermine les coordonnées du point chaud, il est possible de guider le missile M sur la cible C en envoyant des signaux de guidage sur un fil 15 qui relie le missile M au circuit de guidage 14.

5 Conformément à l'invention, le dispositif 1 pour détecter un point chaud comporte un agencement de filtrage optique portant la référence 20 pour scinder le faisceau principal 6 en deux faisceaux secondaires 22 et 23 représentant chacun une partie du spectre du faisceau principal compris entre 8 et 13 microns
10 (le faisceau secondaire 22 représentant la partie comprise entre 8 et 10,5 microns, le faisceau 23 la partie 10,5-13 microns), un deuxième circuit détecteur 25 affecté au faisceau 22 alors que le circuit détecteur 5 l'est au faisceau 23, le dispositif 1 comporte aussi, pour fournir un signal représentatif du point
15 chaud, un circuit de différence 30 dont les entrées sont connectées auxdits circuits détecteurs 5 et 25.

L'agencement de filtrage optique 20 est formé par un miroir dichroïque du commerce qui réfléchit les rayons dont le spectre s'étend de 8 à 10,5 microns et qui transmet les rayons
20 dont le spectre est supérieur à 10,5 microns; le circuit de différence 30 est formé d'un amplificateur différentiel 35 suivi d'un circuit à seuil 36. Pour obtenir un signal de luminance du paysage, on a prévu un circuit d'addition de signaux 40 dont les entrées sont connectées aux sorties des détecteurs 5 et 25 et
25 dont la sortie constitue la borne 11.

Pour expliquer le fonctionnement du dispositif 1, on a représenté à la figure 2 différentes courbes de luminance L_λ en fonction de la longueur d'onde λ et pour les températures de 300 K et 1 500 K. Pour les coordonnées, on a choisi des échelles
30 logarithmiques. Ces courbes de luminance sont données par la formule de Planck bien connue. La zone hachurée représente la bande BP du spectre de 8 à 13 μ dans laquelle on travaille; cette bande est séparée en deux bandes secondaires BS1 et BS2, allant de 8 à 10,5 μ pour la première, et de 10,5 à 13 μ pour
35 la deuxième. Si on examine la luminance d'un point chaud à 1 500 K on constate qu'elle varie de $1,5 \cdot 10^9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$ à $6,25 \cdot 10^8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$ dans la première bande secondaire et

de cette dernière valeur à $2,9 \cdot 10^8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$ dans la
seconde bande BS2, alors que celle d'un point porté à 300 K cor-
respondant à la température moyenne varie de $9,08 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot$
 sr^{-1} à $9,79 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$ dans la première bande secon-
5 daire et de cette dernière valeur à $8,2 \cdot 10^6$ dans la seconde.
Ainsi, on se rend bien compte que le point chaud amène une con-
tribution énergétique différente dans les deux bandes quel que
soit son éloignement alors que la contribution en énergie des
points à 300 K est sensiblement égale dans les deux bandes. L'am-
10 plificateur différentiel mettra en évidence cet écart de contri-
bution. Le circuit à seuil 36 fournira le signal de point chaud
dès qu'un écart franc aura été détecté.

A la figure 3, on a représenté en détail le circuit de
guidage 14. A partir du circuit de commande 12, on dérive des si-
15 gnaux de début de trame correspondant au début du balayage d'une
image et des signaux de début de lignes. Ces signaux, respective-
ment disponibles sur des fils 50 et 51, sont utilisés par le cir-
cuit de guidage 14. Ce circuit comporte un premier compteur 55
destiné à compter les lignes. Pour cela, son entrée de comptage
20 est reliée au fil 51 et il est remis à zéro par les signaux dis-
ponibles sur le fil 50. Un deuxième compteur 56 donne une mesure
du temps qui s'écoule à partir d'un début de ligne. Pour cela, il
compte les signaux d'une horloge 57 dont la fréquence est élevée
par rapport à la fréquence de ligne, l'entrée de remise à zéro
25 du compteur 56 est reliée au fil 51 pour être remise à zéro à cha-
que début de ligne. On a prévu deux registres 60 et 61 dont les
entrées parallèles sont reliées respectivement aux sorties de
compteurs 55 et 56. Les entrées pour enregistrement sont reliées
à la borne 2 pour signal de point chaud, de sorte que dès que ce
30 signal apparaît, il y a transfert des contenus des compteurs 55
et 56 dans les registres 60 et 61. Des organes de soustraction 62
et 63 permettent d'élaborer la différence des coordonnées du mis-
sile M par rapport à la cible C, à partir de la valeur correspon-
dant à la ligne LM sur laquelle se place la croisée de réticule
35 et de la valeur correspondant au temps TC où se trouve aussi cette
croisée. Ces valeurs sont emmagasinées dans des mémoires 65 et 66.
Deux convertisseurs numériques analogiques 68, 70 convertissent

les signaux de sortie des organes 62 et 63 pour les transmettre sur le fil 15 vers le missile M, de sorte que celui-ci peut corriger sa trajectoire afin d'atteindre sa cible M.

La figure 4 représente un autre mode de réalisation d'un dispositif pour détecter un point chaud conforme à l'invention. Dans cet autre mode on a prévu des moyens pour ajuster les niveaux des signaux fournis par les circuits détecteurs 5 et 22. Ces moyens consistent, sur le figure 4, à insérer deux amplificateurs 80 et 82 entre les circuits 5 et 22 et les entrées de l'amplificateur 35, l'amplificateur 82 étant muni d'une commande de gain variable. Ainsi, en réglant le gain de l'amplificateur 82 on peut obtenir que le signal à la sortie de l'amplificateur 35 soit nul pour une certaine température T_0 de sorte que pour une température $T > T_0$ on a un signal de sortie négatif et que pour $T < T_0$ un signal positif. On doit bien remarquer que ceci est indépendant de l'éloignement de la source de la luminance mais est dépendant uniquement des caractéristiques spectrales du rayonnement. En choisissant convenablement T_0 , il est possible de séparer sans ambiguïté le rayonnement du traceur par rapport au paysage. Selon le montage montré à la figure 4 on opère en deux temps : avant le tir et pendant.

Avant le tir, on détermine la température du point le plus chaud du paysage ; pour cela, on a prévu un détecteur de crête formé d'une diode 84 et d'un condensateur 86 relié à la sortie du circuit d'addition 40 par l'intermédiaire d'un interrupteur 88 mis en position fermée. La diode 84 interconnecte une armature de condensateur 86 avec une extrémité de l'interrupteur 88. La tension aux armatures du condensateur 86 est appliquée aux entrées d'un organe de multiplication 87 pour signaux analogiques, dont la sortie est reliée à la commande de gain de l'amplificateur 82. A l'autre entrée de cet organe on applique une tension qui annule le signal de sortie de l'amplificateur différentiel 35. Cette tension provient d'un générateur de rampe 90 fournissant une tension, par l'intermédiaire d'un interrupteur 92 mis en position fermé, à un condensateur mémoire 94. Cet interrupteur 92 est mis en position ouverte dès que le signal à la sortie de l'amplificateur différentiel 35 passe à zéro, ceci étant détecté par un

détecteur de passage à zéro 96 dont l'entrée est reliée à la sortie de l'amplificateur 35 par l'intermédiaire d'un interrupteur 98 mis en position fermée et dont la sortie est reliée à la commande de position de l'interrupteur 92. Ainsi, le gain de
5 l'amplificateur 82 est réglé pour que le signal à la sortie de l'amplificateur 35 soit nul pour la température T_0 du point le plus chaud du paysage.

Pendant le tir, les interrupteurs 88 et 98 sont mis en position ouverte de sorte que le traceur TR provoquera un signal
10 négatif qui sera bien discernable.

Bien que jusqu'à maintenant on ait considéré que les circuits détecteurs 5 et 22 ne comportaient qu'un seul élément, il est bien évident que ceux-ci peuvent en comporter un plus grand nombre. Par exemple, le circuit 5 peut être formé d'une co-
15 lonne d'éléments E_1, \dots, E_n , dont chacun est affecté à une ligne de balayage de sorte que par un seul balayage tout le paysage est analysé, la cellule 22 comporte un nombre réduit d'éléments F_1, F_2, \dots, F_6 , ces éléments correspondant aux lignes du milieu du paysage, là où le missile se déplace. En réglant le gain de
20 l'amplificateur 82, on peut arriver toujours à obtenir un signal nul à la sortie de l'amplificateur 35.

Au lieu d'utiliser un miroir dichroïque pour séparer les parties de spectre, les éléments correspondant aux deux zones de spectre peuvent être superposés, l'élément supérieur étant
25 transparent dans la zone de spectre de l'élément inférieur. Ceci est en particulier réalisable avec des détecteurs au Tellurure de Cadmium et au Mercure, en jouant sur la proportion relative de Tellurure de Cd et de Tellurure de Hg. La séparation spectrale est alors effectuée par la zone de sensibilité des matériaux.

REVENDICATIONS:

1. Dispositif pour détecter un point chaud dans un paysage perçu selon un rayonnement infrarouge coopérant avec un système d'analyse de paysage par balayage destiné à faire converger
5 en direction d'un premier circuit détecteur sensible audit rayonnement un faisceau principal issu successivement de différentes régions du paysage, caractérisé en ce qu'il comporte un agencement de filtrage optique pour scinder ledit faisceau principal en deux faisceaux secondaires représentant chacun une partie du
10 spectre du faisceau principal, un deuxième circuit détecteur affecté à l'un desdits faisceaux secondaires alors que le premier circuit détecteur est affecté à l'autre faisceau secondaire et, pour fournir un signal représentatif du point chaud, un circuit de différence dont les entrées sont connectées auxdits circuits
15 détecteurs.
2. Dispositif pour détecter un point chaud selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte, pour fournir un signal représentatif du paysage, un circuit de somme dont les entrées sont connectées auxdits circuits détecteurs.
- 20 3. Dispositif pour détecter un point chaud selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour changer le niveau des signaux appliqués aux entrées du circuit de différence.
4. Dispositif pour détecter un point chaud selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit d'asservissement qui agit sur ces moyens pour changer le niveau pour rendre nul le signal de sortie du circuit de différence sur une certaine température d'objet perçu.
- 25 5. Dispositif pour détecter un point chaud selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les circuits détecteurs sont formés de plusieurs éléments.
6. Dispositif pour détecter un point chaud selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le spectre du faisceau principal s'étend pratiquement dans une bande de longueur d'ondes allant de 8 à 14 microns.
- 30 7. Système de guidage d'un missile sur une cible comportant un dispositif pour détecter un point chaud selon l'une des revendications 1 à 4, système dans lequel le missile est muni

d'un traceur constituant ledit point chaud et dans lequel il est prévu un organe de visualisation muni d'une croisée de réticule à mettre en coïncidence avec la cible, un circuit de guidage pour fournir au missile les coordonnées d'écart qui le sépare de
5 la cible.

8. Système de guidage d'un missile selon la revendication 7 comportant un dispositif pour détecter un point chaud défini par la revendication 4 et destiné à détecter le traceur, caractérisé en ce que la certaine température d'objet est la tem-
10 pérature de l'objet le plus chaud du paysage.

1/3

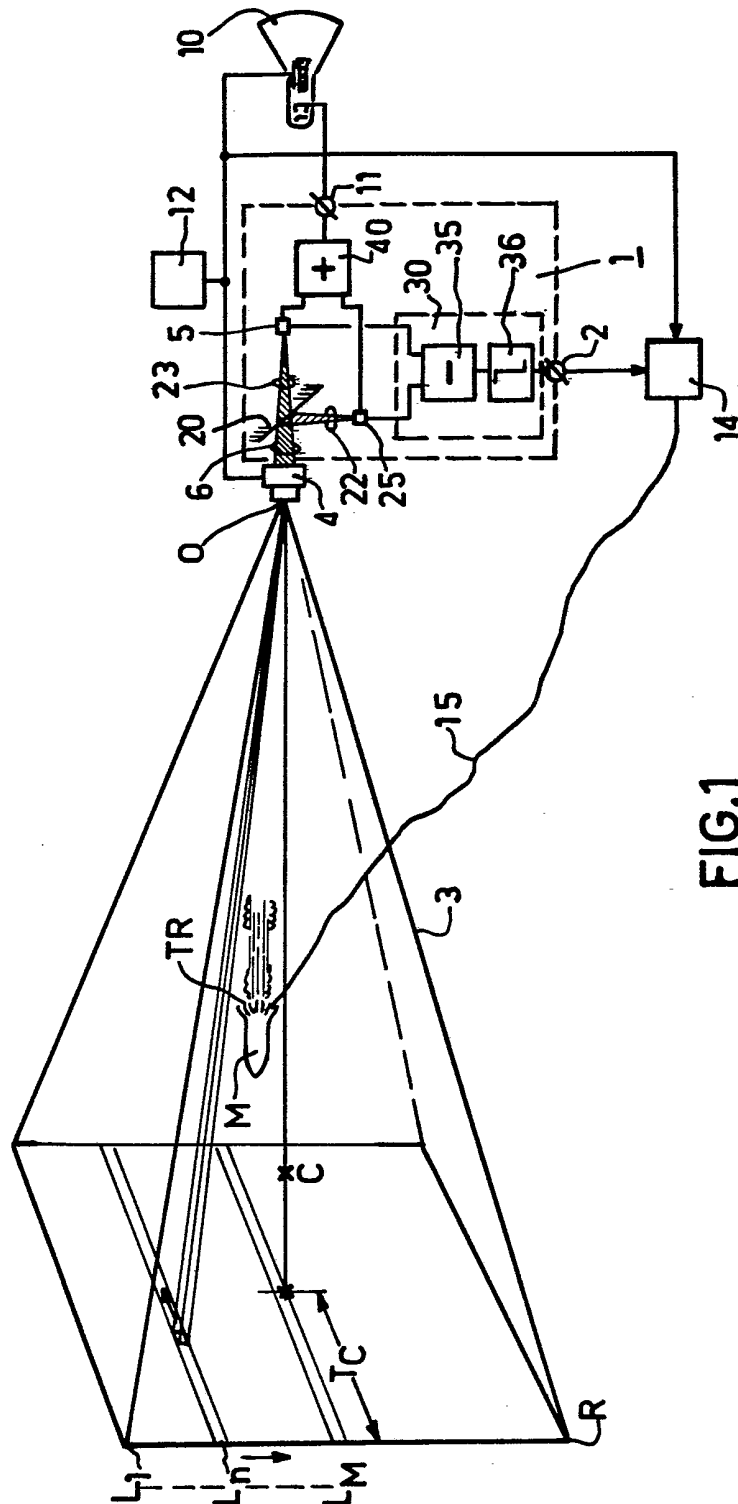


FIG.1

2/3

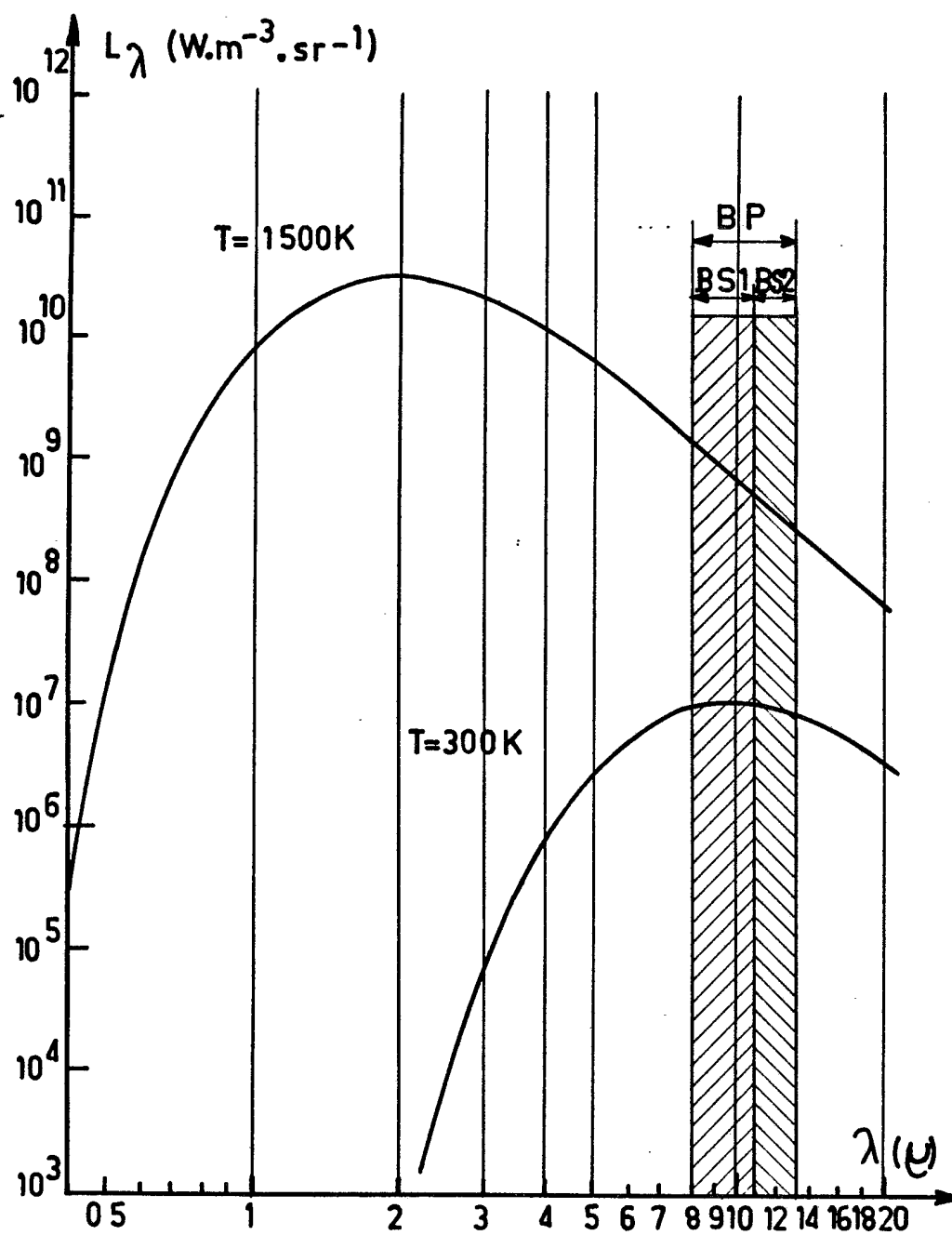


FIG.2

3/3

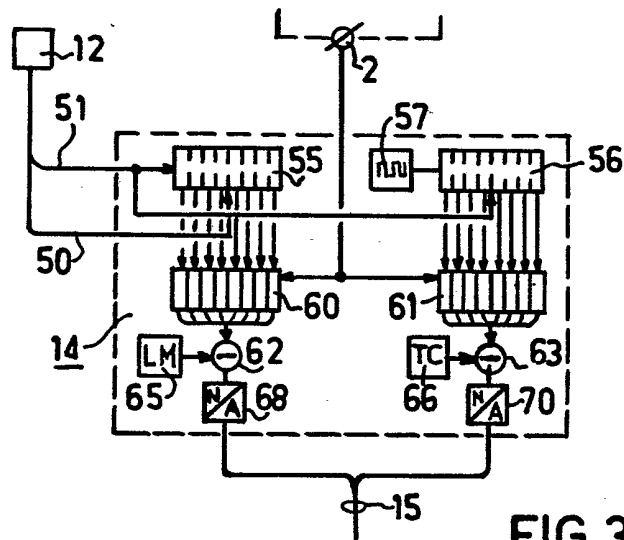


FIG. 3

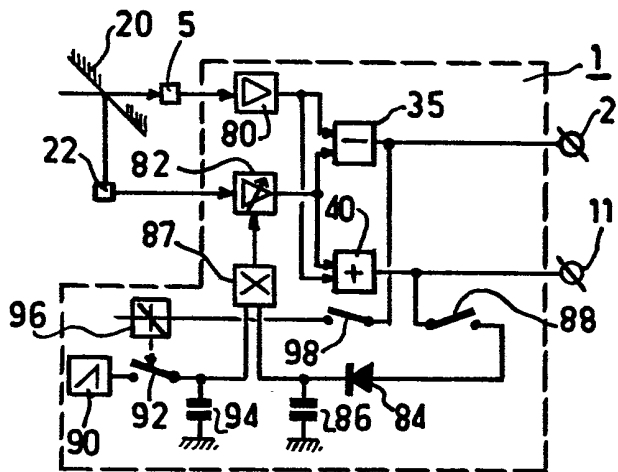


FIG. 4

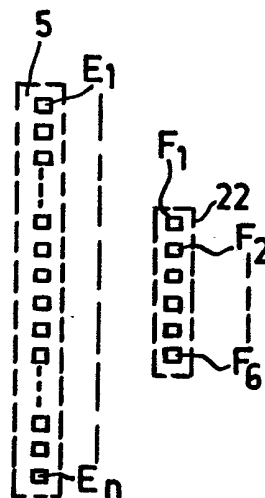


FIG. 5