

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 82 03787

⑤④ Procédé de refroidissement et dispositif de traitement d'une charge telle que des substrats mettant en œuvre ce procédé de refroidissement.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. 3). B 01 L 7/00; C 30 B 35/00.

②② Date de dépôt..... 5 mars 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 36 du 9-9-1983.

⑦① Déposant : Société anonyme dite : ATELIER D'ELECTRO-THERMIE ET DE CONSTRUCTIONS
SPECIALES (AET). — FR.

⑦② Invention de : Bernard Guerra.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, office Josse et Petit,
8, av. Percier, 75008 Paris.

"Procédé de refroidissement et dispositif de traitement d'une charge telle que des substrats mettant en oeuvre ce procédé de refroidissement".

La présente invention concerne un procédé de refroidissement d'une charge telle que des substrats et notamment des plaques ou plaquettes de silicium, ainsi qu'un dispositif de traitement d'une charge capable notamment de mettre en oeuvre ce procédé.

Les opérations de traitement de substrats tels que des plaques de silicium, et en particulier les opérations d'oxydation, de diffusion, de dopage ou de recuit, sont en général effectuées à température élevée ou très élevées. Lorsque les opérations de traitement sont terminées, les substrats doivent se refroidir ou être refroidis.

Actuellement, on laisse en général refroidir le four et l'appareillage naturellement par l'extérieur. Cette pratique présente cependant bien des inconvénients. En effet, pour que les substrats se refroidissent, le four, qui comprend en général un isolant thermique, doit se refroidir dans son ensemble et en même temps. En conséquence, le refroidissement est très lent et est en général compris entre 2 et 8°C par minute. Selon le niveau de température, il en résulte que le traitement des substrats se prolonge même après l'opération effective de traitement si bien que la fin de l'opération de traitement ne peut être convenablement contrôlée. En outre, si l'on désire effectuer plusieurs traitements successifs sur des mêmes substrats, on se heurte d'une part à la lenteur du refroidissement et d'autre part à la lenteur de la remontée en température du four qui s'est complètement refroidi.

On a proposé par ailleurs de refroidir les substrats en faisant circuler un gaz directement à l'intérieur du tube de réaction. Cette façon de procéder nécessite d'utiliser un gaz particulier n'agissant pas sur les substrats et présente l'inconvénient d'un refroidissement irrégulier des substrats sur la longueur du tube de réaction. En outre, comme le four n'est pas du tout refroidi, il a tendance à chauffer les substrats pendant l'opération de refroidissement.

La présente invention a pour but de remédier notamment à ces inconvénients et propose un procédé et un dispositif capables d'effectuer un refroidissement rapide d'une charge et permettant le contrôle et la régulation de la diminution de température de la charge, de manière à améliorer la qualité des charges traitées et augmenter le rendement de production, en particulier dans le cas de plusieurs

traitements successifs d'une même charge nécessitant des augmentations et des diminutions de température successives.

Le procédé, selon la présente invention, de refroidissement d'une charge telle que des substrats et notamment des plaques ou plaquettes de silicium, disposée dans un tube de réaction entouré
5 notamment par un four annulaire s'étendant sur au moins une partie de la longueur du tube de réaction, est tel qu'on fait circuler dans un espace annulaire entourant ledit tube de réaction et notamment dans
10 l'espace annulaire séparant ledit four annulaire et ledit tube à réaction un gaz de refroidissement tel que de l'air. De cette manière, le refroidissement de la charge s'effectue à l'intérieur du four au travers du tube de réaction et le gaz de refroidissement n'est pas du tout en contact avec la charge traitée.

Selon la présente invention, on peut également avantageusement faire circuler en même temps, à l'intérieur dudit tube de
15 réaction, un gaz auxiliaire.

Selon la présente invention, ledit gaz de refroidissement, après s'être réchauffé dans au moins une partie dudit espace annulaire, peut avantageusement réchauffer ledit gaz auxiliaire que
20 l'on peut faire circuler ensuite à l'intérieur dudit tube de réaction.

Selon la présente invention, on peut avantageusement faire circuler ledit gaz auxiliaire dans ledit tube de réaction à contresens par rapport au sens de circulation dudit gaz de refroidissement.

25 L'utilisation d'un gaz auxiliaire circulant à l'intérieur du tube de réaction peut avantageusement permettre de mieux égaliser la température dans l'espace intérieur du tube de réaction au cours de l'opération de refroidissement de la charge.

Selon la présente invention, on peut avantageusement
30 faire circuler ledit gaz de refroidissement sensiblement axialement audit tube de réaction.

En vue notamment de la mise en oeuvre du procédé ci-dessus, la présente invention propose un dispositif de traitement d'une charge telle que des substrats et notamment des plaques ou
35 plaquettes de silicium, comprenant un tube de réaction pour la réception de ladite charge et notamment un four annulaire entourant à distance ledit tube à réaction et s'étendant sur au moins une partie de la longueur de ce dernier.

Selon la présente invention, le dispositif de traitement comprend des moyens pour faire circuler dans un espace annulaire entourant ledit tube de réaction et notamment dans l'espace annulaire séparant ledit four annulaire et ledit tube de réaction un gaz de refroidissement tel que de l'air en vue du refroidissement de ladite charge.

Selon la présente invention, lesdits moyens sont de préférence des moyens d'aspiration.

Selon la présente invention, le dispositif comprend de préférence des moyens de réglage du débit du gaz de refroidissement.

Selon la présente invention, le dispositif comprend de préférence des moyens de répartition du gaz de refroidissement dans ledit espace annulaire.

De manière particulièrement avantageuse, le dispositif selon la présente invention peut comprendre à l'une des extrémités axiales dudit espace annulaire une chambre, de préférence annulaire, pouvant être délimitée par un boîtier d'introduction d'air de refroidissement muni d'au moins une ouverture d'entrée d'air extérieur de préférence réglable et dans lequel débouche ledit espace annulaire et, à l'autre extrémité axiale dudit espace annulaire, une chambre, de préférence annulaire, pouvant être délimitée par un boîtier d'extraction dans lequel débouche ledit espace annulaire et qui est relié à des moyens d'aspiration.

Selon la présente invention, ledit boîtier d'extraction et lesdits moyens d'aspiration peuvent avantageusement être reliés par l'intermédiaire d'une chambre de dilution présentant une ouverture d'entrée d'air extérieure de préférence réglable. De cette manière, la température de l'air s'échappant peut être réduite.

Selon la présente invention, le dispositif peut également comprendre, à l'extrémité dudit espace annulaire par laquelle entre le gaz de refroidissement, un clapet annulaire de répartition de préférence réglable.

Dans une variante de réalisation, le dispositif selon la présente invention peut avantageusement comprendre des moyens pour faire circuler dans ledit tube de réaction un gaz auxiliaire.

Il peut en outre comprendre des moyens d'échange thermique permettant d'associer thermiquement ledit gaz auxiliaire audit gaz de refroidissement. Ces moyens d'échanges thermiques peuvent être formés par un serpentín entourant ledit tube à réaction du côté

de la sortie du gaz de refroidissement,

La présente invention sera mieux comprise à l'étude d'un dispositif de traitement de substrats particulier décrit à titre d'exemple non limitatif et illustré schématiquement par le dessin

5 sur lequel :

- la figure 1 représente une coupe axiale du dispositif de traitement de substrats ;

- la figure 2 représente une coupe radiale selon II-II du dispositif de traitement représenté sur la figure 1 ;

10 et la figure 3 montre une coupe radiale selon III-III du dispositif de traitement représenté sur la figure 1.

Le dispositif de traitement représenté sur les figures et repéré d'une manière générale par la référence 1 comprend un tube de réaction 2 porté au voisinage de ses extrémités 2a et 2b par deux
15 supports 3 et 4. Le tube de réaction est en général en quartz.

A l'intérieur du tube de réaction 2 est disposée une charge 5 formée par des plaquettes 6 telles que des plaquettes de silicium qui sont portées par une nacelle 7. Les plaquettes sont disposées sensiblement radialement et successivement dans le sens de l'axe du
20 tube de réaction 2.

Entre les supports 3 et 4, le tube de réaction 2 est entouré à distance par un four annulaire 8 dont la paroi cylindrique intérieure 9 délimite autour du tube de réaction 2 un espace annulaire 10 s'étendant sur toute la longueur du four 8 et ouvert à ses extré-
25 mités. Le four annulaire 8 s'étend sur une partie de la longueur du tube de réaction 2 et la charge 5 est disposée sensiblement dans la partie médiane du four.

Le four annulaire 8 peut avantageusement être fabriqué en un matériau fibreux tel que par exemple de la fibre d'alumine.
30 Dans l'exemple, le matériau fibreux est entouré par une tôle de protection 8a présentant une enveloppe cylindrique et deux couronnes radiales couvrant les extrémités du four.

De manière adjacente à sa paroi intérieure cylindrique 9, et noyés dans le matériau fibreux, le four 8 présente sur toute sa
35 longueur des éléments chauffants 11 formés par des résistances électriques.

Du côté du support 4, le dispositif de traitement 1 présente un boîtier 12 bien visible sur les figures 1 et 2. Ce boîtier 12 affecte la forme d'une cuvette dont le fond 13 radial est traversé

par le tube de réaction 2 et dont le bord extérieur de la paroi axiale 14 est fixé axialement à l'extrémité du four 8 sur la tôle de protection 8a par exemple par l'intermédiaire de vis 15, de manière à délimiter une chambre annulaire 12a entourant le tube de réaction 2 et communiquant avec l'espace annulaire 10 par son extrémité.

Dans sa partie supérieure, le boîtier 12 présente une ouverture extérieure 16 sur laquelle s'étend un clapet plat réglable 17 mobile axialement le long de glissières 18 et 19 visibles sur la figure 3.

L'intérieur du boîtier 12 est par ailleurs en communication avec l'espace annulaire 10 par l'intermédiaire d'un clapet de répartition 20 visible sur les figures 1 et 3. Ce clapet 20 est monté à l'extrémité de l'espace annulaire 10 du côté du boîtier 12 et se présente sous la forme d'un diaphragme comprenant deux secteurs de couronne radiaux et diamétralement opposés 21 et 22 qui sont fixés au four annulaire 8 ainsi que deux secteurs de couronne 23 et 24 radiaux et diamétralement opposés qui peuvent être pivotés autour du tube de réaction 2 de manière à pouvoir régler l'ouverture du passage entre la chambre annulaire 12a délimitée par le boîtier 12 et l'espace annulaire 10.

Du côté du support 3, le dispositif de traitement 1 présente un boîtier 25 opposé au boîtier 12 et sensiblement de même forme. Ce boîtier 25 délimite une chambre annulaire étanche 25a entourant le tube de réaction 2 et en communication directe avec l'espace annulaire 10. De manière à créer l'étanchéité de cette chambre, le boîtier 25 est monté sur le four 8 par l'intermédiaire d'un joint d'étanchéité 26 et un joint 27 est prévu entre sa paroi radiale traversée par le tube de réaction 2 et ce tube de réaction.

Extérieurement, le dispositif de traitement 1 présente une chambre de dilution 28 qui est complètement entourée par un isolant phonique 29. Cette chambre de dilution 28 est reliée à la chambre 25a délimitée par le boîtier 25 par l'intermédiaire d'un conduit 30 et présente un conduit d'entrée d'air extérieur 31 dans lequel est monté un clapet de réglage pivotant 32. La chambre 28 présente également un conduit de sortie 33 à l'entrée duquel est monté un aspirateur électrique 34.

A l'extrémité 2a du tube de réaction 2 située du côté du support 3 est branché un conduit 35 d'amenée de gaz auxiliaire qui peut être relié par exemple à une alimentation en gaz auxiliaire sous

pression qui n'a pas été représentée telle qu'une bouteille. Ce conduit 35 traverse le boîtier 25 et s'étend à l'intérieur de la chambre 25a. Dans cette chambre 25a, le conduit 35 entoure le tube de réaction 2 de manière à former un serpentín 35a, ce serpentín 35a étant sensiblement en face de l'espace annulaire 10. L'autre extrémité 2b du tube de réaction 2 située à l'extérieur du support 4 débouche directement dans un caisson d'extraction 36 dont le conduit de sortie 37 peut être relié par exemple à un aspirateur qui n'a pas été représenté.

10 Le dispositif de traitement 1 qui vient d'être décrit peut fonctionner de la manière suivante.

Après une opération de traitement de la charge 5 au cours de laquelle elle a été chauffée grâce aux éléments chauffants 11 du four 8 et au cours de laquelle une ambiance gazeuse ou un vide relatif a été créé à l'intérieur du tube de réaction 2 par l'intermédiaire du conduit 35 et du caisson d'extraction 36 reliés à des moyens appropriés, il s'agit de refroidir la charge 5.

Pour cela, on met en route l'aspirateur 34. Cet aspirateur 34 crée une dépression dans la chambre de dilution 28 si bien que de l'air extérieur entre dans la chambre 12a délimitée par le boîtier 12 par son ouverture 16, traverse sensiblement axialement l'espace annulaire 10, la chambre 25a délimitée par le boîtier 25, le conduit 30, la chambre de répartition 28 pour être évacué par le conduit 33. Lors du passage de l'air extérieur dans l'espace annulaire 10, cet air, en même temps qu'il refroidit le tube de réaction 2, le gaz qu'il contient et la charge 5, se réchauffe, la température s'égalisant sensiblement naturellement, à l'intérieur du tube de réaction 2.

De manière à régler le débit d'air dans l'espace annulaire 10, il suffit d'agir sur le clapet de réglage 17 en fermant plus ou moins l'ouverture 16 du boîtier 12.

Afin d'agir sur le flux d'air entrant dans l'espace annulaire 10, il suffit de modifier l'ouverture du clapet de répartition 20.

35 Comme l'air arrivant dans la chambre de dilution 28 en provenance de l'espace annulaire 10 est en général très chaud, il suffit d'agir sur le clapet 32 de manière à laisser entrer dans la chambre de dilution 28 une certaine quantité d'air extérieur qui,

en se mélangeant à l'air chaud provenant du conduit 30 permet l'évacuation par le conduit 33 d'air à une température plus convenable.

Au cours de l'opération de refroidissement qui vient d'être décrite, on peut en outre faire circuler dans le tube de réaction 2 un gaz n'ayant de préférence aucune action sur la charge 5 ou provoquant une réaction désirée. Pour cela, on branche le conduit 35 sur une alimentation en gaz auxiliaire telle qu'une bouteille de gaz sous pression schématisée en 38 et on le fait circuler entre l'extrémité 2a et l'extrémité 2b du tube de réaction 2 et on l'évacue par le caisson d'extraction 36 et son conduit de sortie 37.

Lorsque ce gaz auxiliaire circule dans le conduit 35, il se trouve réchauffé par l'air chaud circulant dans la chambre 25a grâce au serpentín 35a. Comme l'air de refroidissement circulant sensiblement axialement dans l'espace annulaire 10 et le gaz auxiliaire circulant dans le tube de réaction 2 se déplacent à contresens, la température régnant à l'intérieur du tube de réaction 2, lors du refroidissement, peut être maintenue sur toute la longueur du four 8 sensiblement constante. Ainsi, les plaquettes 6 formant la charge 5 et disposées dans le tube de réaction 2 sont sensiblement refroidies de la même manière et sensiblement à la même vitesse.

Comme le refroidissement de la charge 5 est assez rapide, le four 8 se refroidit peu. En conséquence, la montée en température à l'intérieur du four 5 pour une autre opération de traitement sur la charge 5 ou pour une opération de traitement sur une charge différente peut être mise en route rapidement car il n'est pas nécessaire de réchauffer complètement le four 8. De plus, on peut remarquer que l'air de refroidissement circulant dans l'espace annulaire 10 forme un écran thermique entre le four 8 et le tube de réaction 2.

Le dispositif de traitement décrit ci-dessus a été utilisé pour effectuer sur des plaquettes de silicium des opérations de diffusion arsenic-galium activée par plasma. La température de traitement était de 300 degrés et on a refroidit les plaquettes de silicium en faisant circuler de l'air de refroidissement uniquement dans l'espace annulaire 10. La température à l'intérieur du tube de réaction 2 est passée de 300 degrés à 100 degrés en quinze minutes environ.

On a également utilisé l'appareil pour effectuer des opérations de diffusion gazeuse sur des plaquettes de silicium à

environ 100°C. Pour refroidir l'intérieur du tube de réaction de 1000°C à 800°C, et en conséquence les plaquettes, il a fallu environ dix minutes.

La présente invention ne se limite pas au dispositif
5 de traitement décrit ci-dessus. En effet, on peut réaliser un dispositif simplifié en supprimant le clapet 20 et le serpentin 35a. On pourrait prévoir de faire circuler l'air de refroidissement circumférentielle au tube de réaction ou de manière hélicoïdale.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de refroidissement d'une charge telle que des substrats et notamment des plaques ou plaquettes de silicium, disposée dans un tube de réaction entouré notamment par un four annulaire s'étendant sur au moins une partie de la longueur du tube de réaction, caractérisé par le fait qu'on fait circuler dans un espace annulaire entourant ledit tube de réaction et notamment dans l'espace annulaire séparant ledit four annulaire et ledit tube à réaction un gaz de refroidissement tel que de l'air.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on fait circuler en même temps, à l'intérieur dudit tube de réaction, un gaz auxiliaire.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que ledit gaz de refroidissement, après s'être réchauffé dans au moins une partie dudit espace annulaire, réchauffe ledit gaz auxiliaire que l'on fait ensuite circuler à l'intérieur dudit tube de réaction.
4. Procédé selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé par le fait qu'on fait circuler ledit gaz auxiliaire dans ledit tube à réaction à contresens par rapport au sens de circulation dudit gaz de refroidissement.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on fait circuler ledit gaz de refroidissement sensiblement axialement audit tube de réaction.
6. Dispositif de traitement d'une charge telle que des substrats et notamment des plaques ou plaquettes de silicium, comprenant un tube de réaction pour la réception de ladite charge et notamment un four annulaire entourant à distance ledit tube à réaction et s'étendant sur au moins une partie de la longueur de ce dernier, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens pour faire circuler dans un espace annulaire entourant ledit tube de réaction et notamment dans l'espace annulaire séparant ledit four annulaire et ledit tube de réaction un gaz de refroidissement tel que de l'air en vue du refroidissement de ladite charge.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que lesdits moyens sont des moyens d'aspiration.

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens de réglage du débit du gaz de refroidissement dans ledit espace annulaire.

5 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens de répartition du gaz de refroidissement dans ledit espace annulaire.

10 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé par le fait qu'il comprend à l'une des extrémités axiales dudit espace annulaire une chambre délimitée par un boîtier d'introduction d'air de refroidissement muni d'au moins une ouverture d'entrée d'air extérieur et dans lequel débouche ledit espace annulaire, et à l'autre extrémité axiale dudit espace annulaire une chambre délimitée par un boîtier d'extraction dans lequel débouche ledit espace et qui est relié à des moyens d'aspiration.

15 11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé par le fait que ledit boîtier d'extraction et lesdits moyens d'aspiration sont reliés par l'intermédiaire d'une chambre de dilution présentant une ouverture d'entrée d'air extérieur.

20 12. Dispositif selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé par le fait que ladite ouverture d'entrée d'air extérieur est réglable.

25 13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé par le fait qu'il comprend à l'extrémité dudit espace annulaire par laquelle entre le gaz de refroidissement un clapet annulaire de répartition.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 13, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens pour faire circuler dans ledit tube de réaction un gaz auxiliaire.

30 15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé par le fait qu'il comprend des moyens d'échange thermique permettant d'associer thermiquement ledit gaz auxiliaire audit gaz de refroidissement avant son passage dans ledit tube de réaction.

35 16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé par le fait que lesdits moyens d'échange thermique sont formés par un serpentín entourant ledit tube de réaction du côté de la sortie du gaz de refroidissement.

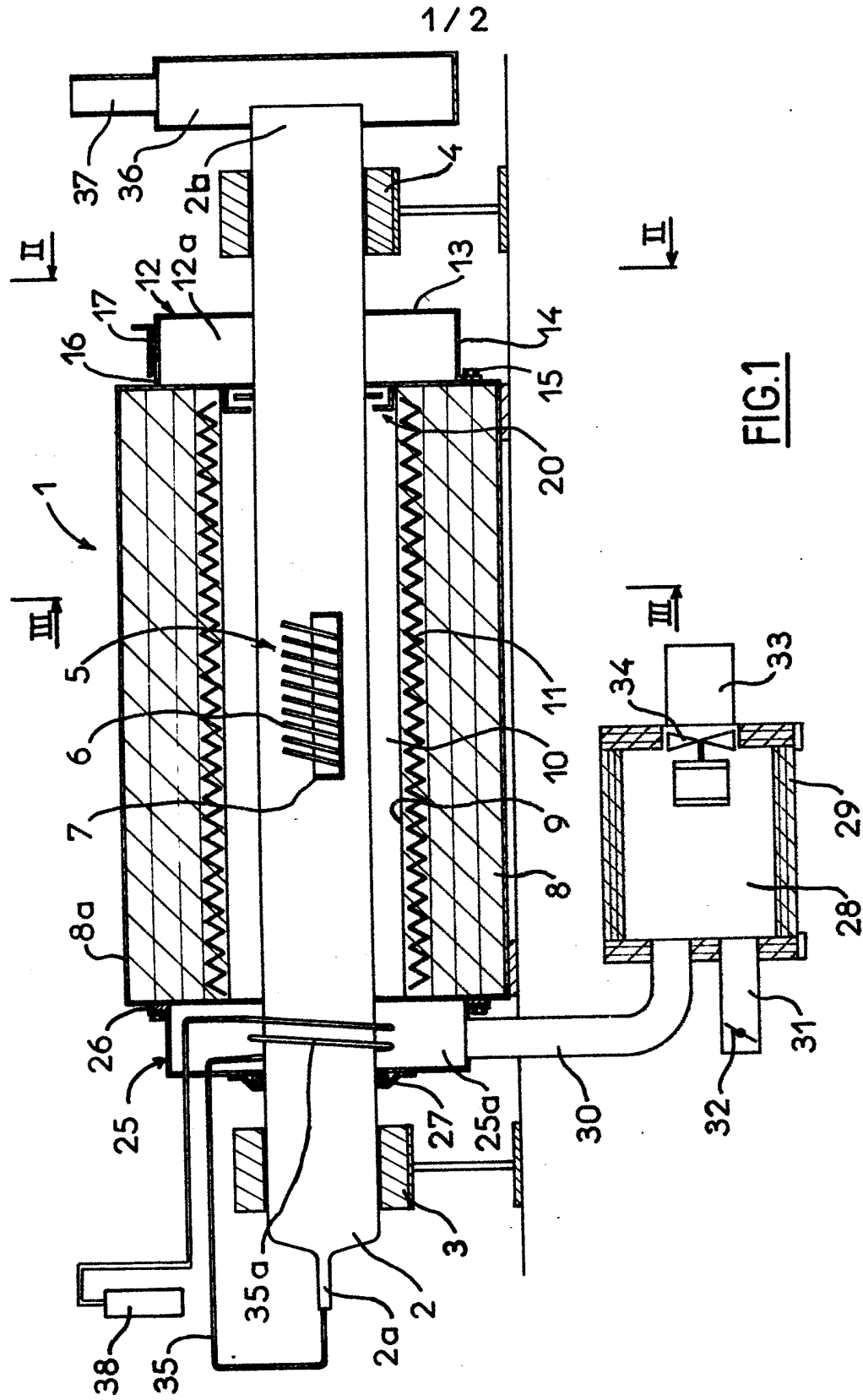


FIG.2

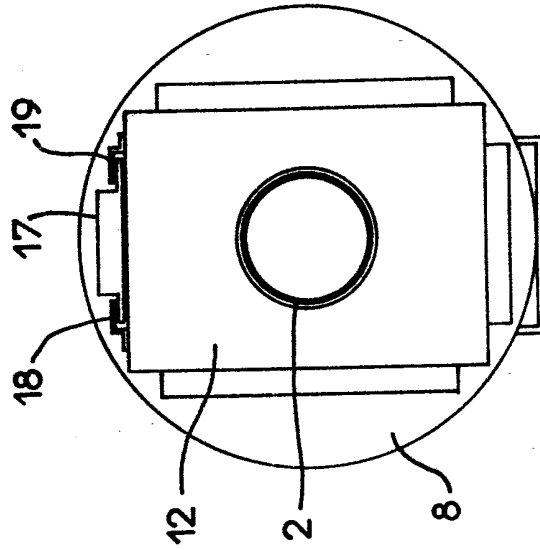


FIG.3

