



**MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO**  
**DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE**  
**UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI**

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| <b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b> | <b>102010901861978</b> |
| <b>Data Deposito</b>                | <b>29/07/2010</b>      |
| <b>Data Pubblicazione</b>           | <b>29/01/2012</b>      |

Classifiche IPC

Titolo

|                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>METODO E DISPOSITIVO PER LA PRODUZIONE DI TECNEZIO-99 METASTABILE</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|

## DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"METODO E DISPOSITIVO PER LA PRODUZIONE DI TECNEZIO-99  
METASTABILE"

di PHIZERO S.R.L.

di nazionalità italiana,

con sede: VIA DELL'ARTIGIANATO, 33

CASTEL BOLOGNESE (RA)

Inventori: GUIDI Giacomo, MAZZOTTI Gabriele

\* \* \*

### SETTORE TECNICO

La presente invenzione è relativa ad un metodo e ad un  
dispositivo per la produzione di Tecnezio-99 metastabile.

### CONTESTO DELL'INVENZIONE

Il Tecnezio-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ) è un isomero nucleare  
metastabile del Tecnezio-99.

Il  $^{99m}\text{Tc}$  viene utilizzato come tracciante radioattivo  
in molte analisi mediche a scintigrafia. Il  $^{99m}\text{Tc}$  emette  
raggi gamma a 140 KeV facilmente rilevabili, ed il suo  
tempo di mezza vita per le emissioni gamma è di circa  
6,0058 ore (vale a dire, circa il 93,7% del  $^{99m}\text{Tc}$  decade a  
 $^{99}\text{Tc}$  in 24 ore). Il breve tempo di mezza vita dell'isotopo  
permette di effettuare procedure di scansione che  
raccolgono dati rapidamente, mantenendo bassa l'esposizione  
totale del paziente alle radiazioni.

Il  $^{99m}\text{Tc}$  per la medicina molecolare è spesso prodotto a partire da uranio arricchito, dal quale si ottiene per fissione molibdeno-99 ( $^{99}\text{Mo}$ , con tempo di mezza vita di 2,75 giorni). Attualmente ci sono solamente cinque reattori (in Canada, Belgio, Sud Africa, Olanda e Francia) al mondo in grado di produrre molibdeno-99 a partire da uranio altamente arricchito ed un solo reattore (in Australia) capace di produrre  $^{99}\text{Mo}$  a partire da uranio scarsamente arricchito. Si noti che la produzione di  $^{99}\text{Mo}$  a partire da uranio presenta intrinseci problemi logistici (il materiale viene prodotto solo in alcuni luoghi e poi trasportato in ospedali geograficamente anche molto lontani) e di sicurezza per la salute (l'uranio arricchito è un materiale pericoloso da maneggiare), e rischi connessi alla possibilità che parte dell'uranio venga utilizzato per altri scopi non ortodossi (ad esempio scopi bellici e/o terroristici).

È anche importante sottolineare che nel corso degli anni la domanda di  $^{99m}\text{Tc}$  è notevolmente aumentata. Gli aumentati consumi e la necessità di effettuare alcune manutenzioni programmate presso i pochi centri produttivi hanno portato all'annullamento ed al rinvio di diverse procedure mediche durante il corso del 2008 e del 2009.

Scopo della presente invenzione è quello di fornire un metodo ed un dispositivo per la produzione di Tecnezio-99

metastabile, i quali permettano di superare, almeno parzialmente, gli inconvenienti dell'arte nota e siano, nel contempo, di facile ed economica realizzazione.

#### SOMMARIO

Secondo la presente invenzione vengono forniti un metodo ed un dispositivo per la produzione di Tecnezio-99 metastabile secondo quanto licitato nelle rivendicazioni indipendenti che seguono e, preferibilmente, in una qualsiasi delle rivendicazioni dipendenti direttamente o indirettamente dalle rivendicazioni indipendenti.

#### BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

L'invenzione viene di seguito descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano alcuni esempi d'attuazione non limitativi, in cui:

- la figura 1 è una vista in sezione, con particolari asportati per chiarezza, di un dispositivo realizzato in accordo con la presente invenzione;

- la figura 2 illustra schematicamente particolari del dispositivo della figura 1 in scala ingrandita; i punti illustrati sulla destra rappresentano la distribuzione radiale degli atomi di  $^{99}\text{Mo}$  generati; la distribuzione dei punti del grafico è ottenuta attraverso simulazione numerica;

- la figura 3 è una vista in sezione ed in scala ingrandita di particolari della figura 1;

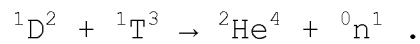
- la figura 4 è una vista prospettica ed in scala ingrandita di particolari della figura 3;
- la figura 5 illustra schematicamente particolari del dispositivo della figura 1;
- la figura 6 è un grafico della produttività del dispositivo della figura 1;
- la figura 7 è una vista frontale del dispositivo in conformazione chiusa con una rappresentazione di un operatore a lato; e
- la figura 8 è una vista prospettica del dispositivo in conformazione aperta.

#### FORME D'ATTUAZIONE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con 1 è indicato nel suo complesso un dispositivo per la produzione di Tecnezio-99 metastabile ( $^{99m}\text{Tc}$ ). Il dispositivo 1 comprende un alloggiamento 2 atto a contenere (in particolare, contenente) un materiale A di partenza scelto nel gruppo consistente di: Molibdeno-100 ( $^{100}\text{Mo}$ ) (in forma elementare) ed un sale di Molibdeno-100 (es.  $\text{Zr}^{100}\text{Mo}$ ); ed un generatore 3 di neutroni, il quale è atto ad emettere neutroni.

Il generatore 3 e l'alloggiamento 2 sono disposti e strutturati in modo tale che almeno parte (in particolare, la maggior parte) dei neutroni provenienti dal generatore 3 prodotti viene direzionata verso il detto alloggiamento 2 ed, in particolare, contro il materiale A.

Il generatore 3 di neutroni è atto a produrre neutroni utilizzando la seguente reazione di fusione del Deuterio e del Trizio:



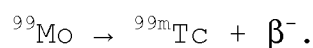
I neutroni emessi dal generatore 3 hanno un'energia di circa 14 MeV.

In uso, i neutroni colpiscono il materiale A di partenza in modo da produrre Molibdeno-99 ( ${}^{99}\text{Mo}$ ) (in forma elementare o ionica) secondo la seguente reazione:



Si noti che la fusione di Deuterio e Trizio permette di ottenere neutroni ad un'energia particolarmente adatta ad ottenere la produzione di  ${}^{99}\text{Mo}$ . È, infatti, di 1.7 barns la sezione trasversale (cross-section) della reazione di attivazione  ${}^{100}\text{Mo} (n, 2n)$  con neutroni a 14 MeV. I neutroni provenienti dalla fusione di Deuterio e Trizio permettono di ottenere  ${}^{99}\text{Mo}$  in modo sorprendentemente efficiente, pulito, poco costoso e con rischi per la salute umana relativamente bassi.

Il Molibdeno-99 ( ${}^{99}\text{Mo}$ ) decade in modo da ottenere  ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$  (in forma elementare o ionica) secondo la seguente reazione:



Vantaggiosamente, il materiale A di partenza è un sale di  ${}^{100}\text{Mo}$ . In particolare, il materiale A di partenza è

Zr<sup>100</sup>Mo.

Secondo alcune forme d'attuazione, l'alloggiamento 2 contiene in aggiunta al materiale A di partenza uno o più altri materiali di riempimento differenti dal materiale A di partenza. Secondo specifiche forme d'attuazione, l'alloggiamento 2 comprende ZrMo, in cui gli isotopi di Molibdeno sono presenti nelle percentuali normalmente presenti in natura. ZrMo contiene il 9,68% in peso di sale Zr<sup>100</sup>Mo. Nella naturale distribuzione isotopica, il <sup>100</sup>Mo è presente al 9.63% sul totale degli atomi di Molibdeno.

Vantaggiosamente, il generatore 3 di neutroni è un generatore a confinamento inerziale elettrostatico (IEC - Inertial Electrostatic Confinement). Questo tipo di generatore si è dimostrato particolarmente adatto alla produzione di neutroni per l'irraggiamento di <sup>100</sup>Mo ed è molto poco ingombrante e relativamente poco costoso. In particolare, il generatore 3 presenta una forma allungata (più in particolare, cilindrica). In questo modo è possibile ottenere una gestione degli ingombri particolarmente favorevole.

Secondo alcune forme d'attuazione, il generatore 3 è come descritto nella domanda di brevetto PCT/GB02/03854.

Secondo specifiche forme d'attuazione, il generatore 3 è un "High End DT model" dell'azienda NSD-Fusion.

Facendo particolare riferimento alle figure 2, 3 e 4,

il dispositivo 1 comprende una parete 4 di riflessione. Il materiale A di partenza è disposto tra la parete 4 ed il generatore 3. In particolare, la parete 4 delimita esternamente (dalla parte opposta rispetto al generatore 3) l'alloggiamento 2.

La reazione di fusione interna al generatore 3 avviene fra i due elettrodi anodo 21 e catodo 22 che provvedono alla realizzazione del campo di confinamento elettrostatico degli ioni di Deuterio e Trizio. La parete 4 è in grado di riflettere almeno il 30% di neutroni (a circa 14 MeV, più in particolare a 14,1 MeV) incidenti contro di essa (in particolare, emessi dal generatore 3). Vantaggiosamente, la parete 4 è in grado di riflettere almeno il 50% di neutroni (a circa 14 MeV, più in particolare a 14,1 MeV) incidenti contro di essa (in particolare, emessi dal generatore 3).

Secondo alcune forme d'attuazione, la parete 4 è in acciaio inox e presenta uno spessore di almeno 10 mm. Vantaggiosamente, la parete 4 presenta uno spessore di almeno 15 mm (in particolare, almeno 18 mm). Vantaggiosamente, la parete 4 presenta uno spessore fino a 21 mm.

Il dispositivo 1 comprende, inoltre, una parete 5 interna, la quale è disposta tra il materiale A di partenza ed il generatore 3. La parete 5 delimita internamente (verso il generatore 3) l'alloggiamento 2.



La parete 5 permette il passaggio (attraverso sé stessa) di almeno l'80% (vantaggiosamente, almeno il 90%) dei neutroni (a circa 14 MeV) incidenti contro di essa. Vantaggiosamente, la parete 5 permette il passaggio (attraverso sé stessa) di almeno il 98% dei neutroni (a circa 14 MeV) incidenti contro di essa.

Secondo alcune forme d'attuazione, la parete 5 è in acciaio inox e presenta uno spessore fino a 2 mm. Vantaggiosamente, la parete 5 presenta uno spessore fino a 1,5 mm (in particolare, fino a 1 mm).

Vantaggiosamente, la parete esterna del generatore 3 di neutroni è ad una distanza inferiore a 10 mm, in particolare superiore a 1 mm, dal materiale A. Facendo particolare riferimento alle figure 3, 4 e 5, il dispositivo 1 comprende, inoltre, almeno un condotto 6 di alimentazione in comunicazione fluidica con l'alloggiamento 2; od almeno un condotto 7 di scarico in comunicazione fluidica con l'alloggiamento 2.

È anche previsto un gruppo di convogliamento 8 (figura 5) per alimentare un fluido (in particolare, un liquido) all'alloggiamento 2 (in particolare, attraverso il condotto 6) e per prelevare il fluido (in particolare, attraverso il canale 7). L'alimentazione ed il prelievo del fluido al e dall'alloggiamento 2 non avvengono necessariamente contemporaneamente.

Vantaggiosamente, il fluido viene portato all'interno dell'alloggiamento 2, mantenuto per un tempo determinato all'interno dell'alloggiamento 2 e, successivamente, prelevato.

Il gruppo di convogliamento 8 comprende almeno una valvola per regolare il flusso del fluido. In particolare, il gruppo di convogliamento 8 comprende una valvola 9 (in particolare, un'elettrovalvola), la quale è disposta a monte dell'alloggiamento 2 (in particolare, lungo il condotto 6 o tra il condotto 6 e l'alloggiamento 2); ed una valvola 10 (in particolare, un'elettrovalvola), la quale è disposta a valle dell'alloggiamento 2 (in particolare, lungo il condotto 7 o tra il condotto 7 e l'alloggiamento 2).

Il gruppo di convogliamento 8 comprende almeno un serbatoio 23, disposto a monte dell'elettrovalvola 9 collegato al condotto 6 dove viene raccolta la soluzione necessaria al processo di eluizione, in particolare una soluzione isotonica.

Il gruppo di convogliamento 8 comprende, inoltre, una pompa 11 (in particolare, una pompa peristaltica) per movimentare il menzionato fluido. In particolare, la pompa 11 è disposta a valle dell'alloggiamento 2 (più precisamente, tra l'alloggiamento 2 e la valvola 10).

Vantaggiosamente, l'alloggiamento 2 presenta un'uscita

12 di collegamento con il condotto 7; in corrispondenza dell'uscita 12 è disposto uno strato di allumina B (acida). L'allumina evita che il Molibdeno e/o i sali di molibdeno presenti nell'alloggiamento 2 entrino nel condotto 7.

Il dispositivo 1 comprende, inoltre, un'unità di raccolta 13 del liquido proveniente dall'alloggiamento 2; ed un filtro 14 (di allumina acida) il quale è disposto a monte dell'unità di raccolta 13 ed a valle dell'alloggiamento 2.

Il filtro 14 è atto a raccogliere e bloccare eventuali impurezze provenienti dall'alloggiamento 2.

Il dispositivo 1 comprende anche un concentratore 18, il quale è atto a concentrare gli ioni  $\text{TiO}_4$  è disposto a monte dell'unità di raccolta 13 ed a valle dell'alloggiamento 2. In particolare, il concentratore 18 è disposto a monte del filtro 14 (più specificamente, tra la valvola 10 ed il filtro 14).

Il concentratore 18 è in grado di innalzare la percentuale di attività radioattiva del  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  per unità di volume di eluato. In particolare, il concentratore 18 è un dispositivo a base di allumina acida che assorbe gli ioni di  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  e  $^{99}\text{Tc}$  da una grande quantità di fluido proveniente dalla pompa 11 a monte e li rilascia in una quantità minore di fluido a valle. Il liquido in eccesso è scaricato fuori dal sistema di convogliamento 8.

Vantaggiosamente, il menzionato liquido comprende acqua, in particolare una soluzione salina di acqua. Secondo specifiche forme d'attuazione, il liquido è una soluzione isotonica di acqua. Più in particolare, il liquido è una soluzione acquosa allo 0,9% in peso di NaCl.

Come meglio illustrato nelle figure 1, 3 e 4, l'alloggiamento 2 si estende attorno al generatore 3 di neutroni. In questo modo l'alloggiamento 2 assorbe una grande maggioranza dei neutroni emessi dal generatore 3.

Il generatore 3 presenta una geometria lineare ed è disposto all'interno di un'apertura 15 passante, la quale presenta una forma sostanzialmente cilindrica. In particolare, l'alloggiamento 2 presenta una forma sostanzialmente anulare. Più specificamente l'alloggiamento 2 presenta la forma di un cilindro cavo.

Le geometrie e posizioni relative del generatore 3 e dell'alloggiamento 2 permettono di ottenere una distribuzione particolarmente omogenea del  $^{99}\text{Mo}$  all'interno dell'alloggiamento 2 (si veda al riguardo la figura 9 ottenuta con simulazione nucleare a metodo Monte Carlo). Ciò determina un aumento dell'efficienza del dispositivo 1.

Facendo particolare riferimento alla figura 4, l'alloggiamento 2 presenta una pluralità di porzioni 2' tra loro separate con pareti 16 a tenuta di fluido. Le pareti 16 sono in acciaio inox, dello spessore di circa 1 mm ed

orientate radialmente rispetto al generatore 3.

Vantaggiosamente, a ciascuna porzione 2' è associato un rispettivo gruppo di convogliamento 8. A ciascuna porzione sono anche associati un rispettivo condotto 6 ed un rispettivo condotto 7. In questo modo è possibile, prelevare il  $^{99m}\text{Tc}$  in qualunque momento indipendentemente da ciascuna porzione 2'.

Il dispositivo 1 comprende anche una centralina 17 di controllo, la quale è configurata in modo da comandare ciascun gruppo di convogliamento 8 singolarmente (ed indipendentemente dagli altri gruppi di convogliamento 8). La centralina 17 comprende un'interfaccia operatore (di per sé nota e non illustrata, ad es. uno schermo e/o una tastiera), la quale permette di inserire parametri di funzionamento e/o di indicare quando si desidera prelevare del  $^{99m}\text{Tc}$ .

La centralina 17 è anche atta a comandare il generatore 3. A questo riguardo, si noti che è possibile prelevare (fase di eluizione) il liquido (contenente  $^{99m}\text{Tc}$ ) presente all'interno dell'alloggiamento 2 (o di una o più delle porzioni 2' dell'alloggiamento 2 stesso) mentre il generatore 3 è azionato (fase di irraggiamento).

Il tempo necessario per ottenere la produzione di una buona quantità di  $^{99m}\text{Tc}$  è funzione della densità del flusso neutronico. Utilizzando il generatore 3 sopra esemplificato

è possibile raggiungere il rapporto secolare tra  $^{99}\text{Mo}$  e  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  (vale a dire il rapporto esistente in natura dovuto all'equilibrio tra  $^{99}\text{Mo}$  che decade e  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  che decade; oltre questo rapporto non è possibile andare) in circa 10 giorni.

Dopo avere raggiunto il rapporto secolare, ogni qualvolta che si effettua un'eluizione (in modo da prelevare quasi completamente il  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  prodotto) è necessario solo circa un giorno affinché il  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  raggiunga nuovamente il rapporto secolare con il  $^{99}\text{Mo}$ . Ciò è dovuto al fatto che  $^{99}\text{Mo}$  è già presente in elevata quantità. La figura 6 illustra un esempio di produttività di  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  a partire da 45 Kg di gel di ZrMo; in ascissa è riportato il tempo in giorni; in ordinata è riportata la radioattività del  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  in mCi.

Secondo alcune forme d'attuazione, il generatore 3 viene mantenuto attivo 24 ore al giorno in modo da permettere la maggior produzione possibile di  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . Alternativamente, è possibile accendere il generatore 3 in modo discontinuo. Questa modalità di funzionamento permette di ottimizzare la durata del Trizio, del Deuterio e del  $^{100}\text{Mo}$  (presente nel sale ZrMo).

Secondo la forma d'attuazione illustrata, per quanto concerne il generatore 3, non sono previste connessioni di fluidi o gas in quanto la carica di Deuterio e Trizio avviene solo all'installazione e durante le manutenzioni

programmate (circa ogni 3-12 mesi) del dispositivo 1. L'assenza di serbatoi di Deuterio e/o Trizio è garanzia di affidabilità e di sicurezza per tutto il dispositivo 1.

Il dispositivo 1 comprende, inoltre, una schermatura 19 esterna per l'assorbimento di neutroni veloci e termici, atomi pesanti e raggi gamma. La schermatura 19 comprende un blocco multistrato in materiale derivato del polietilene mescolato con atomi pesanti od atomi di boro o litio per la soppressione dei raggi gamma secondari.

La schermatura 19 comprende un portello 20 apribile. Quando il portello 20 è aperto è possibile accedere in modo semplice e comodo al generatore 3 ed all'alloggiamento 2.

Il metodo di produzione del Tecnezio-99 metastabile prevede, secondo alcune forme d'attuazione, l'utilizzo di un dispositivo 1 come sopra descritto e/o come sotto rivendicato.

Si noti che l'alloggiamento 2 è collegato alle rimanenti parti del dispositivo 1 in modo rimovibile per mezzo di adeguati supporti. In questa maniera è possibile rimuovere periodicamente l'alloggiamento 2 per sostituirlo con un alloggiamento "caricato" e/o effettuare la necessaria manutenzione.

In uso, partendo da un sale di Molibdeno-100 (in particolare, gel di ZrMo), vengono prodotti ioni di  $^{99m}\text{Tc}$  il quale si solubilizza nel liquido presente

nell'alloggiamento 2 o che viene alimentato all'alloggiamento 2 stesso. Si noti che il sale di  $^{100}\text{Mo}$  viene scelto in modo da presentare una solubilità nel liquido (in particolare, in acqua) inferiore alla solubilità del corrispondente sale di  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .

Per permettere l'eluizione (e quindi il recupero del  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) la pompa 11 viene azionata in modo da creare una depressione all'interno dell'alloggiamento 2 (in particolare, all'interno di una o più porzioni 2', a seconda di quanto  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  si desidera recuperare). La corrispondente valvola 9 viene aperta (per ciascuna porzione 2' interessata) e la depressione aspira il liquido. A questo punto, la valvola 9 viene chiusa e la corrispondente valvola 10 viene aperta (mantenendo attiva la pompa 11) in modo da prelevare sostanzialmente tutto il liquido ed il  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  in esso contenuto (il liquido uscendo passa attraverso il menzionato strato di allumina). Il liquido raggiunge quindi l'unità di raccolta 13 passando attraverso il filtro 14.

Il processo è completato entro l'ora dal momento della richiesta dell'eluizione. Il dispositivo 1, se comprendente un calibratore, permette di conoscere esattamente la quantità di  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  metastabile presente nella soluzione. Se l'eluizione avviene al massimo della carica, sfruttando tutte le porzioni 2', è possibile raggiungere una



produttività di 2500 mCi al giorno.

Si noti che quanto oggetto della presente invenzione permette di ottenere in modo veloce e poco costoso  $^{99m}\text{Tc}$ . Il dispositivo 1 è poco ingombrante e può essere eventualmente installato all'interno di un ospedale.

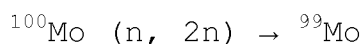
A meno che non sia esplicitamente indicato il contrario, il contenuto dei documenti (articoli, libri, domande di brevetto ecc.) citati in questo testo è qui integralmente richiamato. In particolare i menzionati documenti sono qui incorporati per riferimento.

Ulteriori caratteristiche della presente invenzione risulteranno dalla descrizione che segue di un esempio meramente illustrativo e non limitativo.

### **Esempio 1**

La struttura del dispositivo è stata simulata all'interno del software GEANT4 (prodotto dal Centro Europeo Ricerche Nucleari CERN). L'alloggiamento 2, contenente la sostanza A, è stato sottoposto al bombardamento simulato di neutroni a 14 MeV in un modello matematico implementato all'interno del software GEANT4 Ver 4.9.3. I neutroni veloci a 14 MeV provenienti dal centro del generatore 3 hanno interagito con l'alloggiamento 2 in cui era stato depositato gel di ZrMo, ovvero ZrMo e  $\text{H}_2\text{O}$ . La distribuzione in peso degli elementi presenti nel gel è stata impostata rispettivamente in: 33% Zr, 33% Mo e 33%  $\text{H}_2\text{O}$ . La densità totale del

composto è stata impostata a 2,00 g/cm<sup>3</sup>. Durante la simulazione è stato calcolato e verificato il punto in cui il neutrone, nell'attraversare il gel, ha dato origine alla reazione nucleare:

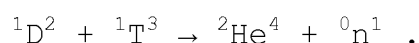


Inoltre la simulazione ha permesso di valutare gli effetti di riflessione dovuti a forma e conformazione dell'alloggiamento 2. Il risultato della simulazione è stato riportato in figura 2. Data la simmetria cilindrica dell'alloggiamento 2 e del processo di generazione di neutroni tipico di un generatore IEC (emissione isotropa di neutroni a 14 Mev), è stato possibile calcolare la distribuzione di <sup>99m</sup>Tc nel volume di ZrMo. Con questa distribuzione è stata valutata la quantità di <sup>99m</sup>Tc che sarà disponibile al momento dell'eluizione. Il risultato di questa simulazione indica in 2500 mCi/giorno l'attività totale presente nell'alloggiamento 2 dopo 10 giorni di irraggiamento.

Il risultato ottenuto dimostra come la tecnologia sviluppata sia sorprendentemente competitiva e per diverse aspetti migliorativa rispetto alle tecnologie note.

## RIVENDICAZIONI

1.- Dispositivo per la produzione di Tecnezio-99 metastabile ( $^{99m}\text{Tc}$ ); il dispositivo (1) comprende almeno un alloggiamento (2) contenente un materiale (A) di partenza scelto nel gruppo consistente di: Molibdeno-100 ( $^{100}\text{Mo}$ ) ed un sale di Molibdeno-100 ( $^{100}\text{Mo}$ ); ed un generatore (3) di neutroni per indirizzare neutroni prodotti contro il detto alloggiamento (2) ed il detto materiale (A) di partenza; il generatore (3) di neutroni essendo atto a produrre neutroni utilizzando la seguente reazione di fusione del Deuterio e del Trizio:



2.- Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui il generatore (3) di neutroni è un generatore a confinamento inerziale elettrostatico (IEC - Inertial Electrostatic Confinement).

3.- Dispositivo secondo la rivendicazione 1 o 2, e comprendente una parete (4) di riflessione; il materiale (A) di partenza è disposto tra la parete (4) di riflessione ed il generatore (3) di neutroni; la parete (4) di riflessione essendo in grado di riflettere almeno il 30% di neutroni (a circa 14 MeV) incidenti contro di essa; in particolare, la parete (4) di riflessione è in acciaio inox e presenta uno spessore di almeno 10 mm.

4.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni

precedenti, in cui il detto alloggiamento (2) è delimitato verso il generatore (3) di neutroni da una parete (5) interna, la quale permette il passaggio di almeno il 90% dei neutroni (a circa 14 MeV) incidenti contro di essa.

5.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, e comprendente almeno un condotto (6) di alimentazione in comunicazione fluidica con l'alloggiamento (2); almeno un condotto (7) di scarico in comunicazione fluidica con l'alloggiamento (2); ed almeno un gruppo di convogliamento (8) per alimentare un liquido dal condotto (6) di alimentazione all'alloggiamento (2) e per prelevare (in particolare, indipendentemente dall'alimentare) almeno parte del liquido presente nell'alloggiamento (2) convogliandola lungo il condotto (7) di scarico.

6.- Dispositivo secondo la rivendicazione 5, in cui l'alloggiamento (2) presenta un'uscita (12) di collegamento con il condotto (7); in corrispondenza dell'uscita (12) è disposto uno strato di allumina.

7.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui l'alloggiamento (2) si estende attorno al generatore (3) di neutroni.

8.- Dispositivo secondo la rivendicazione 7, in cui il generatore (3) di neutroni presenta una forma allungata; l'alloggiamento (2) presenta una forma sostanzialmente cilindrica con una sede (15), all'interno della quale è

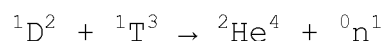
disposto il generatore (3) di neutroni.

9.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui l'alloggiamento (2) presenta una pluralità di porzioni (2') tra loro separate a tenuta di fluido; il dispositivo (1) comprendendo, per ciascuna porzione (2') dell'alloggiamento (2), almeno un rispettivo condotto (6) di alimentazione in comunicazione fluidica con la porzione (2'); almeno un rispettivo condotto (7) di scarico in comunicazione fluidica con la porzione (2'); ed almeno un rispettivo gruppo di convogliamento (8) per alimentare il liquido dal relativo condotto (6) di alimentazione all'alloggiamento (2) e per prelevare (in particolare, indipendentemente dall'alimentare) almeno parte del liquido presente nell'alloggiamento (2) convogliandola lungo il relativo condotto (7) di scarico; i gruppi di convogliamento (8) essendo azionabili in modo indipendente tra loro.

10.- Dispositivo secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui il materiale (A) di partenza è ZrMo.

11.- Metodo per la produzione di Tecnezio-99 metastabile ( $^{99m}\text{Tc}$ ); il metodo comprendendo

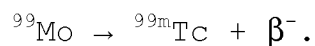
una fase di generazione di neutroni, durante la quale vengono prodotti neutroni secondo la seguente reazione di fusione del Deuterio e del Trizio:



una fase di irraggiamento, durante la quale i detti neutroni colpiscono un materiale (A) di partenza scelto nel gruppo consistente di: Molibdeno-100 ( $^{100}\text{Mo}$ ) ed un sale di Molibdeno-100 ( $^{100}\text{Mo}$ ); durante la fase di irraggiamento viene ottenuto Molibdeno-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ), in forma elementare o ionica, secondo la seguente reazione:



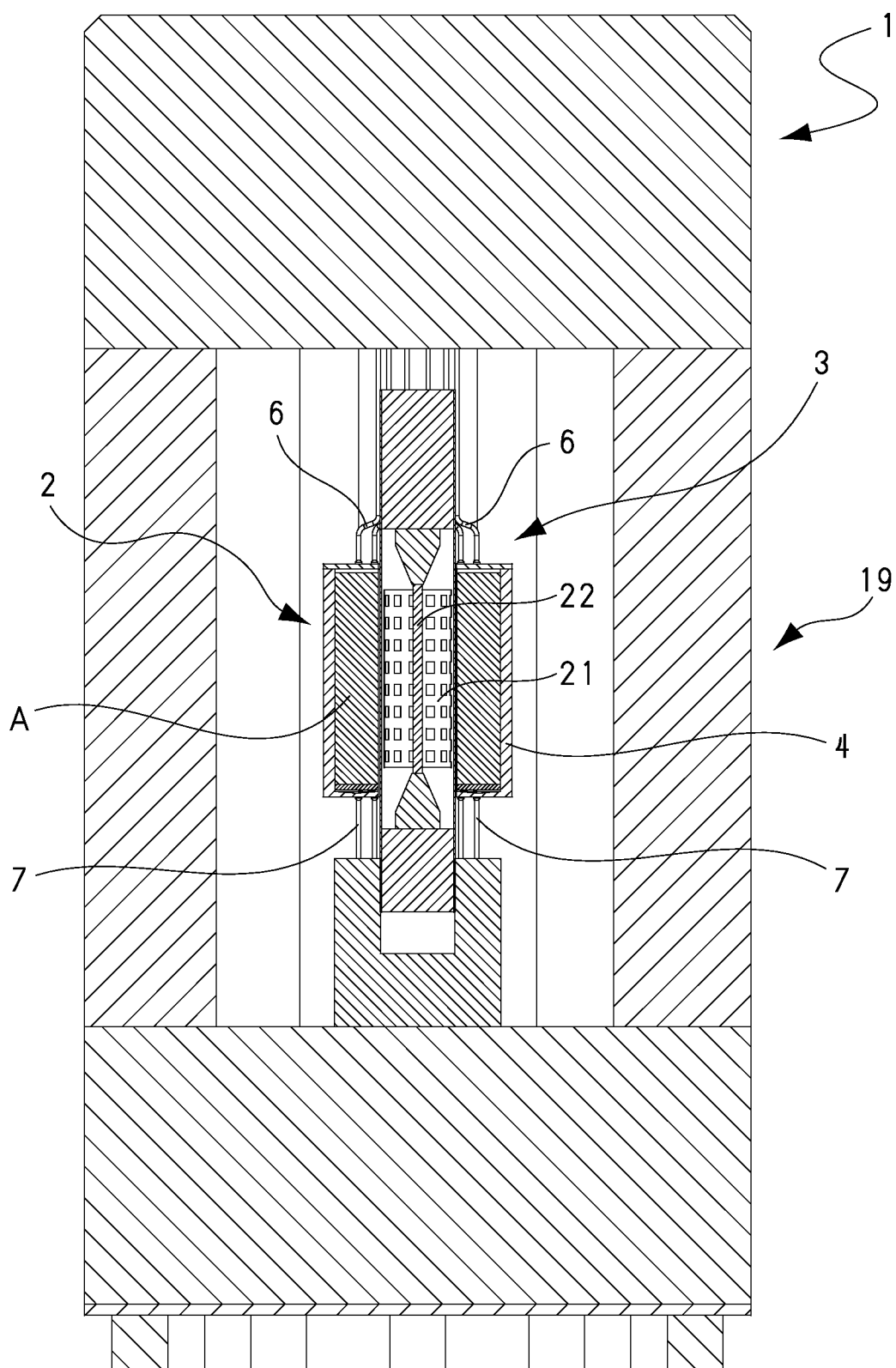
una fase di decadimento, durante la quale il Molibdeno-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ) decade in modo da ottenere  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ , in forma elementare o ionica, secondo la seguente reazione:



12.- Metodo secondo la rivendicazione 11, in cui il materiale (A) di partenza è un sale di Molibdeno-100 (in particolare,  $\text{ZrMo}$ ); il metodo comprendendo una fase di eluizione, la quale è almeno parzialmente successiva alla fase di decadimento e durante la quale un liquido, in particolare una soluzione acquosa (isotonica), nel quale vengono raccolti ioni  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  selettivamente rispetto al sale di Molibdeno, viene separato dal sale di molibdeno e recuperato.

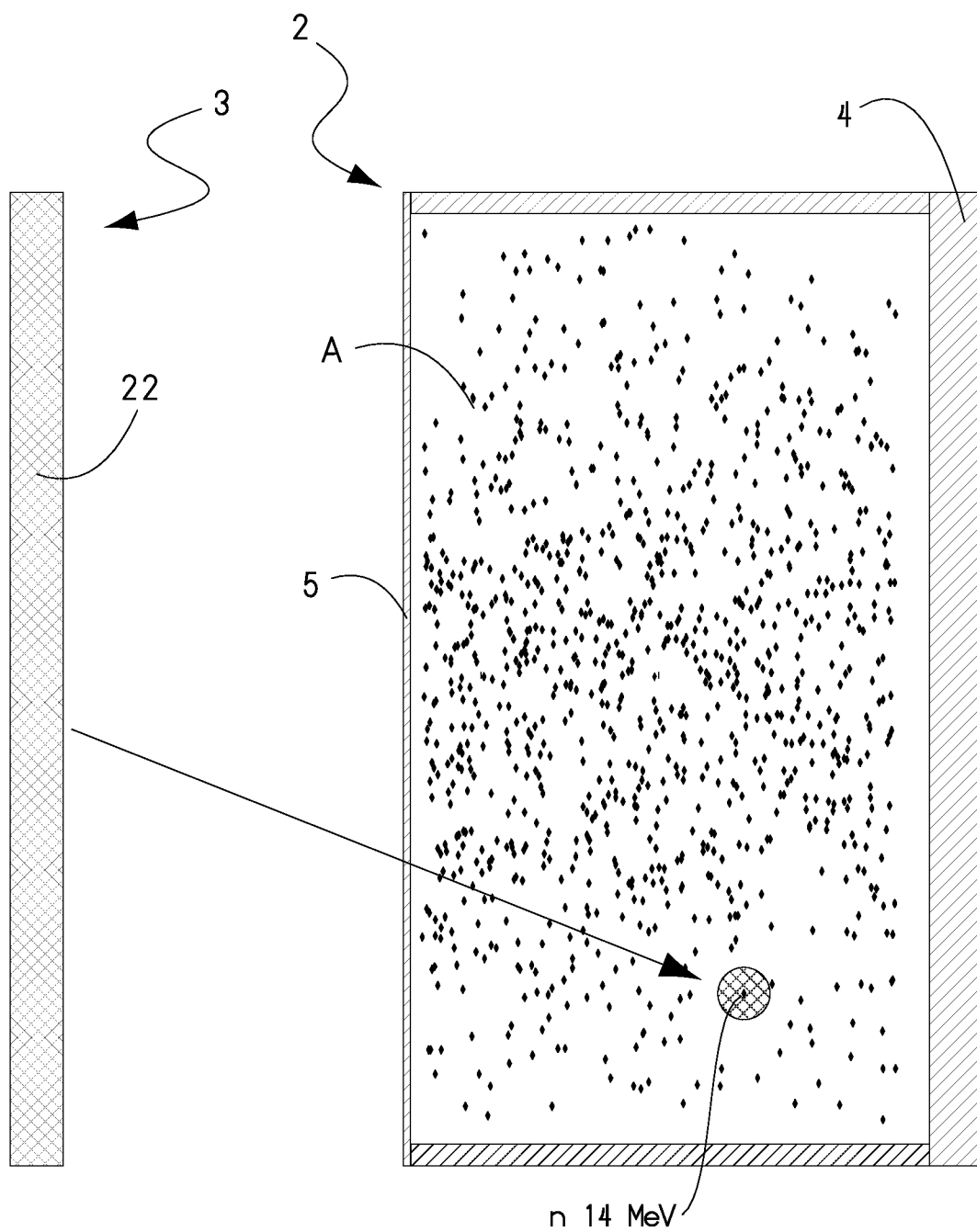
p.i. PHIZERO S.R.L.

**Simone MANGINI**



**FIG. 1**

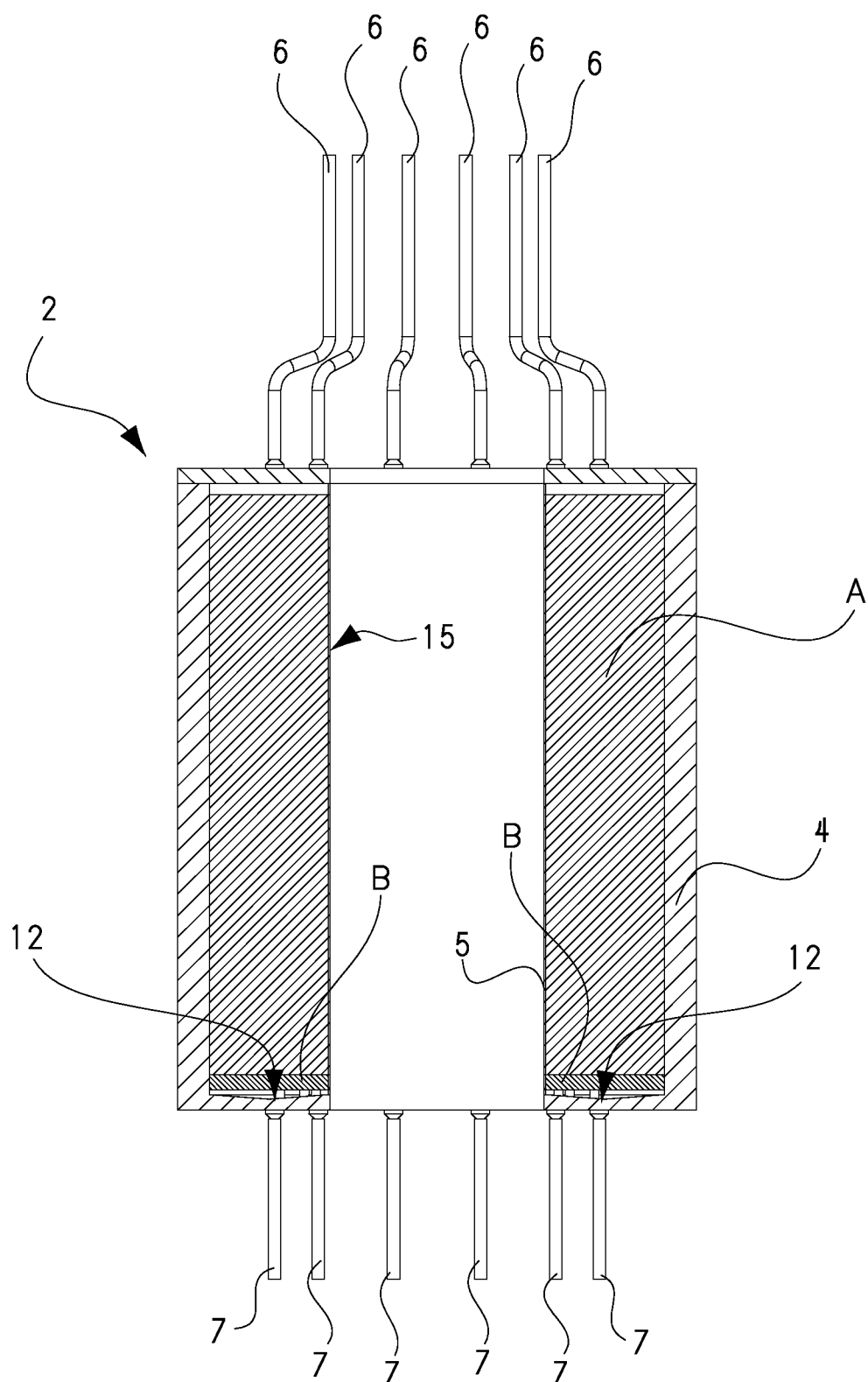
p.i.: PHIZERO S.R.L.  
 Simone MANGINI  
 (Iscrizione Albo nr. 1001/B)



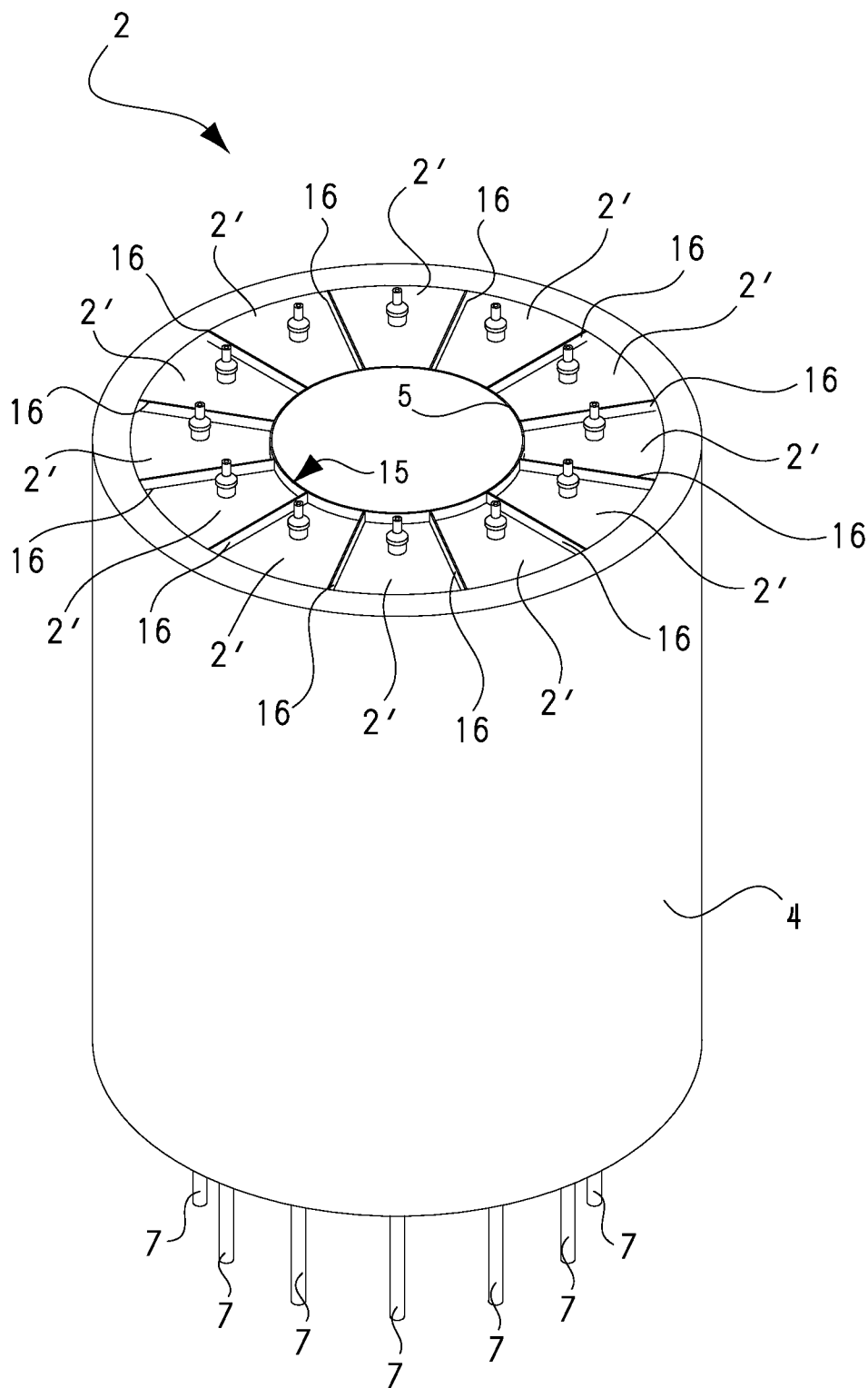
**FIG. 2**

p.i.: PHIZERO S.R.L.  
 Simone MANGINI  
 (Iscrizione Albo nr. 1001/B)

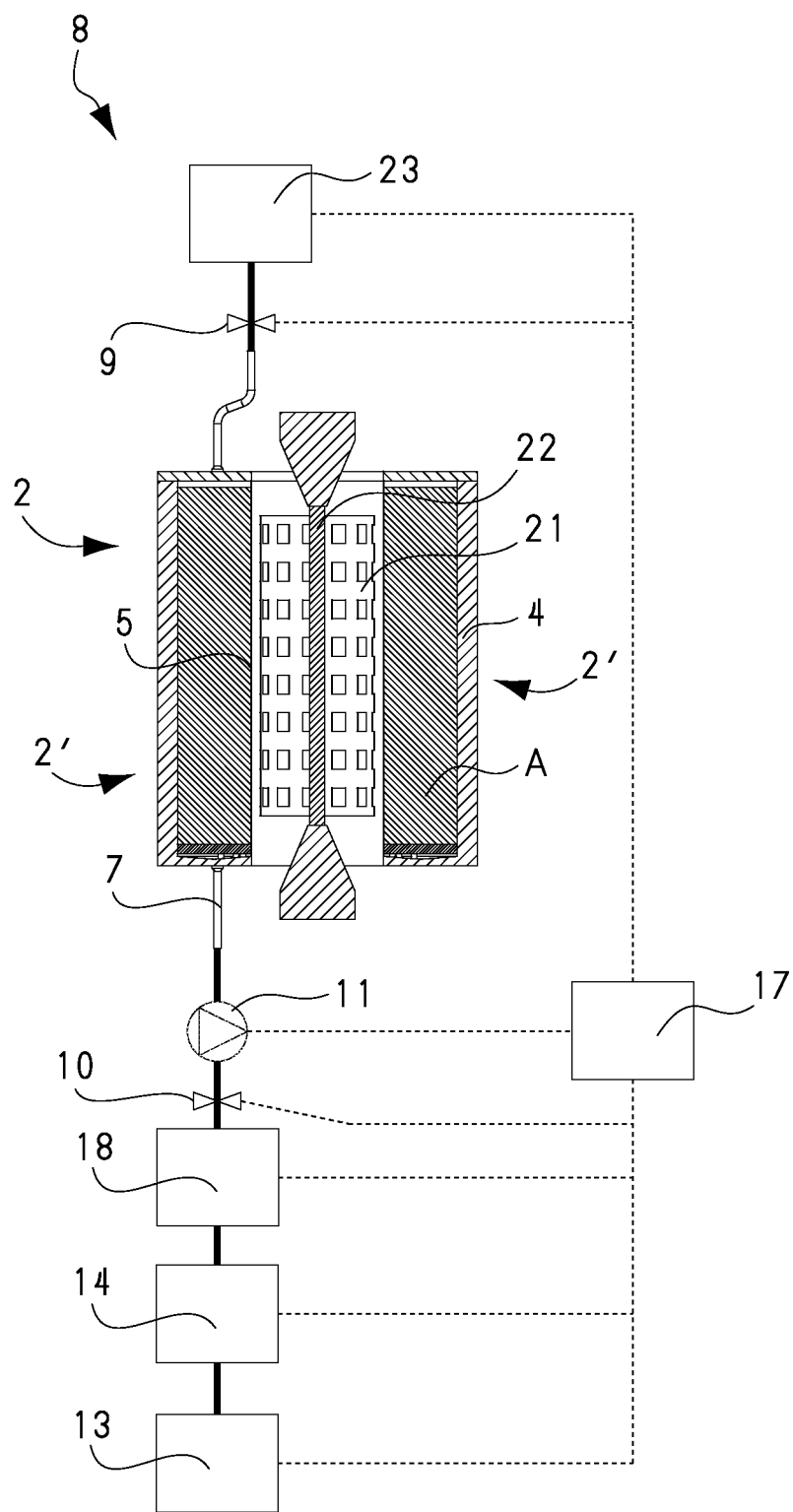




**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**

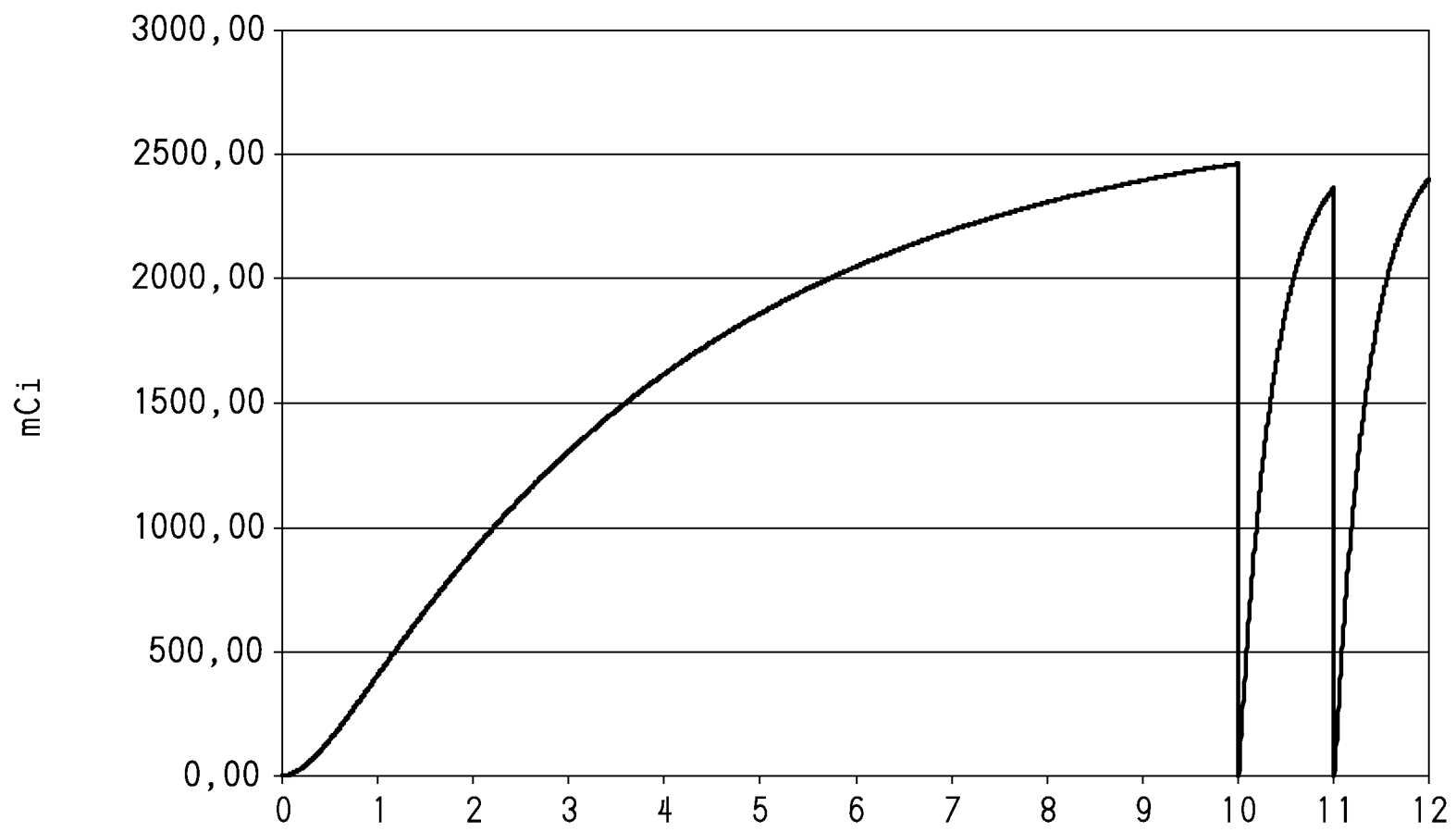
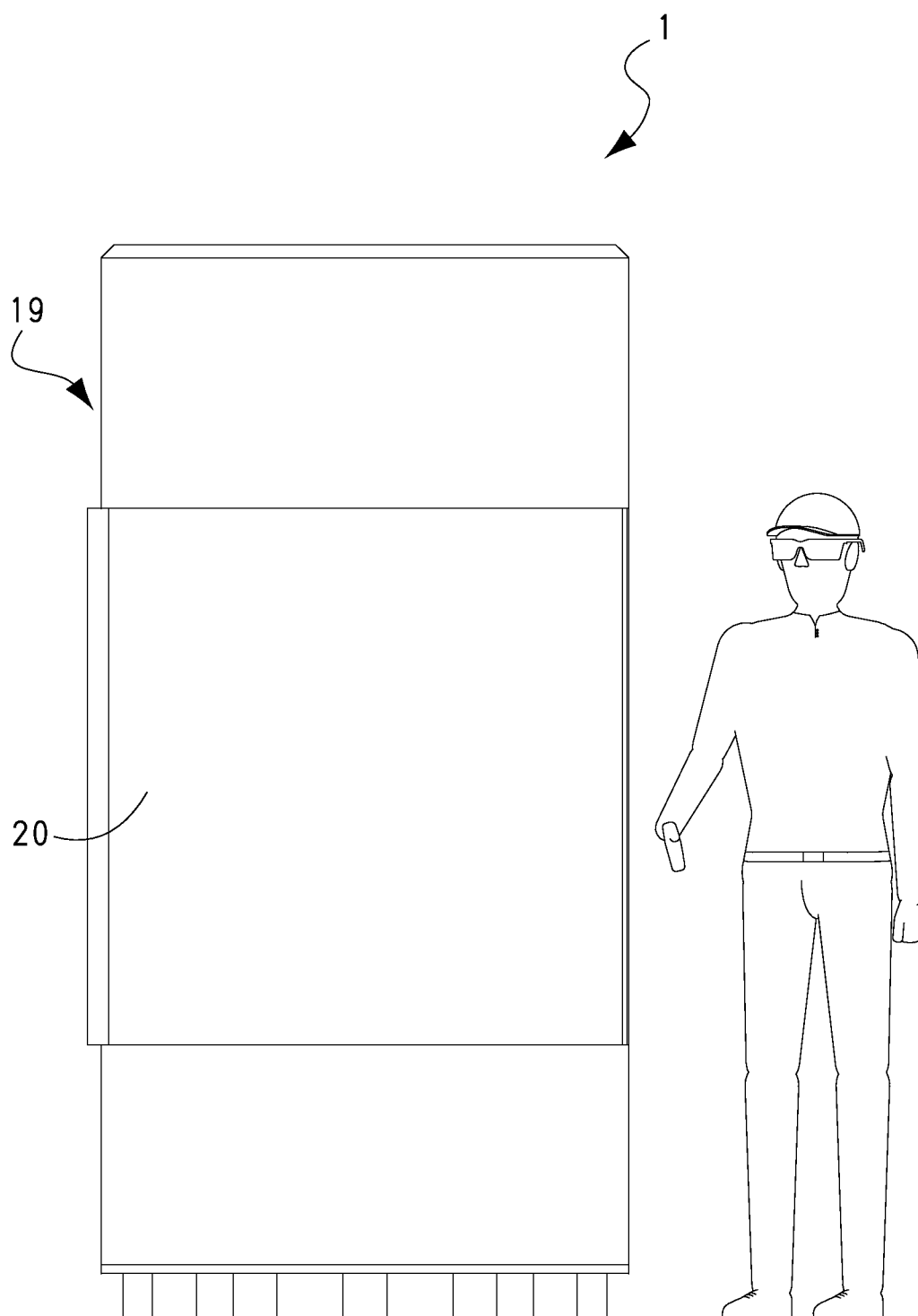
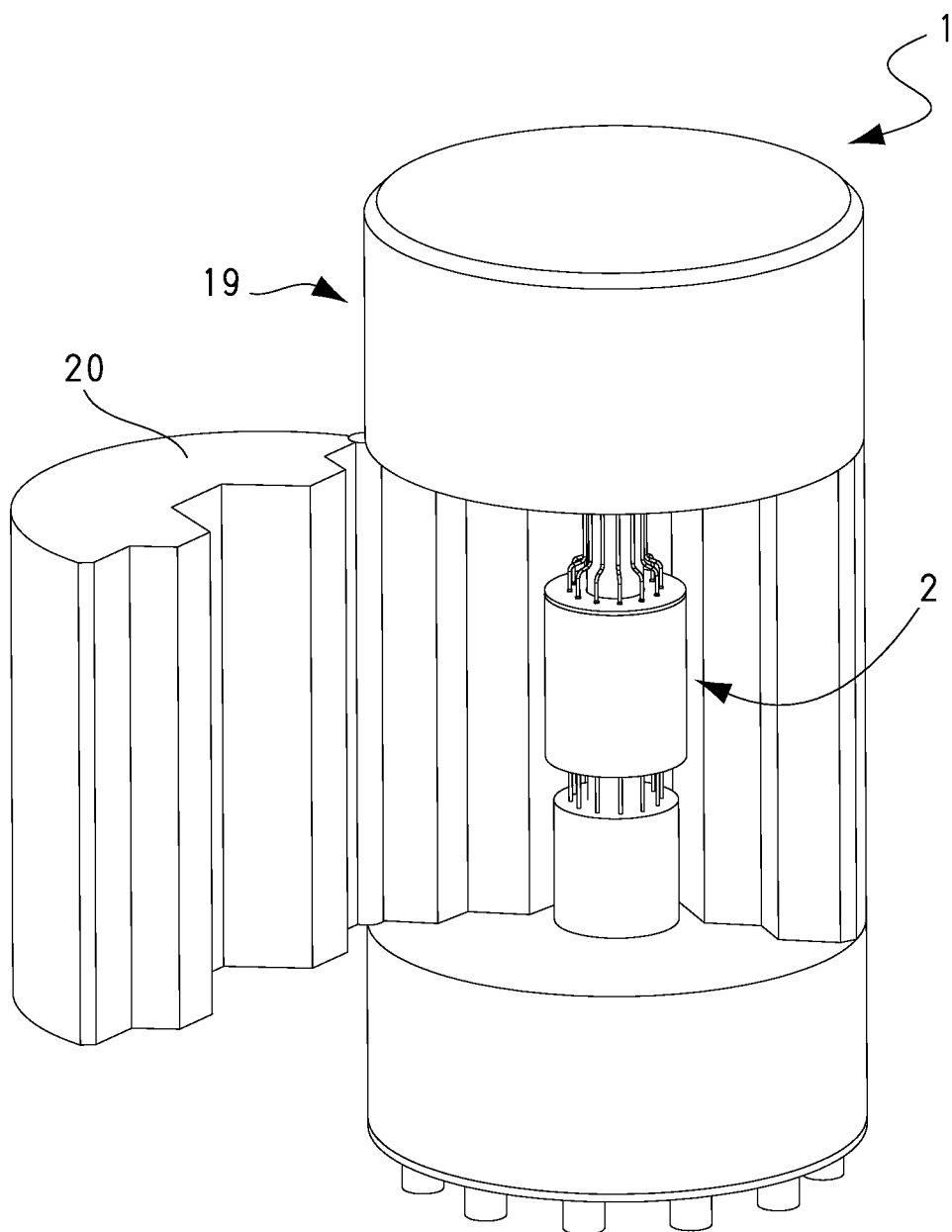


FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**