



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00552**

(22) Data de depozit: **24/07/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/08/2021** BOPI nr. **8/2021**

(41) Data publicării cererii:
28/02/2014 BOPI nr. **2/2014**

(73) Titular:
• **ARGHIRESCU MARIUS, STR. MOȚOC
NR.4, BL.P 56, SC.1, ET.8, AP.164,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **ARGHIRESCU MARIUS, STR.MOȚOC
NR.4, BL.P 56, SC.1, ET.8, AP.164,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2009/0139874 A1; US 2007/0278092 A1

(54) **GENERATOR DE GAZ BRAUN PRODUS DIN APĂ,
CU ELECTROLIT SOLID**



Invenția se referă la un generator de gaz Braun produs din apă, cu electrolit solid. Sunt cunoscute diverse variante de generatori de gaz Braun și hidrogen produs din apă, care în general utilizează electroliza apei pentru disocierea moleculelor de apă în hidrogen și oxigen.

Se cunoaște în acest sens că pentru un randament energetic bun de conversie a energiei electrice de disociere, este preferabil a se utiliza un câmp electric sub 15V/cm și un raport: I (intensitate curent)/ S (suprafață electrozi) mai mic de 4000 A/m², (**Tobias, C.V. Journ. of Electrochemical Society, Vol. 134, No.2, 1959**) deoarece eficiența electrolizei scade cu creșterea tensiunii. În prezent, instalațiile eficiente energetic de producere a electrolizei, pe lângă această condiție, folosesc diverse soluții tehnice de catalizare a electrolizei, fie prin adăugare de săruri în apă, de exemplu-bicarbonat de potasiu sau NaCl, NaOH, etc., fie prin utilizarea unui aliaj catalitic metalic introdus între plăcile de electroliză, de exemplu-metalic sau prin utilizare de nichel poros, realizat prin sinterizarea unor pulberi de nichel, pentru plăcile-electrod de electroliză, fie prin utilizarea unor câmpuri electromagnetice care punând în stare de vibrație reciprocă componenții atomici ai moleculelor de apă, favorizează disocierea acestora. Se cunosc în principal două astfel de metode de utilizare de câmpuri electromagnetice de catalizare a disocierii apei:

- disocierea apei electrolitic utilizând apa ca dielectric de descărcare electrică, ca în brevetele: **US 4936961** și **US 6126794, US 603058**, în pulsuri de 17-30 Hz frecvență, între doi electrozi cu rol de plăci de condensator cilindrice, plasate concentric în câmpul magnetic al unui solenoid inseriat în circuit astfel încât să formeze un circuit oscilant închis, pe o frecvență de 10-250 kHz stabilită experimental, prin analiza curbei de rezonanță (de absorbție a energiei câmpului de către moleculele de apă);

- disocierea apei în câmp de microunde, de preferință-de 2,45 Ghz - frecvență folosită și la cuptoarele cu microunde, la care apa absoarbe eficient energia microundelor și catalizează disocierea electrolitică a apei, măbind randamentul conversiei energetice. Un exemplu de generator de hidrogen de acest tip este prezentat în documentul de brevet: **CN 1072465**, care prezintă o instalație de producere a hidrogenului prin disocierea apei în câmp de microunde, într-o incintă cu pereți reflectanți de microunde, între două plăci cu rol de electrozi, apa introdusă la partea inferioară a incintei fiind vaporizată cu un câmp de microunde trimis prin un ghid de microunde plasat la partea superioară a incintei și apoi supusă disocierii electrolitice între plăcile-electrod, tot în câmp de microunde, ceea ce mărește eficiența producerii hidrogenului. Parametrii de lucru optimizați ai instalației, au fost deduși ca fiind următorii: presiune abur: 0,1-1 Mpa; temperatură abur: 100-180°C; densitatea de putere a microundelor: 0,1-1,2 W/cm³; frecvența microundelor: 0,8-22 GHz; câmpul electric de electroliză: 2-8 V/cm.

Se cunoaște de asemenea că producerea gazului Braun și a hidrogenului prin electroliza apei prin transformarea acesteia în abur supus apoi electrolizei, este mai eficientă, deoarece reduce semnificativ energia electrică necesară disocierii apei până la valori de circa 150 mV, în loc de 2 V ca la disocierea din stare lichidă, generând o eficiență de conversie a energiei de circa 80%, la o temperatură a aburului apropiată de 900°C, comparativ cu un randament de 50% ca la electrolizorul cu plăci, (brevet **US3993653**), utilizarea aburului la 400-700°C pentru electroliză fiind descrisă în documentul **US 2007278092 A1**.

De asemenea, pentru eficientizarea electrolizei aburului, se folosesc în prezent electrozi poroși pe care sau între care este format un strat subțire de electrolit solid, de oxid de zirconiu sau de alt tip, ca în brevet **JP 5033179**, sau ca în brevet **US 3993653**, care prezintă un generator de hidrogen prin disocierea electrolitică a apei în stare de abur, cu catod din

cermet poros pe care este aplicat un strat de electrolit solid din oxid refractar în soluție solidă, care are proprietatea de a conduce curent electric prin anionii propriei rețele atomice, pe acest strat fiind depus apoi un strat de cermet formând un anod poros, catodul poros formând un bloc din aluminat de magneziu, zirconiu stabilizat, silicat de aluminiu, sau amestec (CaO-ZrO₂) combinat cu Ni, cu grosime de circa 5mm acoperit cu un strat de Ni poros de circa 0,1 mm grosime, care în particular are compartimente prismatice de asemenea nichelate, în care se introduce lână metalică termorezistentă (Ni, Ni-Cr, oțel Cr-Ni), pe fața opusă catodului poros fiind depus un electrolit solid corespunzător, care are o grosime de circa 0,1 mm, anodul poros depus pe acesta fiind tot un cermet și conținând CaO-ZrO₂, dacă catodul poros conține și el-adăugat la oxid de In dopat cu oxid de Sn de exemplu. Faptul că electrozii poroși măresc suprafața specifică de contact cu apa (aburul) a electrodului și permit efectuarea electrolizei la o supratensiune scăzută a electrolizei și la o densitate mare de curent este dezvăluit și în documentul **JPS 6157397 (B2)**.

Mai este cunoscută prin documentul de brevet **US 2007278092**, o metodă și o instalație de producere a hidrogenului din abur prin folosirea ca electrolit solid propriu-zis x, a unei membrane conducătoare de protoni, neporoasă, impermeabilă la abur și la ionii de oxigen, tip BCY10 (BaCe_{0,9}Y_{0,1}O_{2,95}) sau BCN18, (Ba₃Ca_{1,18}Nb_{1,82}O_{8,73}), de 3...25 m grosime, depusă pe un substrat poros electroconductiv de 1-2 mm grosime, permeabil la abur și la ionii de O⁻ și H⁺, cu porozitatea de 0,5...10 μm, din cermet poros de Ni sau din Pa sau Pt poroasă, care prin o interfață cu grosimea de 10...100 μm formează anodul, y, respectiv-catodul, y' - de cealaltă parte a membranei de electrolit solid x, metoda prezentând avantajul că poate utiliza pentru electroliza apei tensiuni scăzute până la 1,1 V, funcție de rezistența electrică a membranei electrolitice și temperatura aburului, (o temperatură mai scăzută a aburului necesitând creșterea diferenței de potențial spre valoarea de 2V).

Un sistem energetic cuprinzând un generator de hidrogen produs din apă sub formă de abur, cu electrolit solid, este prezentat și în brevetul: **US 2009139874**.

Deși de eficiență mărită, generatorul de hidrogen conform brevetului US menționat prezintă dezavantajul unei construcții speciale și scumpe a ansamblului: anod-catod. Diverse soluții tehnice constructive de sistem cu electrolit solid pentru electroliza apei, ce fac obiectul unor documente de brevet precum: **JP 2010059506**, **FR 2926092**, **EP 2253743**, **JP 2008053193**, **KR 20000058493**, **JP 2005302694**, **US 2010/0233577**, descriu modul de alcătuire și realizare a unui ansamblu electrolizor cu electrolit solid ieluzând și catalizatori, de exemplu-prin presarea la cald pe o membrană polimerică de electrolit solid, planară, schimbătoare de ioni, hidrofoba, de exemplu-din fluoro-carbon, politetrafluoro-etilenă (PTFE) sau din copolimer: tetrafluoro-etilenă-hexafluoropropilenă combinat cu nafion lichid, a doi electrozi planari, metalici, cu substrat metalic poros din pulbere de Ni, Fe, Ni-Fe, Mn, Co, Sn, Ag sau combinații, de 1-4 mm grosime, de regulă-din pulbere de Ni sinterizată, pe care în prealabil s-a depus pe fața de contact cu electrolitul solid, un strat de catalizator, reactiv, sub formă de pulbere nanometrică de Ni, Pt, Ir, Ru, Au, Rh, Pa, în cantitate de 0,2-0,5 mg/cm², de exemplu - Pt la catod și Ir la anod, sau un strat mai gros de lantanide, sinterizate pe substratul de metal poros în amestec cu particule de pulbere micrometrică ale acestui substrat, pentru a permite penetrarea fluidului de disociat, de regulă-abur. Pe fețele ansamblului poate fi atașată la sinterizare și câte o sită fină din metal electroconductiv, pentru mărirea rezistenței. La sinterizare, la interfața cu membrana polimerică de electrolit solid, este preferabil să se închidă porii de dimensiuni mari ai stratului catalitic, pentru a se permite doar ionilor să traverseze membrana.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în valorificarea eficientă a spațiului de electroliză și a puterii electrice consumate, pentru a produce un debit de gaz Brown (HHO) cât mai mare pe unitatea de volum a electrolizorului în unitatea de timp.

Generatorul de gaz Braun produs din apă, cu electrolit solid, conform invenției rezolvă această problemă tehnică prin aceea că este compus din un electrolizor cu un suport nemetalic, preferabil-din textolit sau ceramică, în care este fixat un corp metalic, cilindric sau paralelipipedic, în interiorul căruia este fixată o țevă-electrod cilindrică sau paralelipipedică cu un ștuț de introducere a apei, conectat la o electrovalvă comandată de un senzor de nivel și un ansamblu electrolitic cu anod și catod deasupra căruia este fixată o membrană selectivă hidrofobă, pe corpul electrolizorului fiind dispus un capac nemetalic cu un tub de trecere a gazului Brown (HHO) produs electrolitic și o înfășurare solenoidală a unui transformator cu primar și un secundar cu diodă redresoare și capetele conectate la țeava-electrod și la corpul electrolizorului. Ansamblul electrolitic menționat este tip sandwich electrolitic inițial planar, dispus în rozetă sau în spirală, fixat cu un electrod de țeava-electrod și cu celălalt electrod de corpul metalic, alcătuit ca ansamblu compact inițial planar din un electrolit solid dispus median, încadrat de un anod și un catod din pulbere metalică, preferabil-de Ni, sau din aliaj Ni-Fe, sinterizată, cu grosimea de 0,5÷5 mm și fața dinspre electrolitul solid acoperită cu un strat catalizator de pulbere nanometrică de catalizator metalic sau oxidic amestecată cu pulbere micrometrică specifică substratului, având suprafața totală comparabilă cu a acestuia, pe una din fețele exterioare fiind lipite cu liant termorezistent niște distanțieri sub formă de miniplăcuțe termorezistente de circa 5x5 mm² și de 0,1-3 mm grosime, astfel încât la dispunerea suprapusă, în rozetă sau în spirală, a părților succesive ale sandwich-ului electrolitic, să se formeze între acestea un spațiu îngust izolator electric, de trecere a apei în stare lichidă sau în stare de vapori. Țeava-electrod este umplută parțial cu pulbere termoconductivă de bronz, de oțel-inox, de Ni, din aliaj Ni-Fe (cu 77% Ni) sau/și granule termoconductive din ceramică poroasă sau carborundum, pentru înmagazinare de energie termică produsă de microcurenții de inducție produși de câmpul electromagnetic generat în interiorul electrolizorului și producere de apă caldă sau abur ce trece în spațiul de electroliză prin niște orificii de trecere din țeava-electrod.

Într-un exemplu de realizare, țeava-electrod are formă de ghid de undă cilindric sau paralelipipedic, dimensionat pentru microunde de 2÷10 GHz, cu suprafața interioară argintată, preferabil, și este prevăzută la capătul superior cu un generator de microunde tip cavitate rezonantă cu magnetron, alimentat de la un transformator ridicător de tensiune individual, iar în interior are granule termoconductive din ceramică poroasă absorbantă de microunde, eventual amestecată cu pulbere metalică în proporție de peste 60% ceramică poroasă, ștuțul țevii-electrod fiind atașat pe partea cilindrică a ei, corpul electrolizorului fiind paralelipipedic iar forma secțiunii sandwich-ului electrolitic fiind de spirală pătratică. -Într-un alt exemplu de realizare, înfășurarea solenoidală este realizată cu primarul și secundarul fixați în rășină epoxidică și este dispusă pe exteriorul țevii-suport, la partea inferioară a acesteia, pulberea termoconductivă fiind în acest caz feromagnetică, din oțel-inox sau mu-metal și umplând țeava-electrod până la nivelul marginii superioare a înfășurării solenoidale, astfel încât liniile de câmp magnetic generat de primarul acesteia să se închidă simultan prin pulberea termoconductivă din țeava-electrod și prin partea metalică a sandwich-ului electrolitic din proximitatea exterioară a ei, din Ni sau Ni-Fe.

Într-o altă variantă de realizare, corpul metalic al electrolizorului are forma și dimensiunile unui ghid de undă paralelipipedic pentru frecvența de 2,45GHz, și este prevăzută la partea inferioară cu un generator de microunde cu cavitate rezonantă și magnetron, plasat în locul suportului nemetalic și fixat izolat electric de corpul electrolizorului și de țeava-suport prin intermediul unei plăci separatoare ceramice, cu găuri de intrare a apei și găuri de ieșire a aburului generat de granule de ceramică poroasă, absorbantă de energie a microundelor,

plasate în cavitatea rezonantă, țeava-electrod fiind umplută parțial cu carborundum și pulbere metalică, iar sandwich-ul electrolitic având secțiunea tip spirală dreptunghiulară, răcirea magnetronului fiind realizată cu apa de răcire trecută inițial printr-o cavitate ce înconjoară corpul magnetronului.	1
Generatorul conform invenției, prezintă următoarele avantaje:	5
- este realizabil cu mijloace uzual existente în comerț, cu costuri de manoperă scăzute;	7
- permite utilizarea unei tensiuni și a unei puteri electrice de disociere a apei mai scăzute decât la disocierea apei lichide, ca urmare a catalizării termice și electromagnetice a ei;	9
- produce un debit de gaz Braun (HHO) mărit pe unitatea de volum a electrolizorului în unitatea de timp, utilizând câmp electromagnetic pentru cataliza reacției de electroliză a apei și prin folosirea energiei microcurenților de inducție sau și a microundelor și a unor pulberi electroconductive de creștere a suprafeței electrozilor și de catalizare a disocierii apei, cataliză care determină o disociere mai rapidă și mai completă a aburului raportată la volum. Acest avantaj este important pentru utilizarea gazului Braun ca aditiv al benzinei la motoare cu ardere internă ale unor mașini, de exemplu.	11
Invenția este prezentată pe larg în continuare în legătură și cu fig.1...8 care reprezintă:	13
- fig.1,a,b, vedere de sus și în secțiune a sandwich-ului electrolitic al generatorului;	15
- fig. 2, vedere în secțiune orizontală a electrolizorului generatorului cu dispunere în rozetă a sandwich-ului electrolitic;	17
- fig. 3,a,b, vedere în secțiune orizontală și verticală a generatorului în formă cilindrică cu dispunere în spirală a sandwich-ului electrolitic;	19
- fig. 4, vedere în secțiune verticală a generatorului în formă paralelipipedică cu dispunere în spirală a sandwich-ului electrolitic și cu generator de microunde atașat;	21
- fig. 5, vedere în secțiune orizontală a generatorului în formă paralelipipedică cu dispunere în spirală a sandwich-ului electrolitic, din fig.4;	23
- fig. 6, vedere în secțiune verticală a generatorului în formă paralelipipedică cu dispunere în spirală a sandwich-ului electrolitic și cu înfășurarea solenoidală pe țeava-electrod;	25
- fig. 7, vedere în secțiune orizontală a generatorului în formă paralelipipedică cu dispunere în spirală a sandwich-ului electrolitic din fig. 6;	27
- fig. 8,a,b, vedere în secțiune orizontală și verticală a generatorului în formă de ghid de undă cu dispunere în spirală a sandwich-ului electrolitic și cu generator de microunde atașat.	29
Generatorul de gaz Braun produs din apă, cu electrolit solid, conform invenției, este compus ca în fig. 2-7 din un electrolizor A cu un suport 1 nemetalic, preferabil din textolit sau ceramică, în care este fixat un corp 2 metalic, cilindric sau paralelipipedic, în interiorul căruia este fixată o țeavă-electrod 3 cilindrică sau paralelipipedică și un sandwich electrolitic 4 inițial planar, dispus în rozetă sau în spirală, deasupra acestuia fiind fixată o membrană selectivă 6 hidrofobă, ce permite trecerea oxigenului și a hidrogenului dar nu și a aburului, pe corpul 2 fiind fixat un capac 5 nemetalic cu un tub d de trecere a gazului Braun (HHO) produs electrolitic și colectat între capacul 5 și membrana selectivă 6 . Pe corpul 2 metalic, sau pe țeava-electrod 3 , electrolizorul A are dispusă o înfășurare solenoidală 7 cu un primar e și un secundar e' cu intrare i , pentru transformarea curentului electric de alimentare electrică, de 220 V dat de rețea, sau de 12V dat de o baterie electrică prin intermediul unui generator de curent pulsatoriu tip chopper, în curent alternativ de 1,7÷5 V, care este redresat cu 1-2 diode	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

redresoare **p** de putere și apoi aplicat sandwichului electrolitic **4** a cărei parte metalică formează miezul unui transformator, microcurenții de inducție generați în acesta catalizând termoelectric, suplimentar, disocierea apei în oxigen și hidrogen. La dispunerea în rozetă, ca în fig.2, a sandwichului electrolitic **4**, electrodul-țevă **3** are preferabil niște aripioare metalice **k** peste care se trece sandwich-ul electrolitic **4**.

Membrana selectivă **6** este de tipul: H_2O/aer (membrană polisulfonică de micro-filtrare).

Sandwich-ul electrolitic **4** este fixat cu un electrod de țeava-electrod **3** și cu celălalt electrod de corpul **2** metalic, care au niște conectori electrici **a**, **b**, și este alcătuit conform uneia din variantele cunoscute în stadiul tehnicii, ca ansamblu compact planar compus ca în fig.1, din un electrolit solid **g** dispus median, încadrat de un anod **f** și un catod **h** din pulbere metalică, preferabil de Ni, sau din aliaj Ni-Fe (mu-metal, cu 77%Ni), sinterizată, cu fața dinspre electrolitul solid **g** acoperită cu un strat catalizator **o**, respectiv **o'**, de pulbere nanometrică de catalizator metalic sau oxidic (Ni, Pt, Ir, Ru, Au, Rh, Pa sau lantanide) amestecată cu pulbere micrometrică specifică substratului, având suprafața totală comparabilă cu a acestuia. Grosimea electrozilor poroși **f**, **h**, poate fi de 0,5-1 mm sau mai mare de 1mm, de exemplu- și de 3-5mm, funcție de capacitatea moleculelor de apă de a penetra structura poroasă a electrodului. Pe una din fețele sandwich-ului electrolitic **4** se lipesc cu liant termorezistent (rășină epoxidică, etc.) niște distanțieri **l** sub formă de miniplăcuțe termorezistente, din pertinax, textolit, ceramică, sticlă, etc., de circa $5 \times 5 \text{ mm}^2$ sau mai mari și de 0,1-3 mm grosime-preferabil nu mai mare decât a electrozilor **f**, **h**, astfel încât la dispunerea suprapusă, în rozetă sau în spirală, ca în fig. 2, 3a, 5 sau 7, a părților succesive ale sandwich-ului electrolitic **4**, să se formeze între acestea un spațiu îngust izolator electric, de trecere a apei în stare lichidă sau în stare de vaporii. În acest mod, câmpul electric $E = U/d$, de polarizare electrică a moleculelor de apă pentru disociere, este generat între anodul **f** și catodul **h**, atât la nivelul electrolitului solid **g**, permisiv la trecerea de ioni de H^+/O^- , cât și la nivelul spațiului de trecere a apei/aburului menținut prin distanțierii **l**, ceea ce mărește eficiența valorificării spațiului de electroliză, fără necesitatea măririi tensiunii U de electroliză la mai mult de 2 V, în condițiile folosirii cu rol catalitic și a efectului electrotermic al microcurenților de inducție produși de câmpul magnetic variabil al înfășurării solenoidale **7**. Spre deosebire de cazul dispunerii în spirală, când electrolitul solid **g** poate fi ales permeabil la trecerea ambelor tipuri de ioni, în cazul dispunerii în rozetă închisă a sandwich-ului electrolitic **4**, deoarece aburul este relativ împiedicat să ajungă până la corpul **2** metalic, este de preferat ca electrolitul solid **g** să permită trecerea doar a anionilor sau a cationilor, cu excepția cazului formării rozetei dintr-o dispunere în spirală, adică prin înfășurare continuă cu separarea înfășurărilor prin distanțieri **l**.

De asemenea, deoarece electroliza apei în stare de abur este mai eficientă energetic decât cea a apei lichide, țeava-electrod **3** este umplută parțial cu material termoconductiv (**j**, **j'**), cum ar fi pulbere termoconductivă **j** tip pulbere de bronz, de oțel-inox, de Ni, din aliaj Ni-Fe (cu 77%Ni) sau/și granule termoconductive **j'** din ceramică poroasă sau carborundum, care înmagazinează energie termică, parțial preluată prin conducție de la țeava-electrod **3** și parțial generată de microcurenții electrici de inducție generați de câmpul electromagnetic local, existent după alimentarea înfășurării solenoidale **7**.

Apa de disociat este introdusă în interiorul țevii-electrod **3** pe la partea superioară a ei, prin-un ștuț **c**, preia energia calorică a pulberii termoconductive **j** și se transformă în abur care intră în spațiul de electroliză prin niște orificii de trecere **r**, urmând apoi traseul elicoidal spre corpul **2** metalic, cu disociere electrolitică produsă de diferența de potențial dintre anodul **f** și catodul **h**.

Deși electrolizorul **A** astfel realizat poate funcționa și cu apa în stare lichidă, transformarea ei în abur, pentru electroliză, este mai preferabilă. În acest caz, alimentarea cu apă a generatorului trebuie făcută prin intermediul unei electrovalve **8** acționată automat printr-un senzor de nivel **9**, în sine cunoscut, ca în fig. 4.

Într-un exemplu de realizare conform fig. 4 și 5, specific utilizării unui electrolizor de capacitate medie sau mare, țeava-electrod **3** are formă de ghid de undă cilindric sau paralelipipedic, dimensionat pentru microunde de 2÷10 GHz, cu suprafața interioară argintată, preferabil, și este prevăzută la capătul superior cu un generator de microunde **B** tip cavitate rezonantă **10** cu magnetron **11**, alimentat de la un transformator ridicător de tensiune individual, iar în interior are granule termoconductive **j'** din ceramică poroasă absorbantă de microunde, eventual amestecată cu pulbere metalică în proporție de peste 60% ceramică poroasă. Apa este introdusă în țeava-electrod **3** printr-un ștuț **c** atașat pe partea tubulară a ei și conectat la o electrovalvă **8** comandată prin un senzor de nivel **9** plasat deasupra pulberii termoconductive **j**. La puteri de peste 500W, răcirea magnetronului **11** se poate face cu apa de disociat, trecută printr-o cavitate **u** de răcire a lui înainte de intrarea în țeava-electrod **3**.

Corpul **2** al electrolizorului **A** poate fi realizat în acest caz, preferabil- paralelipipedic iar forma secțiunii sandwich-ului electrolitic **4** este de spirală, preferabil- pătratică, (fig. 5).

Într-un exemplu de realizare, conform fig. 6 și 7, înfășurarea solenoidală **7** este realizată cu primarul **e** și secundarul **e'** fixați în rășină epoxidică și este dispusă pe exteriorul țevii-suport **3**, la partea inferioară a acesteia, pulberea termoconductivă **j** fiind în acest caz magnetică, din oțel-inox, Ni sau/și din mu-metal (aliaj Ni-Fe) și umplând țeava-electrod **3** până la nivelul marginii superioare a înfășurării solenoidale **7**, astfel încât liniile de câmp magnetic generat de primarul acesteia să se închidă simultan prin pulberea termoconductivă **j** din țeava-electrod **3** și prin partea metalică a sandwich-ului electrolitic **4** din proximitatea exterioară a ei, din Ni sau Ni-Fe. Avantajul acestei variante constă în o rată suficient de ridicată a transformării apei lichide în abur pentru evitarea utilizării microundelor pentru aceasta.

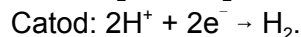
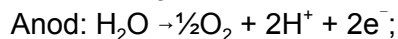
Lungimea electrolizorului **A** se alege funcție de debitul de hidrogen dorit sau de puterea stabilită pentru funcționare. Dacă se utilizează pulbere metalică micrometrică, preferabil de nichel, care are și efect catalitic, rezultă o mărire de peste 30 de ori a suprafeței de contact cu aburul.

De asemenea, o variantă de realizare a electrozilor sandwich-ului electrolitic **4** este cu anodul **f** și catodul **h** realizați cu circa 1mm grosime și cu utilizarea pentru un strat catalitic **o**, **o'** de 0,5-1 mm grosime a unui amestec de pulbere nanometrică și micrometrică preponderent de zinc (50-80%) și bronz sau/și alamă cu Al 10-25% și de Ni 10-25%, proprietățile catalitice ale acestui amestec pentru descompunerea apei fiind evidențiate experimental.

Într-o altă variantă de realizare, conform fig. 8, corpul **2** metalic al electrolizorului **A** are forma și dimensiunile unui ghid de undă paralelipipedic pentru frecvența de 2,45 GHz, (6,1x12,2 cm²) și este prevăzută la partea inferioară cu un generator de microunde **B** de 2,45 GHz cu cavitate rezonantă **10'** și magnetron **11'**, plasat în locul suportului **1** nemetalic și fixat izolat electric de corpul **2** și de țeava-suport **3** prin intermediul unei plăci separatoare **12'** ceramice, cu găuri **s** de intrare a apei și găuri **o** de ieșire a aburului generat de granule de ceramică poroasă **j'**, absorbantă de energie a microundelor, plasate în cavitatea rezonantă **10**, caz în care antena **u** a magnetronului **11'** este protejată de contactul cu apa de o teacă **t** ceramică, lipită de peretele corespondent al cavității rezonante **10'**, iar țeava-electrod **3** este umplută parțial cu carborundum în amestec cu pulbere metalică **j**, sandwich-ul electrolitic **4**

având secțiunea tip spirală dreptunghiulară, (fig. 8b), la puteri de peste 300 W, răcirea magnetronului **11'** fiind realizată cu apa de răcire trecută inițial printr-o cavitate ce înconjoară corpul magnetronului **11'**, în modul cunoscut la magnetronurile răcite cu apă. În ștuțul **c** de introducere a apei în țeava-electrod **3**, se poate prevedea și un filtru **v** pentru impurități.

Avantajul dispunerii electrolizorului **A** cuplat cu generatorul de microunde **B** este și acela de a valorifica energia de microunde reziduală, rămasă după stratul de ceramică poroasă **j'** și intrată în electrolizor, pentru extragerea de electroni din structura moleculei de apă, la anod, cedată ionilor de H^+ la catod, conform reacției:



Intensitatea sursei de alimentare se stabilește funcție de suprafața specifică a electrozilor poroși, rezultată prin folosirea pulberii de Ni sinterizate, conform relației pentru densitatea de curent optimă ($4000 \text{ A/m}^2 = 0,4 \text{ A/cm}^2$) și cunoștințelor de specialitate în domeniu.

Raportul dintre puterea magnetronului **11'** și puterea consumată de electrolizorul **A** se stabilește experimental prin determinarea limitei la care proporția de molecule de apă nedisociate în hidrogenul și oxigenul produs atinge o valoare minimă, de sub 10% și implicit-funcție de densitatea de curent, ca urmare a faptului că echivalentul în galoane gazolină a capacității calorice a hidrogenului produs este dependent de aceasta, conform unei relații de aproximare: $\text{gge/hxm}^2 = 0,4 \times I(A)/S(\text{cm}^2)$.

Știind că apa are căldura latentă de evaporare de circa 2256,5 kJ/kg, pentru o putere de 500 W a magnetronului **11'** și o putere absorbită pentru evaporarea apei de 400W, rezultă un debit de evaporare de $400/2256 = 0,177 \text{ g/s} = 10,6 \text{ g/min}$. Deoarece un mol de apă are 18 g, și transformată în gaz ocupă $22,4 \text{ dm}^3$, la o proporție de 90% conversie a aburului, rezultă un debit volumic de hidrogen de: $0,9 \times (10,6/18) \times 22,4 \text{ dm}^3/\text{min} \approx 11,8 \text{ dm}^3/\text{min} = 0,72 \text{ m}^3/\text{h}$.

Pentru alimentare de la rețeaua de 220 V, transformatorul de tensiune, are diametrul sârmei la părțile înfășurării solenoidale stabilit prin condiția de siguranță: $2-3 \text{ A/mm}^2$; (circa 0,8 mm diametru pentru primar și circa 5 mm diametru pentru secundar, la o putere de circa 200 W), cu numărul de spire calculat conform calculelor specifice pentru o tensiune de ieșire de circa 2 V.

Pentru varianta din fig. 6-7, a generatorului, calculele sunt următoarele:

Pentru evaporarea unei cantități de apă de 10,6 g/min, cu o putere absorbită de 400 W, conform calculelor de la varianta cu transformare a apei în abur cu microunde, se poate folosi un miez **j** din pulbere magnetică (inox feritic sau Ni) cu masa de circa 41 Og.

În mod echivalent, se pot folosi biluțe metalice de 1mm diametru, din oțel-inox feritic, deci cu volumul de $0,523 \text{ mm}^3$ și masa de $7,85 \text{ g/cm}^3 \times 0,523 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 4,1 \text{ mg}$.

Pentru un ansamblu compact, volumul ocupat de aceste biluțe rezultă prin faptul că fiecărei biluțe îi revine un spațiu de 1 mm^3 dintre care $0,476 \text{ mm}^3$ este spațiu ocupat inițial de aer, apoi de apă, pentru evaporare. Numărul de biluțe din masa de 410 g este 100.000 și vor ocupa un volum de 100 cm^3 , corespundent unei cavități cu secțiunea circulară sau pătratică cu diametrul/latura de 4 cm (suprafața de $12,56 \text{ cm}^2$, respectiv 16 cm^2) și înălțimea **h** de 8 cm, respectiv 6,3 cm.

Volumul și cantitatea de apă dintre biluțe vor fi: $47,6 \text{ cm}^3$, respectiv 47,6 g.

Pentru aducerea amestecului: biluțe (echivalentul pulberii grosiere)+ apă (47,6g), la 100°C , este necesară transmiterea unei energii calorice:

$$E_c = (m_p c_p + m_a c_a) \Delta T = (410 \text{ g} \times 0,67 \text{ J/g}^\circ + 47,6 \text{ g} \times 2,1 \text{ J/g}^\circ) \times 100^\circ = 37460 \text{ J}.$$

Pentru a atinge temperatura de 100°C în 1 minut, puterea cedată trebuie să fie: $P_t = 37460 \text{ J}/60 \text{ s} = 625 \text{ W}$, deci cu o putere de 400 W încălzirea amestecului se va face în 93 s.

RO 129234 B1

După alimentarea primarului solenoidului **7** cu un curent I_p alternativ, de 50 Hz, și aducerea amestecului bile-apă la temperatura de 100°C, toată puterea calorică de 400 W transmisă de solenoidul **7** amestecului bile+apă va fi utilizată pentru evaporarea apei. Intensitatea H° a câmpului magnetic alternativ care este necesar pentru producerea unui debit de abur de 10,6 g/minut cu o putere de 400 W este dat de formula cunoscută:

$$P_H / S_l = H^2 \sqrt{(\rho \cdot \mu \cdot f)} [kw / m^2]$$

în care: $H=N \cdot I / l$ (l -lungimea solenoidului);

$S_l = p \cdot x \cdot h$ - suprafața laterală a volumului de pulbere/bilute; ($12,56 \times 8 = 100,5 \text{ cm}^2$, respectiv $16 \times 6,3 = 100,8 \text{ cm}^2 \approx 0,01 \text{ m}^2$

ρ - rezistivitatea electrică a metalului încălzit ($0,125 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

μ - permeabilitatea magnetică ($12 \times 10^{-6} \text{ H/m}$); f - frecvența curentului = 50 Hz.

Cu datele anterioare, rezultă: $P_H / S_l = 0,4 \text{ kW} / 0,01 \text{ m}^2 = 40 \text{ kW/m}^2$; $H = 2,1 \times 10^3 [\text{H}]$.

Pentru un solenoid **7** cu $h = 8 \text{ cm}$ și cu N spire din CuEm alimentat cu un curent de intensitate $I = 1 \text{ A}$, rezultă ca suficient un număr de $N = 171$ spire cu diametrul de 0,7-0,8 mm, (calculat cu condiția de siguranță 2 A/mm^2). Însă deoarece solenoidul **7** trebuie alimentat de la rețeaua de 220 V, iar randamentul de transmitere a puterii electrice (magneto-electrice) este subunitar din cauza încălzirii și a spirelor adiacente ale electrozilor sandwich-ului electrolitic **4**, pentru realizarea unei puteri de 400 W energie calorică transmisă prin curenți de inducție doar miezului, cu un randament de conversie (electric-caloric) de circa 0,7%, ar fi necesară o putere de 571 W și un curent de circa 2,6 A (solenoid cu sârmă de $1,2 \pm 1,3 \text{ mm}$ diametru).

Electrolizorul poate avea 10 înfășurări cvasi-circulare (spire de spirală) de sandwich electrolitic cu înălțimea de 8-10 cm și raza variind de la 4 cm prin creștere cu circa 4 mm (suma grosimilor sandwich-ului electrolitic **4** + grosime distanțieri **1**), deci până la 8 cm, (16 cm diametru), suprafața fizică a sandwich-ului electrolitic rezultând de circa: $3,14 \times 6 \text{ cm} \times 2 \times 10 \text{ cm} \times 10 \text{ spire} = 3768 \text{ cm}^2 = 37,68 \text{ dm}^2$.

Ca urmare a faptului că realizarea electrozilor sandwich-ului electrolitic din pulbere metalică (Ni) sinterizată mărește de cel puțin 5 ori suprafața de contact cu apa (în stare de abur), suprafața totală de contact cu aburul va fi de minim $37,7 \times 5 = 1,88 \text{ m}^2$, ceea ce permite o disociere cvasitotală a moleculelor de apă din abur până la ieșirea din electrolizor, ca urmare și a distanței mici dintre electrozii de semn opus (circa 1 mm - grosimea distanțierilor **1**) și a probabilității ridicate de contact cu unul dintre electrozi al molecule de apă.

Pentru alimentarea electrolizorului, limitând intensitatea curentului de electroliză la 50A, din motive de siguranță, și alegând tensiunea de 1V (care ținând cont de distanța mică, de circa 1 mm, dintre electrozi, se încadrează în limitele recomandate, de 2-8 V/cm folosite și la varianta din document **CN 1072465**), rezultă ca necesară pentru electroliză o putere de 50 W, putere care trebuie preluată de pe secundarul înfășurării solenoidale **7**.

Considerând pentru transformatorul realizat cu înfășurarea solenoidală **7** și miezul j+ materialul ferromagnetic al sandwich-ului electrolitic **4**, un randament de circa 50÷60% (între cel al unei bobine Tesla fără miez 10% și cel al unui transformator usual, cu tole circa 80-85%), rezultă ca necesară o putere suplimentară de alimentare a primarului înfășurării solenoidale **7** de circa 100 W, care corespunde unei puteri totale necesare (de transformare a apei în abur și de disociere a apei aburului) de $571 \text{ W} + 100 \text{ W} = 671 \text{ W}$, corespunzând unui curent I de alimentare, de valoare: $I = 671 / 220 = 3 \text{ A}$ pentru care primarul înfășurării

RO 129234 B1

1 solenoidale **7** necesită sârmă de circa 1,3 mm diametru, (la transformatoarele mai mari se
poate folosi și condiția 3A/mm²), secundarul necesitând platbandă de Cu cu suprafața lăcuită
3 (izolată electric) cu secțiunea de: 50/2 = 25 mm² (de 1cm lățime și 2÷2,5 mm grosime), cu
un număr de spire dedus conform calculelor cunoscute:

$$N_2 = N_1 \times (U_2/U_1) = 171(1/220) = \text{circa } 1 \text{ spirală.}$$

5 Din practica realizării transformatoarelor se cunoaște însă că numărul de spire/volt
7 corespunde la transformatoarele uzuale relației: $n = 55/S$, unde S este secțiunea miezului,
în cm², care în exemplul anterior este de circa 12,6 sau 16 cm², rezultând $n = 4,3$, respectiv
9 $n = 3,4$.

Deci vom alege pentru secundar 4 spire de platbandă de Cu-Em cu mărirea
11 numărului de spire din primar, la $N_i = 171 \times 4 = 684$ spire, ceea ce prezintă avantajul că
mărește intensitatea câmpului magnetic H de generare de microcurenți de încălzire a pulberii
13 de producere a aburului și implicit- și randamentul conversiei energiei electro-magnetice în
energie calorică de încălzire a pulberii j.

15 Randamentul mai slab, de circa 50%, al transferului de putere din primarul trans-
formatorului realizat de ansamblul solenoid **7** + miez din pulbere feromagnetică + pulbere de
17 Ni a electrolizorului (de asemenea- magnetică) se datorează nu pierderii de energie în
mediul ambient, ci transferului de energie în pulberea feromagnetică a miezului j și a electro-
19 lizorului, în mod util producerii de gaz Braun (în primul caz- este catalizată, prin microcurenți
de inducție, transformarea apei în abur iar în al doilea caz- disocierea moleculelor de apă și
21 transformarea aburului în gaz Braun).

După modelul de calcul anterior, se poate face calculul și pentru variantele din fig. 1-5
23 și 8, cu diferența că- deoarece aburul este produs de încălzirea cu microunde a unor granule
de ceramică poroasă sau și de carborundum, miezul transformatorului format cu solenoidul
25 **7** va fi dat doar de pulberea de Ni a electrozilor sandwich-ului electrolitic **4**, care însă este
mai bună conducătoare de flux magnetic decât oțelul (dar și mai scumpă), fiind folosită și la
27 material de ecranare magnetică, tip mu-metal sau permalloy, iar calculul transformatorului
se va face doar pentru producerea tensiunii de 1V și intensității de 50-100 A în secundar,
29 deci pentru alimentarea electrolizorului cu o putere de 50-100 W în secundar, care pentru
un randament $\eta=0,5$ (50%) al transferului de putere din primar în secundar, necesită o putere
31 de intrare de 100 = 200 W și un current de intrare de circa 0,5÷0,9 A (sârmă Cu-Em de
0,6÷0,8 mm diametru), cu aceeași precizare, că -în conformitate și cu legea conservării
33 energiei, randamentul mai slab, de circa 50%, al transferului de putere din primarul transfor-
matorului realizat de ansamblul solenoid **7** + pulbere de Ni a electrolizorului se datorează nu
35 pierderii de energie în mediul ambient, (aerul fiind dielectric și neîncălzit de curenții de
inducție) ci transferului de energie în pulberea magnetică a electrolizorului, care are și rol de
37 miez magnetic, în mod util producerii de gaz Braun, prin catalizarea electromagnetică, prin
microcurenți de inducție și transmiterea și de energie termică de la pulberea de Ni încălzită,
39 a disocierii moleculelor de apă și transformarea aburului în gaz Braun, cu o diferență de
potențial care poate fi mai mică de 1V, (brevet **US 3993653**), deci cu o putere mai mică și
41 un randament mărit.

Avantajul electrolizorului conform invenției rezultă în primul rând prin faptul că, față
43 de un electrolizor classic, cu plăci, pentru creșterea debitului de gaz braun produs cu un
electrolizor conform exemplului de realizare anterior, este necesară doar creșterea puterii
45 de alimentare, nefiind necesară și creșterea suprafeței fizice a plăcilor-electrod și implicit și
a gabaritului, deoarece suprafața de contact cu aburul a acestora este de peste 5 ori și chiar
47 și de peste 10 ori mai mare decât suprafața fizică (lungimeaxlățimea), ca urmare a sumei

suprafețelor particulelor de pulbere de Ni și a interstițiilor dintre acestea, prin care poate
pătrunde aburul. De exemplu, un electrod format din un singur strat de biluțe de Ni cu
diametrul de 1 mm, deci cu suprafața fizică S_f de $100 \times 10 = 1000 \text{ mm}^2$ ar prezenta o supra-
față de contact cu apa: $S_c = \pi d_b^2 \times 1000 = 3140 \text{ mm}^2$, iar pentru biluțe de 0,25 mm diametru,
un singur strat de biluțe cu suprafața fizică S_f de $100 \times 10 = 1000 \text{ mm}^2$ ar prezenta o suprafață
de contact cu apa: $S_c = \pi d_b^2 \times 4^2 \times 1000 = 3140 \text{ mm}^2$, adică egală, dar cu o grosime de 4 ori
mai mică a stratului. Deci un electrod de aceeași grosime (1 mm) ar prezenta o suprafață de
contact cu apa de 4 ori mai mare decât suprafața fizică, iar o pulbere micrometrică de
0,1 mm diametru al particulelor ar prezenta o suprafață de contact cu apa și de 10 ori mai
mare.

Din punct de vedere microfizic, faptul că orice particulă de pulbere metalică din com-
ponența electrozilor poate participa la procesul de electroliză a apei, se explică în modul
următor:

Deoarece toate particulele de pulbere de Ni aferente unui electrod sunt la același
potențial pozitiv sau negativ ca al electrodului, procesele electrochimice de cedare, respectiv,
primire de electroni care au loc la nivelul plăcilor-electrod, au loc și la nivelul particulelor de
pulbere de Ni, ceea ce mărește considerabil densitatea de ioni. Dacă o moleculă neutră de
apă se află între două particule de pulbere de Ni cu potențial pozitiv, ea va fi polarizată
electric simetric până la rupere de electroni din extremități, deoarece forța electrică generată
de potențialul pozitiv generat de prima particulă de pulbere la nivelul unui electron adiacent
acesteia - din cauza proprietății de ecranare electrică a norului electronic al atomilor, nu va
fi anulată de forța electrică generată de potențialul celei de-a doua particule de pulbere de
Ni. Cu atât mai mult rezultă faptul că moleculele de apă în direct contact cu o singură parti-
culă de pulbere metalică vor fi transformate prin ionizare, prin extragere sau cedare de elec-
troni din/către aceasta, ținând cont și de expresia legii lui Coulomb (variația cu r^{-2} a forței
electrice) și de faptul că moleculele de apă au diametre de minim 1000 de ori mai mici decât
dimensiunile particulelor de pulbere de Ni micrometrice, ceea ce implică concluzia că și
spațiile dintre particulele de pulbere de Ni au dimensiuni cu același ordin de mărime mai mari
decât diametrul moleculelor de apă, deci practic numai potențialul particulei de pulbere
încărcată electric de care este lipită/apropiată molecula de apă participă la procesul de
ionizare a ei.

La anod, ionizarea are loc în primul rând ca urmare a diferenței de concentrație de
sarcini pozitive și implicit de potențial, dintre molecula de apă neutră și particula de nichel
pozitivată care extrage electroni din atomii de H și generează astfel ioni pozitivi H^+ și O_2 în
timp ce la electrodul negativ se generează ioni hidroxil negativi HO^- și H_2 prin transfer de
electroni de la particulele de Ni negativitate către moleculele de apă, inițial neutre și respectiv,
prin neutralizarea ionilor de H^+ produși la anod care migrează spre catod trecând prin porii
straturilor de electrolit solid **g** sau prin stratul de abur milimetric ce separă spirele adiacente
ale sandwich-ului electrolitic **4** din aproape în aproape, (ca electronii printr-un conductor
electric), sub acțiunea câmpului electric dintre electrozii **f** și **h**, adică după trecerea ionilor H^+
de la suprafața electrolitului solid **g** în partea cu potențial negativ, se generează un număr
de goluri care prin repulsia dintre ceilalți ioni de H^+ sunt completate parțial de aceștia, parțial
de ioni HO^- care trec din partea cealaltă a electrolitului solid **g** și sunt inițial neutralizați, iar
apoi este separat H-nul prin ionizare cu formare de molecule de O_2 și ioni H^+ . În ambele
cazuri, respingerea electrostatică dintre ionii de H^+ rămași determină completarea deficitului
de ioni H^+ la suprafața lamelei separatoare și reluarea procesului.

RO 129234 B1

1 În acest mod, corelat cu debitul de abur care poate fi mărit prin creșterea puterii de
alimentare, poate fi mărit implicit și debitul de gaz braun produs, fără a fi necesară mărirea
3 suprafeței electrozilor și a gabaritului generatorului.

5 Acest avantaj este important de exemplu la folosirea generatorului pe vehicule
hibride, pentru utilizarea gazului braun ca aditiv pentru combustibilul clasic (benzină) sau
pentru alimentarea unor pile de combustie (generatoare de electricitate).

1. Generator de gaz Braun produs din apă, cu electrolit solid, compus din un electrolizor (A) cu un suport (1) nemetalic, în care este fixat un corp (2) metalic, în interiorul căruia este fixată o țevă-electrod (3) cu un ștuț (c) de introducere a apei conectat la o electrovalvă (8) comandată de un senzor de nivel (9) și un ansamblu electrolitic cu anod și catod deasupra căruia este fixată o membrană selectivă (6) hidrofobă, pe corpul (2) fiind dispus un capac (5) nemetalic cu un tub (d) de trecere a gazului Brown (HHO) produs electrolitic, electrolizorul (A) cuprinzând și o înfășurare solenoidală (7) a unui transformator cu primar (e) și secundar (e') cu diodă redresoare și capetele conectate la țeava-electrod (3) și la corpul (2), **caracterizat prin aceea că**, ansamblul electrolitic menționat este tip sandwich electrolitic (4) inițial planar, dispus în spirală, fixat cu un electrod de țeava-electrod (3) și cu celălalt electrod de corpul (2) metalic, alcătuit ca ansamblu compact inițial planar dintr-un electrolit solid (g) dispus median, încadrat de un anod (f) și un catod (h) din pulbere metalică, sinterizată, conductivă magnetic și inoxidabilă, care are grosimea de 0,5-5 mm și fața dinspre electrolitul solid (g) acoperită cu un strat catalizator (o), respectiv (o'), de pulbere nanometrică de catalizator neconsumabil, pe una din fețele exterioare fiind lipite, cu liant termorezistent, niște distanțiere (l) sub formă de miniplăcuțe termorezistente de circa 5x5mm² și de 0,1-3 mm grosime, pentru formarea unui spațiu îngust de trecere a apei sau aburului la dispunerea suprapusă, în spirală, a părților sandwich-ului electrolitic (4), iar țeava-electrod (3) este umplută parțial cu material termoconductiv (j, j') din ceramică poroasă și carborundum, pentru înmagazinare de energie termică produsă de microcurenții de inducție produși de câmpul electromagnetic generat în interiorul electrolizorului (A) și producere de abur ce trece în spațiul de electroliză prin niște orificii de trecere (r) din țeava-electrod (3).
2. Generator de gaz Braun produs din apă, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, înfășurarea solenoidală (7) este dispusă pe exteriorul corpului (2) al electrolizorului (A), anodul (f) și catodul (h) sunt din pulbere de Ni, stratul catalizator (o, o') este metalic, iar materialul termoconductiv (j), sub formă de pulbere, este magnetic, din oțel-inox, Ni sau aliaj Ni-Fe.
3. Generator de gaz Braun produs din apă, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, înfășurarea solenoidală (7) este realizată cu primarul (e) și secundarul (e') fixați în rășină epoxidică și este dispusă pe exteriorul țevii-suport (3), la partea inferioară a acesteia, iar materialul termoconductiv (j) este magnetic și umple țeava-electrod (3) până la nivelul marginii superioare a înfășurării solenoidale (7), astfel încât liniile de câmp magnetic generat de primarul acesteia să se închidă simultan prin materialul termoconductiv (j) din țeava-electrod (3) și prin partea metalică a sandwich-ului electrolitic (4) din proximitatea exterioară a ei, realizat cu electrozii din Ni sau Ni-Fe.
4. Generator de gaz Braun produs din apă, conform revendicării 1 sau 2, **caracterizat prin aceea că**, țeava-electrod (3) are formă de ghid de undă dimensionat pentru microunde de 2÷10 GHz, cu suprafața interioară preferabil argintată, astfel încât să formeze un generator de microunde (B), tip cavitate rezonantă (10), cu un magnetron (11) alimentat de la un transformator ridicător de tensiune individual și dispus la capătul superior al țevii-electrod (3) și este umplută parțial cu material termoconductiv (j') sub formă de granule din ceramică poroasă absorbantă de microunde, ștuțul (c) de intrare a apei fiind atașat pe partea tubulară a ei.

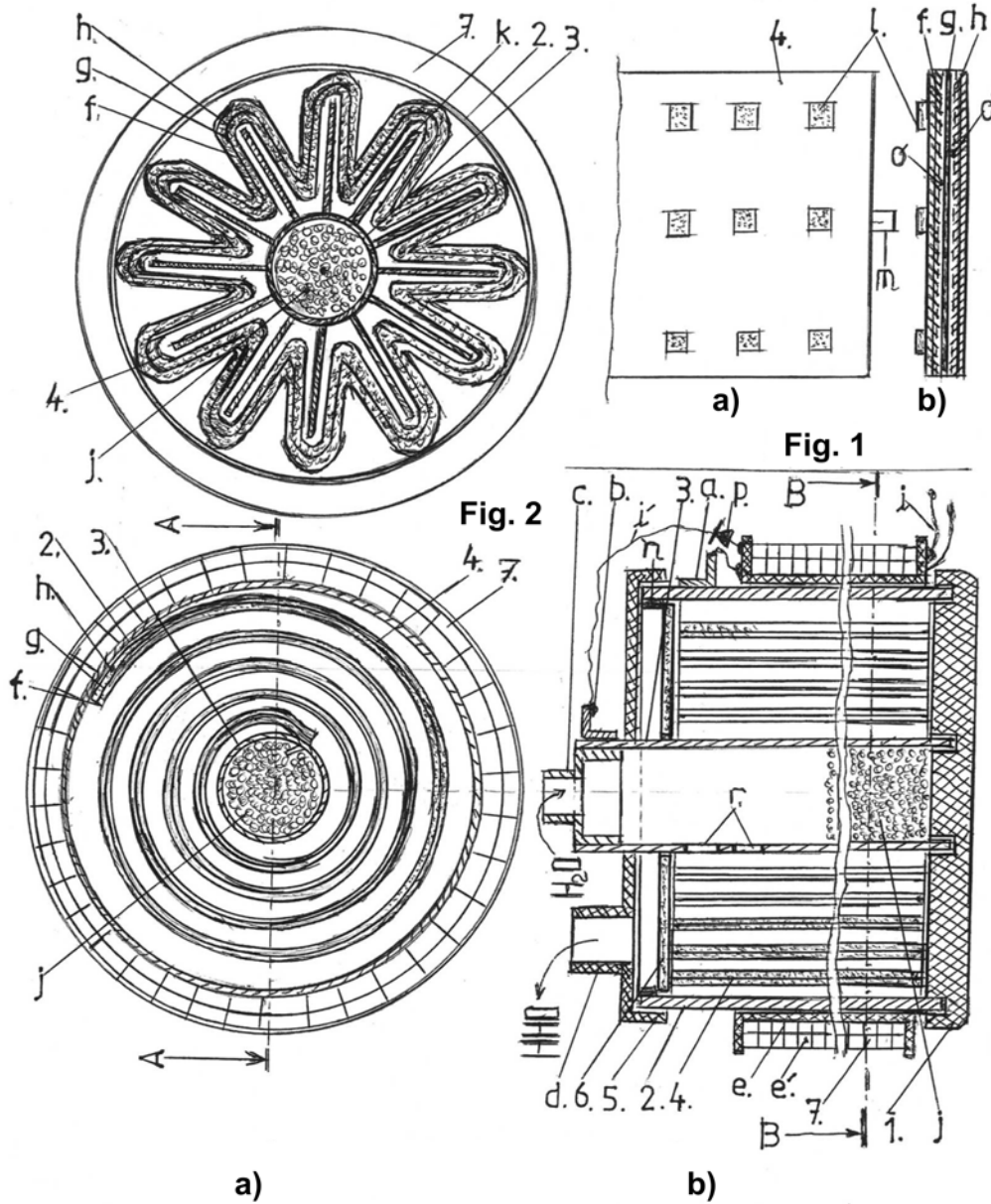


Fig. 3

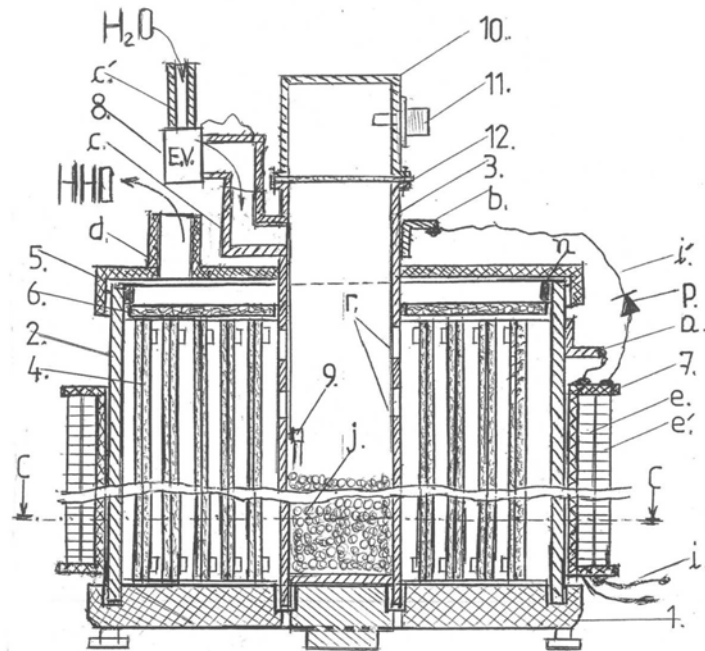


Fig. 4

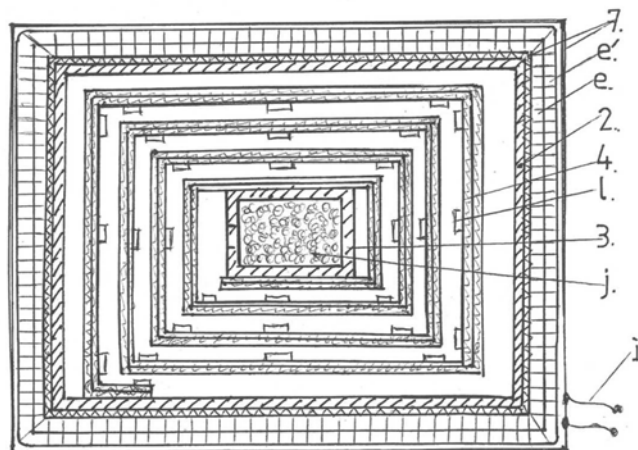


Fig. 5

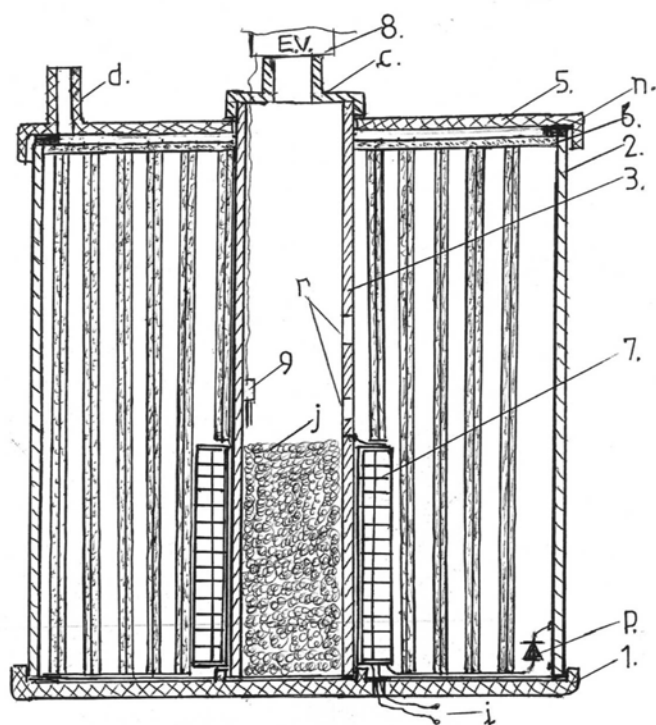


Fig. 6

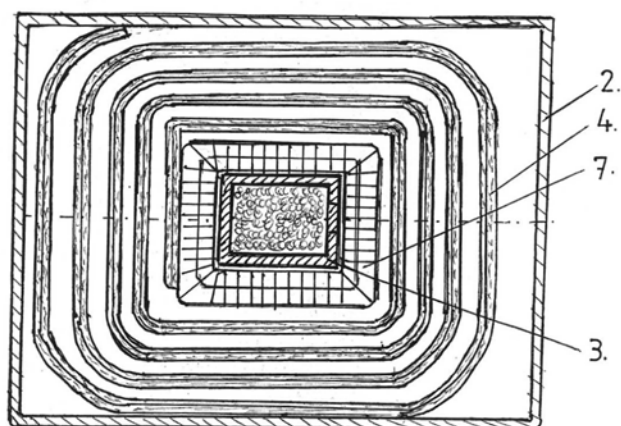


Fig. 7

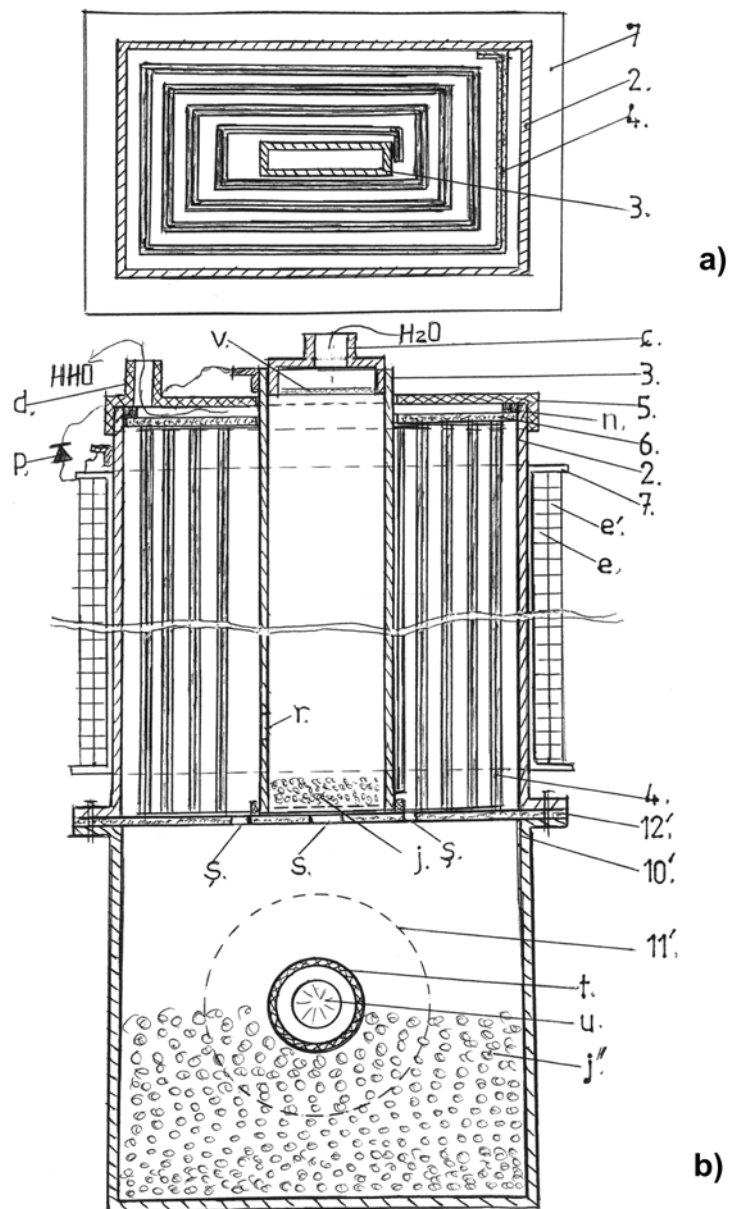


Fig. 8

