



**BUREAU M.F.J.
BOCKSTAEEL N.V.**

Arenbergstraat 13, B-2000 Antwerpen, België - Belgique
Tel.: +32 3 225 00 60, Fax: +32 3 233 71 62 & +32 3 226 90 57
www.bockstael.be • patents@bockstael.be

OCTROOIEN - MERKEN - MODELLEN
BREVETS - MARQUES - MODELES

U/V Ref.:

O/N Ref.: 037136-BE-U
VR/an

O N T W E R P
V O O R E E N B E L G I S C H E
O C T R O O I A A N V R A G E

op naam van

LARDENOIT TIM

voor

NUCLEAR FUSION REACTOR



1937

Belgian and European Patent Attorneys - Benelux and European Trade Mark Attorneys
Banken / Banques : ING 320-0007538-42 • KBC 409-6513001-77 • PCR-CCP 000-0278395-05
IBAN : BE77 3200 0075 3842 • SWIFT : BBRUBEBB200
RPR ANTWERPEN • BTW / TVA BE 0400.526.955

Nucleaire fusiereactor.

De huidige uitvinding heeft betrekking op een nucleaire
5 fusiereactor.

Het is bekend dat een nucleaire fusiereactor een plasma
bevat, waarin de fusiereactie zich afspeelt, zijnde de
fusie van deuterium (^2H) of tritium (^3H) tot helium (^4H)
10 bijvoorbeeld waarbij neutronen vrijkomen of de fusie van
waterstof (^1H) met boor (^{11}B) tot helium (^4H) en koolstof
(^{12}C) bijvoorbeeld waarbij geen neutronen vrijkomen.

De kernfusie komt maar tot stand bij zeer hoge
15 temperaturen, zoals men die in een plasma verkrijgt door
het verhitten van het plasma tot miljoenen graden Kelvin.

Een probleem dat hierbij ontstaat, is dat een dergelijk
plasma van de omgeving geïsoleerd dient te worden, om te
20 beletten dat de warmte van het plasma te snel aan de
omgeving wordt afgegeven en de nucleaire reactie daardoor
stilvalt.

Een probleem dat hierbij eveneens ontstaat, is dat de
25 geladen partikels in het plasma met de wanden van de
vacuümkamer kunnen botsen, en deze beschadigen.

Traditioneel wordt het plasma geïsoleerd van de
buitenwereld door middel van een vacuümkamer, zoals in
30 opstellingen, zoals een Tokamak, een Stellator, een Fusor
of Polywell het geval is.

Het plasma wordt dan opgesloten in een zeer sterk
magneetveld-, wat bekend staat als magnetische opsluiting,
waarbij superkrachtige magneten vereist zijn, of in het
5 geval van een Polywell, in een sterk elektrisch veld, ook
gekend als elektrostatische opsluiting.

De huidige uitvinding is bedoeld om een nucleaire
fusiereactor te verkrijgen waarbij het plasma geïsoleerd is
10 van de omgeving zonder dat er een vacuümkamer noodzakelijk
is, en zonder de nood aan superkrachtige magneten of
elektrostatische opsluiting.

Hiertoe betreft de uitvinding een nucleaire fusiereactor-,
15 waarbij het fusieplasma zich in een drukvat bevindt, dat
wordt geroteerd rond twee verschillende assen en gevuld is
met vloeistoffen en/of gassen onder een hoge druk van
minimum 220 bar.

20 Een voordeel van het roterend drukvat is dat de roterende
werking zorgt voor een centrifugaalkracht die een scheiding
teweeg brengt van de lichtere moleculen die het plasma
uitmaken in de kern van de reactor en van de -zwaardere
moleculen die zich naar de periferie van het drukvat
25 bewegen en daardoor de warmteconvectie in het drukvat
verminderen tussen het hete plasma en de zwaardere
moleculen van de omgeving.

Nog een voordeel van het roterend drukvat is dat de druk op
30 het plasma opgevoerd kan worden zonder dat er magneten voor
noodzakelijk zijn.

Een ander voordeel van het roterend drukvat is dat er energieke geladen plasmadeeltjes geïnjecteerd kunnen worden, hetgeen bij magnetische opsluiting niet mogelijk is.

Een verder voordeel van het roterend drukvat is dat de centrifugaalkrachten die erin worden ontwikkeld, de inhoud van het roterend drukvat scheiden in lagen, hetgeen convectiestromen onderdrukt.

Bij voorkeur is het roterend drukvat omgeven door een tweede drukvat, waarin zich een tweede hoeveelheid vloeistof en/of gas bevindt onder hoge druk zodat het roterend drukvat niet moet kunnen weerstaan aan de volle procesdruk.

Bij voorkeur is het roterend drukvat sferisch.

Een voordeel van een sferisch drukvat is dat deze vorm het best aan de hoge druk kan weerstaan.

Nog een voordeel van het sferisch drukvat volgens de uitvinding is dat het plasma ook bolvormig is en dus de kleinste oppervlakte/volume verhouding heeft, hetgeen de thermische isolatie bevordert.

Bovendien heeft het plasma door de hoge druk in het drukvat een veel kleiner volume, hetgeen eveneens bijdraagt tot een betere thermische isolatie, en bevorderlijk is voor het deelnemen van een zo groot mogelijk deel van de energie die

in de reactor gestoken wordt, aan het verhitten van het plasma.

5 Bij voorkeur roteert het drukvat simultaan rond twee assen in de ruimte die loodrecht op elkaar staan.

10 Een voordeel van de rotaties van het drukvat is dat het zwaarteveld vervangen wordt door een gelijkvormig centrifugaalveld, hetgeen bijdraagt tot het voorkomen van warmteconvectiestromen.

15 Bij voorkeur is het drukvat omgeven door een tweede drukvat, waarin zich een tweede hoeveelheid vloeistof en/of gas bevindt onder hoge druk.

20 Een voordeel van het tweede drukvat is dat het roterend drukvat niet bestand hoeft te zijn tegen de volledige procesdruk, maar slechts tegen het verschil tussen procesdruk en de druk in het tweede drukvat, hetgeen de constructie van het roterend drukvat aanzienlijk vereenvoudigt.

25 Bij voorkeur bestaat de buitenste laag in het roterend drukvat uit water dat het roterend drukvat beschermt tegen te hoge temperaturen door koud water injectie, maar ook tegen eventuele neutronen indien de kernreactie neutronen emitteert.

30 Een voordeel van deze buitenste laag water is dat het water door thermolyse en radiolyse in waterstof en zuurstof en ~~eventueel tritium~~ wordt gesplitst, waardoor deze elementen

in een laag dicht bij de kern terecht-komen gezien hun lager moleculair gewicht, samen met helium uit de fusiereactie. Het vrijgestelde waterstof en zuurstof kunnen als brandstof dienen voor brandstofcellen waaruit
5 | eleketrische energie gewonnen kan worden.

Bij rotatiesnelheden die voldoende hoog zijn, zal de zuurstoflaag ~~en gevormde stikstoflaag~~ gescheiden worden van de waterstoflaag door een helium-laag.
10

In een voorkeurdragende uitvoeringsvorm wordt zuurstof en waterstof elk apart onttrokken aan het proces door ze apart te expanderen elk in een turbine, waarna het waterstof en zuurstof in brandstofcellen gerecombineerd kan worden met
15 vorming van elektrische energie en water.

Optioneel bevat het water lithium dat door reactie met neutronen tot tritium kan omgezet worden.

20 Een voordeel van de aanwezigheid van lithium in de waterlaag is dat neutronen, afkomstig van de kernreactie in de kern van het plasma, aanleiding kunnen geven tot de vorming van tritium na collisie met lithium. Dit tritium kan eventueel herwonnen worden uit het lithium, en dienst
25 doen als fusiebrandstof voor het plasma.

Het resulterende water kan worden gekoeld, en terugopnieuw in het roterend drukvat worden geïnjecteerd, na al dan niet toevoegen van lithium.
30

De geproduceerde gelijkspanning kan gebruikt worden om tritium, deuterium en waterstof te ioniseren en in het plasmacentrum te injecteren.

- 5 Een voordeel van deze uitvoeringsvorm is dat op deze manier een constante toevoer van plasma verzekerd wordt, hetgeen noodzakelijk is gezien door het hoge aantal fusiereacties het plasma ook snel opgebruikt wordt.
- 10 Nog een voordeel van deze uitvoeringsvorm is dat de fusiereactie hierdoor zeer controleerbaar is en direct kan uitgeschakeld worden zonder nakomende warmte.

Nog een voordeel van deze uitvoeringsvorm is dat er geen
15 radioactieve stoffen aanwezig zijn, behalve tritium, stikstof (^{16}N) en geactiveerde mineralen in het geval van een neutronen emitterende kernreactie. Radioactieve edelgassen, jodium, splijtstofproducten en splijtstof komen niet voor.

20 Een ander voordeel van deze uitvoeringsvorm is dat het heetste plasma in het centrum, dat heet genoeg is om de kernfusie-reactie op gang te houden, geïsoleerd wordt door minder heet plasma en dit door nog minder heet plasma enz.

25 ~~De warmtecoëfficiënt voor waterstof is 0,174 W/mK bij 0°C. Deze waarde neemt sterk af bij hoge temperaturen. De warmtegeleiding neemt in principe toe bij stijgende~~
temperatuur door de verlaging van de viscositeit, met
30 snellere convectie als gevolg. Welke invloed de
rotatiesnelheid op de convectie en warmtegeleiding heeft

zal proefondervindelijk vastgesteld moeten worden.
Vermoedelijk zal het plasma beter geïsoleerd zijn bij
hogere rotatiesnelheid.

- 5 Door de lagere massadichtheid van heet plasma zal de temperatuur in het centrum veel hoger zijn.

De afmeting van het plasma is bepalend voor de maximum temperatuur in het centrum en voor het gehaalde aantal
10 kernreacties.

Het plasma kan vergroot worden door een groter vermogen toevoer, maar dan moeten de andere lagen voldoende dik
15 zijn, hetgeen een voldoende grote reactor veronderstelt.

Er zijn drie manieren van warmteoverdracht waarmee het plasma zijn warmte kan verliezen : convectie, conductie en radiatie.

- 20 In de voorkeurdragende uitvoeringsvorm van deze uitvinding wordt de convectie onderdrukt door het vervangen van het zwaarteveld door een centrifugaalveld.

Stralingsverliezen worden verminderd door de gaslaag en
25 vloeistoflaag die het plasma omringen. ~~zoals wolken de stralingswarmte van de zon afremmen.~~ 80 % van de energie bij deuterium tritium fusie komt vrij onder de vorm van neutronen. Belangrijk is dat deze gemodereerd of afgeremd worden door de omringende elementen en geabsorbeerd worden
30 door het lithium alvorens ze de reactorwand bereiken. Bij elke fusiereactie komt slechts één neutron vrij, waarmee

niet meer dan één tritium kern mee gevormd kan worden. Het tritium is noodzakelijk om een hoge energiedichtheid te behalen. Tritium en neutronen worden tevens gevormd bij D-D fusie.

5

Warmteverliezen door conductie worden verminderd door het isoleren van het hete plasma van de wand van het drukvat.

Met het inzicht de kenmerken van de uitvinding beter aan te tonen, is hierna, als voorbeeld zonder enig beperkend karakter, een voorkeurdragende uitvoeringsvorm beschreven van een nucleaire fusiereactor volgens de uitvinding, met verwijzing naar de bijgaande tekeningen, waarin :

15 figuur 1 schematisch een nucleaire fusiereactor volgens de uitvinding weergeeft.

figuur 2 het gedeelte weergeeft dat in figuur 1 door F2 is aangeduid;

20 figuur 3 een doorsnede weergeeft volgens lijn III-III in figuur 2;

figuur 4 een plasma-injector voorstelt die toepasbaar is op een nucleaire fusiereactor volgens de uitvinding;

25 figuur 5 een variante weergeeft van de nucleaire fusiereactor volgens de uitvinding.

De in de figuur 1 weergegeven nucleaire fusiereactor volgens de uitvinding bestaat in hoofdzaak uit een drukvat 1 dat in dit geval sferisch is uitgevoerd en dat roteerbaar is aangebracht in een rotatiemechanisme 2 dat het

30

voornoemde drukvat in rotatie kan aandrijven rond minstens twee verschillende rotatieassen.

Het rotatiemechanisme 2 is meer in detail weergegeven in
5 figuur 2 en bestaat hoofdzakelijk uit een buitenste ring 3
die roteerbaar is opgesteld rond een verticale meetkundige
as X-X' 4, die aangedreven wordt door een aandrijving 5 en
uit een binnenste ring 6 die roteerbaar is aangebracht in
de buitenste ring 3 rond een meetkundige as Y-Y' 7, die in
10 dit geval loodrecht staat op de eerste as X-X' 4.

Tussen de buitenste ring 3 en de binnenste ring 6 zijn
overbrengingsmiddelen 8 voorzien om de roterende beweging
van de eerste as 4 over te brengen op de as 7 van de
15 binnenste ring en beide rotatiebewegingen ten opzichte van
elkaar te synchroniseren op zodanige wijze dat voor elke
rotatie van de buitenste ring 3 de binnenste ring 6
eveneens een volledige rotatie ondergaat.

20 Deze overbrengingsmiddelen 8 zijn in de figuur 2
schematisch weergegeven door een kruk 9 die verbonden is
met de as 4 van de buitenste ring, en een krukpen 10 die
excentrisch is opgesteld ten opzichte van deze as 4 en die
door middel van een scharnier 11 verbonden is met één
25 uiteinde van een drijfstang 12 waarvan het andere uiteinde
gekoppeld is aan een krukpen 13 van een tweede kruk 14 die
bevestigd is op de as 7 van de binnenste ring.

Andere aandrijfmechanismen zijn uiteraard niet uitgesloten.

Verder is de nucleaire fusiereactor voorzien van middelen 15 die toelaten vloeistoffen of gassen toe te voeren of te onttrekken aan de interne ruimte 16 van het drukvat 1.

5 Deze middelen 15 worden in dit geval gevormd door leidingen 17 die aansluiten op een draaiende dichting 18 rond de rotatieas 4 en die door middel van intermediaire leidingen 18 gekoppeld ~~is~~ zijn aan een tweede draaiende dichting 19
10 rond de rotatieas 7 van de binnenste ring en het drukvat 1 zelf, van waaruit leidingen 20 vertrekken die zich doorheen of rond de as uitstrekken tot in de ruimte 16 van het drukvat en die uitmonden op verschillende afstanden van het centrum van het drukvat.

15 In het roterend drukvat van de nucleaire fusiereactor is een plasma-injector 21 ingebouwd voor het genereren van plasma 22 dat in de ruimte 16 van het drukvat toegevoerd wordt.

20 De werking en het gebruik van de nucleaire fusiereactor worden geïllustreerd aan de hand van figuur 3.

Tijdens de normale werking van de reactor wordt het drukvat 1 in rotatie aangedreven rond twee meetkundige assen X-X' 4
25 en Y-Y' 7 waardoor het gravitatieveld vervangen wordt door een sterker centrifugaalveld.

Tijdens de werking is het drukvat gevuld met vloeistoffen en/of—gassen, die door het centrifugaalveld worden
30 gescheiden in meerdere concentrische lagen waarvan de kern gevormd wordt door een plasma 22 bestaande uit deuterium 23

en tritium 24 die de brandstof vormen van de exotherme nucleaire fusiereactie die optreedt van zodra een kritische temperatuur van het plasma 22 bereikt wordt, omgeven door lagen van stoffen met toenemend moleculair gewicht, zoals waterstof 25, helium 26, zuurstof 27 en in de buitenste laag water 28 zelf.

Telkens wanneer plasma 22 vanuit de plasma-injector 21 in de ruimte 16 van het drukvat 1 wordt geïnjecteerd, wordt er een plasma puls in het centrum gebracht. Dit is een directe methode om het plasma 22 in het centrum te verhitten waarbij zo goed als alle elektrische energie gebruikt in de injector 21 dient om het plasma te verhitten. Het injecteren van geladen plasmadeeltjes is bij magnetische opsluiting, zoals in Tokamaks, niet mogelijk doordat het magnetisch veld de geladen deeltjes afstoot.

Het is daarenboven steeds mogelijk het plasma 22 bij te verwarmen met inductie of hoog frequente radiogolven.

Eénmaal de kernfusie reactie op gang is gekomen, wordt het plasma verhit door de vrijkomende energie van de kernfusie en wordt ook de brandstof, zijnde het deuterium 23 en tritium 24 in het plasma snel opgebruikt, zodat de brandstof voortdurend dient aangevuld te worden.

Daartoe moet voortdurend nieuwe brandstof in de vorm van geïoniseerd deuterium en tritium vanuit de plasma-injector 21 aan het plasma worden toegevoerd of in het plasma gegenereerd worden door de hitte die miljoenen graden Kelvin bereikt.

De sferische lagen van zuurstof 27_r en van waterstof en de isotopen van waterstof, deuterium 23 en tritium 24, in het drukvat, worden elk afzonderlijk afgetapt via de voornoemde
5 | leidingen 17, geëxpandeerd in een turbine_r en verder gerecombineerd in brandstofcellen 29 die elektrische energie en water leveren.

Deze opgewekte elektrische energie kan desgewenst
10 | gerecupereerd worden voor de ionisatie van deuterium 23, tritium 24_r en waterstof 25 in de plasma-injector.

De afmeting van het plasma 22 zal bepalend zijn voor de maximum temperatuur in het centrum van het plasma 22 en het
15 | gehaalde aantal kernreacties. Hoe meer vermogen toegevoerd wordt, hoe groter het plasma 22 wordt.

Omdat de andere lagen in het drukvat voldoende dik moeten
20 | zijn, moet de reactor groot genoeg gebouwd worden.

Een berekening leert dat een bolvormig plasma 22 dat 3 GigaWatt aan fusie-energie oplevert uit een deuterium - tritium fusie ongeveer 63 g/u deuterium en tritium verbruikt, bij een druk van 250 bar in het drukvat, een
25 | plasmavolume van 141 liter en een plasmadiameter van 64 cm.

In figuur 4 is een plasma-injector 21 van een bestaand type voorgesteld, die bestaat uit twee electroden 30a, 30b die
30 | met gelijkspanning gevoed worden_r en waterstof onder hoge druk ioniseren.

- In de plasma-injector 21 wordt waterstof onder hoge druk bijvoorbeeld 1000 bar geïnjecteerd. Door de hoge spanning tussen de twee electroden worden de isotopen van waterstof geïoniseerd en ontstaat een vonk tussen de twee electroden die verder loopt tussen de twee electrodes. Hierdoor worden er elektrische stromen door het plasma 31 gejaagd en zorgt de Lorenzkracht 32 ervoor dat het plasma versneld wordt in de richting van de kern van het drukvat.
- 10 In figuur 5 wordt een nucleaire fusiereactor 1 volgens de uitvinding voorgesteld, ingebouwd in een tweede groter drukvat 33. Een dergelijke opstelling kan in de ruimte van een nucleaire fissiereactor worden gebouwd, waarbij vooral de bestaande infrastructuur van stoomopwekking en stoomturbines die elektriciteit opwekken in de nucleaire fissiereactor kan hergebruikt worden in een nucleaire fusiereactor.
- 20 Het spreekt ~~vanzelf~~ voor zich dat de uitvinding niet beperkt is tot rotatiemechanismen met twee rotatieassen, zoals in de voorkeurdragende uitvoeringsvorm is voorgesteld, maar dat ook meerdere rotatieassen en alternatieve mechanismen mogelijk zijn om de gewenste rotatie van het drukvat te verkrijgen.
- 25 De toevoer en afvoer van vloeistoffen, gassen en plasma kan ook op alternatieve wijze dan deze beschreven in de voorkeurdragende uitvoeringsvorm worden verkregen.
- 30 De nucleaire fusiereactor is niet beperkt tot de specifieke kernreactie die hier beschreven werd.

De huidige uitvinding is geenszins beperkt tot de als voorbeeld beschreven en in de figuren weergegeven uitvoeringsvorm, doch een dergelijke nucleaire fusiereactor
5 kan volgens verschillende varianten worden verwezenlijkt zonder buiten het kader van de uitvinding te treden.

Conclusies.

- 1.- Nucleaire fusiereactor, daardoor gekenmerkt dat het
5 fusieplasma (22) zich in een drukvat (1) bevindt, dat wordt
geroteerd rond twee verschillende assen (4,7) en gevuld is
met vloeistoffen en/of gassen onder een hoge druk van
minimum 220 bar.
- 10 2.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 1, daardoor
gekenmerkt dat het roterend drukvat (1) sferisch is.
- 3.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 1 , daardoor
gekenmerkt dat het drukvat (1) simultaan roteert rond twee
15 assen (4,7) in de ruimte die loodrecht op elkaar staan.
- 4.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 1, daardoor
gekenmerkt dat het drukvat (1) omgeven is door een tweede
drukvat (33), waarin zich een tweede hoeveelheid vloeistof
20 en/of gas bevindt onder hoge druk.
- 5.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 1, daardoor
gekenmerkt dat de buitenste laag in het drukvat bestaat uit
water (28).
25
- 6.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 5, daardoor
gekenmerkt dat het water (28) lithium bevat.
- 7.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 5, daardoor
30 gekenmerkt dat zuurstof (27) en waterstof (25) elk apart
onttrokken worden aan het proces door ze apart te

expanderen elk in hun turbine, waarna het waterstof (25) en zuurstof (27) in brandstofcellen (29) gerecombineerd wordt met vorming van elektrische energie en water (28).

- 5 8.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 7, daardoor gekenmerkt dat het resulterende water (28) gekoeld wordt, en terug opnieuw in het roterend drukvat (1) worden geïnjecteerd al dan niet na toevoegen van lithium.
- 10 9.- Nucleaire fusiereactor volgens conclusie 7, daardoor gekenmerkt dat de geproduceerde gelijkspanning gebruikt wordt om tritium (24), deuterium (23) en ~~waterstof (25)~~ te ioniseren en in het plasmacentrum (22) te injecteren.

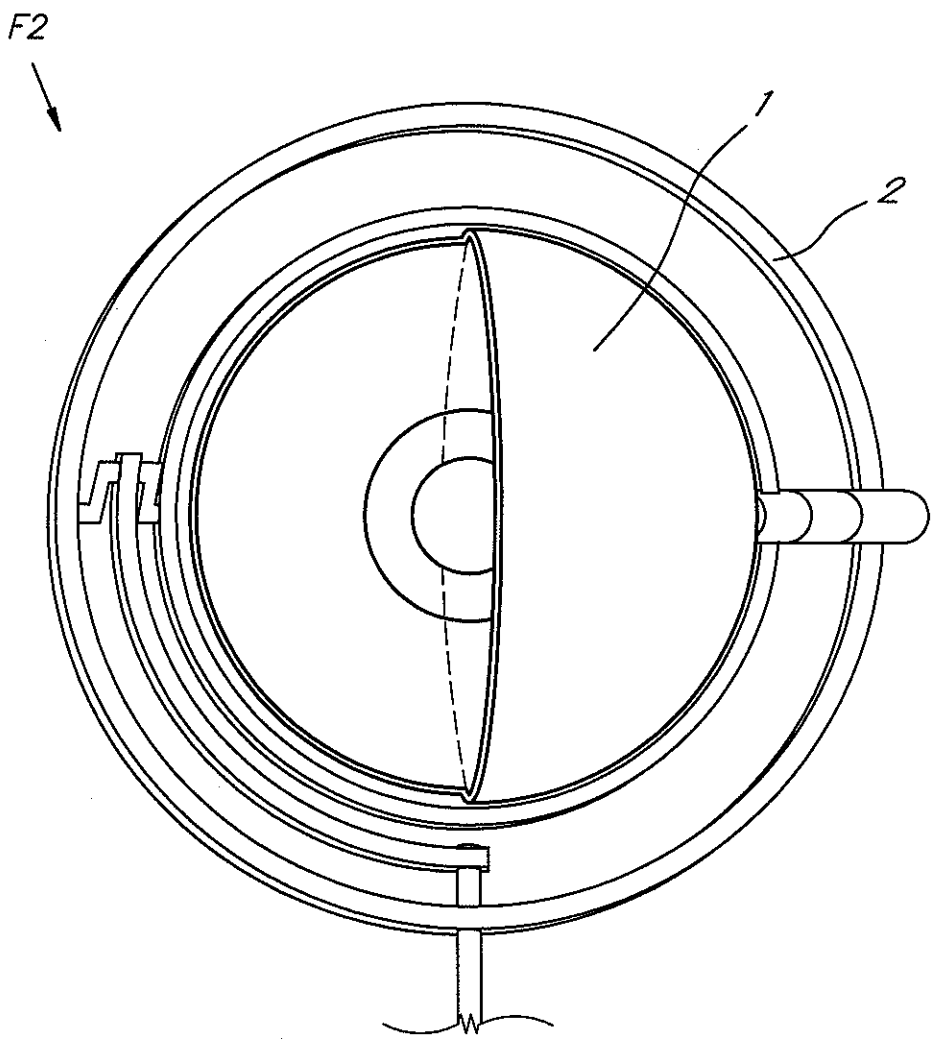


Fig. 1

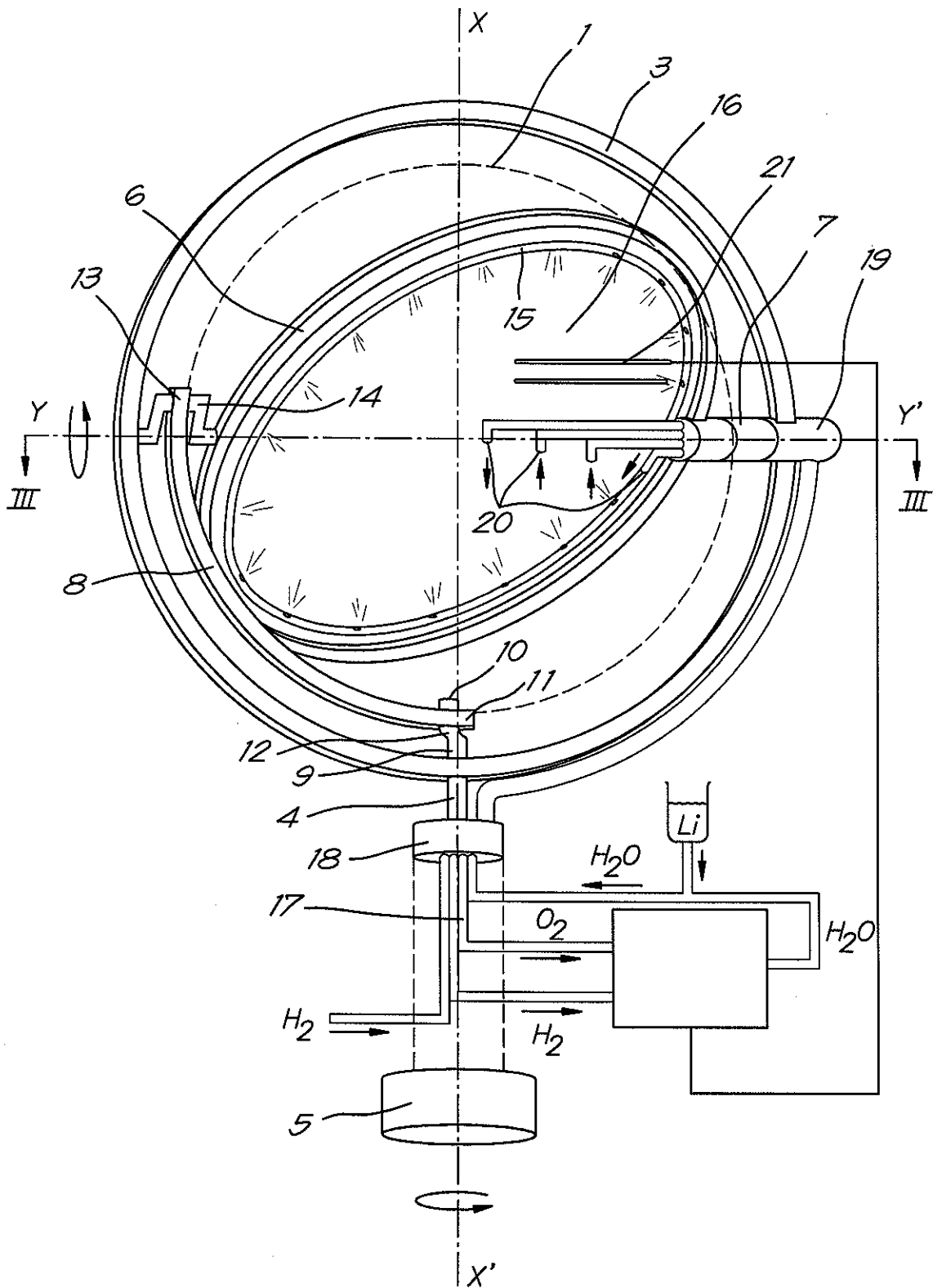


Fig. 2

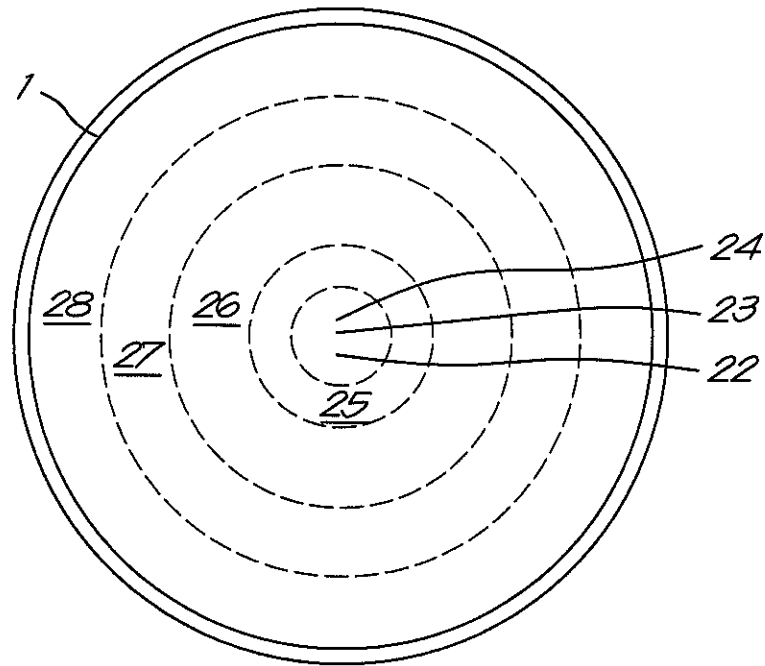


Fig. 3

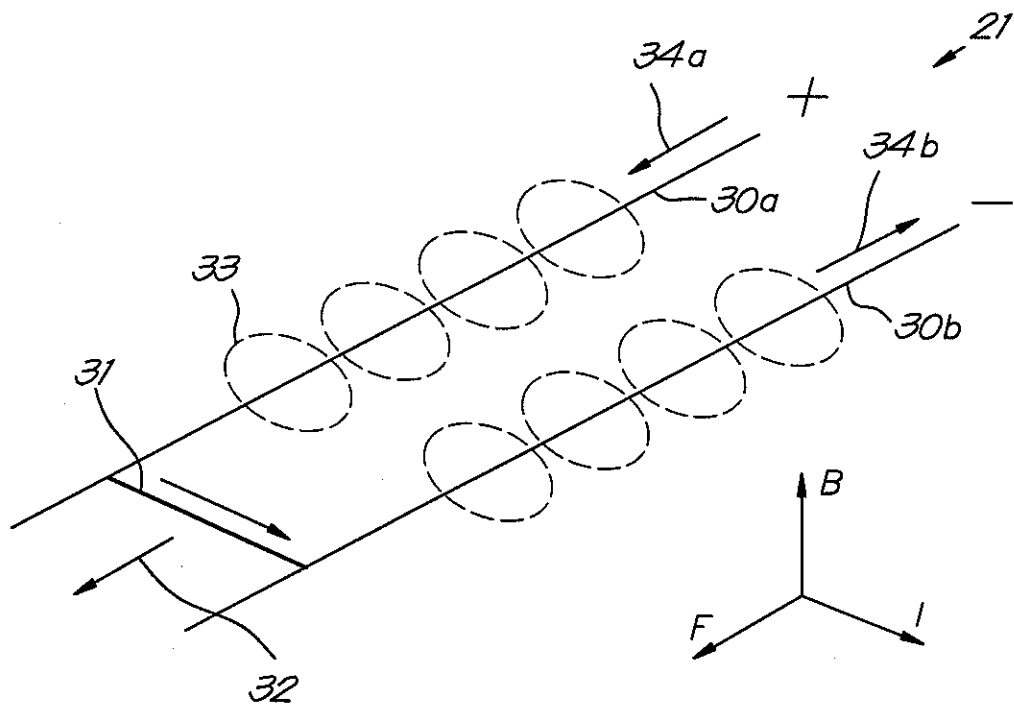


Fig. 4

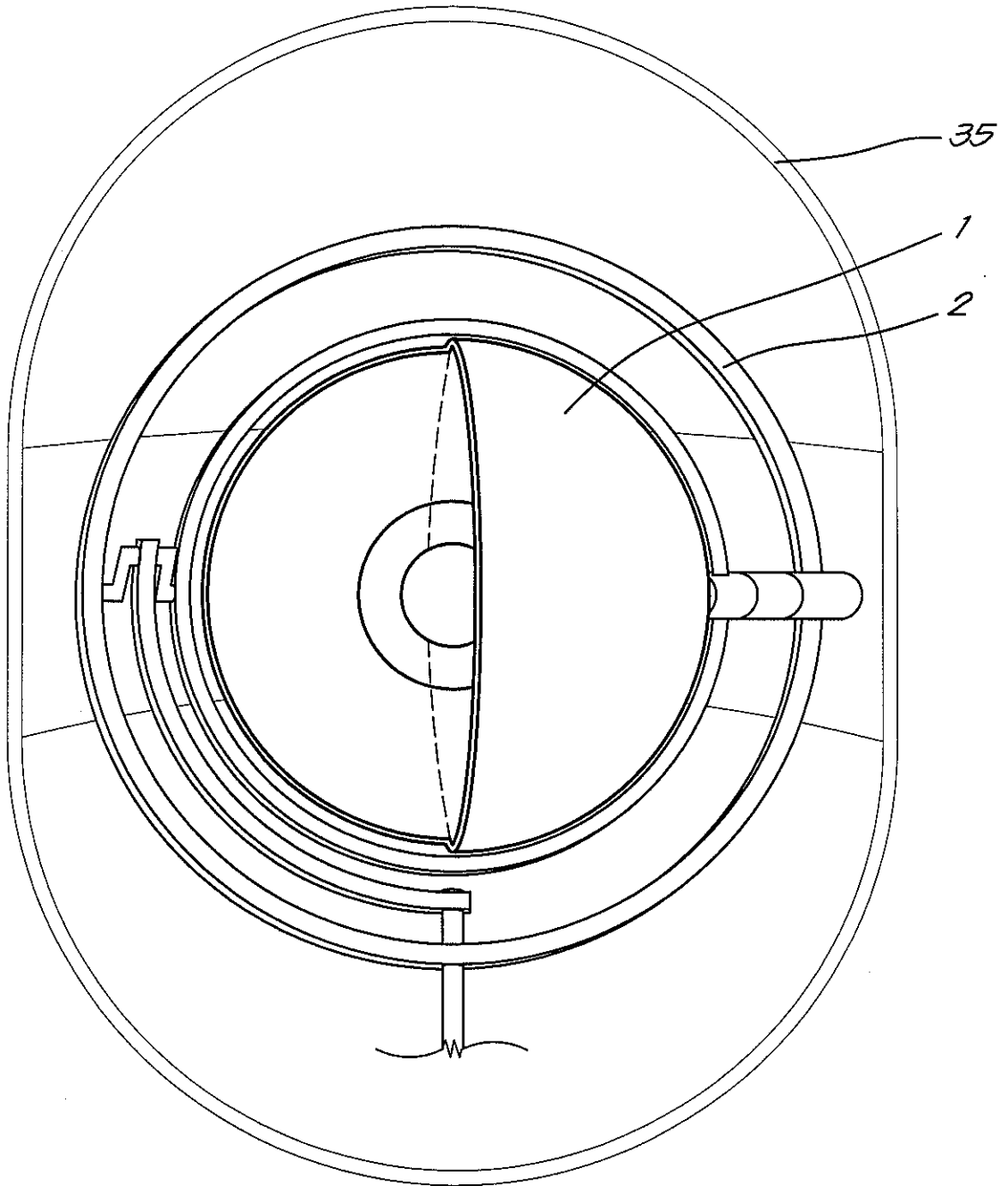


Fig. 5