

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : **2 877 433**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **05 11206**

51) Int Cl<sup>8</sup> : G 01 J 5/08 (2006.01)

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 03.11.05.

30) Priorité : 03.11.04 DE 102004053659.7.

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 05.05.06 Bulletin 06/18.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : MY OPTICAL SYSTEMS GMBH — DE.

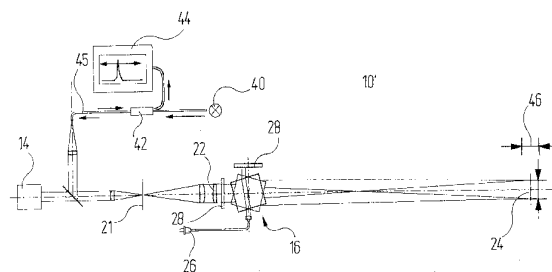
72) Inventeur(s) : JURCA MARIUS.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : NUSS.

54) PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR LA SAISIE SANS CONTACT DES PROPRIETES THERMIQUES DE LA SURFACE D'UN OBJET.

57) Dans un procédé pour la saisie sans contact des propriétés thermiques de la surface d'un objet le long d'une ligne (24), on saisit la lumière émise et/ou réfléchi par la surface de l'objet. Selon l'invention, un scanner polygonal (16) transparent, mobile en rotation, comportant un nombre pair de facettes disposées en paires opposées parallèles est placé dans le chemin optique d'une lentille de focalisation (22) pour saisir l'émission due à la température de la surface de l'objet. On saisit continuellement l'émission due à la température et/ou le rayonnement réfléchi de la surface de l'objet le long de la ligne (24) en fonction de la position angulaire du scanner polygonal par le décalage parallèle du chemin optique de la lentille de focalisation (22) provoqué par le scanner polygonal (16).



FR 2 877 433 - A1



## DESCRIPTION

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour la saisie sans contact des propriétés thermiques de la surface d'un objet le long d'une ligne, dans lequel on capte ou on saisit la lumière émise et/ou réfléchiée par la surface de l'objet.

5 Dans de nombreux domaines de la technique, il est important de pouvoir saisir des profils de température point par point. Ceci est possible en principe avec des capteurs de température discrets ponctuels que l'on applique le long d'une ligne souhaitée sur la surface de l'éprouvette à saisir. En général, cette façon de procéder suppose une application stationnaire et si possible unique, qui n'est pas considérée ici. La présente application concerne un processus continu, de sorte qu'une telle solution n'entre pas en ligne de compte.

10 Pour pouvoir effectuer la mesure proposée ici avec le moins de lacunes possibles, il faut qu'elle soit réalisée sans contact et très rapidement.

On connaît des capteurs qui saisissent la température d'un point de mesure sans contact. Avec la plupart des capteurs de ce type connus, on ne peut saisir des profils de température de la surface analysée que le long d'une direction de mouvement du processus.

15 Le problème posé ici est d'implémenter une saisie (presque) sans lacunes et à résolution locale de profils de température perpendiculairement à la direction de mouvement du processus. Les capteurs connus ne permettent pas une telle mesure car soit ils sont installés à poste fixe et ne peuvent donc saisir la température que sur la surface de la pièce située dans le « champ de vision » du capteur et le long de la direction de mouvement, soit, si lesdits

20 capteurs sont pivotés de façon alternée perpendiculairement à la direction de mouvement ou déplacés par translation au moyen d'un système électromécanique de niveau supérieur, jamais ils ne pourront saisir la température de la surface de la pièce souhaitée sans lacunes (ou presque sans lacunes) dans le cas de processus rapides en raison de l'inertie mécanique du capteur et du système de déplacement de niveau supérieur.

25 On connaît aussi des capteurs dont seul le faisceau de mesure est dévié par un ou plusieurs miroirs pivotants de façon alternée de manière à former une trace de mesure

perpendiculaire (ou presque perpendiculaire) à la ligne de mouvement. On obtient effectivement dans ce cas une certaine résolution locale, mais le procédé a toujours de considérables limitations étant donné que les miroirs pivotants n'exécutent pas un mouvement linéaire mais le plus souvent sinusoïdal en raison de leur inertie mécanique propre, de sorte que le temps de séjour du spot de mesure sur la surface de la pièce dépend de la position et influence par conséquent la valeur de mesure saisie. La vitesse de mesure atteignable est certes relativement élevée, mais elle est limitée par l'inertie du miroir, de sorte que la mesure n'est pas réalisable sans lacunes dans le cas de processus très rapides. Un autre inconvénient important du procédé mentionné consiste en ce que l'angle du faisceau de mesure et donc aussi la distance par rapport à la surface de la pièce varient continuellement pendant le mouvement de pivotement, et par conséquent que la mesure dépend fortement de la caractéristique de réflexion, le plus souvent inconnue, de la surface à mesurer. A cela s'ajoute la « courbure de champ » de la ligne de mesure, c'est-à-dire que sans une coûteuse optique correctrice les points de mesure se situent sur une ligne courbe dans le plan de balayage. Les « capteurs de température mesurant ponctuellement sans contact » ne mesurent de surcroît pas la température de surface sur un point presque sans dimension, mais habituellement sur un spot de mesure rond d'un diamètre d'environ 3 à 15 mm. Ces capteurs saisissent sans lacunes l'intégrale de la température sur une large trace correspondant au diamètre du spot de mesure le long de la direction de mouvement de la surface de la pièce, sachant qu'en raison de non-linéarités de reproduction optique, qu'en raison de la forme du spot de mesure et qu'en raison des profils de température à mesurer perpendiculairement à la direction de mouvement, il apparaît des erreurs de mesure systématiques qui rendent impossible une mesure de la température avec une résolution locale. Remarquons de plus à ce sujet qu'un spot de mesure de température circulaire présente une sensibilité de mesure non linéaire beaucoup plus élevée au centre qu'au bord du spot de mesure car la longueur de la distance de mesure au centre du spot de mesure correspond au diamètre et est plus courte au bord du spot de mesure, que la valeur de mesure dépendante de la température finalement saisie dépend de l'émissivité (ou pouvoir émissif) locale et de la puissance quatrième de la température localement présente ainsi que de la caractéristique de réflexion, dépendante du lieu, de la surface de la pièce.

Une autre classe de capteurs connue qui permet une mesure de température à résolution locale perpendiculairement à la direction de mouvement comprend des capteurs sensibles à la température ponctuels disposés en ligne (comme dans les caméras linéaires). Ces capteurs sont ceux qui se rapprochent le plus du problème posé mais ils ont également de graves inconvénients. Ainsi, le choix du matériau du capteur est limité et la plage de température mesurable dépend donc des matériaux de capteur disponibles. Par ailleurs, la ligne de capteurs présente des lacunes entre les différents capteurs, de sorte qu'avec une optique formant une image nette l'absence de lacunes de la mesure n'est plus assurée. Un autre inconvénient réside dans la sensibilité inégale des différents capteurs ponctuels de la ligne (tolérance de fabrication). Il est en général possible d'effectuer un calibrage, mais cela représente une complication et un renchérissement supplémentaires du système de mesure. Le coût d'un tel système de mesure est très élevé et augmente presque exponentiellement avec le nombre de capteurs individuels de la ligne, l'optique de reproduction nécessaire y ayant aussi une part considérable. En raison du coût de la ligne et des matériaux nécessaires ainsi qu'en raison de la taille de ces composants, la réalisation de pyromètres bi- ou polychromatiques n'est pas concevable et elle n'a pas eu lieu jusqu'ici à l'échelle industrielle.

La seule classe de capteurs de température qui permet en principe de résoudre le problème posé est constituée de capteurs individuels dont le faisceau de mesure est dévié au moyen de miroirs tournants (comme p. ex. scanner polygonal). Dans ce cas, les problèmes en relation avec l'inertie mécanique du scanner sont supprimés. Il faut certes équilibrer et équiper les scanneurs de paliers à air (ou analogues) aux très grandes vitesses de rotation, mais cette technique permet en principe d'atteindre des vitesses de mesure suffisamment grandes et constantes. Les scanners polygonaux posent néanmoins les problèmes suivants : a) la taille du polygone, b) l'élément d'entraînement situé sur l'axe de rotation du polygone et sa taille, c) la courbure de champ mentionnée ci-dessus qui ne peut être compensée que par de coûteux objectifs, d) le relativement grand angle de mesure souvent inutilisé et e) la variation permanente de l'angle de mesure par rapport à la surface de la pièce. Partant d'une taille de facette courante de 10 mm x 10 mm, le diamètre d'un polygone par exemple à 12 côtés est

déjà d'environ 40 mm. Les autres inconvénients ont déjà été traités avec les autres classes de capteurs.

De nombreux brevets ont été demandés dans le domaine de la mesure de température sans contact, mais ceux-ci présentent un ou plusieurs inconvénients par rapport à la présente invention, le présent procédé et le dispositif exemplaire ne portant pas sur la mesure de température elle-même, mais sur la résolution locale selon l'invention de la mesure et la solution techniquement avantageuse. Pour les pyromètres bi- ou polychromatiques avec et/ou sans utilisation d'une source de rayonnement de référence, nous citons dans le détail les demandes de brevet suivantes sans prétendre à l'exhaustivité : US 3,433,052 / US 3,442,591 / US 3,611,806 / US 3,619,059 / US 3,796,099 / US 4,225,230 / US 4,465,382 / US 4,470,710 / US 4,647,774 / US 4,647,775 / US 4,924,478 / US 5,231,595. Pour les méthodes de mesure multispectrales avec et sans utilisation d'une mesure de référence, nous citons les demandes de brevet suivantes sans prétendre à l'exhaustivité : US 3,822,098 / US 4,708,493 / US 4,880,314 / US 5,868,496.

Pour les méthodes avec mesure ciblée de la réflectivité de surface, nous citons les demandes de brevet suivantes sans prétendre à l'exhaustivité : US 4,417,822 / US 4,579,463. Pour le scanner de température, nous citons SU 4,439,049. Pour les méthodes de détermination de la position de la courbe de Planck, nous citons US 4,605,314 et enfin pour la séparation des signaux de mesure en fonction de la longueur d'onde nous citons US 4,605,314 et US 5,231,595. Pour la mesure de distance confocale, nous citons les demandes de brevet suivantes sans prétendre à l'exhaustivité : US 3,788,741 / US 4,081,215 / US 4,600,831 / US 4,711,578 / US 5,033,856 et GB 2 077 421. Les droits de propriété industrielle cités présentent de fortes différences par rapport au dispositif revendiqué ici et en particulier par le procédé de scannage revendiqué. Par souci d'exhaustivité, nous mentionnons ici en relation avec le procédé de mesure de profil de la surface d'un objet la classe des méthodes de mesure par triangulation avec projection de profil de faisceau fixe ou projection générée à l'aide d'un miroir de déviation mobile, sans citer de droits de propriété industrielle concrets, car elles présentent d'importants inconvénients par rapport à la méthode de mesure revendiquée et ont de plus été décrites en principe dans l'état de la technique.

On connaît de l'état de la technique le principe de la plaque à faces planes et parallèles pour corriger le décalage d'un chemin optique. Celui-ci est utilisé le plus souvent de manière stationnaire pour la mise au point manuelle. Le décalage parallèle de faisceau généré dépend de l'angle de la plaque utilisée par rapport à l'axe optique, de l'épaisseur et de l'indice de réfraction de la plaque.

Une mesure de profil rapide n'est réalisable que si l'on minimise ou élimine en premier lieu l'inertie du système de scannage optique. La manière la plus simple d'y parvenir consiste à convertir le mouvement de va-et-vient en un mouvement de rotation à vitesse constante. Par ailleurs, les conditions géométriques d'une mesure de température sont déterminantes pour la précision de la mesure, c.-à-d. que l'angle de mesure par rapport à la surface de l'objet doit être égal pour une mesure précise, car l'émissivité dépend de l'angle de mesure et devrait donc être la plus égale possible lors du scannage. En supposant que la plupart des surfaces techniques à mesurer sont planes, une mesure de profil correspondante doit assurer que le faisceau de mesure remplisse cette condition en tout point de la mesure de profil, c.-à-d. qu'un dispositif de mesure télécentrique est nécessaire. La présente invention a en outre pour but de limiter la limitation de l'angle de scannage à la plage nécessaire.

DE-OS 2 310 472 divulgue un dispositif qui permet de scanner ligne par ligne une image infrarouge d'un objet et de la représenter sur un moniteur vidéo.

JP 05 026 733 A divulgue un thermomètre avec un miroir tournant.

EP 1 118 848 A2 divulgue un dispositif pour saisir la température de surface d'un élément chauffant dont le rayonnement thermique est dirigé sur un pyromètre à l'aide d'un réflecteur tournant.

La tâche de l'invention ou le problème posé à l'invention est d'améliorer un procédé et un dispositif du type mentionné au début de manière à permettre la réalisation d'une saisie de profils de température (presque) sans lacunes et à résolution locale avec des moyens simples et une grande précision.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé du type cité en introduction à la présente description, caractérisé par le fait qu'un scanner polygonal transparent, mobile en rotation, comportant un nombre pair de facettes disposées en paires opposées parallèles est

placé dans le chemin optique d'une lentille de focalisation pour capter l'émission due à la température de la surface de l'objet, de telle manière que l'émission due à la température et/ou le rayonnement réfléchi de la surface de l'objet le long de la ligne est capté(e) continuellement, en fonction de la position angulaire du scanner polygonal, par le décalage  
5 parallèle du chemin optique de la lentille de focalisation provoqué par le scanner polygonal.

Ledit procédé peut en outre présenter l'une ou plusieurs des caractéristiques supplémentaires suivantes :

- dans chaque position du scanner polygonal, est capté(e) l'émission due à la température et/ou le rayonnement réfléchi de la surface de l'objet le long d'une bande qui est  
10 inclinée par rapport à la ligne ;

- la bande est perpendiculaire à la ligne ;

- l'émission due à la température et/ou le rayonnement réfléchi de la surface de l'objet le long de la bande est injecté(e) ou couplé(e) dans un faisceau de fibres plat ;

- pour rendre visible la position de mesure instantanée sur la surface de l'objet, la  
15 lumière d'une source lumineuse multispectrale visible ayant un domaine spectral situé à l'extérieur du domaine spectral de l'émission de la surface de l'objet est couplée ou injectée coaxialement dans le même chemin optique ;

- le profil de hauteur géométrique de la surface de l'objet le long de la ligne est saisi par l'analyse spectrale et d'intensité de la réflexion en retour de la source lumineuse  
20 multispectrale sur la surface de l'objet en même lieu et temps que la saisie de l'émission due à la température de la surface de l'objet ;

- un champ lumineux en bande est couplé ou injecté dans le chemin optique par la source lumineuse multispectrale.

L'invention a également pour objet un dispositif du type cité en introduction à la  
25 présente description, caractérisé par :

a) une lentille de focalisation,

b) un scanner polygonal transparent, mobile en rotation, comportant un nombre pair de facettes disposées en paires opposées parallèles qui est placé entre la lentille de focalisation et la surface de l'objet dont il faut mesurer l'émission due à la température.

Ledit dispositif peut, en outre, faire état de l'une ou de plusieurs des caractéristiques additionnelles suivantes :

- des moyens pour déterminer la position angulaire du scanner polygonal ;
- un dispositif de mesure de distance confocale intégré pour déterminer le profil
- 5 de hauteur géométrique de la surface de l'objet le long de la ligne ;
- le dispositif de mesure de distance confocale comprend une source lumineuse multispectrale et un analyseur spectral ;
- une fenêtre de saisie en bande pour la saisie de la lumière émise et/ou réfléchie par la surface de l'objet ;
- 10 - la fenêtre de saisie est formée par l'extrémité de couplage ou d'injection d'un faisceau de fibres plat.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortent de la description ci-après d'un exemple de réalisation à l'aide des dessins qui montrent :

- figure 1 la représentation de principe d'un scanner de température selon l'invention ;
- 15 figure 2 une représentation en perspective d'une cage de scanner avec des encoches d'entraînement par air et des supports avec des buses d'air ;
- figure 3 la représentation de principe d'un dispositif de réglage avec une diode laser visible ;
- figure 4 la représentation de principe d'un exemple de réalisation d'un scanner de
- 20 température selon l'invention avec dispositif de distance confocal intégré ;
- figure 5 une représentation en perspective d'un scanner cubique standard transparent ;
- figure 6 une vue de côté du scanner cubique représenté sur la figure 5, sur laquelle on peut voir la génération d'un décalage du chemin optique perpendiculairement au plan de scannage.

- 25 Pour la réalisation du procédé de mesure selon l'invention, il est proposé ici un système de capteur 10 dans lequel un faisceau de mesure entre un point de mesure sur la surface de l'objet et un dispositif détecteur 14 pour la saisie de la température de la surface de l'objet au moyen d'un scanner polygonal 16 transparent aux longueurs d'onde de mesure comportant un nombre pair de facettes A, AA, B, BB (voir figure 5) est monté dans une cage

18 mobile en rotation et entraînée par air (voir figure 2) de telle manière que le faisceau de mesure soit dévié par le scanner polygonal 16 selon le principe des plaques à faces planes et parallèles, un deuxième dispositif de mesure 20 étant utilisé pour la saisie de la position angulaire actuelle du scanner, lequel fonctionne de préférence optiquement (comme une  
5 barrière optique) et est disposé perpendiculairement à l'axe optique OA du système de capteur 10. La saisie de la position angulaire peut naturellement être réalisée par d'autres moyens.

Sur la figure 1, 21 désigne un diaphragme et 23 un filtre.

La cage 18 dispose du même nombre pair d'ouvertures que le scanner polygonal 16 transparent et la position des ouvertures de la cage correspond à la position des facettes du  
10 polygone. Les facettes opposées sont parallèles l'une par rapport à l'autre. Le polygone possède de préférence 4 facettes, c.-à-d. que le scanner polygonal 16 est un scanner cubique transparent. Dans ce qui suit, nous nous référerons à un scanner cubique. Les autres entretoises qui restent entre les ouvertures de cage de la paroi extérieure cylindrique servent à  
fixer le cube transparent (aux angles) et recouvrir l'angle optiquement inactif du scanner (voir  
15 figures 1 et 2).

Le scanner cubique raccourcit un peu la distance focale d'une lentille de focalisation 22 et il apparaît en outre une petite courbure de champ d'environ 50  $\mu\text{m}$  pour une distance de mesure 24 de  $\pm 2$  mm, négligeable pour des applications normales. En même temps, la transmission du scanner cubique change en fonction de l'angle instantané des  
20 surfaces optiques traversées par rapport à l'axe optique OA du dispositif de mesure et elle est maximale à  $90^\circ$  (perpendiculairement à l'axe optique OA). Le dispositif selon l'invention 10 est conçu de telle manière que la courbure de champ se rapportant à la valeur de mesure de température compense au moins partiellement la transmission du scanner cubique en fonction de l'angle pour une surface d'objet plane. Cette compensation peut aussi être réalisée pour des  
25 surfaces d'objet de forme différente.

Dans une variante avantageuse du dispositif selon l'invention, au moins une paire des facettes de polygone susmentionnées n'est pas parallèle à l'axe de rotation du scanner 29, grâce à quoi le chemin optique sort du plan de rotation du scanner, de sorte qu'il se forme sur la surface de l'objet deux ou plus lignes de mesure décalées dans la direction de mouvement

du processus, c.-à-d. perpendiculairement au plan de scannage (voir figure 6). Ceci est avantageux car la mesure offre une image totale quasi stationnaire du point à mesurer sur la surface de l'objet.

Si nécessaire (p. ex. manque de place pour le montage du capteur), le chemin  
5 optique entre le scanner cubique et la surface de l'objet peut être dévié par un miroir supplémentaire (sans représentation).

L'entraînement par air a été prévu pour minimiser la taille du scanner. La vitesse de rotation du scanner peut être réglée par l'intermédiaire de la pression d'air et n'est pas régulée pour des raisons de coût et de place. D'autres variantes constructives sont aussi  
10 imaginables pour l'entraînement du scanner. Par exemple, l'entraînement nécessaire peut fonctionner électromagnétiquement, sans contact, comme un barreau d'agitateur dans l'industrie chimique. L'entraînement par air mentionné ici est constitué d'une ou plusieurs buses qui soufflent tangentiellement sur les surfaces terminales latérales de la cage où de petites encoches  
15 deux buses d'air 27 (une de chaque côté de la cage) (voir figure 2).

Etant donné que l'on saisit la vitesse de rotation du scanner, il est possible, en cas d'exigences plus élevées concernant la précision du respect d'une vitesse de rotation constante, de réguler la pression d'air de l'entraînement du scanner au moyen d'un étranglement commandé ou d'une soupape et d'un régulateur approprié, de manière à régler et  
20 maintenir une vitesse de rotation souhaitée.

La position angulaire du scanner cubique correspond indirectement à la position du spot de mesure de température dans le plan de rotation du scanner. On utilise de préférence comme source de lumière pour la saisie de la position angulaire une LED 26 couplée par fibre et pour la saisie de position une diode sensible à la position (PSD) 28. La résolution de la  
25 mesure de référence est pratiquement infinie puisque la PSD 28 forme au micromètre près la position du centre de gravité du faisceau lumineux incident. En utilisant un court morceau de fibre optique, le faisceau de référence a été conformé suffisamment bien pour être projeté de manière homogène et complète sur la surface de la PSD 28 (voir figure 1). La ou les valeur(s)

de mesure sont corrélées avec la position angulaire respective du scanner cubique et prises en compte en fonction de cela par un dispositif d'évaluation de niveau supérieur.

La structure a par exemple été équipée d'un détecteur Ge rapide 14, ce qui permet de saisir des températures à partir d'environ 300 °C. Une mesure de température sur deux  
5 longueurs d'ondes peut aussi être réalisée de la manière présentée. Grâce à l'effet « chopper » du scanner cubique, il est possible aussi d'utiliser des pyrodétecteurs IR peu coûteux comme capteurs pour la saisie de la température de surface de l'objet.

La résolution locale de la mesure de température est en pratique  $< 0,1$  mm. La sensibilité du capteur diminue au bord de la zone de mesure car la transparence du cube  
10 diminue aux grands angles de déviation. Mais il est possible d'éliminer cette erreur systématique par calibrage. La distance de travail du scanner est par exemple de 130 mm et la distance de scannage sur la surface de l'objet de  $\pm 2$  mm. A la vitesse de rotation maximum atteignable du scanner cubique, la vitesse de scannage réelle atteint 120 m/s. Malgré la faible  
15 consommation d'air comprimé, des vitesses de rotation allant jusqu'à 60 000 tr/min ont été atteintes de manière fiable, c.-à-d. 4 000 profils de température par seconde (4 profils par tour). Pour une utilisation durable à cette vitesse de rotation, le scanner doit être équilibré et éventuellement monté sur des paliers à air. L'échelle des dimensions mentionnées ici à titre  
d'exemple peut être modifiée à volonté. L'air comprimé utilisé doit être exempt de particules, d'huile et d'eau.

20 Pour améliorer la mise en œuvre pratique du dispositif selon l'invention, un repère visible sur la surface de l'objet est nécessaire pour rendre visible aux fins de réglage la position exacte de la zone de mesure. En raison des particularités du dispositif selon l'invention, nous proposons ici deux dispositifs de principe, dépendants de l'application, pour un couplage avantageux du rayonnement visible d'une diode laser dans le chemin optique du  
25 scanner :

a) si l'on a besoin d'un point immobile au centre de la distance de mesure sur la surface de l'objet à mesurer, le couplage doit être effectué entre scanner et objet, ou

b) si l'on a besoin d'un trait visible au niveau de la distance de mesure sur la surface de l'objet, le couplage doit être effectué dans la partie collimatée du chemin optique entre scanner cubique et dispositif de mesure de température.

Il est particulièrement avantageux de prévoir un dispositif séparé, dans lequel le rayonnement collimaté d'une diode laser visible 30, à laquelle est associée une optique de collimation, est divisé par un prisme à 90° 32 en deux faisceaux égaux qui sont déviés symétriquement par rapport à l'axe optique du dispositif de mesure à l'aide de deux miroirs réglables 34, de telle manière qu'ils se croisent exactement au centre 36 de la distance de mesure de température du scanner. Cela indique la position exacte de la distance de mesure 24 (voir figure 3). Ce dispositif peut être situé soit dans le plan de scannage, soit dans la bride de fixation du scanner (sans représentation) et incliné par rapport à l'axe optique du scanner de telle manière que le point d'intersection des deux faisceaux de repérage de la diode laser visible se situe exactement au centre de la distance de mesure du scanner.

Selon l'invention, le dispositif de repérage visible peut être combiné à un dispositif mesurant sur la même longueur d'onde pour mesurer la réflexion en retour de la surface de l'objet dans le but d'obtenir des informations supplémentaires sur la surface. Une telle mesure convient, entre autres, pour déterminer la réflectivité et/ou l'émissivité de la surface et peut être étendue à une ou plusieurs longueurs d'onde visibles et/ou invisibles pour des variations complexes et irrégulières desdites propriétés. Dans ce cas, une mesure très précise et très rapide de la température le long de la distance de mesure de température du scanner est possible.

En outre, une caméra matricielle peut être disposée dans le chemin optique du dispositif selon l'invention en vue d'améliorer la mise en œuvre pratique du dispositif, la caméra étant toujours déclenchée selon l'invention à une certaine position angulaire présélectionnable du scanner cubique afin d'obtenir une image fixe (sans représentation). Etant donné que la vitesse du scanner est beaucoup plus grande que la fréquence de répétition d'image de la caméra matricielle, le déclenchement de la caméra a lieu chaque fois après un nombre réglable de tours du scanner. La caméra est de préférence déclenchée dans la position 0 du cube, c.-à-d. quand les surfaces du scanner cubique sont perpendiculaires à l'axe optique

du dispositif. Le segment d'image de la surface de l'objet saisi par le scanner cubique est suffisamment grand pour rendre visible l'ensemble de la zone de mesure dans un but de documentation et de contrôle.

Un champ d'application typique d'un tel dispositif de mesure est la saisie des propriétés thermiques d'un cordon de soudure qui vient d'être réalisé ou la surveillance de processus thermiques sur des pièces sans fin comme par exemple l'étirage de fil.

Dans ces cas, les propriétés géométriques des objets à saisir en liaison avec et en même temps que leurs propriétés thermiques sont aussi d'une grande importance. D'une part, le dispositif revendiqué offre une bonne résolution latérale, de sorte qu'il est possible de saisir de manière faible et rapide p. ex. la largeur d'un cordon de soudure chaud ou du bain de fusion lors du soudage ou le diamètre de fil lors du tréfilage.

Les dispositifs de repérage selon l'invention susmentionnés permettent de réaliser des tâches simples, mais des structures irrégulières comme un cordon de soudure ne peuvent être mesurées de façon suffisamment précise qu'à l'aide d'une extension supplémentaire du dispositif de mesure, comme il est montré sur la figure 4. Une mesure de distance confocale peut être réalisée selon le principe de la réflexion en retour avec une ou plusieurs longueurs d'onde qui servent aussi de référence de repère lumineux visible. Pour cela, la lentille de focalisation 22 du dispositif revendiqué est conçue avec un défaut chromatique le plus grand et le plus linéaire possible, de façon que les foyers des différentes longueurs d'onde qui sont projetées en même temps sur l'objet à mesurer se situent à des distances différentes. Selon l'invention, le dispositif de mesure à réflexion en retour susmentionné est complété par un dispositif de séparation et d'analyse spectrale qui est en mesure de saisir continuellement la longueur d'onde et l'intensité de la réflexion en retour à l'extérieur et/ou à l'intérieur du domaine spectral dans lequel on effectue la mesure de température.

Pour des tâches simples, deux ou trois longueurs d'onde discrètes sont suffisantes pour déterminer un profil de hauteur géométrique grossier à partir du foyer du dispositif revendiqué. Pour des tâches complexes, on peut utiliser de la lumière blanche, la lentille de focalisation du dispositif revendiqué décomposant le spectre existant de la source de lumière blanche au niveau de la ligne de mesure de température en composantes spectrales, de sorte

qu'une surface située dans cette zone ne réfléchit en retour que les composantes lumineuses qui sont exactement focalisées sur la surface à mesurer. Par conséquent, la longueur d'onde de la réflexion en retour correspond à la position de la surface de l'objet au foyer, de sorte que l'on mesure, en combinaison avec le mouvement du scanner, quatre fois par tour de scanner  
5 toute la forme du profil de la surface de l'objet au foyer.

Etant donné que le décalage de faisceau par le scanner cubique dépend de la longueur d'onde, il apparaît une petite erreur de mesure systématique dépendante de l'angle qui peut être calculée et compensée selon l'invention par rapport à la position angulaire instantanée du scanner cubique.

10 Avec le système de capteur 10' représenté sur la figure 4, on saisit par l'intermédiaire de la lentille de focalisation 22, à l'aide du dispositif de mesure de température sans contact 14, ponctuellement l'émission due à la température de la surface d'un objet située dans la zone 24. Pour augmenter la résolution spatiale de la mesure de température, le scanner polygonal 16 transparent, mobile en rotation, est placé dans le chemin optique, de sorte que,  
15 du fait du décalage parallèle résultant du chemin optique, qui est désigné par d sur la figure 6, on saisit l'émission de la surface le long de la ligne de mesure 24.

Pour la saisie de la position angulaire du scanner polygonal (représenté ici sous forme de cube), la lumière collimatée de la LED 26 est projetée perpendiculairement à l'axe optique du dispositif de mesure sur la PSD 28 à travers le scanner polygonal. Grâce à cela, il  
20 est possible d'associer toute valeur de mesure de température à une position le long de la ligne de mesure 24. En même temps, la lumière d'une source lumineuse multispectrale 40 est couplée coaxialement dans le chemin optique du dispositif de mesure par une fibre optique 45. En raison des aberrations chromatiques de la lentille de focalisation 22, le spectre de la source lumineuse 40 est décomposé et focalisé dans la zone de mesure de hauteur 46. Lorsque  
25 la lumière arrive sur la surface de l'objet, la longueur d'onde qui est exactement focalisée dessus est réfléchiée en retour et peut être extraite par un dispositif de branchement 42 et évalué par un analyseur spectral 44. La longueur d'onde mesurée ici correspond à la position du point d'incidence de la lumière dans la zone de mesure de hauteur 46. Cela permet de

déterminer en plus des données de mesure de température obtenues la forme géométrique de la surface de l'objet le long de la ligne de mesure 24.

Dans les exemples de réalisation précédents, l'objet est analysé le long d'une ligne pendant la rotation du scanner polygonal 16. Dans un développement avantageux de l'invention, la lentille de focalisation 22 ne forme pas sur le dispositif détecteur 14 l'image d'un point de l'objet déplaçable par le scanner polygonal, mais une bande étroite déplaçable. Pour cela, il suffit d'assurer que le dispositif détecteur possède à la place d'une fenêtre de saisie ponctuelle ou circulaire, une fenêtre de saisie en bande. Une telle fenêtre de saisie en bande peut être formée p. ex. par la surface de coupe d'un faisceau de fibres plat dans lequel le rayonnement à saisir est couplé. Les fibres du faisceau de fibres sont alors juxtaposées dans un plan qui est incliné par rapport au plan du papier de la figure 1 et de préférence perpendiculaire à celui-ci.

En outre, la lentille entre le dispositif détecteur 14 et le diaphragme 21 devrait être une lentille cylindrique afin de focaliser la fenêtre de saisie en bande dans le plan du diaphragme. La lentille cylindrique a ici un axe longitudinal qui s'étend dans le plan formé par les fibres et donc parallèlement à la direction longitudinale de la fenêtre de saisie.

La répartition de la lumière à l'autre extrémité du faisceau de fibres, c'est-à-dire à l'extrémité opposée à l'extrémité de couplage, est soit dirigée sur un élément détecteur plan à haute résolution, soit sur plusieurs éléments détecteurs distincts. Dans ce dernier cas, il faut que les fibres du faisceau de fibres soient en général séparées les unes des autres.

La fenêtre de saisie en bande permet de saisir une zone en bande sur l'objet dans toute position du scanner polygonal 16. Pendant la rotation du scanner polygonal 16, la zone en bande se déplace sur l'objet, de sorte que l'on saisit les propriétés thermiques de l'objet non le long d'une ligne comme dans les exemples de réalisation décrits ci-dessus, mais sur une surface. Cela permet de saisir encore plus rapidement les propriétés thermiques de l'objet.

Pour pouvoir également déterminer la température d'objets en temps réel, dont l'émissivité oscille, par exemple, du fait d'une constitution inhomogène de la surface, un faisceau ou rayon laser pulsé supplémentaire peut être injecté ou couplé dans l'axe optique du scanner polygonal 16 par l'intermédiaire d'un dispositif optique d'injection ou de couplage, par

exemple un diviseur de faisceau. Le faisceau laser supplémentaire a une longueur d'onde qui se situe dans la plage des longueurs d'onde de mesure du détecteur 14 pour rayonnement thermique. L'injection ou le couplage est préférentiellement réalisé(e) entre les lentilles d'un collimateur. De cette manière, le faisceau laser parvient toujours, par l'intermédiaire de la

5 lentille de focalisation 22 et du scanner polygonal 16, sur le point de la surface de l'objet dont le rayonnement thermique est capté ou saisi. Après réflexion au niveau de ce point, la fraction réfléchie du faisceau laser est captée ou saisie par le détecteur 14 sous la forme de fraction de signal pulsé. A partir de la fraction captée du faisceau laser, il est possible de calculer la

10 réflectivité du point sur la surface de l'objet et à partir de celle-ci son émissivité. L'émissivité calculée est alors prise en considération pour corriger la valeur de mesure de la température relevée, faussée par l'émissivité oscillante. Il est possible de cette manière de déterminer correctement la température de surfaces fortement réfléchissantes, par exemple d'aluminium ou d'acier inoxydable, et cela même en présence d'angles de mesure obliques par rapport aux surfaces des objets.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé pour la saisie sans contact des propriétés thermiques de la surface d'un objet le long d'une ligne, dans lequel on capte la lumière émise et/ou réfléchiée par la surface de l'objet,

caractérisé par le fait

5 qu'un scanner polygonal (16) transparent, mobile en rotation, comportant un nombre pair de facettes (A, AA, B, BB) disposées en paires opposées parallèles est placé dans le chemin optique d'une lentille de focalisation (22) pour capter l'émission due à la température de la surface de l'objet, de telle manière que l'émission due à la température et/ou le rayonnement réfléchi de la surface de l'objet le long de la ligne (24) est capté(e)  
10 continuellement, en fonction de la position angulaire du scanner polygonal (16), par le décalage parallèle (d) du chemin optique de la lentille de focalisation (22) provoqué par le scanner polygonal (16).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, dans chaque  
15 position du scanner polygonal (16), est capté(e) l'émission due à la température et/ou le rayonnement réfléchi de la surface de l'objet le long d'une bande qui est inclinée par rapport à la ligne (24).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que la bande est  
20 perpendiculaire à la ligne (24).

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé par le fait que l'émission due à la température et/ou le rayonnement réfléchi de la surface de l'objet le long de la bande est injecté(e) ou couplé(e) dans un faisceau de fibres plat.

25

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que pour rendre visible la position de mesure instantanée sur la surface de l'objet, la lumière d'une source lumineuse multispectrale visible (40) ayant un domaine spectral situé à l'extérieur du domaine spectral de l'émission de la surface de l'objet est couplée ou injectée coaxialement dans le même chemin optique.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le profil de hauteur géométrique de la surface de l'objet le long de la ligne (24) est saisi par l'analyse spectrale et d'intensité de la réflexion en retour de la source lumineuse multispectrale (40) sur la surface de l'objet en même lieu et temps que la saisie de l'émission due à la température de la surface de l'objet.

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4 et selon la revendication 5 ou 6, caractérisé par le fait qu'un champ lumineux en bande est couplé ou injecté dans le chemin optique par la source lumineuse multispectrale.

8. Dispositif pour la saisie sans contact des propriétés thermiques de la surface d'un objet le long d'une ligne (24), dans lequel on capte la lumière émise et/ou réfléchiée par la surface de l'objet,

20 caractérisé par :

a) une lentille de focalisation (22),

b) un scanner polygonal (16) transparent, mobile en rotation, comportant un nombre pair de facettes (A, AA, B, BB) disposées en paires opposées parallèles qui est placé entre la lentille de focalisation (22) et la surface de l'objet dont il faut mesurer l'émission due à la température.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé par des moyens (26, 28) pour déterminer la position angulaire du scanner polygonal (16).

10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, caractérisé par un dispositif de mesure de distance confocale intégré (40, 42, 44, 45) pour déterminer le profil de hauteur géométrique de la surface de l'objet le long de la ligne (24).

5                    11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé par le fait que le dispositif de mesure de distance confocale comprend une source lumineuse multispectrale (40) et un analyseur spectral (44).

10                    12. Dispositif selon la revendication 8 à 11, caractérisé par une fenêtre de saisie en bande pour la saisie de la lumière émise et/ou réfléchie par la surface de l'objet.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé par le fait que la fenêtre de saisie est formée par l'extrémité de couplage ou d'injection d'un faisceau de fibres plat.

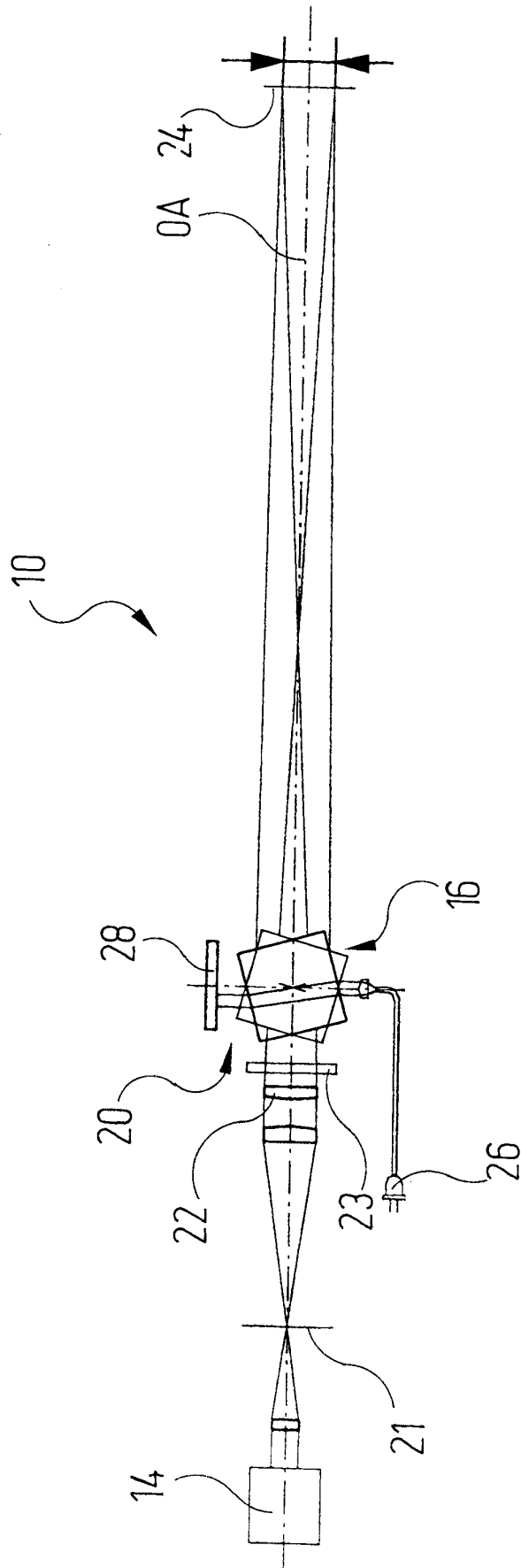


Fig. 1

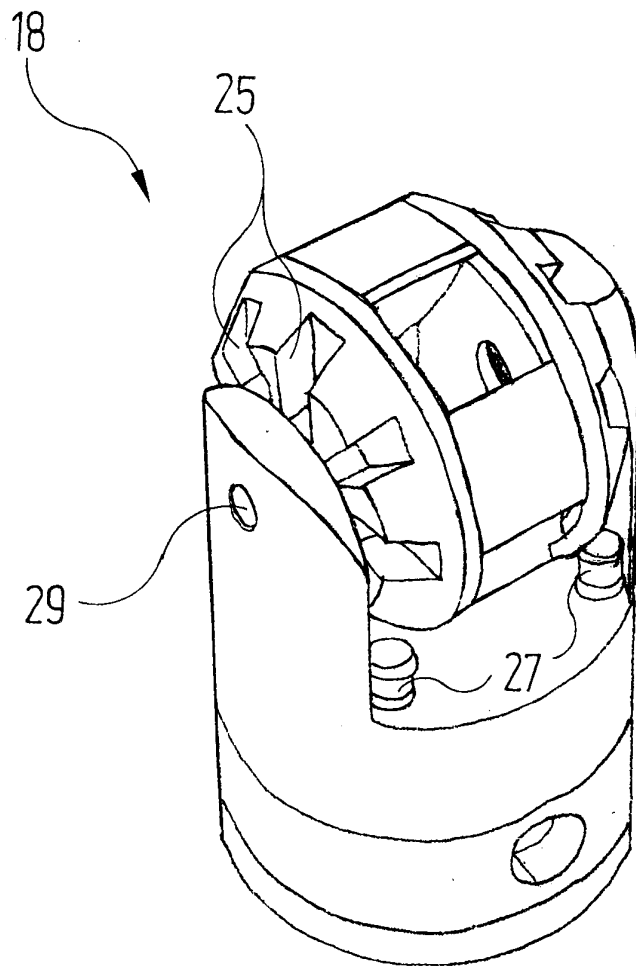


Fig. 2

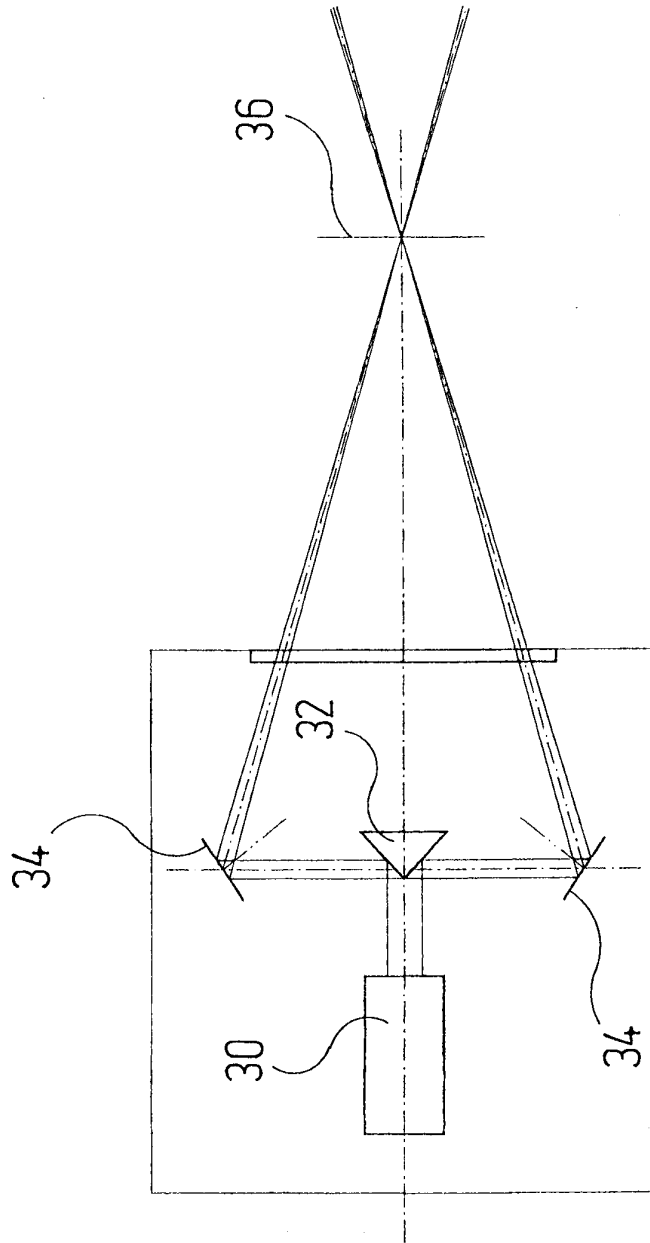


Fig. 3

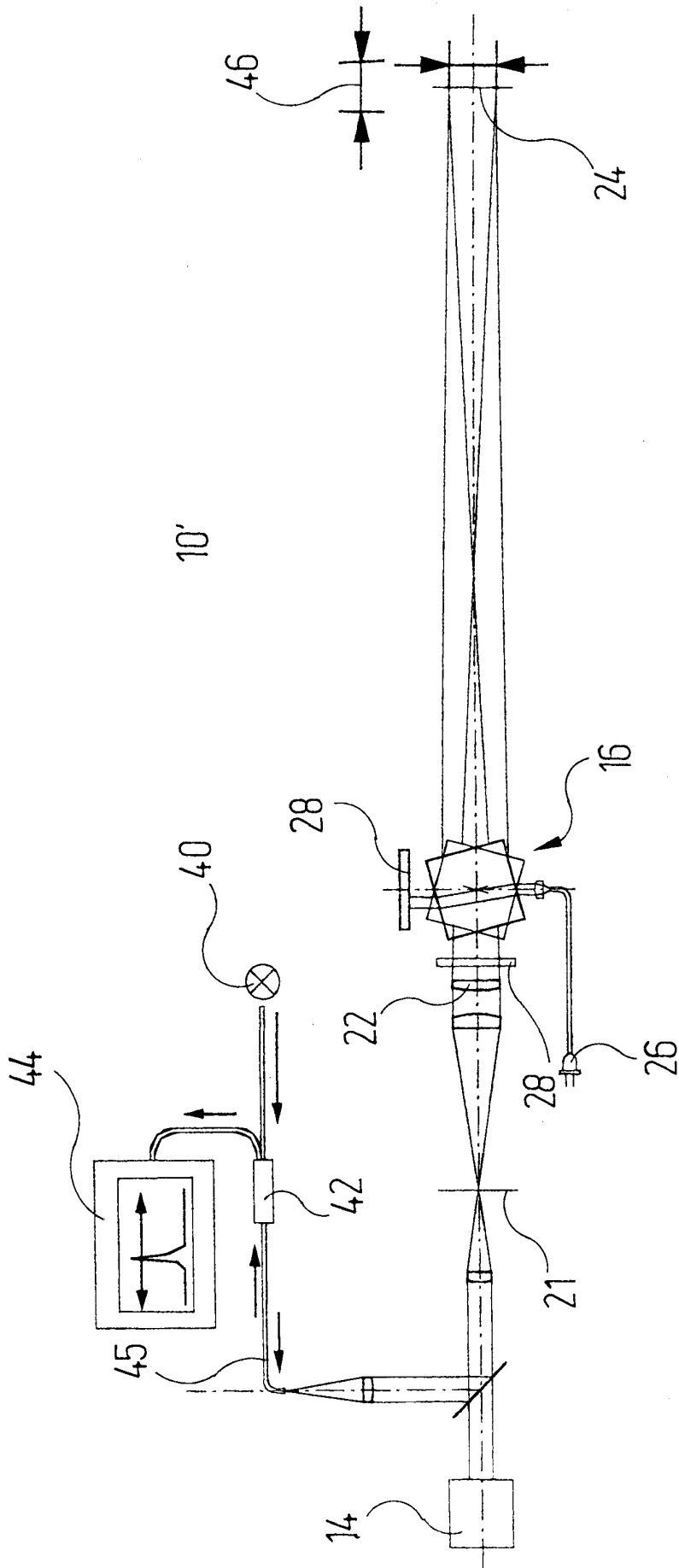


Fig. 4

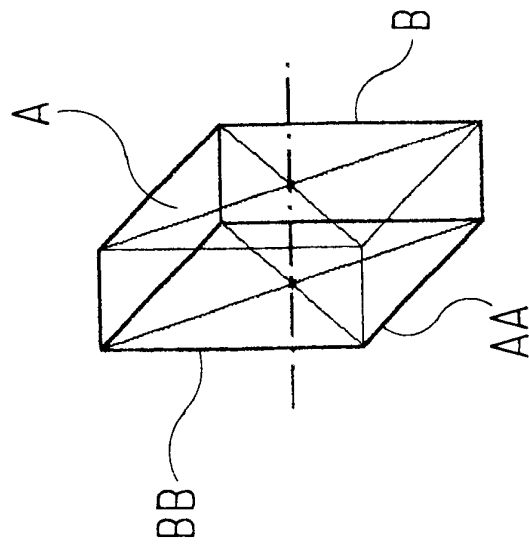


Fig. 5

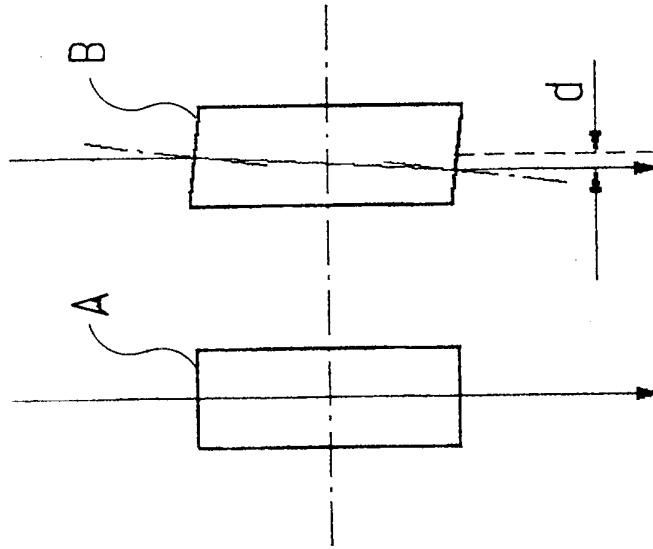


Fig. 6