



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101990900131634
Data Deposito	17/07/1990
Data Pubblicazione	17/01/1992

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	21	B		

Titolo

INIETTORE MINIATURIZZATO AD ALTA VELOCITA', AD UNA O PIU' CANNE, DI PELLET CRIOGENICI, IN PARTICOLARE PER L'UTILIZZO SU MACCHINE PER LA FUSIONE NUCLEARE CONTROLLATA MEDIANTE CONFINAMENTO MAGNETICO DEL PLASMA.

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:
INIETTORE MINIATURIZZATO AD ALTA VELOCITA', AD UNA O
PIU' CANNE, DI PELLET CRIOGENICI, IN PARTICOLARE PER
L'UTILIZZO SU MACCHINE PER LA FUSIONE NUCLEARE
CONTROLLATA MEDIANTE CONFINAMENTO MAGNETICO DEL
PLASMA, a nome ENEA COMITATO NAZIONALE PER LA RICERCA
E PER LO SVILUPPO DELL'ENERGIA NUCLEARE E DELLE
ENERGIE ALTERNATIVE, di cittadinanza italiana con sede
a Roma, Viale Regina Margherita 125.

48151A90

La presente invenzione ha per oggetto un
sistema di iniezione di pasticche (pellet) criogeniche
costituite da isotopi dell'idrogeno allo stato solido
in un intervallo di temperature compreso tra circa 4 e
19 K, per l'immissione in macchine utilizzate per il
confinamento magnetico del plasma (ad es.: F.T.U.).

Come è noto, esiste la necessità di
rifornire il plasma delle suddette macchine per
sostenerne la densità durante la scarica. L'immissione
di isotopi di idrogeno in fase gassosa si è rivelata
però inefficace a causa della rapida ionizzazione del
gas che ne impedisce la penetrazione all'interno del
plasma .

Un modo di risolvere questo problema
consiste nell'iniettare nelle suddette macchine il

Studio Ferrario

reagente in forma solida, ad una velocità tale da assicurare la deposizione del materiale fusibile fin negli strati più profondi della colonna di plasma. Questo metodo consente inoltre, al variare delle dimensioni e della velocità delle pellet, di depositare il materiale ablato dalle pellet stesse più o meno in profondità e di modellare quindi il profilo di densità del plasma.

In plasmi con una densità piccata al centro, è stato osservato un miglioramento complessivo dei parametri di confinamento, per cui già oggi si richiedono, per talune di queste macchine, velocità di iniezione superiori ai 2 km/s, e per il futuro si prevede la necessità di raggiungere velocità ancora più elevate (5-10 km/s), prestazioni impossibili per gli iniettori oggi in uso.

Questi ultimi possono essere suddivisi in due categorie:

- iniettori a centrifuga
- iniettori pneumatici a singolo stado.

Gli iniettori a centrifuga sono caratterizzati da un'elevata frequenza di iniezione (un numero di pellet per secondo pari al doppio della frequenza di rotazione del dispositivo) ma da una bassa velocità (≤ 800 m/s) e da un grosso errore di

mira. Queste caratteristiche rappresentano uno svantaggio in quanto la bassa velocità non consente la penetrazione in profondità nella colonna del plasma e l'imprecisione del tiro fa sì che una buona percentuale di proiettili non riesca a centrare la finestra di accesso al plasma .

Gli iniettori pneumatici, alla cui famiglia appartiene il dispositivo oggetto del presente trovato, sono invece caratterizzati da una maggiore precisione di tiro e da velocità più elevate (1600 m/s per pellet singoli, 1200 m/s per iniezioni multiple fino ad un massimo di 6 pellet al secondo per 2 secondi).

Con i dispositivi attualmente disponibili, basati su propulsori monostadio, tali velocità costituiscono il limite massimo raggiungibile a causa dell'inefficienza intrinseca del metodo di propulsione dovuta sostanzialmente ai seguenti motivi:

- 1) la pressione alla base del proiettile decade per effetto dinamico molto rapidamente per cui non consente di mantenere una elevata accelerazione per il tempo necessario;
- 2) l'accelerazione massima è limitata dalle caratteristiche meccaniche del proiettile ($\sim 10^7$ m/sec² ;

3) difficoltà nell'avere una sufficiente riserva di gas propellente ad elevata temperatura (500 - 600 °C).

Il carattere sonico o infrasonico della velocità di lancio costringe inoltre, nel caso di dispositivi tradizionali, all'adozione di camere di decompressione molto voluminose (circa 800/1000 l).

Compito del presente trovato è quello di ovviare agli svantaggi ed ai limiti degli attuali dispositivi prevedendo un sistema per la produzione l'accelerazione e l'immissione in macchine a confinamento magnetico, di una o più pellet criogeniche, capace di imprimere a queste ultime, velocità superiori a quelle finora raggiunte con i dispositivi a propulsione pneumatica a singolo stadio.

Ciò è stato ottenuto secondo l'invenzione, impiegando uno o più propulsori a due o più stadi, forniti di una coppia di valvola speciali, meglio descritte nel seguito, una di attuazione e l'altra di sezionamento.

L'adozione di propulsori pneumatici a due o più stadi consente di elevare la velocità di iniezione fino a circa 3 km/s (con proiettili non protetti), in quanto :

1) la caduta di pressione dinamica alla base

del proiettile viene parzialmente compensata dal fronte di salita dell'impulso di pressione prodotto all'ingresso della canna.

2) il carattere impulsivo della pressione consente di raggiungere pressioni di picco molto più elevate (~ 1200 bar) senza danneggiare il proiettile.

3) l'effetto di compressione adiabatico consente di aumentare la temperatura del gas fino a diverse migliaia di gradi per un tempo di circa 100 microsecondi, la qual cosa consente di aumentare la velocità di propagazione del suono nel gas propellente e di conseguenza la velocità massima del proiettile.

Va sottolineato in proposito che il limite superiore di velocità sopra indicato è determinato nell'applicazione che si descrive dalla fragilità del proiettile che non può sopportare accelerazioni oltre il limite imposto dalle proprietà meccaniche del solido, e non da limiti derivanti dal propulsore che possiede invece potenzialità più elevate rispetto all'impiego considerato.

La valvola rapida di attuazione del propulsore sopra citata differisce nel funzionamento da quelle sin qui utilizzate. Infatti le valvole rapide usate in impianti simili sono essenzialmente valvole elettropneumatiche in cui l'otturatore è

attivato mediante una bobina e richiuso dalla pressione differenziale in modo da ridurre il flusso di gas propellente al seguito del pellet. Nel caso che si descrive, sia l'apertura che la chiusura dell'otturatore sono basate sul principio della pressione differenziale e risultano pertanto entrambe veloci, in modo da migliorare l'efficienza del propulsore e limitare il flusso di gas propellente.

La valvola di sezionamento sopra citata ha il compito di separare il propulsore dalla canna di lancio durante la condensazione del pellet, e di contribuire a limitare l'afflusso del gas propellente a seguito del pellet.

La sua caratteristica è quella di assicurare una buona tenuta di vuoto con un volume morto estremamente ridotto ed un orifizio di diametro corrispondente a quello interno della canna di lancio.

Per poter accoppiare l'iniettore ad una macchina utente, è stato realizzato un sistema per la rimozione e l'evacuazione dei gas propellenti, costituito da una o più camere di decompressione che, sfruttando il carattere supersonico della velocità delle pasticche, ha assunto dimensioni notevolmente ridotte (circa 100/200 l) rispetto ai dispositivi sino ad oggi realizzati.

Studio Ferrario

Secondo un'altra caratteristica vantaggiosa l'apparato criogenico di detto sistema è stato miniaturizzato allo scopo di ridurre al minimo il consumo di elio liquido ed è stato inoltre dotato di un particolare tubo per il trasferimento del fluido refrigerante (vapori freddi di elio), che consente una migliore operatività impedendo l'insorgere di oscillazioni termiche durante il raffreddamento.

In una semplice forma realizzativa l'iniettore secondo l'invenzione comprende :

un sistema pneumatico (funzionante con idrogeno e o elio) costituito da uno o più propulsori a due o più stadi, dai relativi circuiti di adduzione e da una o più camere di decompressione ;

un dispositivo criogenico costituito da un vaso dewar contenente elio liquido, da un circuito di trasferimento e recupero del fluido refrigerante e da uno o più criostati, di tipo tradizionale (in situ) o alternativi, come quello descritto più avanti, muniti ciascuno di una o più canne di lancio, all'interno delle quali vengono solidificati i proiettili criogenici;

un sistema da vuoto comprendente elettrovalvole, valvole elettropneumatiche, pompe rotative e turbomolecolari, e

un complesso di apparecchiature per il controllo automatico a distanza dell'intero sistema e per l'acquisizione e l'invio dei dati diagnostici al sistema centrale di controllo.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno evidenti dalla descrizione che segue facendo riferimento alle tavole di disegni allegate che ne rappresentano a solo titolo di esempio non limitativo una preferita forma di realizzazione. Nei disegni :

la fig. 1 è uno schema generale del dispositivo;

le figg. 2a e 2b rappresentano schematicamente il propulsore pneumatico a due stadi rispettivamente nelle configurazioni con singolo e doppio pistone;

la fig.3 rappresenta sempre schematicamente una versione a più canne dell'iniiettore;

la fig.4 mostra in sezione longitudinale la valvola che separa il primo stadio del propulsore pneumatico dal secondo stadio;

le figg. 5a e 5b mostrano rispettivamente in sezione longitudinale e in pianta la valvola che separa il propulsore pneumatico dalla canna di lancio;

la fig. 6 è un particolare del tubo di

trasferimento del sistema criogenico;

la fig.7 mostra in sezione una coppia di camere di decompressione ;

la fig.8 è una vista in sezione longitudinale di una versione alternativa del criostato;

la fig.9 è una vista in pianta dall'alto della parte fredda del criostato;

le figg.10a e 10b sono sezioni secondo il piano di traccia A-A e A-B di fig.9, che evidenziano le due posizioni rispettivamente, di lancio e di solidificazione del pallet.

Con riferimento alla figura 1, il dispositivo oggetto dell'invenzione è costituito da una struttura di supporto, non rappresentata in figura, alla quale risultano vincolati un sistema di propulsione pneumatica, un sistema criogenico ed un sistema da vuoto.

Il sistema pneumatico comprende un propulsore pneumatico 1 formato da un primo stadio 2, da un secondo stadio 4 e da due valvole 3 e 6, che verranno descritte particolareggiatamente nel seguito. La prima, la valvola 3, separa lo stadio 2 dallo stadio 4, l'altra, la valvola 6, separa il propulsore 1 dalla canna di lancio 7. All'interno del secondo

Studio Ferrario

stadio 4 è disposto il pistone di compressione 5 (o più pistoni). L'alimentazione del detto propulsore 1 è fornita da bombole 8 attraverso un sistema di valvole e riduttori di pressione 9 .

I gas espulsi dal propulsore 1 confluiscono poi, passando attraverso la canna di lancio 7 del sistema criogenico A, la valvola 10, la stazione diagnostica D e la valvola 10A, nelle camere di decompressione 11 e 12 , da dove vengono evacuati attraverso un sistema da vuoto. Le camere di decompressione sono fra loro separate dalla valvola 13 mentre una valvola 14 separa la camera 12 dalla macchina di utilizzo del proiettile.

Il sistema criogenico A è costituito da un vaso dewar 15 dal quale, attraverso uno speciale tubo di trasferimento 16, che verrà descritto più avanti, viene prelevato il fluido per refrigerare all'interno del criostato 17 una o più flange di rame 18 che sono saldate attorno alle canne di lancio 7 in modo da generare un punto freddo lungo la canna stessa in corrispondenza del quale si solidificherà il pellet. Ai lati della flangia 18 sono situati, in contatto termico con la canna 7, due resistenze elettriche 19A e 19B che limitano spazialmente la zona fredda. Il tutto è protetto da uno schermo di radiazione 20

anch'esso raffreddato dal fluido che viene poi convogliato ad una linea di recupero 21 corredata dalle valvole 22 e 23 e di un misuratore di pressione differenziale 24. Il gas necessario (isotopi di idrogeno) alla costruzione del proiettile viene fornito da una bombola 25 attraverso una linea apposita 26 dotata di un riduttore di pressione 27, di un flussimetro di massa 28, di un pressostato 29 e di una valvola 30. Il gas viene quindi risucchiato nel punto freddo per criopompaggio.

Il sistema da vuoto è costituito da una pompa rotativa 31 che attraverso le valvole 32, 33 e 34 provvede ad evacuare rispettivamente il secondo stadio 4, il criostato 17 e la canna di lancio 7 con l'ausilio della misura del vuoto effettuata sullo stesso criostato per mezzo di due vacuometri 35 e 36.

Le camere di decompressione 11 e 12 vengono evacuate tramite le valvole 37 e 38 per mezzo della pompa turbomolecolare 39, della valvola 40, e della pompa rotativa 42. A valle della valvola 40 è posto il vacuometro 41.

La pompa turbomolecolare è fornita di un circuito di raffreddamento ad acqua 43 e di un circuito 44 ad azoto gassoso utilizzato nella fase di arresto della turbina. Il vuoto è monitorato con

Studio Ferrario

l'ausilio di un trasduttore di pressione 45 e di due vacuometri 46 e 47.

La figura 4 rappresenta una preferita forma realizzativa della valvola 3. Essa comprende un otturatore 3a ed una sede di valvola 3b che separa lo stadio 2 dal secondo stadio 4. L'otturatore è azionato pneumaticamente mediante gas ad alta pressione che viene immesso alle sue spalle nella camera 50 da una bocca di ingresso 52 ed un condotto 54. Il gas trafila lungo le pareti dell'otturatore riempiendo il primo stadio 2.

Come si vede il corpo dell'otturatore 3a è cilindrico ma presenta una piccola spalletta 56 che serve ad avviare il movimento quando la camera 50 alle sue spalle viene scaricata all'atmosfera, attraverso l'elettrovalvola 58 posta ad una estremità del condotto 54. Non appena l'otturatore 3a si distacca dalla sede 3b, l'alta pressione esistente nello stadio 2, agisce su tutta la sezione normale dell'otturatore e ne rende estremamente veloce il movimento all'indietro.

Alla chiusura dell'elettrovalvola 58, il gas di alimentazione proveniente dall'ingresso 52 spinge rapidamente l'otturatore 3a in avanti chiudendo la sede 3b e per trafilamento torna a riempire lo stadio

2.

Le figure 5a e 5b rappresentano una preferita forma realizzativa della valvola 6 .

La principale caratteristica di questa valvola è quella di assicurare la separazione tra il criostato ed il propulsore con una buona tenuta del vuoto, essenziale quando si lavora con oggetti freddi, pur mantenendo un volume molto trascurabile, cosa che è importante al fine di mantenere un buon rapporto di compressione e quindi buone prestazioni del propulsore.

Essa comprende un corpo 61 nel quale è ricavata la sede di scorrimento di una slitta 65 costituita da una lamella dotata di una piccola luce o foro 66 e di un'asola 68 per il passaggio di una spina 70. L'asola delimita la corsa della slitta che apre o chiude il canale trasversale 72 che mette in comunicazione il secondo stadio 4 con la canna di lancio 7. Il movimento della slitta è comandato da un attuatore pneumatico, non rappresentato, che è ancorato alla staffa 74 .

La figura 6 rappresenta una preferita forma realizzativa del tubo di trasferimento 16.

Il tubo 16 consente di prelevare vapori saturi di He ad una temperatura di circa 4.2 K

Studio Ferrario

indipendentemente dalla quantità di liquido presente nel vaso dewar 15. Esso comprende due rami 16a e 16b che vengono inseriti rispettivamente nel vaso dewar 15 e nel criostato 17. Tutto il tubo è superisolato con una intercapedine sotto vuoto, mentre la sua estremità destinata al prelievo del gas freddo nel dewar è caratterizzata dalla presenza di quattro fori disposti ad un livello superiore a quello raggiungibile dal liquido nel dewar stesso. In questo modo il tubo può prelevare solo il vapore che fluendo attraverso l'intercapedine 16c si raffredda e risale attraverso il tubo coassiale interno 16d raggiungendo il criostato 17.

La circolazione di soli vapori elimina l'inconveniente delle oscillazioni termiche che si riscontrano nel caso del liquido.

La fig. 7 mostra una preferita forma realizzativa delle camere di espansione o decompressione 11 e 12. Queste sono rappresentate da due serbatoi identici disposti in serie con l'interposizione della valvola 13.

Come si vede, all'interno di ciascun serbatoio i gas sono convogliati entro un tubo 82 di diametro sostanzialmente ridotto rispetto alle dimensioni del serbatoio, ma notevolmente maggiore del

diametro del pellet. Il tubo 82 è posizionato assialmente ed è dotato di impedenze dinamiche ottenute mediante opportuna sagomatura delle bocche di ingresso 84 e degli ugelli di uscita 86.

Dette camere sfruttano il carattere supersonico del pellet, per ottenere una buona separazione del gas propellente pur mantenendo ingombri molto ridotti rispetto ai dispositivi fino ad oggi realizzati e rinunciando all'uso di tubi guida, non utilizzabili per pellet molto veloci.

Il sistema di camere di decompressione cerca di combinare tre principi che concorrono a separare il gas propellente dal proiettile:

- 1) espansione del gas in un volume (100 + 100lt) evacuato per abbatterne la pressione;
- 2) ritardo del gas nell'attraversare tubi e impedenze;
- 3) sezionamento del sistema mediante chiusure di valvole rapide che vengono attuate dopo il passaggio del pellet allo scopo di intrappolarne il gas a monte.

A ridurre l'afflusso di gas concorrono anche la rapidità di chiusura della valvola 3 e la relativa rapidità di chiusura della valvola 6.

Un propulsore dotato di due pistoni è

illustrato schematicamente nella fig.2b. In questo caso, il pistone principale di compressione 5 è preceduto da un pistone ausiliario 5a, opportunamente forato.

Un iniettore dotato di più canne è invece illustrato in fig. 3 dove quattro sono i propulsori pneumatici 1 e quattro le canne di lancio 7.

La procedura di funzionamento dell'impianto secondo il trovato, completamente automatizzata, viene attuata attraverso l'impiego di un controllore logico programmabile, PLC, nel quale è memorizzata la sequenza delle operazioni che si svolgono, considerando il caso di deuterio gassoso, nel modo seguente.

Fornita l'alimentazione elettrica a tutto il sistema, si procede ad evacuare il secondo stadio 4 del propulsore 1, il criostato 17 e la camera di lancio 7, tramite la pompa rotativa 31.

Il prevuoto nelle camere di decompressione 11 e 12 viene effettuato tramite la pompa rotativa 42 e successivamente l'alto vuoto tramite la pompa turbomolecolare 39. Raggiunto il vuoto limite nel criostato 17 si comincia ad attivare il circuito di raffreddamento del sistema criogenico A. Non appena la temperatura del criostato 17 è scesa al di sotto dei

100 K viene chiusa la valvola 33 in modo da lasciare il criostato 17 in vuoto statico. Il successivo raffreddamento provvede per effetto di criopompaggio a migliorare la qualità del vuoto.

Quando la temperatura del sistema raggiunge valori inferiori a circa 20 K, si comincia ad immettere deuterio gassoso, proveniente dalle bombole 25, nelle canne di lancio 7.

Il flusso del deuterio viene monitorato, regolato ed integrato nel tempo tramite gli opportuni strumenti, il flussimetro di massa 28 ed il pressostato 29, in modo da assicurare una pressione costante, inferiore a quella del punto triplo del gas, all'interno della canna durante la fase di solidificazione del pellet.

Quando l'ammontare di gas desiderato è fluìto nella canna, viene interrotto il flusso chiudendo la valvola 30. A questo punto il sistema entra in termoregolazione per mezzo del P.L.C. e parallelamente viene effettuata la manovra di caricamento del propulsore 1. Gas ad alta pressione (tra i 5 ed i 100 bar) viene immesso nel primo stadio 2 mentre gas a bassa pressione ($< 2\text{atm}$) viene immesso nel secondo stadio 4.

A questo punto si procede, avuti i necessari

consensi per il P.L.C., allo sparo del pellet.

Vengono aperte contemporaneamente le valvole 6,10,10A,13 e 14, e immediatamente dopo, viene aperta la valvola 3 che provoca lo sparo del propulsore 1.

Il principio di funzionamento è il seguente: l'apertura della valvola 3 pone in contatto il gas ad alta pressione contenuto nel primo stadio 2 con il pistone 5 che viene spinto violentemente in avanti producendo una compressione pressochè adiabatica del gas contenuto nel secondo stadio 4.

L'impulso di pressione così prodotto accelera il pellet lungo la canna di lancio 7 e lo espelle facendolo passare attraverso la sezione diagnostica D e le due camere di decompressione 11 e 12, fino al centro della colonna del plasma.

La chiusura della valvola 3, avvenuta immediatamente dopo la partenza del proiettile P, viene seguita dalla chiusura delle valvole 6,10,10A,13 e 14 in modo da ripristinare le condizioni di partenza per procedere alla fabbricazione di un nuovo proiettile: in particolare vengono evacuati il secondo stadio 4, la canna di lancio 7 e le camere di decompressione 11 e 12, mentre viene interrotto il trasferimento di fluido refrigerante lasciando riscaldare naturalmente il criostato ad una

Studio Ferrario

temperatura di circa 20/25 K.

A questo punto il sistema può riprendere il ciclo dall'inizio e prepararsi per un altro sparo.

In alternativa all'impiego ora illustrato di criostato in situ, è previsto secondo il presente trovato, l'uso di un criostato di tipo innovativo, mirato ad ottenere pellet con migliori proprietà meccaniche.

Si è già accennato in precedenza al problema della fragilità degli idrogenoidi solidi, che pone un limite piuttosto restrittivo alla massima accelerazione che può essere impressa al pellet criogenico e quindi alla sua velocità di iniezione.

E' ben noto, d'altra parte, che le proprietà meccaniche di un solido sono fortemente degradate dalla presenza di imperfezioni strutturali e di difetti nel reticolo cristallino; appare allora ragionevole supporre che un metodo alternativo di solidificazione del pellet, teso a minimizzare la presenza di tali imperfezioni, potrebbe consentire un miglioramento delle proprietà meccaniche del proiettile criogenico e quindi prestazioni più elevate in termini di velocità di iniezione.

A tale scopo si propone secondo l'invenzione l'impiego di un criostato che consente di solidificare

Studio Ferrario

il pellet con una tecnica simile a quella della crescita di monocristalli, come verrà meglio illustrato nel seguito.

Le figg.9, 10a e 10b mostrano una forma realizzativa preferita ma non vincolante di un simile dispositivo che, a differenza di quello precedentemente descritto è disposto in posizione verticale.

Come si può vedere da queste figure, il proiettile criogenico non viene più costruito direttamente "in situ", ossia nella posizione dalla quale viene poi sparato, bensì esso viene solidificato nella posizione di fig.10b e quindi trasportato, mediante un sistema a tenuta di vuoto dotato di opportuni movimenti, nella posizione di fig.10a per lo sparo. Tale sistema è schematicamente costituito da un corpo 94, che supporta la canna di lancio 7 ed è in grado di spostarsi assialmente e di ruotare rispetto alla base fissa 95 sulla quale sono ricavate due sedi, una cieca 97 e l'altra collegata al propulsore tramite il tubo 98.

La procedura operativa è la seguente: una volta evacuata la canna di lancio 7 disposta come in fig.10b, vi si immette il reagente (ad esempio il deuterio) nella quantità desiderata; il volume a

disposizione del gas da solidificare è sufficientemente piccolo da far sì che la pressione si porti ad un valore superiore a quella del punto triplo. Allorquando la temperatura del criostato scende sotto il valore di equilibrio corrispondente alla pressione presente nelle canne, il gas comincia a liquefare raccogliendosi per gravità nel vano 90 all'estremità inferiore della canna 7, in corrispondenza del punto freddo. Il liquido quindi prende a solidificare lentamente in presenza di un gradiente termico, regolato opportunamente mediante il riscaldatore 100, ad esempio una resistenza elettrica, in modo da simulare le condizioni tipiche della crescita di una struttura monocristallina, il più possibile esente da imperfezioni reticolari e quindi dotata presumibilmente di proprietà meccaniche migliori.

Una volta completata la fase di solidificazione, il pellet viene trasportato alla posizione di fig. 10a e quindi viene sparato via.

La presente invenzione è stata illustrata e descritta in alcune sue preferite forme di esecuzione, ma si intende che varianti operative e/o costruttive potranno esservi in pratica apportate da un esperto del ramo, senza peraltro uscire dall'ambito di

protezione della presente privativa industriale, come definito dalle rivendicazioni che seguono.

RIVENDICAZIONI

1. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, caratterizzato dal fatto di comprendere almeno un propulsore pneumatico a due stadi, in cui il gas ad alta pressione esistente nel primo stadio viene immesso contro il pistone che comprime il gas propellente nel secondo stadio attraverso una valvola di attuazione rapida, in modo da provocare nel detto secondo stadio una compressione pressochè adiabatica dello stesso gas propellente e raggiungere all'imboccatura della canna di lancio del pellet, a valle di detto secondo stadio, un picco di alta pressione fino a circa 2000 bar e temperature di alcune migliaia di gradi, per una durata tipica dell'ordine fra le decine e le centinaia di microsecondi.

2. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alla rivendicazione precedente caratterizzato dal fatto che detto secondo stadio e detta canna di lancio sono separati da una valvola di sezionamento a tenuta di vuoto e con volumi morti estremamente ridotti, atta a sopportare gli impulsi di alta pressione e temperatura di cui alla

Studio Ferrario

protezione della presente privativa industriale, come definito dalle rivendicazioni che seguono.

RIVENDICAZIONI

1. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, caratterizzato dal fatto di comprendere almeno un propulsore pneumatico a due stadi, in cui il gas ad alta pressione esistente nel primo stadio viene immesso contro il pistone che comprime il gas propellente nel secondo stadio attraverso una valvola di attuazione rapida, in modo da provocare nel detto secondo stadio una compressione pressochè adiabatica dello stesso gas propellente e raggiungere all'imboccatura della canna di lancio del pellet, a valle di detto secondo stadio, un picco di alta pressione fino a circa 2000 bar e temperature di alcune migliaia di gradi, per una durata tipica dell'ordine fra le decine e le centinaia di microsecondi.

2. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alla rivendicazione precedente caratterizzato dal fatto che detto secondo stadio e detta canna di lancio sono separati da una valvola di sezionamento a tenuta di vuoto e con volumi morti estremamente ridotti, atta a sopportare gli impulsi di alta pressione e temperatura di cui alla

Studio Ferrario

rivendicazione 1.

3. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alle rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che i gas propellenti ed il pellet espulso dalla canna di lancio pervengono a delle camere di decompressione, collegate ad un sistema di pompe da vuoto, che sono disposte in serie a monte della macchina utente, e sono dotate di impedenze dinamiche e di camere di turbolenza per ritardare il passaggio dei gas e di mezzi di sezionamento per intrappolare il gas dopo il passaggio del pallet.

4. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alle rivendicazioni precedenti in cui la valvola (3) di attuazione rapida tra il primo (2) ed il secondo stadio (4) comprende un otturatore cilindrico (3a) che viene spinto pneumaticamente nella sede (3b) mediante gas in pressione immesso alle sue spalle in una camera (50), il movimento all'indietro dello stesso otturatore, quando la camera (50) viene scaricata all'atmosfera, essendo reso estremamente veloce da una spalletta (56) sulla quale può agire l'alta pressione esistente nel primo stadio (2).

5. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alle rivendicazioni precedenti

caratterizzato dal fatto che la valvola di sezionamento è una valvola (6) a slitta costituita da una lamella (65) scorrevole in una sede ricavata nel corpo di valvola (61) e dotata di un foro (66) che apre o chiude un canale (72) di comunicazione tra secondo stadio (4) e canna di lancio (7), il movimento della slitta essendo comandata da un attuatore pneumatico.

6. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici come alle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che le impedenze nelle camere di compressione (11,12) sono costituite da tubi (82) diritti i quali sono disposti all'interno di dette camere di decompressione in asse con le valvole di sezionamento, hanno diametri ridotti rispetto alle dimensioni delle camere di decompressione ma maggiori del diametro del pellet e sono dotati alle estremità di bocche (84) e ugelli (86) sagomati che formano camere di turbolenza.

7. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che le camere di decompressione hanno ingombro ridotto avendo una capacità dell'ordine di 100-200 lt.

8. Iniettore ad alta velocità per pellet

criogenici, come alle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che è previsto un tubo di prelievo del fluido refrigerante (gas) in grado di prelevare vapore saturo a temperatura costante indipendentemente dal livello del liquido dal vaso dewar e senza movimenti meccanici all'interno del detto vaso.

9. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alla rivendicazione , caratterizzato dal fatto che il tubo di prelievo (16) è costituito da una coppia di tubi concentrici, con il tubo esterno chiuso alla estremità che viene immersa nel vaso dewar e il tubo interno (16d) che comunica con l'intercapedine (16c) in corrispondenza di detta estremità, su detto tubo esterno essendo praticati, ad un livello non raggiungibile dal liquido nel vaso dewar, dei fori (16e) per l'ingresso di vapore nella detta intercapedine (16c).

10. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici, come alle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che comprende uno o più criostati in cui il proiettile criogenico viene formato solidificando piccoli volumi di gas in un vano (90) in corrispondenza del punto freddo all'estremità inferiore della canna di lancio (7) che è sopportata

da un corpo (94) in grado di spostarsi assialmente e di ruotare rispetto ad una base fissa (95) su cui sono ricavate due sedi, una cieca (97) e l'altra (96) collegata al propulsore pneumatico; la solidificazione avvenendo lentamente in presenza di un gradiente termico regolato opportunamente mediante un riscaldatore (100), in modo da simulare le condizioni tipiche di crescita di una struttura monocristallina, quando la canna di lancio (7) è posizionata sulla sede cieca (97); il lancio avvenendo al termine della solidificazione, dopo aver trasportato il pellet in corrispondenza della sede (96).

11. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici come alle rivendicazioni precedenti in cui almeno un propulsore pneumatico è a più stadi.

12. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici come alle rivendicazioni precedenti in cui le canne di lancio sono più di una.

13. Iniettore ad alta velocità per pellet criogenici come alle rivendicazioni precedenti in particolare per l'utilizzo su macchine per la fusione nucleare controllata mediante confinamento magnetico del plasma, come descritto ed illustrato nelle allegate tavole di disegni.

Per la Richiedente

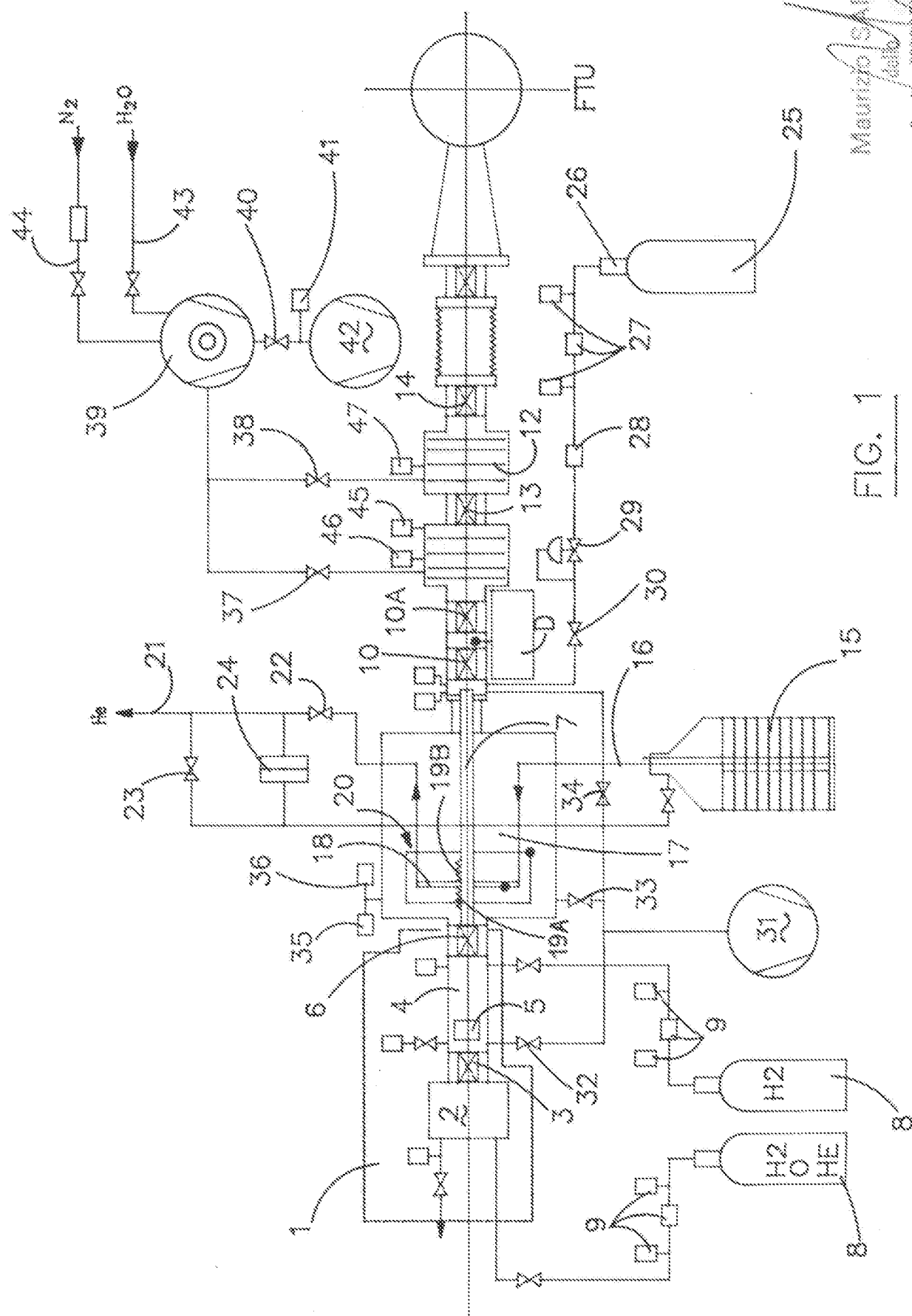


FIG. 1

Maurizio SARPI
Studio FERRARO

FIG. 2a

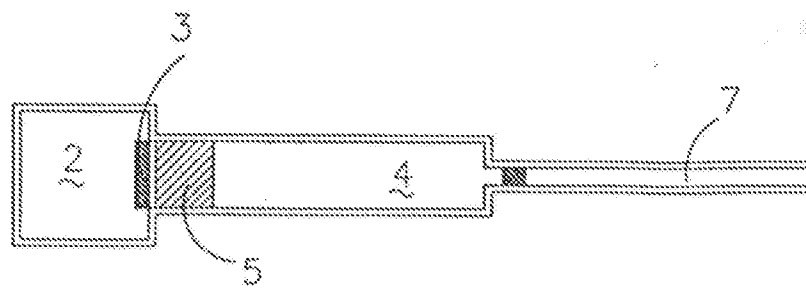


FIG. 2b

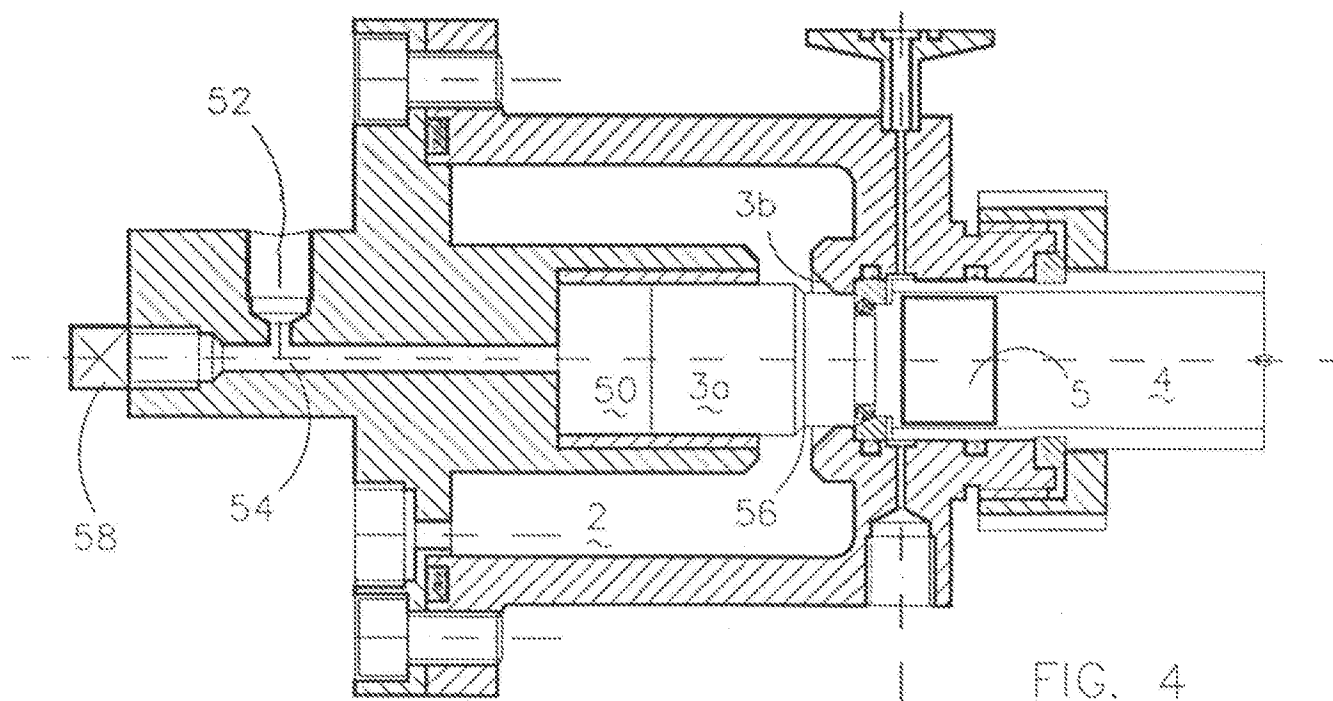
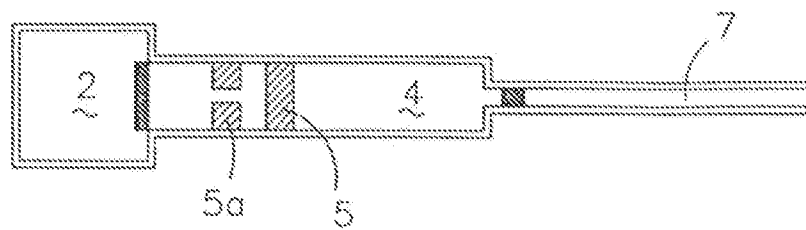


FIG. 4

Maurizio SARPI
della
Studio YERRELLIO

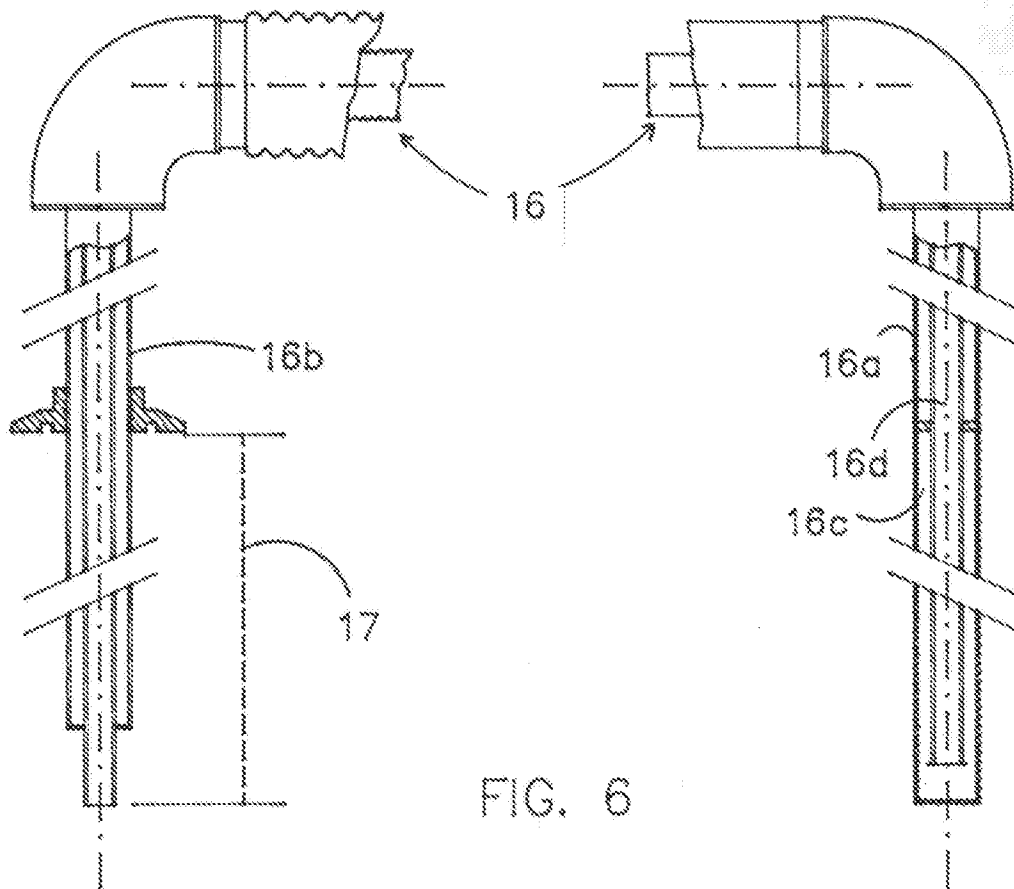


FIG. 6

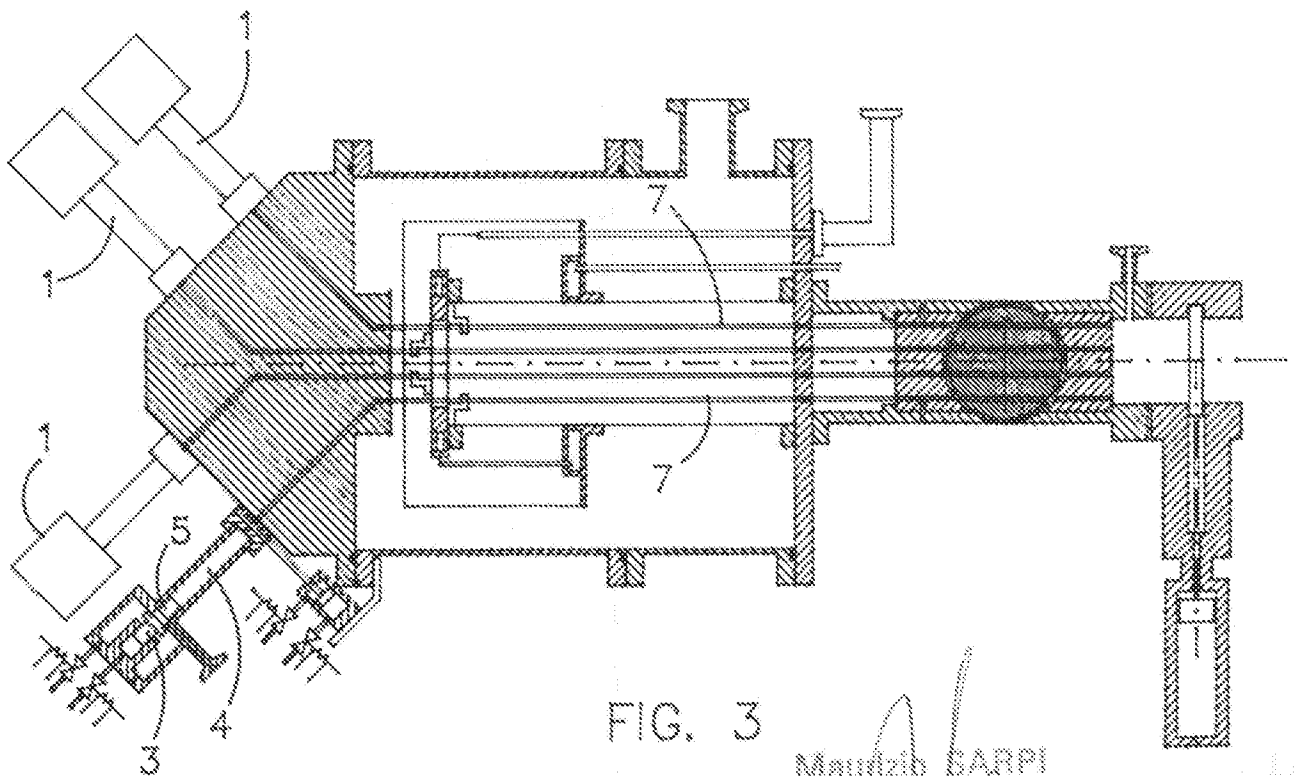


FIG. 3

Maurizio SARPI
d.r.
Studio TECNICO

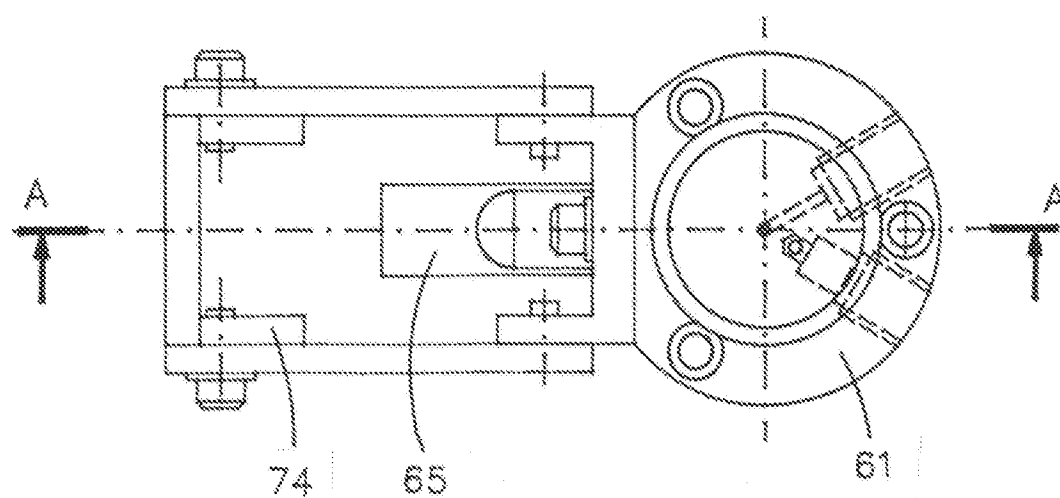


FIG. 5b

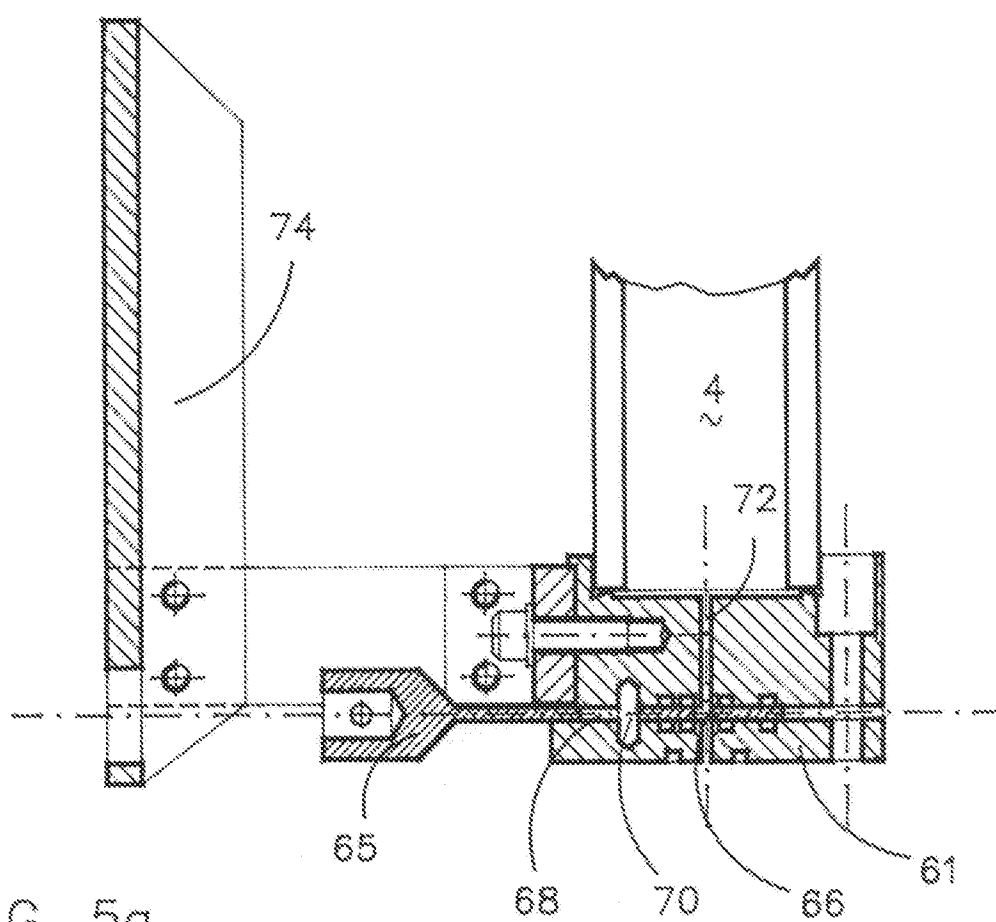


FIG. 5a

Maurizio SARPI
della
Studio FERRARIO

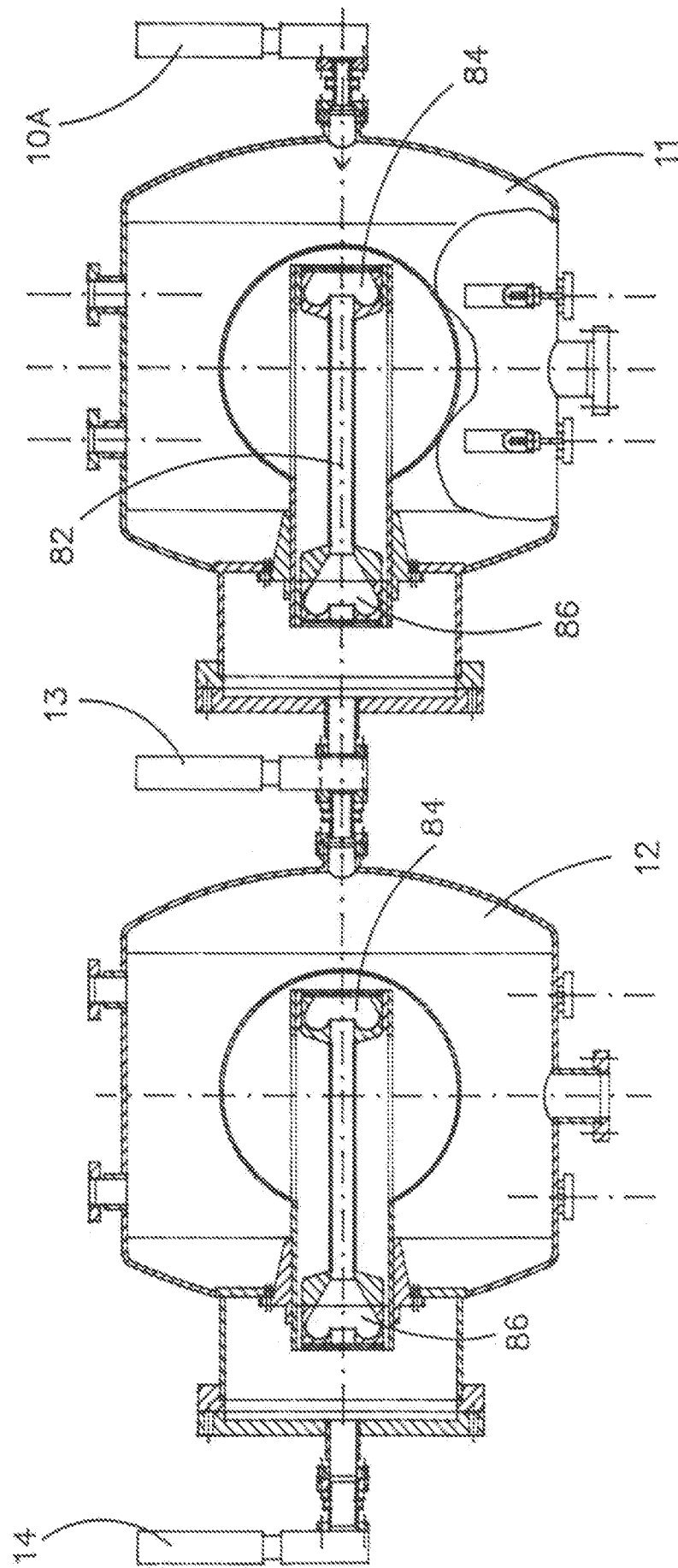


FIG. 7

Maurizio SARRI
[Signature]
 5/10/2010

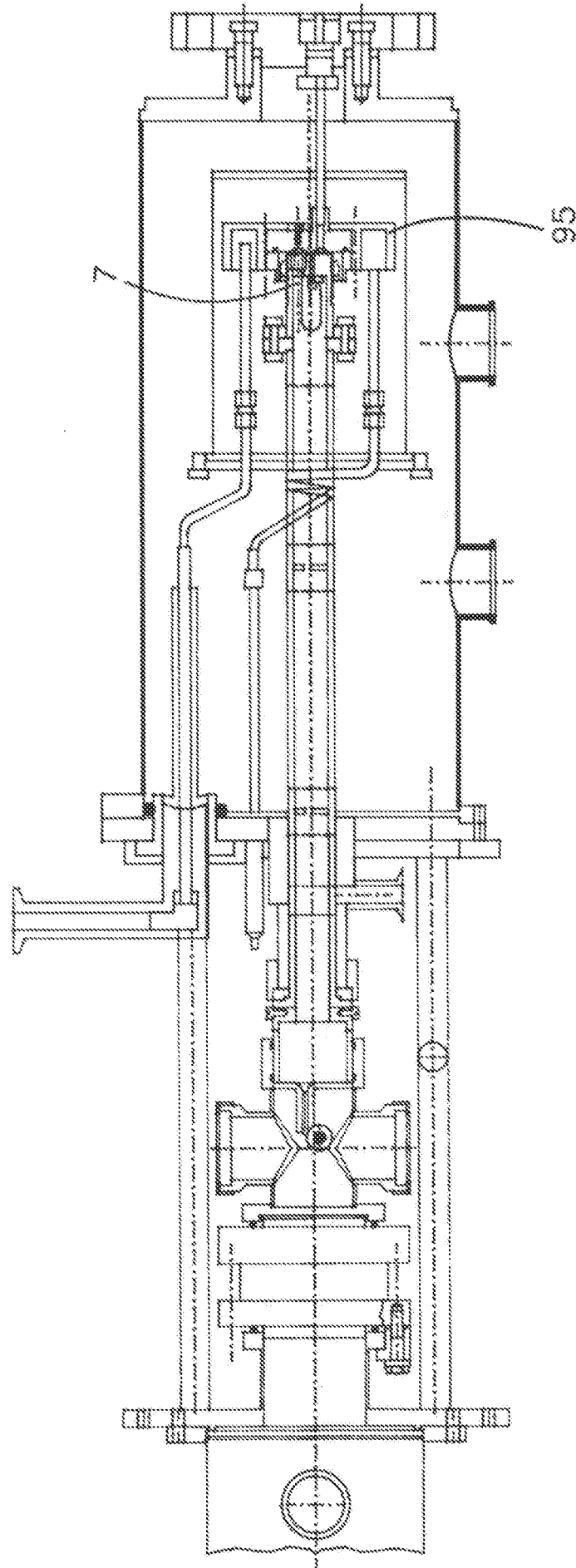


FIG. 8

Maurizio SARPÌ

Studio TETRAPO

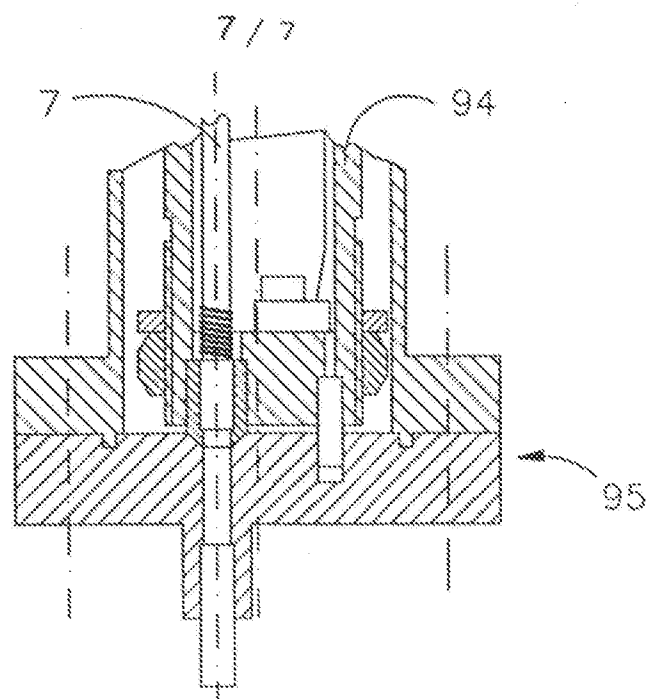


FIG. 10a

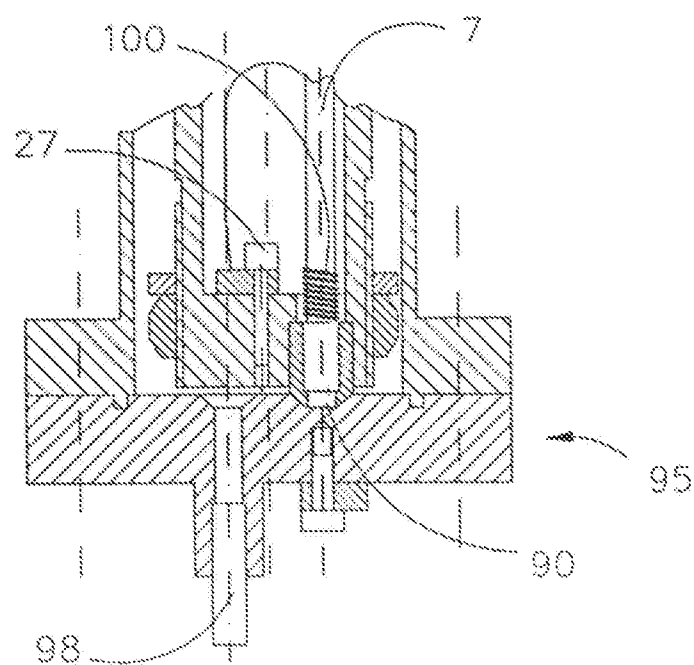


FIG. 10b

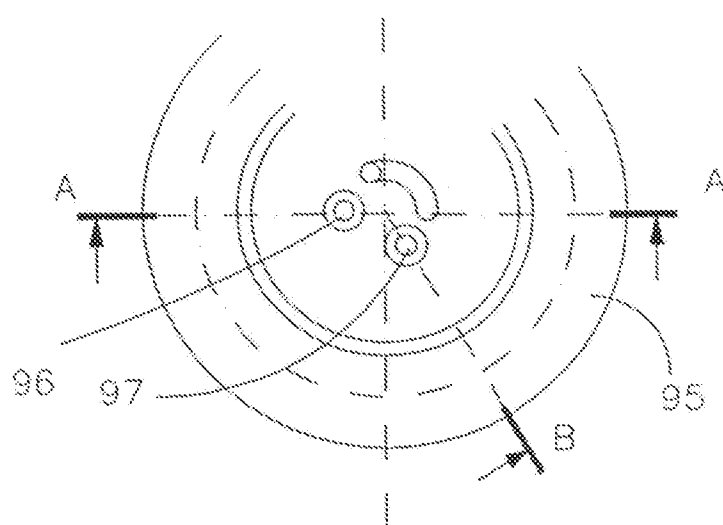


FIG. 9

Maurizio SARPI
della
Studio HERBIS