

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 18702

(54)

Appareil électro-optique d'analyse d'un gaz de carneau.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 N 21/25; F 23 N 1/02; G 05 D 11/00.

(22)

Date de dépôt..... 28 août 1980.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *EUA, 29 août 1979, n° 70.744.*

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 10 du 6-3-1981.

(71)

Déposant : Société dite : ECONICS CORP., résidant aux EUA.

(72)

Invention de : Edwin Donald Nelson.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Simonnot,
49, rue de Provence, 75442 Paris Cedex 09.

La présente invention concerne un appareil destiné à mesurer certaines propriétés de gaz de chaudières ou de fours (que l'on appelle ci-après "gaz de chaudière") s'échappant par un carneau. De telles mesures servent à

5 régler la richesse en combustible du mélange de combustible et d'air introduit dans la chaudière en vue de réduire à son minimum le gaspillage de combustible dû au chauffage d'un excès d'air et la décharge subséquente à l'atmosphère de cet air excédentaire ainsi chauffé.

10 La pratique moderne de réglage de la combustion implique la mesure et le réglage simultanés d'un certain nombre de propriétés des gaz qui s'échappent de chaudières brûlant des combustibles fossiles. Dans le cas habituel, le

15 taux d'oxyde de carbone des gaz est mesuré et réglé à un niveau déterminé au préalable et qui constitue une cible ou valeur de consigne. A des taux élevés de l'air par rapport au combustible, c'est-à-dire à de faibles richesses en combustible, le taux de l'oxyde de carbone se situe habituellement à une faible valeur d'environ cent millionnièmes. Lorsque la

20 proportion de l'oxygène tombe juste au-dessous du niveau nécessaire pour oxyder complètement la totalité du carbone et de l'hydrogène du combustible, le taux de l'oxyde de carbone commence à augmenter rapidement. C'est au début de cette élévation du taux de l'oxyde de carbone que l'on place

25 généralement le point de réglage de ce taux.

Dans certaines conditions, d'autres limitations de la diminution des taux d'air par rapport au combustible sont atteintes avant que le niveau de l'oxyde de carbone ne commence à augmenter rapidement. Dans certains cas, du carbone

30 élémentaire va précipiter avant de brûler, ce qui augmente l'opacité des fumées dans la cheminée. Dans d'autres cas, un réglage médiocre du brûleur ou un encrassement de l'extrémité de ce brûleur peuvent conduire à des proportions excessivement élevées d'hydrocarbures. Donc, afin de régler le fonctionnement de la chaudière de la façon la plus intéressante,

35 il est important de mesurer simultanément les taux de l'oxyde

de carbone et des hydrocarbures ainsi que le degré d'opacité des gaz s'échappant par le carneau.

Il existe un certain nombre de procédés bien connus pour mesurer les taux de l'oxyde de carbone et des hydrocarbures dans des gaz de combustion. Le procédé préféré fait appel à une spectrométrie d'absorption de l'infrarouge. Dans ce procédé, des longueurs d'ondes choisies de l'énergie infrarouge sont transmises à travers un échantillon du gaz à analyser. Le taux d'énergie infrarouge traversant les gaz est ensuite comparé avec le taux de l'énergie infrarouge en l'absence de ces gaz. La mesure ainsi obtenue de l'absorption de l'énergie à ces longueurs d'ondes donne une mesure qualitative et quantitative des taux des constituants des gaz, dans ce cas l'oxyde de carbone et des hydrocarbures.

Il existe également des procédés bien connus pour mesurer l'opacité des gaz de combustion. Un procédé préféré et bien connu consiste à transmettre à travers le gaz à analyser l'énergie (provenant d'une source d'une lumière photopique dont la distribution des longueurs d'ondes équivaut à la réponse de l'oeil humain) et à mesurer ensuite la quantité de lumière transmise, la valeur de l'opacité se définissant comme étant l'unité moins la transmission.

Il vaut mieux effectuer directement dans le carneau ou dans la cheminée la mesure de la composition des gaz de combustion afin d'éliminer les effets de la stratification des constituants de ces gaz. Pour protéger l'instrument de mesure contre les gaz corrosifs et chauds de combustion, des fenêtres spéciales isolent l'instrument par rapport aux gaz. Au bout d'une certaine période de temps, de la saleté tend à s'accumuler sur les fenêtres et à entraîner des erreurs pour l'analyse des gaz de carneau. De même, des variations de l'énergie ou de la lumière provenant des sources et de la sensibilité des détecteurs peuvent entraîner des erreurs. Une façon de réduire de telles erreurs consiste à prévoir une chambre à échantillon disposée en travers du

carneau et qui peut être périodiquement purgée par de l'air propre afin de permettre d'étalonner l'appareil.

Il est particulièrement souhaitable de mesurer simultanément et, de préférence dans un seul volume d'échantillonnage traversant la chambre à échantillon, les taux de l'oxyde de carbone et des hydrocarbures ainsi que l'opacité des gaz de carneau. Ainsi, deux faisceaux énergétiques séparés, l'un de rayonnement infrarouge et l'autre de lumière visible, peuvent être transmis à travers une seule chambre à échantillon, mais la dimension que la chambre à échantillon doit ainsi présenter pour permettre le passage des deux faisceaux tend alors à être si grande que cette chambre à échantillon risque elle-même de provoquer une turbulence inopportune pouvant en gêner la purge périodique. Ainsi, il n'a pas été possible jusqu'à présent de regrouper ces dispositifs de réglage et de mesure avec une chambre à échantillon intéressante.

Pour surmonter les inconvénients de l'art antérieur, la présente invention vise à proposer un appareil destiné à mesurer simultanément l'opacité, la teneur en oxyde de carbone et la teneur en hydrocarbures des gaz de carneau et qui convient pour être utilisé avec des chambres à échantillons, relativement petites et efficaces, disposées en travers de carneaux. L'invention vise également à proposer un tel appareil dans lequel toutes les mesures sont effectuées le long d'un seul trajet de mesure traversant un carneau. Dans l'appareil de l'invention, la source de l'énergie lumineuse visible est séparée et indépendante de la source d'énergie infrarouge utilisée pour de telles mesures.

Pour parvenir aux buts précités et à d'autres encore, la présente invention propose un appareil destiné à mesurer simultanément l'opacité, la teneur en oxyde de carbone et la teneur en hydrocarbures de gaz de carneau, le long d'un seul trajet de mesure traversant un carneau. L'appareil comprend une chambre à échantillon disposée en travers du

carneau, d'un côté à l'autre de celui-ci, et à travers laquelle les gaz de ce carneau peuvent s'écouler; des organes définissant un trajet optique à un seul axe traversant longitudinalement la chambre à échantillon et qui comprennent
5 un élément convergent voisin d'un côté du carneau et un élément optiquement réflecteur voisin de l'autre côté du carneau; une source destinée à produire un niveau prédéterminé d'énergie lumineuse visible; une source destinée à produire un niveau prédéterminé d'énergie infrarouge et qui
10 est indépendante de la source de l'énergie lumineuse visible; un dispositif destiné à détecter le niveau de l'énergie visible ayant traversé la chambre à échantillon le long du trajet optique pour aller vers l'élément réflecteur et en revenir; et un dispositif destiné à déceler le niveau de
15 l'énergie infrarouge ayant traversé la chambre à échantillon le long du trajet optique vers l'élément réflecteur et pour en revenir. La source d'énergie infrarouge fournit cette énergie infrarouge en des bandes spectrales prédéterminées se situant entre environ 3 et 5 microns et elle dirige cette
20 énergie infrarouge le long du trajet optique à un seul axe vers l'élément réflecteur.

Une forme particulièrement préférée de réalisation de l'appareil de l'invention sera maintenant décrite, à titre d'exemple nullement limitatif, en regard du dessin annexé sur
25 lequel :

la figure 1 est une vue éclatée des éléments constitutifs généraux de l'appareil optique d'analyse de gaz de carneau selon la présente invention; et

la figure 2 est une coupe latérale fragmentaire
30 et schématique de l'appareil de la présente invention, installé dans un carneau.

Cet appareil comprend une chambre 2 à échantillon disposée en travers d'un carneau 4 et d'un côté de ce carneau à l'autre. Lorsque cette chambre 2 à échantillon se trouve
35 dans la position représentée sur la figure 1, les gaz de

combustion, indiqués généralement par une grande flèche 6, peuvent s'écouler à travers cette chambre 2. La chambre 2 est avantageusement du type illustré dans la demande de brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 19 640 déposée le 5 12 Mars 1979 par Howard A. Powers et à laquelle on peut se référer pour une description plus complète. Seule une partie d'une extrémité de cette chambre 2 est illustrée sur la figure 1.

Une extrémité de la chambre à échantillon 2 comporte une fenêtre 8 (représentée par un trait interrompu) réalisée en une matière convenable, transparente à la fois à la lumière visible et à un rayonnement infrarouge et qui forme une fenêtre ménagée à travers un côté du carneau 4. A l'extérieur et directement auprès de ce côté du carneau 4 15 est monté un trièdre trirectangle rétro-réfecteur 10, qui comprend un élément pouvant optiquement réfléchir la lumière visible aussi bien que le rayonnement infrarouge.

Une seconde fenêtre 8', également transparente au rayonnement infrarouge et à la lumière visible, est également ménagée dans le côté du carneau 4 situé à l'opposé 20 de la fenêtre 8. Un élément convergent convenable, illustré schématiquement sur la figure 1 par une lentille 12, est disposé près de cette seconde fenêtre 8'. Avantageusement, les fenêtres 8 et 8' et l'élément convergent 12 peuvent être 25 réalisés en fluorure de calcium ou en une autre matière pouvant transmettre à la fois l'infrarouge et la lumière visible. L'axe optique de l'élément convergent 12 et du rétro-réfecteur 10 traverse longitudinalement la chambre 2 et définit un trajet optique pour l'énergie devant traverser la chambre 30 2 à partir de l'élément convergent 12 vers le rétro-réfecteur 10 et devant revenir, à travers la chambre 2, vers l'élément convergent 12. Ce trajet optique à un seul axe est désigné par l'indice de référence 14.

Une lampe à incandescence ou une autre source 35 convenable d'énergie lumineuse visible 16, qui émet au moins

une partie importante de son énergie dans la bande spectrale comprise entre 500 et 600 nanomètres, est de préférence alignée sur le trajet optique 14, comme représenté sur la figure 1. Cette source 16 émet son énergie lumineuse visible vers et le
5 long du trajet optique 14. La partie de l'énergie émise par cette source 16 vers le trajet optique 14 rencontre sur son passage une roue 18, montée de façon classique pour être entraînée par un dispositif classique et tourner à une vitesse prédéterminée. Cette roue 18 comporte, espacés radialement autour
10 de son axe de rotation et vers sa périphérie plusieurs filtres neutres 22, 24, 26 et 28 de densité prédéterminée disposés de façon à couper le trajet optique aligné sur le trajet optique 14. La roue 18, à rôle d'interruption périodique, comporte également plusieurs ouvertures coopérant de façon classique avec une diode électro-
15 luminescente 30 et un photo-transistor 32 pour émettre des signaux d'horloge destinés à indiquer le moment où chaque filtre ou chaque espace entre les filtres est aligné sur le trajet optique partant de la source lumineuse 16 vers le trajet optique 14. De même, la roue 18 comporte un trou supplémentaire coopérant avec une diode électro-luminescente 34 et
20 un photo-transistor 36 pour émettre un signal de repérage destiné à identifier celui des filtres ou des espaces entre les filtres qui est aligné sur le trajet optique.

Un dédoubleur 38 du faisceau de lumière visible,
25 qui est avantageusement du type couramment désigné comme un dédoubleur de faisceau diélectrique et permet à la moitié environ de l'énergie de la lumière visible provenant de la source 16 de le traverser vers l'élément convergent 12, est disposé entre la roue 18 et cet élément 12. De même, dans
30 l'alignement du trajet optique 14 et entre le dédoubleur de faisceau 38 et l'élément convergent 12 est disposé un combineur/séparateur de faisceau 40, qui est avantageusement réalisé en du verre comportant un léger revêtement métallique du côté voisin de l'élément convergent 12. Ce combineur/
35 séparateur 40 de faisceau laisse passer la plupart de l'énergie

de la lumière visible, qui peut ainsi être concentrée par l'élément 12 et dirigée le long du trajet optique 14 vers le rétro-rélecteur 10 pour revenir à travers l'élément 12 et le combineur/séparateur 40 vers le dédoubleur 38.

5 L'inclinaison du dédoubleur 38 permet à la moitié environ de l'énergie lumineuse visible reçue en retour du rétro-rélecteur 10 à travers le combineur/séparateur 40 d'être écartée par réflexion de l'axe du trajet optique 14 pour traverser une lentille convergente convenable 42 et un
10 filtre photopique 44 choisi, de façon que 90% environ de l'énergie traversant ce filtre 44 se situent dans la gamme spectrale comprise entre 500 et 600 nanomètres.

De ce filtre photopique 44, l'énergie lumineuse visible est ensuite dirigée vers un détecteur classique 46
15 au silicium qui sert de dispositif destiné à déceler le niveau de l'énergie lumineuse visible ayant traversé la chambre à échantillon 2 le long du trajet optique 14 et qui en est revenue.

Avec son léger revêtement métallique disposé du
20 côté dirigé vers l'élément convergent 12, le combineur/séparateur 40 de faisceau peut très fortement réfléchir l'énergie infrarouge. L'inclinaison de ce combineur/séparateur 40 par rapport à l'axe optique 14 est également telle que l'énergie infrarouge reçue par cet élément 40 en provenance de l'élément convergent 12 le long de l'axe optique 14
25 sera également écartée de l'axe 14 et dirigée le long d'un autre axe optique 48. Sur cet axe optique 48 est alignée une source convenable 50 d'énergie infrarouge couvrant au moins la gamme spectrale comprise entre 3 et 5 microns.

30 Entre cette source 50 d'infrarouge et le combineur/séparateur 40, une roue 52 est montée de façon classique pour pouvoir tourner sous l'effet d'un entraînement classique. La figure 1 montre cette roue 52 équipée de cinq filtres. Elle contient avantageusement au moins trois filtres interféren-
35 tiels convenables, espacés radialement autour de son axe de

rotation et vers sa périphérie et qui vont sélectivement transmettre l'énergie de la bande spectrale correspondant à l'oxyde de carbone, de la bande correspondant aux hydrocarbures et d'une bande de référence se situant dans une
5 région comprise entre 3,5 et 4,1 microns. La bande de référence est choisie de façon à éviter une absorption par un constituant quelconque des gaz circulant dans le carneau; elle permet d'effectuer une correction pour tenir compte des variations qui ne sont pas reliées aux concentrations
10 de l'oxyde de carbone et des hydrocarbures dans le carneau. La roue 52 peut avantageusement aussi comporter des trous coopérant avec des paires convenables de diodes électroluminescentes et de photo-transistors en vue d'indiquer les moments où chaque filtre ou chaque espace entre les
15 filtres est en position devant la source d'infrarouge 50 pour permettre d'identifier des échantillons de la façon décrite ci-dessus à propos de la roue 18.

Un dédoubleur 54 de faisceau infrarouge comprenant une fenêtre en germanium non revêtu est interposée entre
20 la roue 52 et le combineur/séparateur 40. La moitié environ de l'énergie provenant de la source 50 peut traverser ce dédoubleur 54 et être réfléchi par le combineur/séparateur 40 le long du trajet optique 14 passant par la chambre à échantillon 2 pour aller vers le rétro-réflecteur 10 et en
25 revenir vers le combineur/séparateur 40. Elle y est réfléchi vers le dédoubleur 54 qui envoie par réflexion la moitié environ de cette énergie provenant du combineur/séparateur 40 vers une lentille 56 de concentration d'infrarouges et un ensemble 58 de détection d'infrarouges. Cet
30 ensemble 58 peut commodément comprendre un détecteur à sélénure de plomb refroidi par un dispositif thermo-électrique ou un autre dispositif convenable.

Il ressort de la description ci-dessus de l'appareil que des impulsions de lumière visible hachées peuvent
35 être dirigées le long du trajet optique 14 vers la chambre 2

à échantillon qu'elles traversent pour revenir vers le détecteur 46, lequel peut mesurer le niveau de l'énergie lumineuse visible se situant dans la gamme spectrale comprise entre 500 et 600 nanomètres et émettre des signaux

5 traités de façon convenable et classique. Lorsque la chambre à échantillon 2 est disposée comme illustré sur la figure 1, les gaz de carneau, indiqués par la grande flèche 6, traversent cette chambre, et le signal de lumière visible sera atténué par le carbone ou la suie éventuellement con-

10 tenu dans ces gaz. Lorsque le boîtier externe de la chambre 2 à échantillon est tourné de 90°, par exemple de la façon décrite en détail dans la demande précitée de brevet n° 19 640, cette chambre 2 sera purgée des gaz d'échappement et ne comportera à l'intérieur que de l'air relativement

15 propre. Pendant cette purge, la source de lumière visible et le dispositif de détection peuvent être étalonnés et normalisés en vue de fournir des mesures absolues de l'opacité lorsque les gaz de carneau peuvent à nouveau traverser la chambre 2. De même, on peut déterminer l'absorption de

20 l'énergie infrarouge émise par la source 50 dans les différentes bandes spectrales choisies par les divers filtres de la roue 52, en mesurant le niveau de l'énergie infrarouge reçue par le détecteur 58 lorsque les gaz de carneau traversent la chambre 2 et aussi pendant la purge de cette

25 chambre en vue d'un étalonnage et d'une normalisation.

La structure particulière de l'appareil de la présente invention est remarquablement avantageuse du fait que cet appareil mesure le long d'un trajet optique correspondant à un seul axe à la fois l'atténuation de la lumière

30 visible et l'absorption de l'infrarouge, et que ces mesures sont effectuées simultanément à la même position dans le carneau. Cela est avantageux non seulement pour normaliser et régler les conditions d'échantillonnage, mais aussi pour permettre d'utiliser une chambre à échantillon de diamètre

35 relativement faible et qui trouble essentiellement peu

l'écoulement des gaz dans le carneau. Si certaines bandes spectrales ont été indiquées ci-dessus pour les divers filtres, il va de soi que l'on peut disposer dans l'appareil des filtres à infrarouges correspondant à de nombreuses
5 autres combinaisons de bandes spectrales ainsi que des filtres neutres correspondant à divers niveaux de densité et que l'on utilise avec la source de lumière visible. On peut utiliser diverses combinaisons de ces filtres pour répondre aux règles applicables nécessairement pour des
10 réglages et qui sont spécifiées, par exemple, par une agence de protection de l'environnement comme, notamment les règles 40 à 99 concernant la protection de l'environnement et émises par le comité C.F.R. Il faudra des combinaisons différentes pour des types différents de fours ou
15 chaudières et des combustibles différents. Il va également de soi que les signaux engendrés par le détecteur 46 de lumière visible et par le détecteur 58 d'infrarouges peuvent être traités de toute manière convenable, de préférence par un dispositif numérique, en vue d'obtenir les données
20 voulues sous la forme désirée.

Il va de soi que, sans sortir du cadre de l'invention, de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'appareil électro-optique d'analyse de gaz de carneau, décrit et représenté.

REVENDEICATIONS

1. Appareil électro-optique d'analyse de gaz, destiné à la mesure simultanée de l'opacité, de la teneur en oxyde de carbone et de la teneur en hydrocarbures de gaz de carneau

5 le long d'un seul trajet de mesure traversant un carneau, cet appareil étant caractérisé en ce qu'il comprend :

une chambre (2) à échantillon disposée transversalement d'un côté à l'autre du carneau (4) et pouvant être traversée par l'écoulement (6) des gaz parcourant ce carneau;

10 un dispositif définissant un trajet optique (14) à un seul axe traversant longitudinalement cette chambre (2), ce dispositif comprenant un élément (12) convergent disposé au voisinage d'un côté du carneau (4) et un élément (10) de réflexion optique disposé près de l'autre côté de ce
15 carneau (4) et pouvant servir à réfléchir un faisceau d'énergie radiante provenant de cet élément convergent pour le renvoyer le long du trajet optique (14) et lui faire traverser à nouveau cet élément (12) ;

une source (16) destinée à produire de l'énergie
20 lumineuse visible et à la diriger le long du trajet optique (14) vers l'élément réflecteur (10);

une source (50), indépendante de la source (16) et destinée à produire une énergie infrarouge en des bandes spectrales prédéterminées se situant entre environ 3 microns
25 et 5 microns et à diriger cette énergie infrarouge le long du trajet optique (14) vers l'élément réflecteur (10);

un dispositif (46) destiné à détecter le niveau de l'énergie de lumière visible ayant traversé la chambre (2) le long du trajet optique (14), à travers l'élément convergent (12) vers l'élément réflecteur (10) et qui revient
30 de cet élément (10) et a traversé l'élément convergent (12); et

un dispositif (58) destiné à déceler le niveau d'énergie infrarouge ayant traversé la chambre (2) le long du trajet optique (14) en passant à travers l'élément convergent (12) pour parvenir à l'élément réflecteur (10) et en
35

revenir pour traverser à nouveau l'élément convergent (12) ;

ce qui permet de mesurer le long d'un seul trajet optique (14) traversant la chambre (2) les niveaux d'énergie visible et de l'énergie infrarouge ayant traversé cette chambre (2) à échantillon de gaz.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte également un dispositif permettant à la fois de diviser l'énergie de la lumière visible en des impulsions de durée et espacement prédéterminés et d'appliquer périodiquement des filtres neutres de densité prédéterminée à cette lumière visible produite par la source (16) et dirigée le long du trajet optique (14).

3. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif précité comprend une roue (18) pouvant tourner pour interrompre périodiquement la propagation du faisceau et qui comporte des filtres neutres (22, 24, 26, 28) espacés radialement autour de son centre de rotation et à la périphérie de cette roue.

4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend également un dispositif destiné à diviser l'énergie infrarouge en des impulsions de durée, d'espacement et de longueur d'onde prédéterminées.

5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif destiné à diviser l'énergie infrarouge comprend un élément tournant (52) comportant, espacés radialement autour de son centre de rotation et à sa périphérie, plusieurs filtres.

6. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend également un dédoubleur (38) de faisceau destiné à faire passer l'énergie de la lumière visible de la source (16) vers la chambre (2) le long du trajet optique (14) et à écarter de ce trajet optique (14) à un seul axe, par réflexion, la lumière visible reçue en retour de cette chambre (2) pour diriger cette lumière vers le dispositif (46) de détection du niveau de la lumière visible.

7. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source (50) d'énergie infrarouge est disposée en dehors du trajet optique (14) à un seul axe et en ce que l'appareil comprend également un combineur/séparateur (40) 5 de faisceau, qui coupe ce trajet optique (14) et est destiné à laisser passer l'énergie lumineuse visible pour la transmettre et à réfléchir vers le trajet optique (14) à un seul axe l'énergie infrarouge provenant de la source (50).

8. Appareil selon la revendication 7, caractérisé 10 en ce qu'il comprend également un dédoubleur (54) de faisceau interposé entre la source (50) d'énergie infrarouge et le combineur/séparateur (40) et destiné à faire passer l'énergie infrarouge de la source (50) à ce combineur/séparateur (40) et à réfléchir vers le dispositif (58) de détection de 15 l'infrarouge l'énergie infrarouge reçue en retour de la chambre (2).

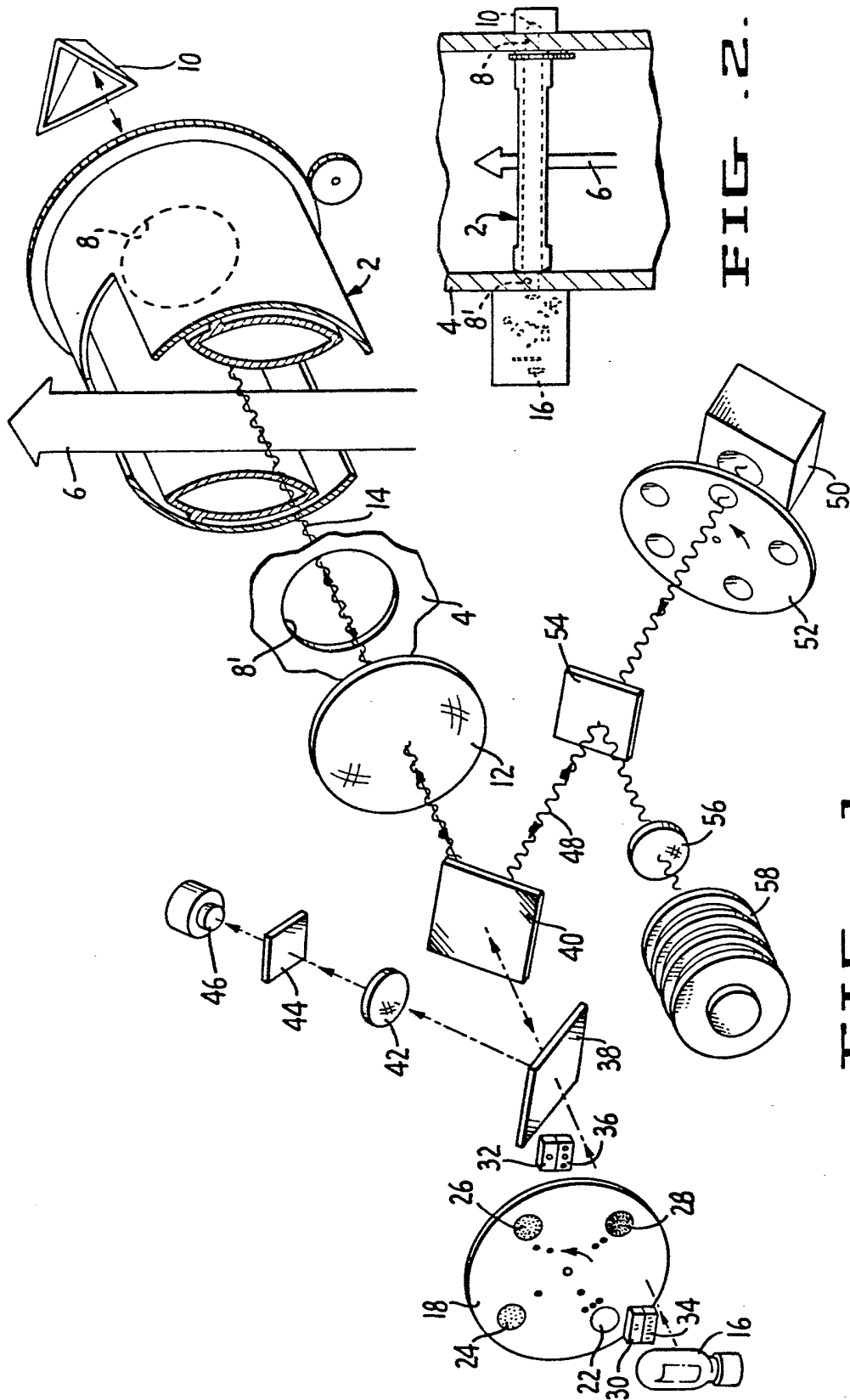


FIG. 2.

五十四