



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.³: C 25 B

1/04

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑪

624 149

⑳ Numéro de la demande: 14724/77

㉔ Date de dépôt: 01.12.1977

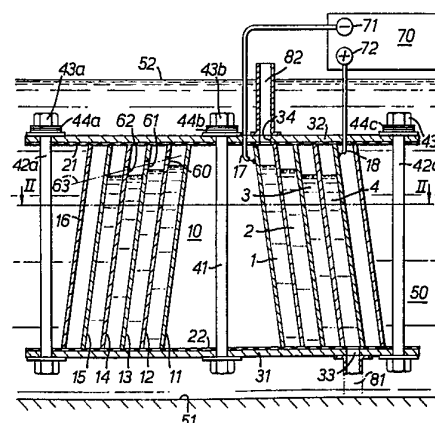
㉓ Priorité(s): 09.12.1976 GB 51446/76

㉔ Brevet délivré le: 15.07.1981

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 15.07.1981㉓ Titulaire(s):
Dipl.-Ing. Ernst Spirig, Rapperswil SG㉔ Inventeur(s):
Dipl.-Ing. Ernst Spirig, Rapperswil SG㉔ Mandataire:
Kirker & Cie, Genève⑤④ **Appareil pour la décomposition de l'eau par électrolyse.**

⑤⑦ Des électrodes tubulaires (11 à 15) emboîtées les unes dans les autres sont maintenues entre deux plaques supérieure (32) et inférieure (31) de manière à former des cellules individuelles.

Des ouvertures (60 à 62) dans le bord supérieur de chaque électrode permettent le passage de l'écume. Une ouverture (33) dans la plaque inférieure permet l'entrée de l'électrolyte et une ouverture (34) dans la plaque supérieure la sortie de l'écume. Le gaz est séparé de l'électrolyte dans un réservoir relié aux deux ouvertures. Une commande sensible à la pression du gaz dans le réservoir est prévue pour agir sur le courant d'alimentation des cellules.



REVENDICATIONS

1. Appareil pour décomposer l'eau afin d'obtenir un gaz détonant, caractérisé en ce qu'il comporte un ensemble à électrodes se composant :

— d'électrodes tubulaires emboîtées, constituées à partir d'un matériau en feuille, dont les axes longitudinaux sont verticaux et qui présentent des bords supérieur et inférieur continus,

— de plaques supérieure et inférieure disposées horizontalement,

— de moyens de scellement des bords supérieur et inférieur des électrodes sur les plaques supérieure et inférieure, afin de former des cellules individuelles entre électrodes adjacentes,

— d'un électrolyte dans chacune des cellules,

— de moyens pour faire circuler cet électrolyte comportant une ouverture dans chaque électrode près de son bord supérieur, sauf en ce qui concerne les électrodes d'extrémité extérieure et intérieure, une ouverture d'entrée d'électrolyte pratiquée dans la plaque inférieure au niveau de la cellule limitée par l'une des électrodes d'extrémité, et une ouverture de sortie de gaz pratiquée dans la plaque supérieure au niveau de la cellule limitée par l'autre électrode d'extrémité,

— d'une source de courant continu, et

— de moyens pour raccorder les pôles positif et négatif de cette source aux électrodes d'extrémité, respectivement.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'électrode d'extrémité extérieure est entourée par un élément tubulaire constitué à partir d'un matériau en feuille et raccordé de façon étanche aux plaques supérieure et inférieure.

3. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, un réservoir dans lequel est contenu l'ensemble à électrodes immergé dans l'électrolyte.

4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que les ouvertures d'entrée et de sortie sont couplées, pour la circulation de l'électrolyte entre elles, par des conduits contenant l'électrolyte et pourvu de moyens de sortie pour le gaz formé.

5. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs ensembles à électrodes électriquement raccordés en série aux bornes de la source à courant continu.

6. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que les ensembles à électrodes sont contenus dans un réservoir commun et immergés dans l'électrolyte.

7. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que les ouvertures d'entrée et de sortie de chacun des ensembles à électrodes sont individuellement couplées pour la circulation de l'électrolyte entre elles par des conduits contenant l'électrolyte et pourvu de moyens de sortie pour le gaz formé.

8. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source de courant continu est alimentée à partir d'un réseau alternatif.

9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que la source de courant continu est constituée par un redresseur directement alimenté à partir du réseau alternatif.

10. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de commande sensibles à l'accroissement de la pression du gaz formé dans l'appareil, pour réduire la valeur du courant électrique appliqué à cet appareil.

11. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque électrode se présente sous la forme d'un parallépipède creux.

12. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque électrode se présente sous la forme d'une surface de révolution.

13. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de scellement des électrodes sur les plaques sont constitués par une couche de matériau élastomère revêtant ces plaques.

L'invention concerne un appareil pour décomposer l'eau par électrolyse, afin de produire un gaz détonant dit mélange tonnant.

L'électrolyse de l'eau produit de l'oxygène et de l'hydrogène sous l'effet d'un courant continu. La tension aux bornes d'une seule cellule est normalement de 2,5 à 3 V environ. Un courant continu de 2390 A, circulant pendant 1 h, fournit 1 cm³ d'hydrogène et ½ cm³ d'oxygène. Un courant d'une telle intensité se traduit par des pertes thermiques dans les électrodes, l'électrolyte et l'équipement associé. Si l'on désire augmenter le volume de gaz en sortie d'une seule cellule, par exemple doubler ce volume, il faut doubler la valeur du courant, ce qui quadruple les pertes par échauffement.

Il est, en conséquence, plus intéressant, à la fois économiquement et techniquement, de connecter électriquement en série un grand nombre de cellules. Toutefois, le courant suivra tout trajet (trajet de court-circuit) lui évitant de traverser toutes les cellules l'une après l'autre. Dans les appareils antérieurs, tels que celui décrit dans le brevet américain N° 3957618, le courant suit des trajets de court-circuits en empruntant des passages prévus pour la répartition régulière de l'électrolyte.

Des volumes de gaz de sortie importants impliquent donc des pertes thermiques élevées. L'électrolyte peut être amené en condition de surchauffage et d'ébullition, et un refroidissement correct doit être prévu, sinon l'électrolyte en ébullition, corrosif, sera présent dans les gaz de sortie.

L'électrolyte liquide entre deux électrodes commence à former de l'écume aussitôt que le gaz est produit sous forme de bulles à la surface de ces électrodes. Ces bulles réduisent la conductivité de l'électrolyte, et cet accroissement de résistance se traduit par des pertes thermiques plus élevées. Si l'on accroît le courant (pour maintenir la production de gaz), il peut arriver que la cellule se remplisse d'écume. Cela crée une situation potentielle d'explosion de l'écume. Il est essentiel, pour éviter ce phénomène, que la cellule soit continuellement alimentée en électrolyte liquide.

L'appareil de décomposition de l'eau pour produire un gaz détonant selon l'invention comporte un ensemble d'électrodes défini par la revendication 1.

Dans cet appareil, le niveau de l'électrolyte s'établit automatiquement, pour toutes les cellules, au niveau des ouvertures pratiquées dans les électrodes. Le gaz peut circuler au travers de ces ouvertures vers la sortie de gaz. Mais aucun trajet de court-circuit pour le courant n'est formé par ces ouvertures, car elles sont remplies d'écume et non d'électrolyte.

Plusieurs ensembles tels que celui décrit peuvent être raccordés électriquement en série.

Il n'est pas nécessaire de placer l'appareil dans un caisson de pression, car sa structure emboîtée lui donne la résistance nécessaire contre les explosions internes. Les appareils de l'art antérieur nécessitent l'emploi d'un caisson de pression. L'appareil conforme à l'invention présente également l'avantage que les volumes individuels de gaz formés sont faibles, de sorte que, si l'un d'entre eux explose, l'accroissement de pression est relativement faible; de plus, une éventuelle faible explosion ne peut pas se communiquer rapidement aux autres volumes de gaz. On notera que les caissons de pression nécessaires pour les appareils connus sont lourds et coûteux.

La description qui va suivre, en regard des figures annexées données à titre d'exemple, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La fig. 1 est une vue en coupe verticale d'un appareil conforme à l'invention.

La fig. 2 est une vue en coupe horizontale, selon la ligne II-II, de l'appareil de la fig. 1.

La fig. 3 est une vue schématique illustrant une modification de l'appareil des fig. 1 et 2.

La fig. 4 est une vue schématique illustrant une autre modification de l'appareil conforme à l'invention.

La fig. 5 est une vue schématique illustrant un mode de fonctionnement recommandé de l'appareil conforme à l'invention.

Les fig. 6 et 7 sont des vues en perspective d'exemples d'arrangement d'électrodes, dans un appareil conforme à l'invention.

L'ensemble 10 représenté sur les fig. 1 et 2 se compose de plusieurs électrodes concentriques en forme de tronc de cône creux. Tel que représenté, cet ensemble comporte cinq électrodes 11 à 15, l'électrode extérieure étant entourée, au moins lorsque l'ensemble en fonctionnement baigne dans l'électrolyte, par un élément de blindage identique électriquement neutre 16. Les bords inférieur et supérieur des électrodes 11 à 15 et de l'élément de blindage 16 viennent en butée contre des couches de scellement élastiques isolantes 22 et 21, constituées par exemple à partir d'un matériau élastomère, synthétique ou naturel, revêtant des plaques de support rigides 32 et 31, respectivement. Les plaques 31 et 32 sont élastiquement solidarifiées par l'intermédiaire d'une entretoise centrale 41 et par un certain nombre d'entretoises périphériques (dont trois seulement 42a, b, c, sont représentées) maintenues par des écrous 43a à d, avec interposition de rondelles Belleville ou autres rondelles élastiques 44a, b, c.

L'ensemble représenté est destiné à être placé dans un récipient contenant un électrolyte 50. Sur la fig. 1, on n'a représenté que le fond 51 de ce récipient, le niveau de l'électrolyte étant figuré en 52.

Au moins une ouverture est pratiquée au niveau du bord supérieur de chacune des électrodes intermédiaires 12 à 14; ce sont les ouvertures 60, 61 et 62 pour les électrodes 12, 13 et 14. Lorsque l'ensemble est immergé dans l'électrolyte, ce dernier pénètre dans l'espace entre les électrodes 15 et 14 par l'intermédiaire d'une ouverture d'entrée 33 pratiquée dans la plaque-support inférieure 31. Lorsqu'il atteint le niveau de l'ouverture 62, l'électrolyte pénètre dans l'espace entre les électrodes 14 et 13, et ainsi de suite, l'air déplacé s'échappant par une ouverture de sortie 34 pratiquée dans la plaque-support supérieure 32.

Les raccordements électriques aux électrodes 11 et 15 se font par l'intermédiaire de conducteurs 17 et 18, respectivement, lesquels sont isolés, traversent de manière étanche la plaque supérieure 32 et sont reliés aux pôles négatif 71 et positif 72, respectivement, d'une source de tension 70.

Les ouvertures d'entrée et de sortie 33 et 34 de l'ensemble 10 sont avantageusement pourvues de tubulures 81 et 82, respectivement.

Lorsque la tension est appliquée à l'ensemble immergé 10 à partir de la source 70, le courant circule entre les électrodes 11 et 15 au travers de l'électrolyte interposé au niveau des ouvertures 60, 61 et 62, le gaz se formant essentiellement au niveau des électrodes 11 et 15. Le gaz formé dans la cellule 4, entre les électrodes 14 et 15, se rassemble au sommet de la cellule et abaisse le niveau de l'électrolyte jusqu'à ce qu'il puisse s'échapper, par l'ouverture 62, vers la cellule 3 formée entre les électrodes 13 et 14. La circulation du courant électrique au niveau de l'ouverture 62 est maintenant fortement réduite, et le gaz est alors formé au niveau des électrodes 13 et 14. Ce gaz abaisse le niveau de l'électrolyte dans la cellule 3, dégageant l'ouverture 61, le gaz se formant alors entre les électrodes 12 et 13. Ce processus se répète au niveau de la cellule 2, de sorte que les ouvertures 60, 61 et 62 sont toutes trois dégagées, et que le gaz est alors formé au niveau de toutes les électrodes immergées dans l'électrolyte.

Le gaz produit forme avec l'électrolyte une écume dont la conductivité est plus basse que celle de l'électrolyte liquide. Les cellules peuvent finalement contenir l'électrolyte liquide jusqu'à environ la moitié de leur hauteur, le reste étant rempli d'électrolyte sous forme d'écume; l'électrolyte sous forme d'écume commence alors à circuler, quittant l'ensemble par l'ouverture de sortie 34, pendant que de l'électrolyte liquide est introduit par l'ouverture d'entrée 33. La vitesse de circulation s'accroît avec la vitesse de production de gaz.

Sous certaines conditions, il peut être avantageux que les centres des ouvertures dans les électrodes adjacentes soient alignés sur une ligne inclinée par rapport à l'horizontale. Sur la fig. 1, les ouvertures 60, 61 et 62 sont alignées sur une ligne de centrage 63 inclinée vers le haut dans le sens de la circulation de l'électrolyte. Dans d'autres exemples de réalisation, la ligne de centrage peut être horizontale, ou même inclinée vers le bas.

Il peut aussi être avantageux de déplacer les ouvertures des électrodes adjacentes, de sorte qu'elles ne sont plus en alignement comme représenté fig. 1, pour augmenter la longueur du trajet de fuite initial. Le trajet, pour l'écume, entre ouvertures qui ne sont pas alignées, est plus long; en conséquence, on dispose de plus de temps pour que l'écume libère le gaz et reforme un électrolyte partiellement liquide pendant qu'elle se trouve dans une cellule. Cela aide au maintien d'un niveau de liquide plus élevé dans les cellules 1, 2, 3, 4 et c'est un avantage important lorsque la vitesse de production de gaz doit être aussi élevée que possible; cette disposition évite également le risque qu'une cellule soit complètement vidée d'électrolyte lorsque la vitesse de production d'écume est trop élevée. Lorsque la quantité d'écume augmente dans une cellule, la résistance de cette cellule s'accroît, ce qui réduit la valeur du courant traversant l'appareil et abaisse la production de gaz (proportionnelle au courant).

Quoique l'ensemble représenté ne comporte que cinq électrodes, on peut, en pratique, prévoir des ensembles à trente électrodes, l'épaisseur radiale des cellules étant, par exemple, de 5 mm, et la hauteur des électrodes, entre les plaques-supports, étant par exemple de 100 mm. Le courant fourni à l'ensemble depuis la source 70 doit être ajusté à une valeur telle que les cellules ne puissent pas se remplir entièrement d'électrolyte en raison d'une vitesse trop élevée de production de gaz.

Il n'est pas nécessaire que l'ensemble décrit soit immergé dans une masse d'électrolyte liquide comme représenté. Dans la variante illustrée fig. 3, les tubulures d'entrée et de sortie 81 et 82 de l'ensemble 10 sont raccordées aux extrémités opposées d'un système de conduits contenant l'électrolyte. La tubulure de sortie 82 se prolonge par un conduit pénétrant, de manière étanche, dans un réservoir 90 fermé, à son extrémité supérieure, par un couvercle vissé 91 et pourvu d'un conduit de sortie de gaz 92, par lequel le gaz formé est extrait. Le fond du réservoir 90, au niveau duquel l'électrolyte se rassemble à mesure que le gaz s'échappe de l'écume introduite dans le réservoir par le conduit 82, est raccordé à la tubulure d'entrée 81 par l'intermédiaire d'un conduit allongé de refroidissement, ou spirale, 93. De préférence, le volume d'électrolyte initialement contenu dans l'appareil est suffisant pour permettre une production continue de gaz, pendant une période longue, par exemple, de huit heures. L'électrolyte peut être remplacé en ajoutant de l'eau de temps en temps, la quantité à ajouter correspondant au volume de gaz formé.

Comme dans l'exemple des fig. 1 et 2, les électrodes d'extrémité sont raccordées aux bornes d'une source de courant continu 70, par l'intermédiaire des conducteurs 17, 18.

Cette disposition est plus simple que celle des fig. 1 et 2, du fait qu'elle ne requiert pas l'emploi d'un réservoir moulé ou soudé, étanche aux gaz, suffisamment grand pour recevoir l'ensemble à électrodes; il n'est besoin que de raccorder des conduits de manière connue pour constituer le système d'électrolyte.

Les ensembles décrits en se reportant aux fig. 1 à 3 doivent être alimentés à partir d'une source de courant continu, sous environ 2-3 V par cellule. Les problèmes de fabrication limitent le nombre d'électrodes d'un ensemble à environ 30; la tension maximale pouvant être appliquée à l'appareil est donc de 90 V, de sorte que, si l'appareil est alimenté à partir d'une ligne de tension alternative du réseau public, un transformateur est nécessaire pour réduire la tension avant son redressement.

Cette difficulté peut être surmontée en utilisant plusieurs ensembles d'électrodes raccordés électriquement en série. S'il s'agit d'un réseau à 220 V, on peut monter en série trois

ensembles à électrodes, chaque ensemble comportant 24 cellules ou 25 électrodes. On redresse alors directement la tension d'alimentation pour alimenter l'appareil.

Le dispositif qui vient d'être mentionné est illustré fig. 4. L'appareil 100 se compose d'un récipient fermé 52 pourvu d'un conduit de sortie de gaz 53 et d'une ouverture de remplissage 54 normalement scellée par un couvercle vissé 55. Le récipient est presque entièrement rempli d'électrolyte 50, dans lequel sont immergés trois ensembles à électrodes identiques 10a, 10b, 10c; chaque ensemble est identique à celui décrit en se reportant aux fig. 1 et 2, mais il comporte 25 électrodes emboîtées et, en conséquence, doit être alimenté sous 75 V au maximum. Les trois ensembles à électrodes sont électriquement raccordés en série, aux bornes d'un pont redresseur 71, lui-même raccordé au réseau 220 V 72, par l'intermédiaire des conducteurs isolés 17, 18, 19 et 20.

On notera que, lorsqu'un appareil tel que représenté fig. 4 est en fonctionnement, sous un courant, par exemple, de 15 A, la quantité de gaz produite correspond à celle qui serait produite par un courant de $(75 \times 15) = 1125$ A, dans une seule cellule fonctionnant sous 3 V en courant continu, cellule pour laquelle les pertes seraient très élevées dans le transformateur alors nécessaire, dans les redresseurs à courant élevé et dans les conducteurs électriques. Et il serait également nécessaire de prévoir une circulation forcée de l'électrolyte dans un refroidisseur, pour éliminer la chaleur créée dans la cellule.

Les appareils décrits évitent la circulation forcée de l'électrolyte et permettent de maintenir, à un taux relativement faible, les pertes électriques.

Lorsque plusieurs ensembles à électrodes sont utilisés, il est possible, en variante, au lieu d'immerger ces ensembles dans un réservoir commun, comme il est représenté fig. 4, de prévoir, pour chacun d'eux, une circulation d'électrolyte individuelle telle que celle représentée à la fig. 3, de sorte que chaque ensemble est conçu pour la circulation et le refroidissement de son propre électrolyte.

Il est souhaitable, quel que soit le dispositif utilisé, de prévoir des moyens pour contrôler l'amplitude du courant appliqué aux électrodes. Cela peut se faire, bien entendu, en utilisant des moyens connus tels que des transformateurs ou des résistances à prises. Il est toutefois recommandé de prévoir une régulation automatique du courant, à l'aide d'un circuit tel que celui représenté fig. 5.

On a représenté fig. 5 un appareil 100 du type décrit en se reportant à la fig. 4; cet appareil est alimenté à partir d'un redres-

seur 71 raccordé au réseau d'alimentation 220 V 72. Dans ce circuit, toutefois, le redresseur est raccordé au réseau par l'intermédiaire d'un élément de commande à thyristor ou triac 73 dont le fonctionnement est placé sous la dépendance d'un élément basculeur 74 sensible à un signal de commande; ce dernier est représentatif de la pression dans le conduit de sortie de gaz 53 de l'appareil 100 et est formé par un transducteur de pression 75 couplé au conduit 53.

L'amplitude du courant fourni aux électrodes peut être contrôlée en fonction de la pression du gaz formé, quel que soit l'exemple de réalisation choisi. Les moyens pour obtenir ce résultat diffèrent de ceux illustrés fig. 5, mais ils sont aisément imaginables dans le cadre d'une régulation par contre-réaction.

La forme donnée aux électrodes n'est pas une caractéristique essentielle. La caractéristique essentielle est que chaque électrode est formée à partir d'un matériau en feuille pour constituer un organe limitant un volume et disposé, de préférence, à égale distance de deux organes adjacents. Mais il n'est pas essentiel que les électrodes soient régulièrement espacées. Les électrodes extérieures ont une surface plus importante que les électrodes intérieures et, puisque le même courant circule dans chaque cellule, la densité de courant est plus faible dans les électrodes extérieures. La quantité de gaz formée par unité de volume de cellule est, en conséquence, plus faible, si l'espace entre électrodes est le même pour toutes les électrodes. Il est, en conséquence, possible de réduire l'espace entre électrodes pour les électrodes extérieures, ce qui signifie que cet espace est réduit à mesure que le diamètre des électrodes qui le limitent s'accroît. Les formes géométriques des électrodes individuelles d'un ensemble sont, de préférence, identiques. On a représenté, par exemple, fig. 6, les électrodes 111 à 113 et 119 d'un ensemble, chaque électrode se présentant sous la forme d'un parallélépipède creux. Les électrodes intermédiaires 112, 113 comportent des ouvertures 60, 61 placées à même distance de leur bord supérieur. On a, d'autre part, représenté fig. 7, un ensemble dont les électrodes se présentent sous la forme d'un cylindre droit creux; les électrodes intermédiaires 122, 123 de cet ensemble comportent des ouvertures 64, 65 à même distance de leur bord qui, au lieu d'être alignées, sont angulairement espacées de 180° ; on peut choisir une autre valeur d'angle.

Dans le cas d'exemples tels que celui décrit en se reportant aux fig. 1 et 2, il n'est pas nécessaire d'immerger complètement l'ensemble à électrodes dans l'électrolyte. Il est seulement nécessaire que le niveau de cet électrolyte ne soit pas plus bas que l'ouverture la plus élevée pratiquée dans les électrodes, afin d'assurer que l'électrolyte pénètre dans toutes les cellules.

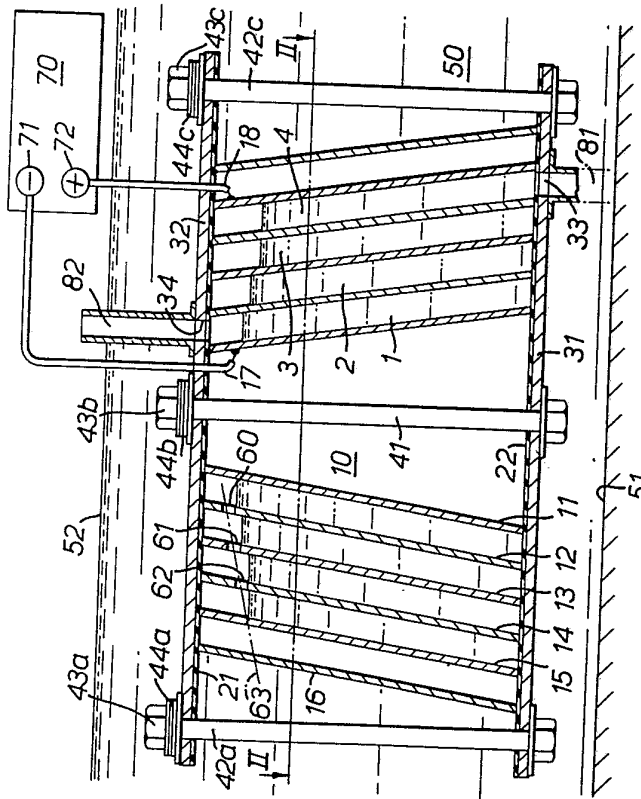


FIG. 1.

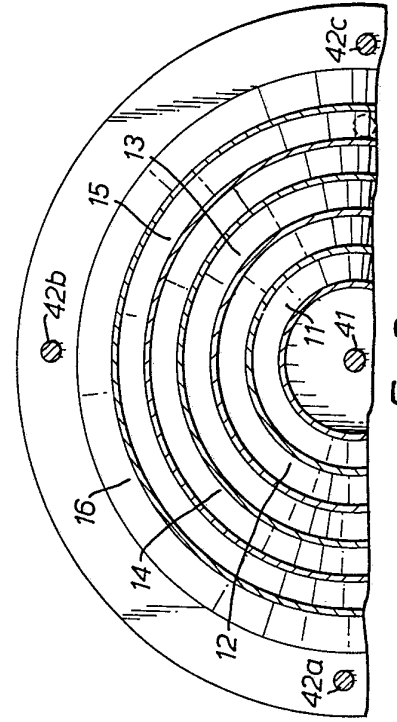


FIG. 2.

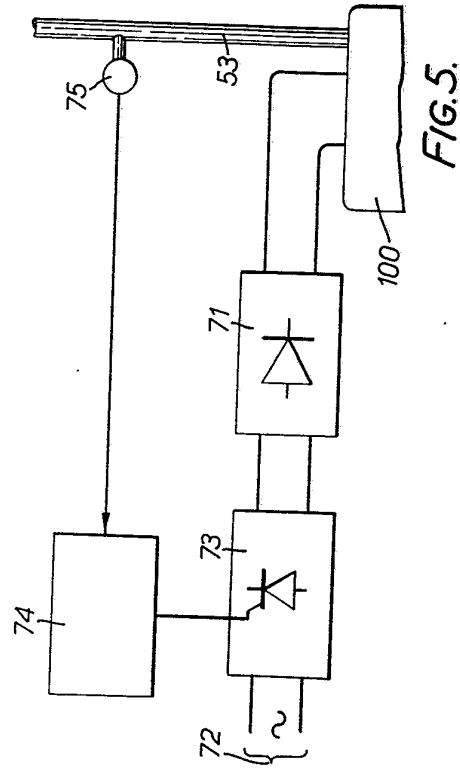


FIG. 5.

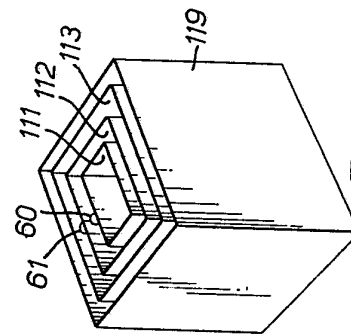


FIG. 6.

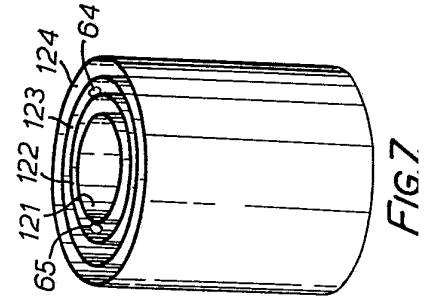


FIG. 7.

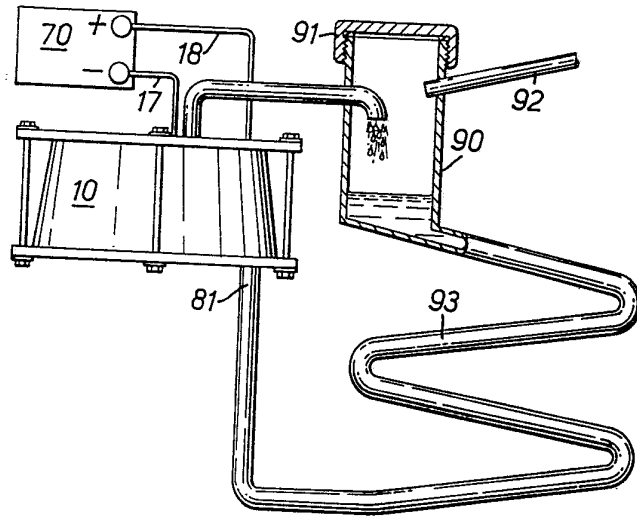


FIG. 3.

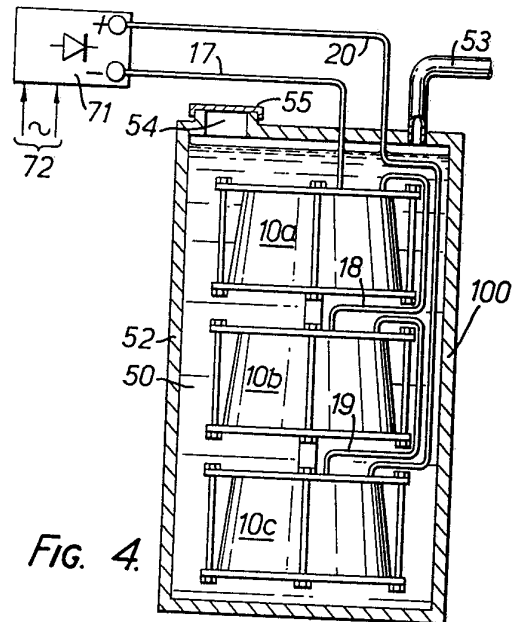


FIG. 4.