

12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **88202219.7**

51 Int. Cl.4: **H05B 6/68**

22 Date de dépôt: **06.10.88**

30 Priorité: **20.10.87 FR 8714442**

43 Date de publication de la demande:
26.04.89 Bulletin 89/17

84 Etats contractants désignés:
DE FR GB IT SE

71 Demandeur: **Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée L.E.P.**
3, Avenue Descartes
F-94450 Limeil-Brévannes(FR)

84 **FR**

71 Demandeur: **N.V. Philips'**
Gloeilampenfabrieken
Groenewoudseweg 1
NL-5621 BA Eindhoven(NL)

84 **DE GB IT SE**

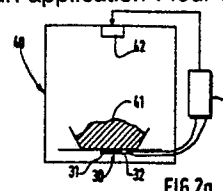
72 Inventeur: **Steers, Michel Société Civile S.P.I.D.**
209, Rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)
Inventeur: **Hazan, Jean-Pierre Société Civile S.P.I.D.**
209, Rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)
Inventeur: **Delmas, Gilles Société Civile S.P.I.D.**
209, Rue de l'Université
F-75007 Paris(FR)

74 Mandataire: **Landousy, Christian et al Société Civile S.P.I.D.** **209, Rue de l'Université**
F-75007 Paris(FR)

EP 0 313 141 A1 54 **Four à micro-ondes muni d'un capteur de décongélation.**

57 **Four à micro-ondes** comprenant une source micro-onde et un capteur placé dans le four à proximité d'un produit à traiter, le capteur comprenant une substance qui absorbe l'énergie micro-onde, l'absorption de l'énergie micro-onde par le capteur et par le produit provoquant leur élévation de température, la température du capteur étant mesurée par un organe de mesure. Le capteur contrôle la décongélation d'un produit à décongeler et pour cela la substance, qui absorbe l'énergie micro-onde, est déposée en couches sur un support qui est placé

après le produit à décongeler afin qu'une grande partie de la surface du capteur ne soit pas en vue directe de la source micro-onde. Le support peut être une des parois de la cavité du four. La substance peut être une encre déposée par sérigraphie sur la sole du four. application : four à micro-ondes



FOUR A MICRO-ONDES MUNI D'UN CAPTEUR DE DECONGELATION

L'invention concerne un four à micro-ondes comprenant une source micro-onde et un capteur placé dans le four à proximité d'un produit à traiter, le capteur comprenant une substance qui absorbe l'énergie micro-onde, l'absorption de l'énergie micro-onde par le capteur et par le produit provoquant leur élévation de température, la température du capteur étant mesurée par un organe de mesure.

Les fours à micro-ondes sont maintenant couramment employés pour décongeler et réchauffer des aliments préalablement placés dans un congélateur. Cette décongélation s'effectue généralement par une méthode empirique : l'utilisateur détermine un poids approximatif de l'aliment à décongeler et en déduit un temps lui aussi approximatif pendant lequel doit fonctionner son four à micro-ondes. Il s'ensuit une décongélation plus ou moins complète, voire un commencement de cuisson. D'autre part il est connu dans la littérature que l'eau, constituant essentiel de la plupart des aliments, absorbe très différemment les micro-ondes vers 2,45 GHz selon que sa température est inférieure ou supérieure à 0 °C. En dessous de 0 °C la glace est très sensiblement transparente aux micro-ondes, par contre pour une température supérieure à 0 °C l'eau absorbe très fortement les micro-ondes. Ce phénomène est dû aux variations de pertes diélectriques de l'eau en fonction de la température. Le document FR 2 571 830 décrit un four à micro-ondes muni d'une charge-étalon placée dans le four à côté des aliments à traiter. La charge-étalon absorbe l'énergie micro-onde selon une répartition s'effectuant en fonction des charges constituées par la charge-étalon et la charge des aliments à traiter. Il est ainsi possible, à partir de l'échauffement de la charge-étalon, de connaître la quantité d'aliments se trouvant dans le four et de déterminer automatiquement le temps de cuisson. D'après ce document la vitesse d'échauffement de la charge-étalon serait pratiquement indépendante de la température du capteur.

Bien que l'opération de décongélation soit nommée, aucun moyen n'est révélé qui permette de suivre et de contrôler cette transition délicate qui concerne le passage pour le produit d'un état congelé en un état décongelé.

Le problème technique posé par l'invention est donc de suivre l'évolution de la température du produit à décongeler et de déterminer la fin de la décongélation avec un capteur qui présente une bonne détectivité et qui soit peu onéreux afin de pouvoir opérer l'étape suivante.

La solution de ce problème technique consiste

en ce que le capteur contrôle la décongélation d'un produit à décongeler et pour cela la substance, qui absorbe l'énergie micro-ondes, est déposée en couches sur un support qui est placé après le produit à décongeler afin qu'une grande partie de la surface du capteur ne soit pas en vue directe de la source micro-onde.

Si deux charges sont introduites en même temps dans un four à micro-ondes, la puissance totale disponible se répartit dans les deux charges pour élever la température des charges selon leurs absorptions respectives. Si les caractéristiques thermodynamiques de l'une des charges sont connues, la variation de température de cette charge de référence sera dépendante de la présence et de l'état thermodynamique du produit à décongeler et cette variation permettra de déterminer l'état du produit à décongeler. Le capteur de décongélation constitue cette charge de référence. Il doit présenter des paramètres thermodynamiques déterminés et stables.

La situation exploitée par l'invention est celle où l'autre substance est principalement de la glace. C'est le cas du produit à décongeler. Son coefficient d'absorption est très faible. L'énergie micro-onde sera donc absorbée principalement par le capteur lui-même qui, lui, est prévu pour avoir un coefficient d'absorption suffisant. Le passage par le produit de l'état de glace à l'état d'eau va faire que le produit va progressivement absorber de plus en plus d'énergie micro-onde donc s'échauffer de plus en plus. L'énergie absorbée par le capteur va elle diminuer progressivement. Ainsi l'évolution de la température du capteur va permettre de suivre l'évolution de la température du produit en cours de décongélation placé à proximité.

Le produit à décongeler étant généralement formé d'une grande partie de glace, la substance du capteur de décongélation doit présenter des pertes supérieures aux pertes diélectriques de la glace.

La substance est déposée en couches sur un support par exemple les parois de la cavité du four. Le matériau du support peut être transparent aux micro-ondes par exemple choisi parmi les matériaux suivants : vitrocéramique, alumine, verre. La substance peut être placée dans un boîtier qui laisse passer les micro-ondes.

Le capteur est disposé après le produit à décongeler afin de ne pas être en vue directe de la source micro-onde. Il est ainsi possible de cumuler deux mécanismes d'échauffement ce qui assure une grande sensibilité de détection des variations de température du capteur.

Le premier mécanisme est celui du transfert de

la puissance micro-onde dissipée du capteur vers le produit à décongeler lorsque ce dernier passe de l'état congelé à l'état décongelé.

En particulier si le produit, qui par sa nature contient beaucoup d'eau, sort du congélateur à une température avoisinant -20°C , il n'absorbera que très faiblement les micro-ondes. Par suite toute la puissance disponible dans le four à micro-ondes sera utilisée pour élever la température du capteur. Dès que le processus de décongélation du produit est engagé celui-ci absorbera de plus en plus la puissance micro-onde et par suite l'élévation de température du capteur sera moins rapide.

Le second mécanisme consiste en ce que le produit à décongeler intercepte de plus en plus les micro-ondes qui le traversent en direction du capteur. Ceci provient du fait que le produit à décongeler devient de plus en plus opaque aux micro-ondes.

En conséquence la pente de la courbe d'élévation de température du capteur en fonction du temps va constamment décroître jusqu'à ce que toute la glace présente dans le produit à décongeler soit complètement transformée en eau. Par la suite l'élévation de température du produit sera une fonction linéaire du temps si les caractéristiques thermodynamiques du produit ne varient pas.

Le capteur est placé après le produit à décongeler dans la direction allant de la source micro-onde au produit à décongeler. La source micro-onde peut être mise sur une quelconque des parois de la cavité du four. Le capteur est alors disposé près de la paroi opposée ou fixé à celle-ci. En particulier lorsque la source micro-onde est placée dans la partie supérieure de la cavité, le capteur est disposé près de la sole du four préférentiellement au-dessous de celle-ci. Le capteur peut être mis en contact avec la sole du four. Si la substance du capteur est dans un boîtier celui-ci est fixé sous la sole du four. Mais préférentiellement la substance absorbante du capteur est déposée directement en contact avec la sole du four. La sole peut, en totalité ou en partie, être constituée d'une substance transparente aux micro-ondes par exemple une vitrocéramique. La substance du capteur peut être une encre déposée par sérigraphie. L'encre peut être résistive. Dans ce cas l'encre déposée permet de réaliser une résistance électrique qui varie avec l'élévation de température due à l'absorption de micro-ondes et qui constitue également l'organe de mesure déterminant les variations de température.

Il est également possible de mesurer les variations de température selon les techniques habituelles à l'aide d'une sonde blindée.

Pour déterminer les variations de température du capteur, l'organe de mesure des variations de température délivre un signal électrique dont les

variations en fonction du temps sont déterminées par un dispositif de calcul et de contrôle. Celles-ci sont traitées par le dispositif de calcul et de contrôle qui compare lesdites variations en fonction du temps à des instants successifs et intervient pour contrôler le cycle de fonctionnement de la source micro-ondes lorsque deux valeurs successives desdites variations sont sensiblement égales.

La présence du capteur rend inutile le commutateur de variations d'énergie du four. Il suffit en effet de faire fonctionner le four au début avec un taux de répétition d'émission des ondes faible et de mesurer alors la pente de la courbe d'élévation de température du capteur en fonction du temps. Si cette pente est décroissante le produit présent dans le four est congelé. Si cette pente est faible le four peut automatiquement augmenter son cycle d'émission des micro-ondes car le produit présent dans le four est déjà décongelé et est donc seulement à réchauffer.

Le critère d'arrêt de la fonction décongélation doit tenir compte du fait que si le produit à décongeler est essentiellement composé de glace, la pente de la courbe des variations de la température du capteur en fonction du temps peut être constante et par suite ressembler à celle d'un produit déjà décongelé. La distinction se fait alors par la valeur de cette pente :

- si elle est sensiblement égale à celle du capteur seul, le produit présent dans le four est congelé,
- si elle est nettement inférieure le produit présent dans le four est donc décongelé.

Avec une substance déposée en couches il est possible d'assurer au capteur une faible inertie thermique et une bonne détectivité. Il est possible d'utiliser plusieurs capteurs aux caractéristiques thermodynamiques différentes.

L'invention sera mieux comprise à l'aide des figures suivantes données à titre d'exemple non limitatif et qui représentent :

figure 1 : les courbes de la température et des variations de la température en fonction du temps d'un capteur placé après un produit à décongeler formé d'une masse de glace au cours de la décongélation de la masse de glace.

figure 2a, figure 2b : deux représentations schématiques d'un four à micro-ondes utilisant différents capteurs.

figure 3 : une représentation schématique d'un type de capteurs.

figure 4 : un schéma de la disposition de la résistance sérigraphiée sur la sole du four avec les connexions de liaison.

figure 5 : un schéma électrique pour la mise en oeuvre du contrôle du fonctionnement de la source micro-ondes à partir des mesures effectuées par les capteurs.

La figure 1 indique les variations de la température 21 en fonction du temps d'un capteur au cours de la décongélation d'une masse de 200 grammes de glace. La pente de la courbe 21 est représentée par la courbe 22. On constate qu'au moment du départ cette pente présente une valeur élevée qui décroît d'abord lentement puis assez rapidement enfin pour se stabiliser. Cette stabilisation va être prise pour décider de la fin de décongélation et utilisée par le dispositif de calcul et de contrôle.

La figure 2a représente un four à micro-ondes 40 muni d'un capteur de décongélation 30 muni d'une substance 31. Il est placé dessous le produit à décongeler 41. Une source micro-ondes 42 émet des micro-ondes qui sont captées par le capteur 30. Lorsque le produit 41 est dans son état congelé il laisse passer les micro-ondes qui arrivent sur le capteur à travers le produit à décongeler. Lorsqu'il est dans son état décongelé il les intercepte. Le capteur 30 est préférentiellement constitué d'une encre sérigraphiée sur la sole du four. L'organe de mesure 32 est constitué d'une sonde blindée. Mais il peut également s'agir du capteur de la figure 2. La mesure de température effectuée sur le capteur 30 est transmise à un dispositif de calcul et de contrôle 43 qui agit sur la source micro-onde pour modifier son fonctionnement.

Sur la figure 2b le capteur est une résistance électrique à coefficient de température variable, obtenue par sérigraphie d'une encre résistive sur la sole du four.

La figure 4 représente un exemple de réalisation de la résistance électrique. Elle constitue à la fois le milieu absorbant les micro-ondes et l'organe de mesure déterminant les variations de température. La résistance électrique est déposée en contact avec la sole 39. Elle est destinée à être masquée par le produit à décongeler pour la réception des micro-ondes qui viennent dans sa direction à travers le produit à décongeler.

La mesure de la valeur de la résistance est effectuée à l'aide de connexions 38₁, 38₂. Elle peuvent être réalisées à l'aide d'une substance qui ne s'échauffe pas ou alors faiblement avec les micro-ondes afin de ne pas trop perturber les mesures effectuées sur la résistance électrique 31. Il est possible par exemple d'utiliser une encre résistive ayant une résistivité plus élevée que celle utilisée pour la résistance électrique 31. Les connexions 38₁, 38₂ peuvent également faire partie intégrante de la résistance électrique 31. Mais la majeure partie de celle-ci doit pouvoir être masquée par le produit à décongeler afin d'exploiter le mécanisme d'interception préalablement décrit.

L'organe de mesure de température 32 (figure 2a) peut également être constitué d'un détecteur de rayonnement lumineux infrarouge de type py-

roélectrique qui détermine à distance la température du capteur 30. La mesure est elle-même transmise au dispositif de calcul et de contrôle 43 qui agit sur la source micro-onde 42.

La figure 3 représente un exemple de réalisation d'un capteur de décongélation 30. La substance 31 est fixée à un support 35 qui absorbe peu ou pas les micro-ondes. Le support 35 et la substance 31 sont isolés thermiquement par l'isolant 34. Ce dernier peut aussi constituer le boîtier. Préférentiellement la substance 31 est déposée par sérigraphie. Elle peut être constituée d'une encre par exemple une encre résistive destinée à la réalisation de circuits en couches épaisses. Le support est par exemple une plaque de vitrocéramique. L'isolant thermique 34 est choisi parmi les substances suivantes : polystyrène, bakelite, ou toute matière plastique isolante thermiquement et transparente aux micro-ondes.

L'organe de mesure des variations de température peut être constitué par une sonde blindée de type connu dans le domaine des fours à micro-ondes dont les connexions 33 sont représentées sur la figure 3. Les encres résistives ont dans leur quasi majorité un coefficient de variation avec la température suffisant pour que la substance 31 puisse être utilisée comme organe de mesure. Le capteur représenté sur la figure 3 est alors très compact. Les connexions 33 doivent être blindées dans la partie soumise à l'énergie micro-onde.

Le capteur de la figure 3 est utilisé lorsque l'on désire effectuer plusieurs opérations de décongélation consécutives. Les échanges thermiques avec l'extérieur étant réduits, on dispose de sensiblement la même sensibilité de détection à chaque opération.

La substance solide peut être une ferrite, un solide contenant en partie des ions métalliques ou tout autre solide ayant des pertes suffisantes pour assurer un échauffement exploitable du capteur.

La figure 5 représente un schéma électrique pour la mise en oeuvre du contrôle du fonctionnement de la source micro-onde à partir des mesures effectuées sur la substance 31 déposée sur la sole 39. Les signaux électriques issus du capteur 30 pénètrent dans le dispositif de calcul et de contrôle 43. Selon un exemple de réalisation, il est formé d'un convertisseur A/N 51 réuni à un micro-processeur 52 qui possède une mémoire 53 et une horloge de fonctionnement 54. Le micro-processeur 52 va effectuer les déterminations de variations de pente du signal électrique reçu et stocker les valeurs dans la mémoire 53. La valeur à l'instant t est comparée à celle déterminée à l'instant t-1, et lorsque les deux valeurs successives sont sensiblement égales, le microprocesseur intervient sur l'alimentation 55 du magnétron 56 qui constitue la source micro-ondes. Une alarme 57 peut avertir du

déroulement des opérations.

Le mécanisme de fonctionnement est le suivant. La température du capteur est convertie en un signal électrique qui est transformé en un signal numérique par l'intermédiaire d'un convertisseur analogique-numérique. Ce signal est par la suite mémorisé par une mémoire RAM et traité par le micro-processeur. Le traitement consiste, dans le cas de la décongélation, à mesurer la température à intervalle de temps fixe et à comparer les différentes mesures entre elles afin de déterminer une pente de la courbe d'élévation de température du capteur en fonction du temps puis à déterminer l'évolution de ladite pente. A titre d'exemple, au cours d'une décongélation complète, un point de mesure peut être pris toutes les deux secondes, et une mesure de la pente de l'élévation de température peut se faire tous les 100 points par une méthode comme la méthode des moindres carrés. Une telle mesure montre alors une variation de pente en fonction du temps dont les caractéristiques peuvent être les suivantes dans le cas d'un corps contenant beaucoup d'eau.

- Dans le premier temps la charge est congelée. L'élévation de température du capteur est rapide et suit une courbe qui serait celle si le capteur était seul. Dans ces conditions la pente mesurée par la méthode des moindres carrés est sensiblement une droite sensiblement parallèle à l'axe des temps.

- Ensuite, la charge commence à décongeler. L'élévation de température du capteur est moins rapide. La courbe de la pente en fonction du temps présente alors une dérivée négative.

- Lorsque la charge est complètement décongelée, l'élévation de température du capteur redevient monotone avec une pente inférieure à la pente au début de l'expérience si aucun autre changement d'état n'intervient, ébullition par exemple. Ce phénomène se révèle sur la courbe des moindres carrés par une stabilisation de la courbe qui se retrouve parallèle à l'axe des temps. C'est cette nouvelle stabilisation qui est reconnue par le micro-processeur comme une fin de décongélation. Le microprocesseur peut alors par l'intermédiaire d'interfaces entrée/sortie adéquates arrêter la source de rayonnement micro-onde et éventuellement prévenir l'utilisateur ou démarrer une phase de réchauffement.

Revendications

1. Four à micro-ondes comprenant une source micro-onde et un capteur placé dans le four à proximité d'un produit à traiter, le capteur comprenant une substance qui absorbe l'énergie micro-onde, l'absorption de l'énergie micro-onde par le

capteur et par le produit provoquant leur élévation de température, la température du capteur étant mesurée par un organe de mesure, caractérisé en ce que le capteur contrôle la décongélation d'un produit à décongeler et pour cela la substance, qui absorbe l'énergie micro-ondes, est déposée en couches sur un support qui est placé après le produit à décongeler afin qu'une grande partie de la surface du capteur ne soit pas en vue directe de la source micro-onde.

2. Four à micro-ondes selon la revendication 1, caractérisé en ce que le support est une des parois de la cavité du four.

3. Four à micro-ondes selon une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le support est transparent aux micro-ondes.

4. Four à micro-ondes selon la revendication 3, caractérisé en ce que le matériau du support est choisi parmi les matériaux suivants : vitrocéramique, alumine, verre.

5. Four à micro-ondes selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le support est la sole du four, la source micro-onde étant disposée dans la partie supérieure du four.

6. Four à micro-ondes selon une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la substance est une encre déposée par sérigraphie.

7. Four à micro-ondes selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'encre est résistive.

8. Four à micro-ondes selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'encre déposée permet de réaliser une résistance électrique qui varie avec l'élévation de température due à l'absorption des micro-ondes et qui constitue également l'organe de mesure déterminant les variations de température.

9. Four à micro-ondes selon une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'organe de mesure des variations de température délivre un signal électrique dont les variations en fonction du temps sont déterminées par un dispositif de calcul et de contrôle.

10. Four à micro-ondes selon la revendication 9, caractérisé en ce que le dispositif de calcul et de contrôle compare lesdites variations en fonction du temps à des instants successifs et intervient pour contrôler le cycle de fonctionnement de la source micro-ondes lorsque deux valeurs successives desdites variations sont sensiblement égales.

50

55

5

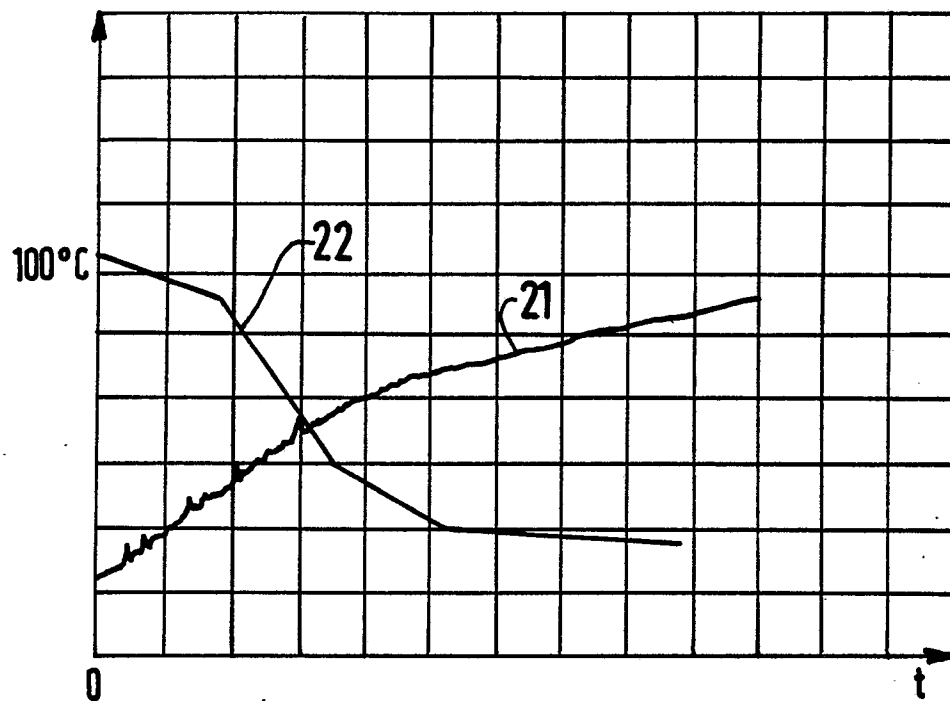


FIG. 1

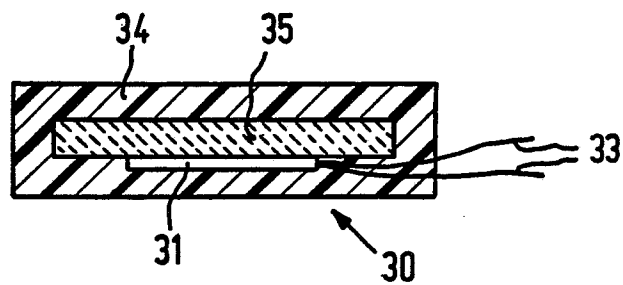
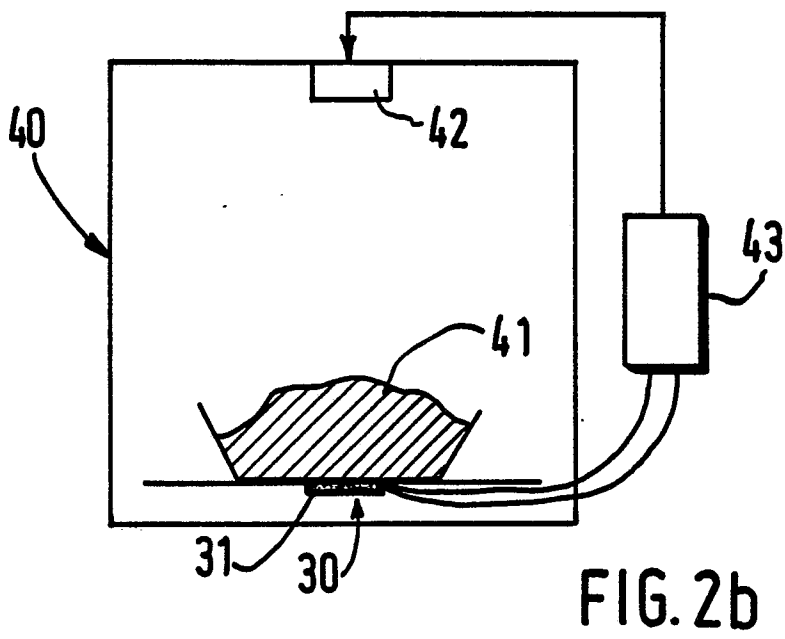
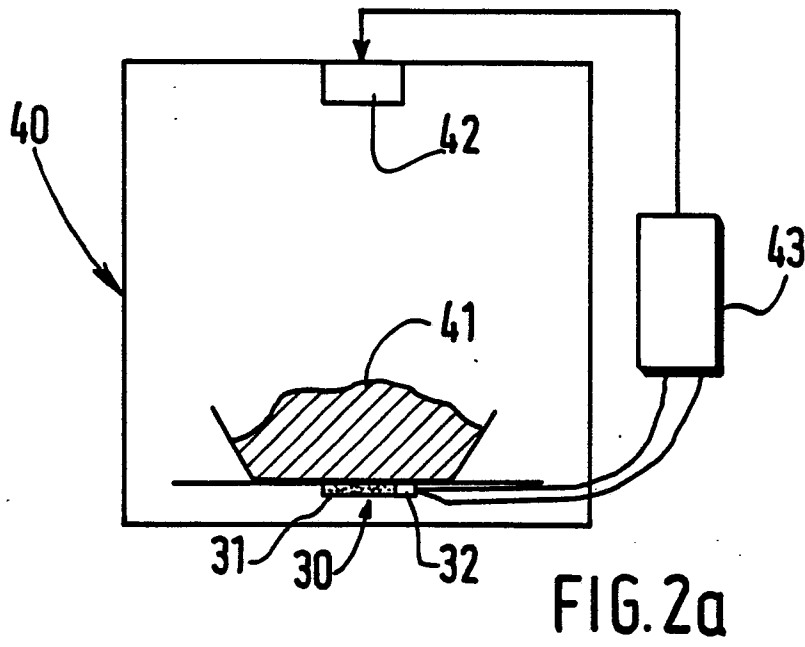


FIG. 3



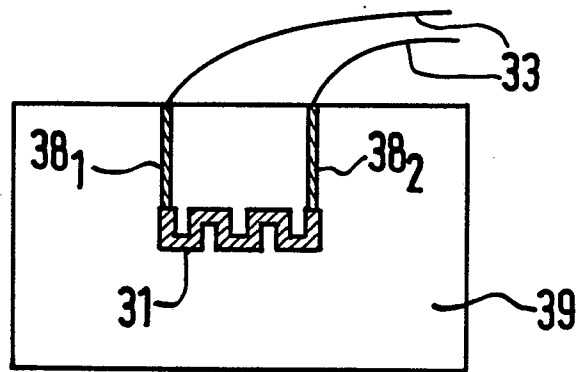


FIG. 4

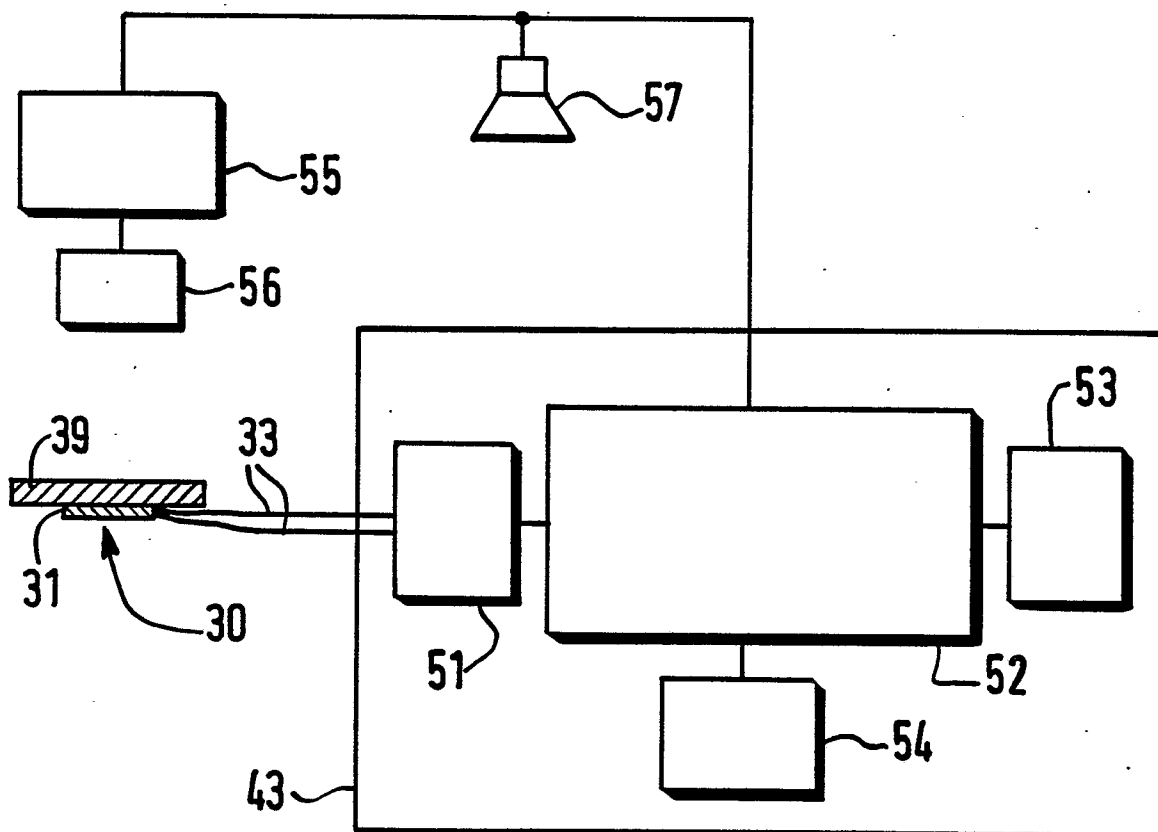


FIG. 5



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 88 20 2219

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
A	US-A-4 341 937 (STAATS) * Colonne 3, lignes 9-57; figure 1 * ---	1,3-5,8 -10	H 05 B 6/68
A	US-A-3 875 361 (FUKUI et al.) * Colonne 2, dernier alinéa; colonne 3, lignes 1-35; colonne 7, lignes 12-23 * ---	1,3,8- 10	
A	US-A-3 514 576 (HILTON et al.) ---		
A	FR-A-2 451 145 (SHARP) -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			H 05 B 6/00
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19-12-1988	Examineur RAUSCH R.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			