

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902106483A1

Publication Date

20140530

Applicant

IDROPAN DELL'ORTO DEPURATORI S.R.L.

Title

APPARECCHIATURA PER LA PURIFICAZIONE DI UN FLUIDO E METODO DI
PURIFICAZIONE DI UN FLUIDO, IN PARTICOLARE MEDIANTE LA
SUDETTA APPARECCHIATURA

APPARECCHIATURA PER LA PURIFICAZIONE DI UN FLUIDO E METODO DI PURIFICAZIONE DI UN FLUIDO, IN PARTICOLARE MEDIANTE LA SUDETTA APPARECCHIATURA

D E S C R I Z I O N E

Campo di applicazione

5 La presente invenzione concerne una apparecchiatura per la purificazione di un fluido ed un metodo di purificazione di un fluido, in particolare mediante la suddetta apparecchiatura, secondo il preambolo delle rispettive rivendicazioni indipendenti.

Più in dettaglio, l'apparecchiatura ed il metodo secondo l'invenzione sono destinati ad essere vantaggiosamente impiegati per rimuovere da un fluido particelle ionizzate allo scopo di
10 agevolare il recupero o lo smaltimento. Tali particelle possono essere tipicamente costituite da ioni di sali disciolti in un liquido ovvero da ioni metallici ad esempio di fluidi di processi industriale.

L'apparecchiatura di cui trattasi potrà essere destinata a molteplici applicazioni sia in campo industriale che in campo civile, quali ad esempio la dissalazione dell'acqua di mare,
15 l'addolcimento di acque particolarmente dure, la rimozione dall'acqua di sali (quali cloruri e solfati), nonché per la rimozione da un qualunque liquido ad esempio di nitrati, di nitriti, di ammoniaca, di metalli pesanti, di sostanze organiche o di microinquinanti in genere, ovvero ancora per la deionizzazione di fluidi ad esempio di processi industriali o per la
20 concentrazione di sostanze inquinanti difficili da smaltire o vantaggiose da recuperare per un riutilizzo.

La presente invenzione si inserisce pertanto in generale nell'ambito industriale della produzione di apparecchiature per la purificazione di fluidi da particelle ionizzate.

Stato della tecnica

Sono note apparecchiature per la purificazione di fluidi che sfruttano il principio della
25 deionizzazione capacitiva per rimuovere delle particelle ionizzate da un fluido. Ciascuna cella

è un assieme di condensatori a flusso passante ed è formata da una pluralità di elettrodi sovrapposti, tra i quali è fatto passare un flusso di fluido da purificare. Gli elettrodi sono affacciati l'uno all'altro e sono caricati ad opposte polarità da un alimentatore a corrente continua.

5 Operativamente tale nota apparecchiatura prevede l'alternarsi di fasi di servizio, in cui gli ioni presenti nel fluido sono catturati sugli opposti elettrodi, e di fasi di rigenerazione, in cui gli ioni accumulatisi sugli elettrodi sono rimossi mediante un fluido di lavaggio.

Gli elettrodi dei condensatori a flusso passante assorbono e rilasciano elettrostaticamente i contaminanti di cariche ioniche e partecipano attivamente al processo di deionizzazione del
10 liquido da trattare.

Gli elettrodi sono inoltre solitamente alimentati da collettori ad esempio di grafite e sono realizzati in materiali porosi elettricamente conduttivi (ad esempio tipicamente in carbonio) per assorbire sulla loro superficie elevate quantità di particelle ionizzate.

Condensatori a flusso passante del tipo noto sopra indicato sono ad esempio descritti nei
15 brevetti US 6,413,409 e US 5,360,540.

Le suddette fasi di servizio e di rigenerazione delle celle si traducono, con riferimento alla interazione tra elettrodi e ioni, nelle seguenti fasi operative:

- una fase di assorbimento degli ioni sulla superficie porosa del carbone degli elettrodi alimentati a contrapposte tensioni; l'energia spesa per tale fase è proporzionale alla quantità di
20 ioni che vengono catturati;

- una fase di liberazione elettrostatica degli ioni dal carbone degli elettrodi fornendo a questi ultimi la quantità di carica precedentemente assorbita così da neutralizzare l'attrazione elettrostatica con gli ioni;

- una fase di allontanamento degli ioni elettrostaticamente non più vincolati, al di fuori degli
25 elettrodi porosi mediante carica a polarità invertita degli ioni, con la conseguente possibilità di

rimuoverli dalla cella mediante il passaggio del liquido di lavaggio.

Le apparecchiature a condensatori a flusso passante, presenti sul mercato e che sfruttano il principio della deionizzazione capacitiva secondo le fasi operative ripetute ciclicamente sopra ricordate, si sono dimostrate nella pratica non scevre di numerosi inconvenienti.

- 5 Tali inconvenienti, come sarà chiarito nel seguito, sono il frutto di compromessi per realizzare le fasi sopra indicate in uno stesso volume della cella e tra gli stessi elettrodi che devono, nelle diverse fasi, reagire diversamente con gli ioni.

Un primo inconveniente risiede nel fatto che la cella ha un volume superiore a quello di contenimento degli elettrodi con un volume nella zona di ingresso che rappresenta una coda
10 dopo ogni ciclo e che rallenta, nel caso di passaggi multipli per ridurre salinità elevate, il riprendere della successiva fase di servizio nonché penalizza il rendimento della cella. Inoltre, l'alternarsi delle fasi di servizio e di rigenerazione comporta delle code di fluido diluito che non è sfruttabile e che contribuisce a penalizzare le prestazioni della cella.

Un secondo inconveniente risiede nel fatto che il carbone immobilizzato sulla superficie degli
15 elettrodi dei condensatori delle celle non può essere attraversato uniformemente dal fluido che di fatto necessariamente esaurisce prima un'area dell'elettrodo rispetto ad altre, con la conseguenza che la fase di rigenerazione ha luogo senza che tutto il carbone possa essere stato sfruttato appieno per la cattura degli ioni. Anche tale circostanza penalizza pertanto il rendimento della cella.

20 Un terzo inconveniente risiede nella necessità di scaricare il liquido di lavaggio senza poter raggiungere nella cella elevate concentrazioni di salinità onde evitare la precipitazione dei sali e quindi il fouling della cella. Un problema molto sentito nelle celle a condensatori a flusso passante attiene infatti alla necessità di evitare che i soluti precipitino tra gli elettrodi del condensatore intasando i canali di passaggio del fluido e rendendo così alla lunga inservibile
25 la cella. Come è noto, durante la fase di rigenerazione, gli ioni che si liberano agli elettrodi

5 possono ricombinarsi tra loro in diverse forme andando a modificare l'equilibrio di solubilità dei sali, il ph del fluido (in particolare un aumento di ph nel condotto centrale dovuto alla formazione iniziale di CO₂ da HCO₃⁻) ovvero anche la risposta alla azione del campo elettrico di rigenerazione; fattori questi che possono portare ad una precipitazione dei sali dando origine a cristalli o incrostazioni.

Si deve inoltre tenere in considerazione che la capacità degli elettrodi di catturare gli ioni in soluzione, e più in generale le particelle cariche, è una caratteristica che incide positivamente sul funzionamento del condensatore.

10 Allo scopo, sono stati ad esempio messi a punto elettrodi di carbonio attivo spugnoso stampato in forma di fogli o di fibre come descritto ad esempio nel brevetto US 6,413,409 ovvero fogli di una miscela comprendente PTFE come descritto ad esempio nel brevetto US 6,413,409.

15 Ulteriormente, per tentare di bilanciare la necessità di captare e trattenere gli ioni durante la fase di servizio, ma poi di rilasciarli agevolmente durante la fase di rigenerazione è stato previsto nel brevetto US 6,709,560 la possibilità di associare alle superfici degli elettrodi strati di materiale permeabile o semipermeabile, in particolare in grado di intrappolare selettivamente gli ioni che migrano verso il corrispondente elettrodo sotto l'azione del campo. Tali strati sono ad esempio costituiti da una membrana semi-permeabile selettivamente di tipo a scambio anionico o di tipo a scambio cationico. Gli ioni sono così trattenuti o intrappolati
20 nello strato di tale materiale prossimo all'elettrodo verso il quale migrano, non essendo più sottoposti all'azione vorticoso del fluido.

Diversamente è noto predisporre sugli elettrodi vernici in grado di fare passare selettivamente ioni positivi o negativi.

25 Tutte queste differenti forme realizzative di elettrodi delle note apparecchiature si sono rivelati non del tutto soddisfacenti e di fatto esse rappresentano il tentativo di ottimizzare il

rapporto fisico ed elettrico tra la superficie degli stessi elettrodi e gli ioni da trattare al variare delle fasi operative sopra descritte (assorbimento, liberazione, allontanamento) senza poterle ottimizzare a prescindere l'una dall'attuazione successiva dell'altra.

5 Un ulteriore importante inconveniente che si presenta nella realizzazione degli elettrodi risiede nella necessità di portare uniformemente la corrente dal collettore, generalmente in grafite, all'elettrodo poroso solitamente in carbone e che viene a contatto con il fluido da trattare. Si utilizzano solitamente dei binder che per immobilizzare il carbone sul collettore inevitabilmente ne riducono la sua superficie attiva peggiorandone le prestazioni.

10 Ulteriore inconveniente intrinseco nel principio di funzionamento stesso delle apparecchiature a condensatori a flusso passante è l'intermittenza del funzionamento che porta la cella a purificare il fluido per un tempo che varia tra il 50 ed il 75% del suo funzionamento e che discende proprio dalla necessità di sottoporre gli elettrodi alle differenti fasi sopra ricordate per operare in tempi e modi diversi sugli ioni (assorbirli, neutralizzarli, allontanarli).

Presentazione dell'invenzione

15 In questa situazione il problema alla base della presente invenzione è pertanto quello di eliminare i problemi della tecnica nota sopra citata, mettendo a disposizione una apparecchiatura per la purificazione di un fluido ed un metodo di purificazione di un fluido, in particolare mediante la suddetta apparecchiatura, i quali siano in grado di rimuovere elevate quantità di particelle ionizzate con una elevata efficienza di captazione.

20 Un altro scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione una apparecchiatura ed un metodo per la purificazione di un fluido, i quali siano in grado di purificare fluidi contaminati da sali con qualsiasi forza ionica.

25 Un altro scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione una apparecchiatura ed un metodo per la purificazione di un fluido, i quali richiedano un basso consumo di liquido di lavaggio.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione una apparecchiatura ed un metodo per la purificazione di un fluido, i quali siano in grado di rimuovere le particelle ionizzate con una elevata efficienza energetica.

5 Un altro scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione una apparecchiatura per la purificazione di un fluido che sia semplice ed economica da realizzare ed operativamente del tutto affidabile.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione una apparecchiatura per la purificazione di un fluido, la quale consenta di essere impiegata in modo versatile in differenti ambiti applicativi sia per processi industriali sia per la purificazione dell'acqua in ambito civile o per dissalazione dell'acqua di mare potendo essere
10 agevolmente adattata per ottimizzare il suo rendimento energetico e di captazione.

Breve descrizione dei disegni

Le caratteristiche tecniche del trovato, secondo i suddetti scopi, sono chiaramente riscontrabili dal contenuto delle rivendicazioni sottoriportate ed i vantaggi dello stesso risulteranno
15 maggiormente evidenti nella descrizione dettagliata che segue, fatta con riferimento ai disegni allegati, che ne rappresentano alcune forme di realizzazione puramente esemplificative e non limitative, in cui:

- la figura 1 mostra uno schema generale di funzionamento elettrico ed idraulico della apparecchiatura per la purificazione di un fluido, secondo la presente invenzione;
- 20 - la figura 1A mostra un lo schema di funzionamento elettrico ed idraulico di un primo esempio di apparecchiatura per la purificazione di un fluido, secondo la presente invenzione;
- la figura 1B mostra un secondo schema di funzionamento elettrico ed idraulico di un secondo esempio apparecchiatura per la purificazione di un fluido, secondo la presente invenzione;
- 25 - la figura 1C mostra un terzo schema di funzionamento elettrico ed idraulico di un terzo

- esempio apparecchiatura per la purificazione di un fluido, secondo la presente invenzione;
- la figura 1D mostra un quarto schema di funzionamento elettrico ed idraulico di un quarto esempio apparecchiatura per la purificazione di un fluido, secondo la presente invenzione;
- la figura 1E mostra un quarto schema di funzionamento elettrico ed idraulico di un quarto
- 5 esempio apparecchiatura per la purificazione di un fluido, secondo la presente invenzione;
- la figura 2 mostra schematicamente un particolare della apparecchiatura per la purificazione di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad una prima cella per l'assorbimento di ioni;
- la figura 3 mostra schematicamente un particolare della apparecchiatura per la purificazione
- 10 di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad una seconda cella per la separazione di ioni;
- la figura 4 mostra schematicamente un particolare della apparecchiatura per la purificazione di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad una terza cella per il recupero dell'energia;
- 15 - la figura 5 mostra schematicamente un particolare della apparecchiatura per la purificazione di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad un serbatoio per la compensazione dello slurry;
- la figura 6 mostra un esempio di schema elettrico per il collegamento in serie di più prime celle per l'assorbimento di ioni e terze celle per il recupero dell'energia;
- 20 - le figure 7A, 7B mostrano schematicamente un particolare della apparecchiatura per la purificazione di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad un esempio di un primo elettrodo per la prima cella per l'assorbimento di ioni, in una vista in pianta ed in sezione trasversale;
- le figura 8A, 8B mostrano schematicamente un particolare della apparecchiatura per la
- 25 purificazione di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad un esempio di un

secondo elettrodo per la prima cella per l'assorbimento di ioni in una vista in pianta ed in sezione trasversale;

- le figure 9A, 9B mostra schematicamente un particolare della apparecchiatura per la purificazione di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad un esempio di setto

5 distanziatore isolante per la prima cella per l'assorbimento di ioni in una vista in pianta ed in sezione trasversale;

- la figura 10 mostra schematicamente un particolare della apparecchiatura per la purificazione di un fluido oggetto della presente invenzione relativo ad un esempio di setto separatore per la prima cella per l'assorbimento di ioni;

10 - la figura 11 mostra una vista in sezione longitudinale della prima cella per l'assorbimento di ioni effettuata lungo il passaggio di adduzione dei due slurry che alimentano la prima cella;

- la figura 12 mostra una vista in sezione longitudinale della prima cella per l'assorbimento di ioni effettuata lungo i passaggi di adduzione del fluido da purificare che alimentano la prima cella.

15 Descrizione dettagliata di un esempio di realizzazione preferita

Con riferimento agli uniti disegni è stato indicato nel suo complesso con 1 un esempio di apparecchiatura per la purificazione di un fluido, oggetto della presente invenzione.

L'apparecchiatura 1, secondo l'invenzione, si presta ad essere impiegata per la purificazione di fluidi da particelle ionizzate presenti al suo interno suscettibili di risentire della presenza di

20 un campo elettrico, quali ad esempio ioni in soluzione.

Nel seguito verrà indicato genericamente con il termine di particelle ionizzate qualunque contaminante disciolto nel fluido da trattare in grado di essere attratto da un campo elettrostatico, come in particolare gli ioni disciolti in un fluido.

L'apparecchiatura 1 si presta pertanto ad operare per la deionizzazione di fluidi di processi

25 industriali e per la deionizzazione dell'acqua, in particolare per addolcire l'acqua di rete e per

la desalinizzazione dell'acqua di mare, essendo in particolare in grado di rimuovere dal suo interno sali in soluzione (quali cloruri e solfati), nitrati, nitriti, ammoniaca, ed altri contaminanti polarizzati di sostanze organiche o di microinquinanti in genere.

L'apparecchiatura 1 si presta inoltre a concentrare all'interno di fluidi, particolarmente di
5 processi industriale, particelle ionizzate per agevolare il recupero o lo smaltimento.

In accordo con la presente invenzione e con lo schema della figura generale n. 1, l'apparecchiatura 1 comprende una prima cella di assorbimento ioni 2, provvista di una prima struttura di contenimento 3, ad esempio in materiale plastico, la quale contiene al suo interno almeno le tre camere specificate qui di seguito.

10 Una prima camera 4 della prima cella 2, è percorsa da un flusso di fluido da trattare F1 contenente particelle cationiche e particelle anioniche che possono rappresentare degli inquinanti da rimuovere (come ad esempio il sale di una apparecchiatura destinata alla dissalazione di acqua di mare) oppure delle sostanze da recuperare (come ad esempio i metalli di un bagno galvanico di un processo industriale). Tale fluido F1 potrà pertanto essere una
15 soluzione acquosa ma anche diversamente una soluzione in cui particelle cariche si trovano disciolte in un solvente non a base acqua. Tale prima camera 4 è allo scopo alimentata mediante una prima condotta di adduzione 5 con il fluido da trattare F1, ad essa connessa attraverso una prima apertura di ingresso 6 e cede a sua volta il fluido trattato all'esterno mediante una prima condotta di mandata 7 connessa alla prima camera 4 mediante una prima
20 apertura di uscita 8. Vantaggiosamente, la suddetta prima condotta di adduzione 5 è intercettata da una valvola 50 di regolazione del flusso di liquido da trattare F1, la quale potrà anche essere controllata anche in modo parzializzabile da una unità di controllo logico indicata nel seguito.

Una seconda camera 9 della prima cella 2 è percorsa da un primo slurry operativo S1
25 contenente primi corpuscoli suscettibili di caricarsi elettrostaticamente essendo allo scopo

dotata di una seconda apertura di ingresso 10 e di una seconda apertura di uscita 11 connesse ad un primo circuito 12 in cui circola tale primo slurry operativo S1.

All'interno di tale seconda camera 9 è alloggiato un primo elettrodo 13, il quale è caricato positivamente da una prima sorgente di alimentazione 14.

- 5 Una terza camera 15 è percorsa da un secondo slurry operativo S2 contenente secondi corpuscoli suscettibili di caricarsi elettrostaticamente essendo allo scopo dotata di una terza apertura di ingresso 16 e di una terza apertura di uscita 17 connesse ad un secondo circuito 120 in cui circola tale secondo slurry operativo S2.

Nel primo e nel secondo circuito 12, 120 e quindi all'interno della seconda e terza camera 9, 10 15 da loro rispettivamente intercettate, circolano in continuo i due slurry S1, S2. Essi sono a tale scopo intercettati rispettivamente da primi e secondi mezzi di circolazione, costituiti rispettivamente da una prima pompa di ricircolo 40 e da una seconda pompa di ricircolo 41.

All'interno di tale terza camera 15 è alloggiato un secondo elettrodo 18, il quale è caricato negativamente dalla prima sorgente di alimentazione 14.

- 15 La prima sorgente di alimentazione 14 è in grado di fornire agli elettrodi 13 e 17 le suddette tensioni positiva e negativa con alimentazione in continua ovvero con alimentazione impulsiva avente valore medio della tensione rispettivamente positivo e negativo. Il valore della tensione dipenderà dalla specifica applicazione e dalle dimensioni dell'impianto in cui la cella 2 è destinata a lavorare. In caso di dissalazione dell'acqua di rete per un impianto 20 domestico potrà ad esempio essere previsto un valore di tensione di pochi volt.

All'interno della prima struttura di contenimento 3 della prima cella 2, la seconda e la terza camera 9, 15 sono idraulicamente separate tra loro con l'interposizione della prima camera 4. Più in dettaglio, la seconda e la terza camera 9, 15 sono separate dalla prima camera 4 rispettivamente mediante un primo setto 19 ed un secondo setto 20, interposti ad almeno 25 parziale contenimento del fluido da trattare F1 che circola nella prima camera 4 rispetto agli

slurry S1 ed S2 che circolano nella seconda e terza camera 9, 15. Tali primo e secondo setto 19, 20 sono permeabili rispettivamente ad almeno le particelle anioniche e ad almeno alle particelle cationiche, che, come spiegato nel seguito, sono forzate dall'azione del campo elettrico prodotto dalla prima sorgente di alimentazione 14 a passare dal fluido da trattare F1 nel primo slurry S1 e nel secondo slurry S2. Essi dovranno invece trattenere i primi ed i secondi corpuscoli nei rispettivi primo e secondo slurry S1 e S2 nonché limitare fortemente, e preferibilmente impedire del tutto, il passaggio dei fluidi F1, S1 ed S2 attraverso di essi. A seconda della applicazione prevista e del tipo di setti impiegati potrà essere tollerata una piccola diluizione di un fluido da parte di uno contiguo. Potrà essere inoltre previsto di calibrare le pressioni di circolazione dei fluidi F1, S1 ed S2 nelle tre camere 4, 9 e 15 per evitare o limitare tali diluizioni.

Vantaggiosamente i setti 19 e 20 sopra citati potranno essere scelti tra: membrane a scambio ionico (cationico od anionico) con differenti gruppi funzionali; separatori porosi isolanti o conduttori come TNT (tessuto non tessuto) strutture di fibra di vetro; membrane microporose come per esempio membrane di micro/ultra/nano filtrazione; separatori microporosi con polimeri conduttivi.

Vantaggiosamente gli slurry S1, S2 potranno contenere medesimi primi e secondi corpuscoli suscettibili di caricarsi elettrostaticamente a contatto con gli elettrodi e potranno essere costituiti da polveri di carbone ad elevata porosità ovvero da corpuscoli notoriamente impiegati nella fabbricazione delle batterie a flusso, quali per esempio SiO₂, TiO₂, ossidi metallici, grafene nano tubi di carbonio, fibre di carbonio, nano fibre di carbonio eventualmente prodotte per elettro-spinning ed altre sostanze comunemente note per il trasporto e l'accumulo di cariche elettrostatiche. Essi pertanto sono ad esempio contenuti in una percentuale in peso compresa tra il 10 ed il 50% del flusso di slurry complessivo, tipicamente provvisto di acqua quale vettore fluido per lo spostamento dei corpuscoli.

La suddetta sorgente di alimentazione 14 genera una prima corrente elettrica con percorrenza dal primo elettrodo positivo 13 associato al primo slurry S1 che ha assorbito le particelle anioniche al secondo elettrodo negativo 18 associato al secondo slurry S2 che ha assorbito dette particelle cationiche.

5 Secondo l'idea alla base della presente invenzione sono previsti mezzi di estrazione 100 per rimuovere in continuo le particelle anioniche e le particelle cationiche rispettivamente assorbite dal primo slurry operativo S1 e dal secondo slurry operativo S2.

I mezzi di estrazione 100 determinano la rigenerazione del primo e del secondo slurry S1, S2 rimuovendo da essi le particelle anioniche e cationiche rispettivamente assorbite nella seconda
10 camera 9 e nella terza camera 15 della prima cella 2. I due flussi di slurry S1, S2 una volta rigenerati dai mezzi di estrazione 100 sono convogliati dai rispettivi primo e secondo circuito 12, 120 rispettivamente alla seconda apertura di ingresso 10 della seconda camera 9 ed alla terza apertura di ingresso 16 della terza camera 15 della prima cella 2, per consentire a quest'ultima un funzionamento in continuo.

15 I mezzi di estrazione 100 delle particelle anioniche e cationiche potranno essere associati ai due slurry prevedendo componenti comuni ed indifferenziati per i due slurry, ovvero, come schematizzato dalla linea tratteggiata di figura 1, potranno comprendere componenti dedicati per l'estrazione selettiva dallo specifico slurry delle particelle anioniche o delle particelle cationiche come sarà chiarito più in dettaglio nel seguito prevedendo ad esempi mezzi di
20 lavaggio specifici per i due slurry ovvero camere specifiche per la separazione elettrostatica selettiva delle particelle anioniche e cationiche dai corpuscoli del relativo slurry.

I suddetti mezzi di estrazione 100 agiranno comunque su un slurry che prelevano e alimentano in continuo la prima cella 1 per un funzionamento della apparecchiatura che consente di ottenere all'uscita della prima camera il liquido trattato privo (o per lo meno con
25 una minore quantità) di particelle anioniche e cationiche.

Allo scopo, come descritto in dettaglio nel seguito con riferimento alle diverse possibili soluzioni realizzative non limitative della presente invenzione, i suddetti mezzi di estrazione 100 potranno essere ottenuti mediante mezzi di lavaggio degli slurry in appositi serbatoi comuni agli slurry ovvero mediante mezzi di lavaggio in cui scorrono le particelle anioniche e cationiche che si sono separate dai corpuscoli degli slurry al contatto con corrispondenti elettrodi, ovvero mediante l'azione combinata di campi elettrici prodotti da elettrodi percorsi dagli slurry in rispettive camere per la separazione delle particelle cariche e di mezzi di lavaggio in camere contigue a quelle contenenti gli elettrodi, in accordo con gli esempi realizzativi ma non limitativi illustrati nel seguito.

5

10 L'estrazione delle particelle anioniche e cationiche dai rispettivi slurry S1, S2 mediante i suddetti mezzi di estrazione 100 contempla operativamente la scarica elettrostatica dei corpuscoli degli slurry, per rompere il legame elettrostatico che le lega alle particelle anioniche e cationiche, e quindi il successivo allontanamento delle particelle cariche dai corpuscoli che devono ricircolare nei rispettivi circuiti 12, 120. Tale allontanamento potrà

15 avvenire ad esempio per azione di lavaggio dei due slurry in serbatoi (unitamente tra loro o in maniera separata) ovvero per effetto dell'azione di campi elettrici con attraversamento delle sole particelle cariche separate attraverso membrane (vantaggiosamente anioniche e cationiche) per raggiungere camere percorse da fluidi di lavaggio.

I suddetti mezzi di estrazione 100 dovranno intendersi pertanto comprensivi dei mezzi in

20 grado di determinare la separazione delle particelle anioniche e cationiche dai primi e dai secondi corpuscoli (mediante semplici elettrodi non alimentati o mediante elettrodi alimentati per forzare anche l'allontanamento delle particelle dai corpuscoli) nonché dei mezzi di lavaggio 200 per l'allontanamento delle particelle in accordo con le diverse soluzioni realizzative illustrate nel seguito.

In accordo con le forme realizzative della presente invenzione, illustrate nelle figure 1A, 1B, 1C ed 1D l'apparecchiatura 1 comprende strutturalmente inoltre almeno una seconda cella separazione ioni 21 provvista di una seconda struttura di contenimento 22, ad esempio anch'essa come la prima in materiale plastico, la quale contiene al suo interno le ulteriori
5 camere specificate qui di seguito.

La prima e la seconda struttura di contenimento 3, 22 delle due celle 2, 21 potranno essere vantaggiosamente in comune ancorché mantenendo fisicamente separate le rispettive le camere per il passaggio dei relativi fluidi.

Una quarta camera 28 della seconda cella 21 è percorsa dal primo slurry operativo S1, ed è
10 allo scopo dotata di una quarta apertura di ingresso 29 e di una quarta apertura di uscita 30 connesse al primo circuito 12 in cui circola tale primo slurry operativo S1.

Una quinta camera 34 è percorsa dal secondo slurry operativo S2, ed è allo scopo dotata di una quinta apertura di ingresso 35 e di una quinta apertura di uscita 36 connesse al secondo circuito 120 in cui circola tale secondo slurry operativo S2.

15 All'interno della quarta camera 28 e della quinta camera 34 sono rispettivamente alloggiati un terzo elettrodo 32 ed un quarto elettrodo 37.

È inoltre previsto almeno un separatore conduttivo 23, 23', il quale come spiegato nel seguito potrà essere costituito da una sesta camera 23 della seconda cella 21 percorsa da un fluido conduttivo (in accordo con gli esempi delle figure A, B) o da un diaframma conduttivo 23' (in
20 accordo con gli esempi delle figure C, D), interposto tra le suddette quarta 28 e quinta 34 camera.

In accordo con tutti i sopra menzionati esempi delle figure A, B, C e D operativamente, il terzo elettrodo 32 ed il quarto elettrodo 37 separano elettrostaticamente i primi ed i secondi corpuscoli rispettivamente dalle particelle anioniche e dalle cationiche al passaggio sugli
25 elettrodi rispettivamente del primo e del secondo slurry S, S2. A seguito di tale passaggio si

genera con il separatore conduttivo 23, 23' una seconda corrente elettrica con percorrenza negli slurry di tale seconda cella 21 opposta alla prima corrente tra gli slurry contenuti nella prima cella 2. Più in dettaglio, nella prima cella 2 il flusso di corrente avveniva dal primo elettrodo 13 associato al primo slurry S1 destinato ad assorbire gli ioni negativi al secondo
5 elettrodo 18 associato secondo slurry destinato ad assorbire gli ioni positivi, mentre nella seconda cella 21 avviene con percorrenza dal quarto elettrodo 37 associato al secondo slurry S2 al terzo elettrodo 32 associato al primo slurry S1.

Nel caso in cui gli elettrodi 32, 37 siano alimentati (come nell'esempio di figura 1A ed 1B) tale seconda cella 21 funzionerà come utilizzatore e la corrente uscirà dal polo positivo 37 per
10 entrare in quello negativo 32, mentre nel caso in cui tale seconda cella 21 non sia alimentata (come nell'esempio delle figure 1C ed 1D) e funga da generatore allora la corrente uscirà in modo naturale dal polo negativo 32 ed entrerà da quello positivo 37.

Si precisa, come chiarito nel seguito, che nel caso dell'esempio di figura 1B, le particelle vengono solo allontanate dagli elettrodi alimentati 32, 37 della seconda cella 21, in quanto la
15 separazione delle particelle avviene preventivamente in una ulteriore terza cella 60 descritta in dettaglio più avanti.

In ogni caso il separatore conduttivo 23, 23' fungerà da elemento conduttore di chiusura del circuito elettrico tra i due elettrodi 32, 37.

La separazione delle particelle anioniche e cationiche dai corpuscoli degli slurry consente
20 infatti di recuperare energia solo se è realizzata in maniera separata dall'allontanamento delle stesse particelle dai corpuscoli; e ciò sia nel caso in cui tale allontanamento sia ottenuto grazie all'azione di un campo elettrico (figura 1A) sia nel caso in cui tale allontanamento sia ottenuto da una azione meccanica (figura 1E). Le soluzioni realizzative illustrate negli esempi delle figure 1B, 1C ed 1D suddividendo l'operazione di separazione (scarica dei corpuscoli)
25 ed allontanamento delle particelle cariche consentono di recuperare gran parte dell'energia

fornita per l'assorbimento elettrostatico delle stesse particelle cariche nella prima cella 2 da parte dei corpuscoli.

In accordo con l'esempio realizzativo di figura 1A la separazione e l'allontanamento delle particelle anioniche e cationiche dai corpuscoli dei rispettivi primo e secondo slurry S1, S2
5 avviene contestualmente nella seconda cella 21 in maniera forzata attraverso l'applicazione di un campo elettrico tra i due elettrodi 32, 37. Tale campo determina dapprima la neutralizzazione della carica dei corpuscoli con separazione elettrostatica da essi delle particelle cariche e quindi il successivo allontanamento dai corpuscoli delle stesse particelle cariche, che, attratte in allontanamento dall'elettrodo di carica opposta, attraversano le
10 rispettive membrane anioniche e cationiche per giungere in una camera ove vengono portate via da un fluido di lavaggio.

Più in dettaglio, in accordo con l'esempio realizzativo illustrato in figura 1A il terzo ed il quarto elettrodo 32, 37 sono rispettivamente alimentati negativamente e positivamente da una seconda sorgente di alimentazione 33.

15 Una sesta camera 23 della seconda cella 21, è percorsa da un flusso di fluido di lavaggio F2 ed è allo scopo alimentata mediante una seconda condotta di adduzione 24 con il fluido di lavaggio F2, ad essa connessa attraverso una sesta apertura di ingresso 25 e cede il fluido trattato all'esterno mediante una seconda condotta di mandata 26 connessa a sua volta alla
20 sesta camera 23 mediante una sesta apertura di uscita 27. Vantaggiosamente, la suddetta seconda condotta di adduzione 24 è intercettata da una seconda valvola 240 di regolazione del flusso di liquido di lavaggio F2, la quale potrà anche essere controllata anche in modo parzializzabile da una unità di controllo logico indicata nel seguito o con un intervento discontinuo ad impulsi.

La seconda sorgente di alimentazione 33 sarà in grado di fornire agli elettrodi 32 e 36 le
25 suddette tensioni negativa e positiva con alimentazione in continua ovvero con alimentazione

impulsiva avente valore medio della tensione rispettivamente positivo e negativo. Le due sorgenti di alimentazione 14 e 33 potranno essere in comune ovvero distinte ed eventualmente elettricamente connesse l'una all'altra.

5 All'interno della seconda struttura di contenimento 22 della seconda cella 21, la quarta e la quinta camera 28, 34 sono idraulicamente separate tra loro con l'interposizione della sesta camera 23. Più in dettaglio, la quarta e la quinta camera 28, 34 sono separate dalla sesta camera 23 rispettivamente mediante un terzo setto 38 ed un quarto setto 39, interposti ad almeno parziale contenimento del fluido di lavaggio F2 che circola nella sesta camera 23 rispetto agli slurry S1 ed S2 che circolano nella quarta e nella quinta camera 28, 34. Tali terzo e quarto setto 38, 39 sono permeabili rispettivamente ad almeno le particelle anioniche e ad
10 almeno alle particelle cationiche, che come spiegato nel seguito sono forzate dall'azione del campo elettrico prodotto dalla seconda sorgente di alimentazione 33 a passare dal primo e dal secondo slurry S1, S2 al fluido di lavaggio F2.

Essi dovranno invece trattenere i primi ed i secondi corpuscoli nei rispettivi primo e secondo slurry S1 e S2 nonché limitare fortemente e preferibilmente impedire del tutto il passaggio dei fluidi F2, S1 ed S2 attraverso di essi. A seconda della applicazione prevista e del tipo di setti impiegati potrà essere tollerata una piccola diluizione di un fluido da parte di uno contiguo. Potrà essere inoltre previsto di calibrare le pressioni di circolazione dei fluidi F2, S1 ed S2 nelle tre camere 23, 28 e 34 per evitare o limitare tali diluizioni.

20 Vantaggiosamente, il terzo ed il quarto setto 38, 39 sono ioni selettivi ad esempio costituiti da membrane a scambio ionico (rispettivamente anionico e cationico) per impedire alle particelle anioniche e cationiche che sono giunte nel liquido di lavaggio F2 attraverso rispettivamente il terzo ed il quarto setto 38, 39, provenendo rispettivamente dal primo slurry S1 e dal secondo slurry S2, di passare oltre richiamati dal campo elettrico ed entrare rispettivamente nel
25 secondo slurry S2 e nel primo slurry S1 attraversando nel verso opposto a quello desiderato

rispettivamente il quarto setto 39 ed il terzo setto 38.

In accordo con la configurazione strutturale sopra descritta ed in raccordo con lo schema di figura 1, pertanto il primo circuito 12 collega la seconda apertura di uscita 11 della seconda camera 9 della prima cella 2 alla quarta apertura di ingresso 29 della quarta camera 28 della
5 seconda cella 21, e la quarta apertura di uscita 30 della quarta camera 28 della seconda cella 21 alla seconda apertura di ingresso 10 della seconda camera 9 della prima cella 2; mentre il secondo circuito 120 collega la terza apertura di uscita 17 della terza camera 15 della prima cella 2 alla quinta apertura di ingresso 35 della quinta camera 34 della seconda cella 21, e la
10 quinta apertura di uscita 36 della quinta camera 34 della seconda cella 21 alla terza apertura di ingresso 16 della terza camera 15 della prima cella 2.

Operativamente, secondo la presente invenzione, i primi corpuscoli contenuti nel primo slurry S1 che percorre il primo circuito 12 si caricano elettrostaticamente al contatto con il primo elettrodo positivo 13 della seconda camera 9 della prima cella 2, assorbendo particelle anioniche dal fluido F1 da trattare, e rilasciano le particelle anioniche al fluido di lavaggio F2
15 sotto l'azione del campo elettrico prodotto dagli elettrodi 32 e 37.

Pertanto, dapprima i primi corpuscoli si scaricano al contatto con il terzo elettrodo negativo 32 della quinta camera 28 della seconda cella 21 e poi le particelle anioniche migrano verso il quarto elettrodo positivo 37 rimanendo intrappolate nella sesta camera 23.

Analogamente, i secondi corpuscoli contenuti nel secondo slurry S2, che percorre il secondo
20 circuito 120 si caricano elettrostaticamente al contatto con il secondo elettrodo negativo 18 nella terza camera 15 della prima cella 2, assorbendo particelle cationiche dal fluido F1 da trattare e rilasciano le particelle cationiche al fluido di lavaggio F2.

Pertanto, anche in questo caso, dapprima i secondi corpuscoli si scaricano al contatto con il quarto elettrodo positivo 37 della quinta camera 34 della seconda cella 21 e poi le particelle
25 cationiche migrano verso il terzo elettrodo negativo 32 rimanendo intrappolate nella sesta

camera 23.

Prima di rilasciare ed allontanare le particelle anioniche e cationiche sotto l'azione del campo prodotto dal terzo e quarto elettrodo, i corpuscoli del primo e del secondo slurry S1 ed S2 si devono preventivamente scaricare elettrostaticamente, operazione questa che potrà essere
5 realizzata sia nella suddetta seconda cella 21 ad opera della seconda sorgente di alimentazione 33 ma preferibilmente, come indicato nel seguito con riferimento all'esempio di figura 1B, in una terza cella 60 con generazione di corrente e parziale importante recupero di energia.

Una volta che le particelle anioniche e cationiche siano state separate elettrostaticamente dai
10 primi e dai secondi corpuscoli del primo e del secondo slurry S1, S2 sarà possibile rimuoverle agevolmente mediante i mezzi di lavaggio 200 rappresentati in questo esempio dalla sesta camera 23 separata dalla quarta e quinta camera 28, 34 dai setti 38 e 39 e percorsa dal fluido di lavaggio F2.

Tale fluido di lavaggio F2 potrà essere una soluzione acquosa ma anche diversamente una
15 soluzione contenente un prodotto solubilizzante suscettibile di aumentare la solubilità delle specifiche particelle ionizzate con cui è destinato ad interagire nella prevista applicazione, aumentandone la soglia di precipitazione. Esso potrà essere pertanto costituito da una soluzione contenente un contro-ione in grado di inibire, entro certi limiti, la precipitazione degli ioni delle particelle ionizzante provenienti, come spiegato nel seguito dai due slurry S1, S2, e così ad esempio potrà essere costituito da una soluzione acida per la solubilizzazione di
20 carbonati o di bicarbonati.

Il fluido di lavaggio F2 è un fluido almeno parzialmente conduttivo, e preferibilmente altamente conduttivo, per consentire la chiusura del circuito elettrico tra il terzo elettrodo negativo 32 ed il quarto elettrodo positivo 37 all'interno della seconda cella 21.

Il primo circuito 12 ed il secondo circuito 120 in cui circolano il primo ed il secondo slurry S1
25 ed S2 sono intercettati rispettivamente da primi e secondi mezzi di circolazione, citati in

precedenza vantaggiosamente costituiti, rispettivamente da una prima pompa di ricircolo 40 e da una seconda pompa di ricircolo 41.

In accordo con la forma realizzativa preferenziale illustrata nelle allegate figure, i suddetti primo e secondo slurry S1 ed S2 sono inoltre intercettati rispettivamente da un primo e da un
5 secondo serbatoio compensatore di slurry 42 mediante primi e secondi allacciamenti di ingresso e di uscita rispettivamente 44, 45 e 44', 45'.

Nella loro funzionalità più semplice, ciascuno dei due serbatoi compensatori di slurry 42 ha lo scopo di creare un polmone di accumulo e di controllo degli slurry S1, S2 nonché di fornire alle pompe 40, 41 una sufficiente prevalenza per la corretta aspirazione. Un'altra funzione del
10 compensatore di volume è pertanto quella di regolare la pressione operativa nel relativo circuito dello slurry.

Altro scopo dei due serbatoi compensatori di slurry 42 è di rimuovere le particelle che per l'attrito si sono degradate, eventuale fango o altre sostanze indesiderate che si sono accumulate nel tempo nei circuiti 12, 120.

15 Allo scopo, ciascuno dei suddetti serbatoi compensatore di slurry 42 è vantaggiosamente inoltre provvisto di almeno un primo setto poroso filtrante 46, 46' suscettibile di trattenere rispettivamente i primi corpuscoli ed i secondi corpuscoli dei due slurry S1 ed S2 di dimensioni maggiori rispetto ad un prefissato valore.

Le caratteristiche dimensionali e di forma dei corpuscoli dovranno garantire un ottimale
20 assorbimento delle particelle cariche e, a tale scopo, le maglie del primo setto poroso filtrante 46 saranno calibrate per garantire che i corpuscoli non scendano, circolando nei circuiti 12 e 120, con le loro dimensioni al di sotto di un valore di soglia.

I suddetti primo e secondo serbatoio 42 sono inoltre ciascuno preferibilmente collegati ad una prima tubazione di adduzione 47, 47' di un liquido di lavaggio F3 (avente ad esempio una
25 parte iniziale 47'' in comune) mediante una rispettiva terza valvola 48, 48', e ad una prima

tubazione di scarico 49, 49' (avente ad esempio una parte terminale 49'' in comune) mediante una quarta valvola 51, 51', per sottoporre il corrispondente slurry contenuto nei due serbatoi 42 ad una azione di lavaggio forzato.

5 Ciascuno dei suddetti serbatoi compensatore di slurry 42 ha altresì la funzione di permettere il controllo del volume totale di slurry in ricircolo e di facilitare la regolazione del suo livello.

Vantaggiosamente, a tale scopo, ciascuno dei suddetti serbatoi compensatore di slurry 42 è provvisto di una apertura 52, 52' per l'inserimento rispettivamente dei primi o dei secondi corpuscoli di slurry (da soli o in una soluzione di slurry).

10 L'apparecchiatura 1 sopra descritta dal punto di vista per lo più strutturale si presta alla rimozione in continuo da un fluido da trattare F1 delle particelle cationiche e anioniche in esso disciolte.

Vantaggiosamente, le due celle 2 e 21 potranno essere dimensionate ed ottimizzate per svolgere ciascuna la propria specifica funzionalità ovvero, nella prima cella 2, di assorbimento delle particelle cationiche e anioniche dal fluido da trattare F1 da parte dei due
15 flussi di slurry, e nella seconda cella 21 (distinta ora fisicamente dalla prima cella rispetto ai comuni condensatori a flusso passante – ancorchè eventualmente inserita in un involucro comune) di cessione ad un liquido di lavaggio delle stesse particelle catturate in precedenza dai due slurry di opposte polarità.

Tale funzionamento in continuo si presta a raggiungere numerosi vantaggi.

20 Ad esempio, l'apparecchiatura 1 può vantaggiosamente comprendere un conducimetro 53 posto ad intercettazione della prima condotta di mandata 7, in uscita dalla prima camera 4 della prima cella 2, per rilevare la conducibilità del fluido trattato F1 e quindi verificare l'efficienza del trattamento subito dal fluido F1 ovvero il raggiungimento o meno di un valore di conducibilità preimpostato e quindi il grado di purificazione desiderato.

25 Allo scopo, è inoltre prevista una unità di controllo logico 54, la quale è in comunicazione con

i primi ed i secondi mezzi di circolazione 40, 41 dei due slurry S1 ed S2 nei due circuiti 12 e 120. Tale unità di controllo logico 54 è suscettibile di confrontare il valore di conducibilità in essa preimpostabile, con valore maggiore o minore rilevato dal conducimetro 53, così da comandare conseguentemente un corrispondente incremento o decremento della velocità di circolazione del primo e del secondo slurry S1, S2 mediante il controllo dei primi e dei secondi mezzi di circolazione 40, 41.

In accordo con una possibile e vantaggiosa forma realizzativa della presente invenzione, illustrata nelle allegate figure 7-12, la prima cella 2 è ottenuta in forma di scambiatore a piastre parallele con tre fluidi di alimentazione e quindi è provvista di 6 condotti, di cui uno di ingresso ed uno di uscita, per ciascun fluido.

Vantaggiosamente, i primi ed i secondi elettrodi 13, 18 della prima cella 2 sono ciascuno ottenuti mediante una pluralità di primi e secondi elementi conduttivi piastriformi, in particolare a forma di rete metallica ad esempio di acciaio, posti in successione all'interno dell'involucro 3 della prima cella 2 con polarità alternata.

Ciascuno dei suddetti primi e secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18 è distanziato su ambo le facce da due corrispondenti primi o secondi setti 19, 20 per formare con essi delle sottocamere ovvero delle porzioni volumetriche delle rispettive seconda e terza camera 9, 15 di passaggio degli slurry S1, S2. Vantaggiosamente, gli slurry sono forzati a passare opzionalmente in percorsi obbligati (vedere figure 7 e 8) definiti da pattern specifici ad esempio a forma di serpentine create da distanziali 130 che si elevano dagli elementi conduttivi 13, 18 prima di poter abbandonare le suddette sottocamere.

Le sottocamere così formate contenenti i primi od i secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18 sono alternativamente disposte in successione in una pila interponendo tra i primi ed i secondi setti contigui 19, 20 di separazione di elettrodi di polarità opposta rispettivamente positiva e negativa, setti distanziatori isolanti 55 atti a definire, a loro volta, unitamente alle

sudette coppie di primi e secondi setti contigui 19, 20, delle sottocamere ovvero delle porzioni volumetriche della prima camera 4 di passaggio del fluido F1 da trattare.

Tali distanziatori isolanti 55 possono essere ad esempio costituiti da una rete in plastica, ed hanno lo scopo di evitare cortocircuiti tra i setti separatori porosi che separano i primi ed i secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18. Tali distanziatori isolanti 55 possono opzionalmente forzare il fluido F1 ad un percorso obbligato in un pattern specifico, come ad esempio illustrato nella allegata figura 9 che riporta un pattern a serpentina.

Le porzioni volumetriche delle due camere 9, 15 di passaggio degli slurry S1, S2 e della prima 4 camera di passaggio del fluido da trattare F1, sono perimetralmente delimitate da prime cornici periferiche 56 della prima cella 2, vantaggiosamente ad esempio associate ai primi ed ai secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18, essendo i primi o secondi setti 19, 20 ed i setti distanziatori isolanti 55 interposti e fermati meccanicamente tra essi come illustrato nelle viste schematiche in sezione delle figure 11 e 12.

Tali cornici 56 sono vantaggiosamente collegate ad incastro una sull'altra mediante accoppiamenti meccanici 300 ottenuti ad esempio con rilievi e scanalature controsagomate ricavate sulle facce contrapposte delle stesse cornici. Queste ultime sono inoltre a tenuta idraulica perimetrale l'una sull'altra grazie a guarnizioni 110 che rivestono il bordo delle cornici 56 di supporto dei suddetti primi e secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18.

In un esempio realizzativo preferito si utilizza rete metallica (tessuta tranciata o stampata) per ottenere i primi ed i secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18, su cui viene depositata una guarnizione in gomma 110 che ingloba la rete e ne diventa solidale. In questo caso quindi la guarnizione 110 stampata diventa allo stesso tempo elemento di supporto dei vari setti porosi 19, 20 e distanziatori 55. La stessa guarnizione 110 può avere un bordo esterno, eventualmente più rigido, co-stampato insieme per formare la cornice 56.

In accordo con le allegate figure 7 e 8, dalle cornici 15 si estendono inoltre delle alette

conduttrici 13', 18' collegate elettricamente ai rispettivi primi e secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18 e vantaggiosamente ottenute in corpo unico con porzioni sporgenti (ad esempio delle rete di acciaio) atte a realizzare contatti esterni asciutti a cui collegare elettricamente l'alimentazione.

- 5 Più in generale, le suddette sottocamere delle camere 9 e 15 contengono ciascuna rispettivi primi e secondi elementi conduttivi 13, 18 che potranno anche non essere piastriformi e che saranno collegati ciascuno alla alimentazione elettrica mediante contatti che potranno essere "bagnati" (all'interno della sottocamera) o "asciutti" (all'esterno della sottocamera).

Una pluralità di orecchie 120 si estende esternamente e solidalmente ad ogni cornice 56 per
10 consentire di compattare mediante mezzi di fissaggio meccanico quali ad esempio viti, la pila di cornici 56 di supporto dei suddetti primi e secondi elementi conduttivi piastriformi 13, 18 con interposti i primi ed i secondi setti 19, 20 nonché i setti distanziatori isolanti 55.

Le cornici impilate 56 sono inoltre trasversalmente attraversate (con fori allineati su ciascuna cornice 56) da condotti di ingresso 57, 58 e 59 e di uscita 57', 58', 59' atti a collegare
15 idraulicamente tra loro rispettivamente le corrispondenti porzioni volumetriche della seconda, della terza e della prima camera 9, 15, 4 di passaggio degli slurry S1, S2 e del fluido da trattare F1.

In accordo con le figure 11 e 12, che rappresentano due sezioni trasversali della prima cella 2 effettate lungo le tracce A-A e B-B della figura 7A, le guarnizioni 110 sono disposte a tenuta
20 tra le coppie di setti contigui 19 o 20 dei rispettivi primi e secondi elettrodi 13, 18, in corrispondenza sia dei condotti di ingresso 59 del fluido da trattare F1 sia dei condotti di ingresso 57, 58 dell'opposto elettrodo 18, 13.

In questo modo alternativamente nella successione di piastre della prima cella 2, i condotti di ingresso 57, 58 alimentano il rispettivo elettrodo 13 o 18 posto tra le coppie di setti 19 e 20 su
25 cui la guarnizione 110 non fa tenuta.

Analogamente, previste guarnizioni 110' associate ai separatori 55 sono disposte a tenuta solo tra i setti contigui 19 e 20 di sottocamere contigue contenenti opposti elettrodi 13, 18 in corrispondenza delle aperture dei condotti di ingresso 57, 58 mentre consentono il passaggio del fluido da trattare in corrispondenza dei condotti 59.

- 5 Ovvviamente, senza per questo uscire dall'ambito di tutela della presente privativa, potranno essere previste molte differenti configurazioni per collegare idraulicamente tra loro le sottocamere sopra indicate alternandole tra loro in una sequenza che veda sempre il fluido da trattare F1 fluire in una sottocamera (avente la forma di una cella appiattita) della prima camera 4, avente disposte, in posizione contigua sulle sue due opposte facce, due differenti
- 10 sottocamere, anch'esse in forma di celle appiattite, contenenti rispettivamente i primi ed i secondi elementi conduttivi piastriformi 13', 18' intercettati dal primo e dal secondo circuito 12, 120 di slurry S1, S2.

- Analogamente anche la seconda cella 21 potrà avere una configurazione uguale a quella sopra indicata per la prima cella 2, con le sottocamere delle due celle 2, 21 assemblate in un'unica
- 15 struttura di contenimento comune, ad esempio in materiale plastico.

- Più in dettaglio pertanto (utilizzando per semplicità espositiva analoghi riferimenti della struttura di cella impiegati per descrivere la prima cella e senza allegare ulteriori disegni specifici in quanto del tutto analoghi a quelli allegati per la prima cella), anche i terzi ed i
- 20 quarti elettrodi 32, 37 della seconda cella 21 sono ottenuti ciascuno mediante una pluralità di terzi e di quarti elementi conduttivi piastriformi in particolare a forma di rete, posti in successione all'interno dell'involucro 22 della seconda cella 21 con polarità alternata, e sono distanziati ciascuno dai rispettivi terzi e quarti setti 38, 39 per formare con essi delle sottocamere ovvero delle porzioni volumetriche delle rispettive quarta e quinta camera 28, 34 di passaggio degli slurry S1, S2.

- 25 Le sottocamere così formate contenenti i terzi od i quarti elementi conduttivi piastriformi 32,

37 sono alternativamente disposte in successione in una pila interponendo tra i terzi ed i quarti setti 38, 39 contigui di separazione di elettrodi di polarità opposta rispettivamente negativa e positiva i setti distanziatori isolanti 55 atti a definire, a loro volta, unitamente alle suddette coppie di terzi e quarti setti contigui 38, 39, delle sottocamere ovvero delle porzioni volumetriche della sesta camera 23 di passaggio del fluido di lavaggio F2.

Le porzioni volumetriche delle due camere 28, 34 di passaggio degli slurry S1, S2 e della sesta camera 23 di passaggio del fluido di lavaggio F2, sono perimetralmente delimitate da cornici periferiche 56 della seconda cella 21.

Su tali cornici 56, poste a tenuta perimetrale l'una sull'altra, sono trasversalmente ricavati dei condotti di ingresso 57, 58 e 59 e di uscita 57', 58', 59' atti a collegare idraulicamente tra loro rispettivamente le corrispondenti porzioni volumetriche della quarta, della quinta e della sesta camera 28, 34, 23 di passaggio degli slurry S1, S2 e del fluido di lavaggio F2.

In accordo con la forma realizzativa della presente invenzione, chiaramente illustrata nello schema di figura 1B, l'apparecchiatura 1 comprende inoltre, rispetto all'esempio della figura 1A, almeno una terza cella recupero energia 60 provvista di una terza struttura di contenimento 61, ad esempio anch'essa come le altre in materiale plastico, la quale contiene al suo interno almeno altre tre camere specificate qui di seguito.

Tale forma realizzativa consentirà di recuperare buona parte dell'energia spesa dalla prima cella 2 per permettere ai corpuscoli di assorbire le particelle cariche e consentirà altresì di spendere meno energia per l'allontanamento delle stesse particelle cariche, una volta che queste ultime si sono separate dai corpuscoli, nella terza cella 60.

La prima, la seconda e la terza struttura di contenimento 3, 22, 61 delle tre celle 2, 21, 60 potranno essere vantaggiosamente in comune ancorché mantenendo fisicamente separate le rispettive tre camere per il passaggio dei relativi fluidi.

Una settima camera 62 della terza cella 60, è percorsa da un flusso di fluido conduttivo vantaggiosamente costituito dallo stesso fluido di lavaggio F2 che esce dalla seconda cella 21. Tale settima camera 62 è pertanto vantaggiosamente alimentata mediante una terza condotta di adduzione 63 con il fluido conduttivo F2, la quale è vantaggiosamente costituita da una tubazione di raccordo che collegata la settima apertura di ingresso 64 della settima camera 62 alla quarta apertura di uscita 27 dalla sesta camera 23 della seconda cella 21.

La settima camera 62 è quindi provvista di una settima apertura di uscita 65 attraverso la quale il fluido di lavaggio F2 è inviato ad una terza condotta di mandata 66.

Una ottava camera 67 della terza cella 60 è percorsa dal primo slurry operativo S1, ed è allo scopo dotata di una ottava apertura di ingresso 68 e di una ottava apertura di uscita 69 connesse al primo circuito 12 in cui circola tale primo slurry operativo S1.

All'interno di tale ottava camera 67 è alloggiato un quinto elettrodo 70, il quale è collegato positivamente ad una terza sorgente di alimentazione 71 per alimentarla con le cariche rilasciate dai primi corpuscoli del primo slurry S1 e corrispondenti a quelle cariche delle particelle anioniche assorbite nella seconda camera 9 della prima cella 2.

Una nona camera 72 della terza cella 60 è percorsa dal secondo slurry operativo S2, ed è allo scopo dotata di una nona apertura di ingresso 73 e di una nona apertura di uscita 74 connesse al secondo circuito 120 in cui circola tale secondo slurry operativo S2.

All'interno di tale nona camera 72 è alloggiato un sesto elettrodo 75, il quale è collegato negativamente alla terza sorgente di alimentazione 71 per alimentarla con le cariche rilasciate dai secondi corpuscoli del secondo slurry S1 e corrispondenti a quelle cariche delle particelle cationiche assorbite nella terza camera 9 della prima cella 2.

In accordo con la configurazione strutturale sopra descritta ed in accordo con lo schema di figura 1B, la terza cella 60 si interpone nei due circuiti 12 e 120 del primo e del secondo slurry S1, S2. Più in dettaglio, il primo circuito 12 collega la seconda apertura di uscita 11

della seconda camera 9 della prima cella 2 alla ottava apertura di ingresso 68 della ottava camera della terza cella 60 e quindi l'ottava apertura di uscita 69 della stessa ottava camera della terza cella 60 con la quarta apertura di ingresso 29 della quarta camera 28 della seconda cella 21, mentre il secondo circuito 120 collega la terza apertura di uscita 17 della terza camera 15 della prima cella 2 alla nona apertura di ingresso 73 della nona camera 72 della terza cella 60 e la nona apertura di uscita 74 della nona camera 72 della terza cella 60 alla quinta apertura di ingresso 35 della quinta camera 34 della seconda cella 21.

All'interno della terza struttura di contenimento 61 della terza cella 60, la ottava e la nona camera 67, 72 sono idraulicamente separate tra loro con l'interposizione della settima camera 62. Più in dettaglio, la ottava e la nona camera 67, 72 sono separate dalla settima camera 62 rispettivamente mediante un quinto setto 76 ed un sesto setto 77, interposti ad almeno parziale contenimento del fluido di conduzione F2 che circola nella settima camera 62 rispetto agli slurry S1 ed S2 che circolano nella ottava e nella nona camera 67, 72. Tali quinto e sesto setto 76, 77 sono permeabili rispettivamente al passaggio di cariche con il fluido di lavaggio che chiudono il circuito elettrico prodotto dalle cariche rilasciate dai corpuscoli al contatto con gli elettrodi 70, 75.

Essi dovranno invece limitare fortemente e preferibilmente impedire del tutto il passaggio dei fluidi F2, S1 ed S2 attraverso di essi. A seconda della applicazione prevista e del tipo di setti impiegati potrà essere tollerata una piccola diluizione di un fluido da parte di uno contiguo. Potrà essere inoltre previsto di calibrare le pressioni di circolazione dei fluidi F2, S1 ed S2 nelle tre camere 62, 67, 72 per evitare o limitare tali diluizioni.

Vantaggiosamente i setti 76, 77 potranno essere simili a quelli della 19 e 20 della prima cella 2 ovvero potranno essere scelti tra: membrane a scambio ionico (cationico od anionico) con differenti gruppi funzionali; separatori porosi isolanti o conduttori come TNT (tessuto non tessuto) strutture di fibra di vetro; membrane microporose come per esempio membrane

di micro/ultra/nano filtrazione; separatori microporosi con polimeri conduttivi.

La suddetta terza cella 21 potrà essere ottenuta, in maniera del tutto analoga alla prima ed alla seconda cella 2, 21, attraverso una configurazione del tipo a scambiatore a piastre con le settima 62, ottava 67 e nona camera 72 ottenute con una pluralità di sottocamere ovvero di
5 porzioni volumetriche contenenti ciascuna gli elettrodi in forma di quinti e sestetti elementi conduttivi piastriformi 70, 75 alternativamente disposte in successione in una pila interponendo tra i quinti e i sestetti setti 76, 77 contigui per la separazione di elettrodi di polarità opposta, rispettivamente positiva e negativa, i setti distanziatori isolanti 55 atti a definire, a loro volta, unitamente alle suddette coppie di quinti e sestetti setti contigui 76, 77 delle
10 sottocamere ovvero delle porzioni volumetriche della settima camera 62 di passaggio del fluido di conduzione F2.

Anche in questo caso le porzioni volumetriche delle due camere 67, 72 di passaggio degli slurry S1, S2 e della settima camera 62 di passaggio del fluido di conduzione F2, sono perimetralmente delimitate da cornici periferiche 56 della terza cella 21 aventi
15 trasversalmente ricavati dei condotti di ingresso 57, 58 e 59 e di uscita 57', 58', 59' atti a collegare idraulicamente tra loro rispettivamente le corrispondenti porzioni volumetriche della ottava, della nona e della settima camera 67, 72, 62 di passaggio degli slurry S1, S2 e del fluido di conduzione F2.

Tale configurazione meccanica per tale terza cella 60 già descritta in dettaglio in precedenza
20 con riferimento alle altre prima 2 e seconda cella 21 non è qui ripetuta più in dettaglio.

Il fluido conduttivo F2 è in sostanza costituito da un fluido in grado di collegare elettricamente i due slurry S1, S2 trasferendo cariche nelle ottava e nona camera 67, 72 chiudendo così il circuito elettrico tra i relativi quinto e sesto elettrodo 70, 75 senza determinare una elevata caduta di potenziale ai loro capi. Il fluido di lavaggio F2 contiene le
25 particelle cariche assorbite dal fluido da trattare F1 ad elevata conducibilità elettrica, e quindi

bene si presta nella terza cella 60 a formare il ponte elettrico necessario per scaricare le cariche dei corpuscoli degli slurry S1, S2 sui rispettivi elettrodi 70, 75. Questa caratteristica è funzionalmente favorevole perché riduce le inevitabili perdite a cause della minima resistenza elettrica offerta dal fluido di lavaggio F2.

- 5 Funzionalmente, la terza cella 60 consente di recuperare buona parte dell'energia spesa nella prima cella 2 per associare i corpuscoli con le particelle anioniche e cationiche. Più in dettaglio, l'ottava camera 67 è percorsa dal primo slurry operativo S1 contenente i primi corpuscoli aventi elettrostaticamente associate le particelle anioniche assunte dal fluido da trattare F1 nella prima cella 2. Tali primi corpuscoli sono quindi carichi di energia
- 10 elettrostatica che possono rilasciare compensando la propria carica positiva al contatto con l'elettrodo negativo della ottava camera 67 della terza cella 60; al contempo, a neutralizzazione avvenuta dei primi corpuscoli, le particelle anioniche sono liberate dal legame elettrostatico con i primi corpuscoli nel primo slurry S1, dando origine ad esempio tipicamente ad una soluzione acida.
- 15 A sua volta, la nona camera 72 è percorsa dal secondo slurry operativo S2 contenente i secondi corpuscoli aventi elettrostaticamente associate le particelle cationiche assunte dal fluido da trattare F1 nella prima cella 2. Tali secondi corpuscoli sono quindi anch'essi carichi di energia elettrostatica che possono rilasciare compensando la propria carica negativa al contatto con l'elettrodo positivo della nona camera 72 della terza cella 60; al contempo, a
- 20 neutralizzazione avvenuta dei secondi corpuscoli, le particelle cationiche sono liberate dal legame elettrostatico con i secondi corpuscoli nel secondo slurry S2, dando origine ad esempio tipicamente ad una soluzione alcalina.

I due slurry S1 ed S2 in uscita (dalle aperture 69, 74) dalla ottava camera 67 e nona camera 72 della terza cella 60 presentano pertanto i relativi primi e secondi corpuscoli sostanzialmente

25 scarichi e le particelle anioniche e cationiche libere nel relativo slurry, tipicamente

realizzando soluzioni rispettivamente acide ed alcaline.

Il flusso di corrente che si registra agli elettrodi 70, 75 della terza cella 60 è invertito rispetto a quello della prima cella 2 di assorbimento degli ioni a seguito del rilascio delle cariche agli elettrodi da parte dei corpuscoli degli slurry. Si otterrà così una tensione continua agli
5 elettrodi 70, 75 della terza cella. Questa tensione si sommerà a quella fornita dalla prima sorgente di alimentazione 14 riducendo il consumo di potenza richiesta.

All'uscita della terza cella 60 di recupero dell'energia ciascuno slurry S1, S2 conterrà ancora gli ioni trattenuti ma in una forma non più adesa elettrostaticamente alla superficie dei corpuscoli dello slurry. Si tratterà a questo punto invece di soluzioni rispettivamente acide ed
10 alcaline all'interno dei rispettivi primo e secondo slurry S1, S2.

Gli slurry S1 ed S2 così ottenuti sono quindi inviati in ingresso (alle aperture 29, 35) della quarta 28 camera e quinta camera 34 della seconda cella 21, dove le particelle cariche separate dai corpuscoli devono solo ricevere l'energia necessaria per portarsi nel liquido di lavaggio attraversando i rispettivi setti anionico 38 e cationico 39.

15 Pertanto, in accordo con la presente forma realizzativa di figura 1B, la fase di liberazione elettrostatica degli elettrodi mobili costituiti dai corpuscoli degli slurry dalle particelle anioniche e cationiche assorbite dal liquido da trattare F1 avviene nella terza cella 60 cedendo sostanzialmente agli elettrodi 70, 75 la quasi la totalità di carica precedentemente assorbita nella prima cella 2, così da neutralizzare l'attrazione elettrostatica dei corpuscoli con tali
20 particelle anioniche e cationiche; mentre la fase di allontanamento delle particelle anioniche e cationiche dalle strutture porose degli stessi corpuscoli neutralizzati, ed a cui le particelle non sono quindi più sostanzialmente elettrostaticamente vincolate, avviene nella seconda cella 21 mediante la fornitura di carica a polarità invertita per spostare le suddette particelle anioniche e cationiche attraverso i setti di membrane semipermeabili di scambio anionico e cationico 38,
25 39 fino nella sesta camera 23 della seconda cella 21, con la conseguente possibilità poi di

rimuoverle mediante il passaggio, in tale sesta camera 23, del fluido di lavaggio F2.

La prima e la terza sorgente di alimentazione 14 e 71 potranno essere in comune così da recuperare almeno parte dell'energia rilasciata nella terza cella 60 per utilizzarla nella prima cella 2.

- 5 Pertanto, in accordo con tale forma realizzativa di figura 1B i suddetti mezzi di estrazione 100 dovranno intendersi comprensivi: della terza cella 60 in grado di determinare la separazione delle particelle anioniche e cationiche dai primi e dai secondi corpuscoli; della seconda cella 21 per l'allontanamento delle particelle; nonché dei mezzi di lavaggio 200 ottenuti in questo caso dalla sesta camera 23 percorsa dal fluido di lavaggio F2 e separata mediante i setti 38, 39
10 dalla quarta e quinta camera 28, 34.

In una ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione illustrata nelle figure 1C ed 1D, la prima cella 2 è analoga alla precedente mentre la seconda cella 21 utilizza un separatore elettro-conduttivo 23' ovvero un diaframma conduttivo che è direttamente al contatto sulle sue due facce con gli slurry S1, S2. Esso non è permeabile agli ioni e
15 sostanzialmente separa i due slurry S1, S2 essendo ad esempio costituito da una membrana bipolare ovvero anche da una piastra metallica. Tale separatore conduttivo 23' evita la presenza della sesta cella 23, in cui fare scorrere il flusso di conduzione F2. Inoltre è evitato anche il flusso di lavaggio F2 nella seconda cella 21 che diventa costruttivamente più semplice.

- 20 Il separatore conduttivo 23' utilizzato permette di chiudere il circuito elettrico in maniera efficiente con una bassa resistenza elettrica tra gli elettrodi 32, 37.

In accordo con le forme realizzative delle figure 1C ed 1D che mantengono i riferimenti della figura 1A e 1B per le parti in comune ed in particolare per i collegamenti elettrici che non vengono pertanto ripetuti, i mezzi di lavaggio 100 dei mezzi di estrazione 200 comprendono
25 almeno un serbatoio di lavaggio 101, il quale intercetta almeno uno tra i due circuiti 12, 120 a

valle della seconda cella 21 per ricevere l'alimentazione di almeno un corrispondente slurry S1, S2 attraverso terzi allacciamenti di ingresso e di uscita 102 e 103.

Tale serbatoio di lavaggio 101 è quindi collegato ad una seconda tubazione di adduzione 104 di un liquido di lavaggio F4 e ad una seconda tubazione di scarico 105 per sottoporre il
5 corrispondente slurry S1, S2 ad una azione di lavaggio forzato, in particolare in controcorrente.

Preferibilmente, il serbatoio di lavaggio 101 riceve dal basso lo slurry S1, S2 mediante il terzo allacciamento di ingresso 103 e lo cede da un quarto allacciamento posto superiormente al terzo per garantire l'estrazione di un flusso di slurry preferibilmente da un serbatoio 101 pieno
10 o quantomeno pieno fino a tale quarto allacciamento di uscita 104.

Tanto slurry entra e tanto slurry esce dal serbatoio di lavaggio 101 mediante la prima pompa di ricircolo 40 e/o la seconda pompa di ricircolo 41 o 41' (nel caso dell'esempio di figura 1D potrà essere prevista anche solo una pompa 41').

A valle dei due serbatoi di slurry 101 (esempio di figura 1C) o dell'unico serbatoio di slurry
15 (esempio di figura 1D) saranno vantaggiosamente previsti serbatoi compensatori di slurry 42 del tipo già descritti in precedenza (ed eventualmente provvisti anch'essi da un fluido di lavaggio F3) per definire la quantità di slurry circolante nei circuiti (ad esempio mediante l'impiego di sensori di livello ottici, capacitivi o dei semplici galleggianti) nonché la pressione operativa nei circuiti (ad esempio ponendo in pressione tali serbatoi compensatori di
20 slurry 42).

In accordo con tali forme realizzative illustrate nelle figura 1C, 1D ciascun serbatoio di lavaggio 101 è provvisto vantaggiosamente di un secondo e di un terzo setto poroso 106, 107 filtrante posto in corrispondenza delle suddette seconda tubazione di adduzione 104 e seconda tubazione di scarico 105 e preferibilmente disposti il primo 106 sopra il serbatoio di lavaggio
25 101, ed il secondo sotto il serbatoio di lavaggio 101.

In particolare, secondo la forma realizzativa di figura 1C sono previsti due serbatoi di lavaggio 101 distinti tra loro, ciascuno destinato ad intercettare un rispettivo circuito 12, 120 per lavare lo slurry S1, S2 dalle particelle anioniche e cationiche associate ai corpuscoli ancorché non più legate elettrostaticamente a questi ultimi dopo il passaggio per la seconda
5 cella 21.

Vantaggiosamente, in accordo con l'esempio illustrato in figura 1C, il fluido di lavaggio F4 che si riutilizza è quello che ha lavato il primo slurry S1 contenete, dopo il passaggio attraverso la prima cella 2, le particelle anioniche lavate dai primi corpuscoli e tipicamente
10 volte a formare una soluzione acida in grado di meglio lavare il secondo slurry S2 contenete le particelle cationiche e quindi suscettibili di realizzare una soluzione alcalina.

In questo modo, pertanto la soluzione acida del fluido di lavaggio F4 formatasi dal lavaggio del primo circuito 12 di slurry S1 potrà essere inviata a lavare la soluzione alcalina del secondo circuito 120 di slurry S2 maggiormente incrostante e soggetta a più facile precipitazione.

15 Secondo la forma realizzativa di figura 1D, il serbatoio di lavaggio 101 intercetta operativamente entrambi i circuiti S1, S2 a valle della seconda cella 21 per ricevere l'alimentazione degli slurry S1, S2. In questo caso, il serbatoio di lavaggio comune 101 è alimentato dal primo e dal secondo circuito 12, 120 rispettivamente proveniente dalla terza e dalla quarta uscita rispettivamente della terza e della quarta camera 9 e 15 della prima cella 2
20 con slurry lavato nel serbatoio di lavaggio 101.

Il flusso di acqua lava via, preferibilmente in controcorrente, le particelle anioniche e cationiche, ovvero generalmente la soluzione acida ed alcalina che giunge al serbatoio 101 dopo avere attraversato la seconda cella 21.

25 Secondo una caratteristica vantaggiosa dell'invenzione il liquido di lavaggio F4 di un primo serbatoio di lavaggio 101 dei due sopra indicati è inviato tramite la sua seconda tubazione di

scarico 105 alla seconda tubazione di adduzione 104 del secondo serbatoio di lavaggio 101 per sottoporre lo slurry che alimenta quest'ultimo secondo serbatoio di lavaggio 101 ad una azione di lavaggio forzato con il liquido di lavaggio che aveva già in precedenza alimentato il primo serbatoio di lavaggio 101 e portato via la soluzione acida o alcalina da quest'ultimo.

5 Pertanto, in accordo con tali forme realizzative di figura 1C e 1D i suddetti mezzi di estrazione 100 dovranno intendersi comprensivi: della seconda cella 21 in grado di determinare la separazione delle particelle anioniche e cationiche dai primi e dai secondi corpuscoli; nonché dei mezzi di lavaggio 200 ottenuti in questo caso da uno o due serbatoi di lavaggio 101.

Si consideri che in accordo con le diverse forme realizzative sopra illustrate, i mezzi di
10 lavaggio 200 potranno prevedere che il flusso di fluido di lavaggio scorra direttamente a contatto dello slurry o degli slurry in un serbatoio 101, esterno alla seconda cella 21 (come nelle figure 1C e 1D), oppure in una sesta camera 23 contenuta all'interno della seconda cella 21 e separata dagli slurry S1 e S2 mediante setti 38, 39 e percorsa dal fluido di lavaggio che riceve, per dagli slurry effetto dell'azione di un campo elettrico le sole particelle anioniche e
15 cationiche assorbite ed eventualmente già separate in precedenza dai corpuscoli in una terza cella 60 per il recupero dell'energia (secondo l'esempio di figura 1A).

Analogamente, in accordo con una possibile e vantaggiosa forma realizzativa della presente invenzione, la seconda cella 2, a soli due fluidi di alimentazione in accordo con le figure 1C ed 1D, è analogamente ottenuta in forma di scambiatore a piastre parallele con una
20 configurazione uguale a quella sopra indicata per la prima cella 2 e per la seconda cella 21 a tre fluidi di alimentazione sopra già descritta. In questo caso, la sesta camera 23 ottenuta con i due setti 38, 39 separati dal separatore 55 sarà sostituita nella successione della pila dal separatore elettro-conduttivo 23'. Anche in questo caso le sottocamere delle due celle 2, 21 potranno essere assemblate in un'unica struttura di contenimento comune, ad esempio in
25 materiale plastico con i fluidi di alimentazione separati.

In accordo con una ulteriore forma realizzativa della presente invenzione illustrata in figura 1E i due circuiti 12 e 120 di circolazione del primo e del secondo slurry 12, 120 sono inviati ad un serbatoio di lavaggio 101 comune senza il preventivo passaggio in una seconda cella 21. I corpuscoli dei due slurry con assorbite le particelle anioniche e cationiche vengono a
5 contatto forzato tra loro, ad esempio favorito dalla turbolenza dell'azione di lavaggio, e prima vedono compensarsi le loro cariche e quindi rilasciano nel liquido di lavaggio le proprie particelle anioniche e cationiche.

Tale serbatoio di lavaggio 101 riceve l'alimentazione dei due slurry S1, S2 attraverso terzi allacciamenti di ingresso e di uscita 102 e 103 direttamente collegate alle seconda e terza
10 apertura di uscita 11, 17 delle seconda e terza camera 9, 15 della prima cella 2. Gli allacciamenti di ingresso 102 dei due slurry nel serbatoio potranno comprendere ugelli di emissioni 130, 140 rivolti vantaggiosamente uno contro l'altro.

Analogamente ai precedenti serbatoi di lavaggio delle precedenti forme realizzative, anche quest'ultimo serbatoio di lavaggio 101 è collegato ad una seconda tubazione di adduzione 104
15 di un liquido di lavaggio F4 e ad una seconda tubazione di scarico 105 per sottoporre gli slurry S1, S2 ad una azione di lavaggio forzato, in particolare in controcorrente.

Tale serbatoio di lavaggio 101 è inoltre vantaggiosamente provvisto di un secondo e di un terzo setto poroso 106, 107 filtrante posto in corrispondenza delle suddette seconda tubazione di adduzione 104 e seconda tubazione di scarico 105 e preferibilmente disposti il primo 106
20 sopra il serbatoio di lavaggio 101, ed il secondo sotto il serbatoio di lavaggio 101.

Vantaggiosamente, per meglio contattare tra loro i corpuscoli dei due slurry e consentire una più agevole compensazione della loro carica, all'interno del serbatoio sono inseriti elementi conduttivi, in particolare flottanti 150 (ma potrebbero essere costituiti anche da elementi fissi quali reti metalliche), quali ad esempio trucioli o pagliette metalliche ad esempio in acciaio,
25 titanio o altro materiale conduttore. Tali elementi conduttivi flottanti 150 occuperanno

vantaggiosamente una porzione inferiore del serbatoio di lavaggio 101 a causa del loro peso specifico così da non entrare in circolo all'interno dei due circuiti di slurry attraverso il comune allacciamento di uscita 103.

5 Potrà inoltre essere vantaggiosamente previsto un elemento separatore in grado di contenere gli elementi conduttori flottanti 150 all'interno di uno specifico volume del serbatoio di lavaggio 101. In tale caso, gli elementi conduttori flottanti 150 potranno essere relegati anche nella parte superiore del serbatoio 101 ovvero in una sua parte intermedia confinati in due elementi separatori.

10 Forma oggetto della presente invenzione anche un metodo per la purificazione di un fluido, il quale in particolare potrà impiegare l'apparecchiatura 1 sopra descritta nelle diverse forme realizzative di cui, per semplicità di esposizione verranno mantenuti i riferimenti numerici e la nomenclatura.

Il suddetto metodo prevede secondo l'idea alla base della presente invenzione le seguenti fasi operative.

15 Una fase di scorrimento di un fluido da trattare F1 contenente particelle cationiche e particelle anioniche attraverso una prima camera 4, in particolare di una prima cella 2.

Una fase di caricamento elettrostatico positivo dei corpuscoli di un primo slurry operativo S1 circolante in un primo circuito 12 attraverso l'intercettamento di tale primo slurry S1 da parte di un elettrodo positivo 13 in una seconda camera 9, in particolare della stessa prima cella 2,
20 separata dalla prima camera 4 mediante un primo setto di separazione 19 permeabile alle particelle anioniche.

Contemporaneamente, ha luogo anche la fase di caricamento elettrostatico negativo dei corpuscoli di un secondo slurry operativo S1 circolante in un secondo circuito 120, attraverso l'intercettamento di tale secondo slurry da parte di un elettrodo negativo 18 in una terza
25 camera 15, in particolare della stessa prima cella 2, separata dalla prima camera 4 mediante un

secondo setto di separazione 20 permeabile alle particelle cationiche.

Grazie a tale associazione dei flussi S1 con F1 e S2 con F1 tra loro separati dal primo setto 19 e dal secondo setto 20, ha luogo la fase di assorbimento per attrazione elettrostatica da parte dei corpuscoli carichi del primo e del secondo slurry S1, S2 rispettivamente delle particelle anioniche e delle particelle cationiche provenienti dal fluido da trattare F1.

A questo punto ha luogo una fase di estrazione in continuo dal primo e dal secondo circuito 12, 120 delle particelle anioniche e cationiche rispettivamente assorbite dal primo slurry operativo e dal secondo slurry operativo, ed invio di detti slurry rigenerati alle seconda e terza camera 9, 15.

La separazione delle particelle anioniche dai primi corpuscoli del primo slurry operativo S1 avviene, in accordo con la forma realizzativa illustrata in figura 1B, in corrispondenza del passaggio del primo circuito 12 in una quarta camera 28 contenete un quarto elettrodo negativo 32. Analogamente, la separazione delle particelle cationiche dai secondi corpuscoli del secondo slurry operativo S2, avviene in accordo con tale forma realizzativa di figura 1A, in corrispondenza del passaggio del secondo circuito 120 in una quinta camera 34 contenete un quarto elettrodo positivo 37.

In accordo con la descrizione della apparecchiatura già illustrata in precedenza, in questo caso la quarta 28 e la quinta camera 34 sono separate tra loro mediante un separatore conduttivo 23, 23' (sia esso un diaframma conduttivo o una sesta camera per il passaggio di un fluido di lavaggio F2).

Il terzo ed il quarto elettrodo genera con tale separatore conduttivo 23, 23' un circuito chiuso in cui circola una corrente elettrica avente percorrenza dal quarto elettrodo 32 associato al secondo slurry S2 al terzo elettrodo 37 associato al primo slurry S1.

La fase di estrazione prevede vantaggiosamente il lavaggio del primo e del secondo slurry S1, S2 dei corrispondenti primo e secondo circuito 12, 120 per rimuovere da questi ultimi le

particelle anioniche e le particelle cationiche elettrostaticamente separate dai primi e dai secondi corpuscoli dei due corrispondenti slurry durante le fasi di separazione sopra citate, prima del loro re-invio alla seconda camera 9 e terza camera 15.

5 Tale fase di lavaggio è effettuata vantaggiosamente in accordo con gli esempi delle figure 1C, 1D in almeno un serbatoio di lavaggio 200 alimentato con almeno uno tra il primo ed il secondo circuito 12, 120 a valle delle seconda e della terza camera 9, 15 ed attraversato da un flusso di lavaggio, in particolare in controcorrente vantaggiosamente costituita da acqua o da una soluzione acquosa.

10 In accordo con la forma realizzativa illustrata in figura 1C a ciascun circuito di slurry 12, 120 è associato un proprio serbatoio di lavaggio 200 per realizzare specifiche fasi di lavaggio eventualmente con fluidi di lavaggio dedicati.

Vantaggiosamente, potrà essere previsto di effettuare la fase di lavaggio di un circuito di slurry (ad esempio del secondo quello cationico solitamente alcalino) alimentando con il flusso di lavaggio in uscita dal serbatoio di lavaggio di un circuito di slurry (ovvero ad esempio con il flusso di lavaggio che esce dal serbatoio di lavaggio del primo circuito di slurry 12 e che ha acquisito le particelle anioniche e che quindi è tendenzialmente acido), il serbatoio di lavaggio dell'altro circuito di slurry (ovvero del serbatoio di lavaggio connesso al secondo circuito quello delle particelle cationiche e solitamente alcalino per rimuovere più agevolmente i cationi evitandone al contempo la precipitazione).

20 Diversamente, la fase di lavaggio potrà essere effettuata alimentando un unico serbatoio di lavaggio 200 con entrambi il primo e secondo circuito di slurry 12, 120 come indicato nell'esempio di figura 1D.

25 In accordo con la forma realizzativa illustrata in figura 1B il separatore conduttivo è ottenuto con una sesta camera 23 interposta tra la quarta camera 28 e la quinta camera 34 rispettivamente mediante l'interposizione di un terzo setto permeabile 38 e di un quarto setto

permeabile 39. L'azione del campo elettrico generato dal terzo e dal quarto elettrodo 32, 37 è suscettibile di determinare l'attraversamento rispettivamente del terzo e del quarto setto 38, 39 da parte rispettivamente delle particelle anioniche e cationiche dopo che si sono separate dai rispettivi primi e secondi corpuscoli. A questo punto, l'estrazione delle particelle anioniche e cationiche dalla sesta camera 23 è realizzata mediante un fluido di lavaggio posto a suo attraversamento. Gli elettrodi, nel caso appunto siano alimentati provvederanno prima a separare le particelle anioniche e cationiche dai corpuscoli dei rispettivi primo e secondo slurry e poi a determinarne l'allontanamento.

In accordo con la forma realizzativa illustrata in figura 1B il primo ed il secondo slurry S1, S2 sono soggetti, prima della fase di separazione delle particelle anioniche e cationiche mediante il loro passaggio nelle quarta e quinta cella 28, 34 ad una fase di neutralizzazione in cui attraversano una ottava ed una nona cella 67, 72 separate da una settima camera 62 attraversata da un fluido di conduzione F2, mediante un quinto ed un sesto setto 76, 77, ed in cui contattano rispettivamente un elettrodo positivo 70, e negativo 75 cedendo loro almeno parte della carica elettrostatica assorbita nella seconda e terza camera 9, 15.

In accordo con la forma realizzativa illustrata in figura 1E l'estrazione delle particelle anioniche dai corpuscoli del primo e del secondo slurry operativo S1, S2 avviene in un serbatoio 200 che è alimentato direttamente dalla prima cella 2.

Pertanto, in questo caso sia la separazione delle particelle sia il loro lavaggio avviene nel serbatoio di lavaggio 200 preferibilmente con l'ausilio di elementi conduttivi che favoriscono la fase di separazione delle particelle neutralizzando le cariche dei corpuscoli.

La fase di estrazione è in questo caso favorita da un forzato mescolamento dei due slurry volto a portare intimamente contatto elettrico tra loro i corpuscoli.

L'apparecchiatura ed il metodo così concepiti raggiungono pertanto gli scopi prefissi.

Ovviamente, l'apparecchiatura potrà assumere, nella sua realizzazione pratica anche forme e

configurazioni diverse da quella sopra illustrata senza che, per questo, si esca dal presente ambito di protezione.

Inoltre tutti i particolari potranno essere sostituiti da elementi tecnicamente equivalenti e le dimensioni, le forme ed i materiali impiegati potranno essere qualsiasi a seconda delle

5 necessità.

RIVENDICAZIONI

1. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido, caratterizzata dal fatto di comprendere:

- almeno una prima cella assorbimento ioni, provvista di una prima struttura di contenimento definente al suo interno:

5 - almeno una prima camera dotata di una prima apertura di ingresso e di una prima apertura di uscita, attraverso le quali fluisce un fluido da trattare contenente particelle cationiche e particelle anioniche;

 - almeno una seconda camera contenente un primo elettrodo caricato positivamente da una prima sorgente di alimentazione e dotata di una seconda apertura di ingresso e di
10 una seconda apertura di uscita, le quali sono intercettate da almeno un primo circuito percorso in continuo da un primo slurry operativo contenente primi corpuscoli suscettibili di caricarsi elettrostaticamente al contatto con il primo elettrodo positivo nella seconda camera di detta prima cella; detta seconda camera essendo separata da
15 detta prima camera mediante un primo setto interposto ad almeno parziale contenimento di detto fluido da trattare e permeabile al passaggio di dette particelle anioniche forzate da detta prima sorgente di alimentazione a passare attraverso detto primo setto permeabile da detto fluido di lavaggio a detto primo slurry operativo ed assorbite dai primi corpuscoli elettrostaticamente caricati positivamente di detto primo
 slurry operativo;

20 - almeno una terza camera contenente un secondo elettrodo caricato negativamente da detta prima sorgente di alimentazione e dotata di una terza apertura di ingresso e di una terza apertura di uscita, le quali sono intercettate da almeno un secondo circuito, percorso in continuo da un secondo slurry operativo contenente secondi corpuscoli suscettibili di caricarsi elettrostaticamente al contatto con il secondo elettrodo negativo
25 nella terza camera di detta prima cella; detta terza camera essendo separata da detta

prima camera mediante un secondo setto interposto ad almeno parziale contenimento di detto fluido da trattare e permeabile al passaggio di dette particelle cationiche forzate da detta prima sorgente di alimentazione a passare attraverso detto secondo setto permeabile da detto fluido di lavaggio a detto secondo slurry operativo ed
5 assorbite dai secondi corpuscoli elettrostaticamente caricati negativamente di detto secondo slurry operativo;

detta sorgente di alimentazione generando una corrente elettrica con percorrenza da detto primo elettrodo positivo associato al primo slurry che ha assorbito dette particelle negative a
10 detto secondo elettrodo negativo associato al secondo slurry che ha assorbito dette particelle positive;

- mezzi di estrazione per rimuovere in continuo dette particelle anioniche e dette particelle cationiche rispettivamente assorbite da detto primo slurry operativo e da detto secondo slurry operativo.

2. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 1, caratterizzata
15 dal fatto che detti mezzi di estrazione comprendono almeno una seconda cella separazione ioni provvista di una seconda struttura di contenimento definente al suo interno:

- almeno una quarta camera contenente un terzo elettrodo e dotata di una quarta
20 apertura di ingresso e di una quarta apertura di uscita, le quali sono intercettate da detto primo circuito a valle di detta seconda camera e contenente detti primi corpuscoli con assorbite dette particelle anioniche;

- almeno una quinta camera contenente un quarto elettrodo e dotata di una quinta
apertura di ingresso e di una quinta apertura di uscita, le quali sono intercettate da detto secondo circuito a valle di detta terza camera e contenente detti secondi corpuscoli con assorbite dette particelle cationiche;

25 - almeno un separatore conduttivo interposto tra dette quarta e quinta camera; detti terzo

- elettrodo e quarto elettrodo separando elettrostaticamente detti primi e secondi corpuscoli rispettivamente da dette particelle anioniche e da dette cationiche al contatto rispettivamente con detti primo e secondo slurry, generando con detto separatore conduttivo una corrente elettrica con percorrenza da detto quarto elettrodo associato a detto secondo slurry a detto
- 5 terzo elettrodo associato a detto primo slurry;
- mezzi di lavaggio per rimuovere dette particelle anioniche e dette particelle cationiche elettrostaticamente separate da detti primi e secondi corpuscoli di detti primo e secondo slurry.
3. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 2, caratterizzata
- 10 dal fatto che detto separatore conduttivo è un diaframma conduttivo non permeabile agli ioni, in particolare una membrana bipolare o una piastra metallica.
4. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto che detti mezzi di lavaggio comprendono
- 15 almeno un serbatoio di lavaggio, il quale intercetta almeno uno di detti primo e secondo circuito a valle di detta seconda cella per ricevere l'alimentazione di almeno un corrispondente
- slurry tra detti primo e secondo slurry attraverso terzi allacciamenti di ingresso e di uscita; detto almeno un serbatoio di lavaggio essendo collegato ad una seconda tubazione di adduzione di un liquido di lavaggio e ad una seconda tubazione di scarico per sottoporre detto
- corrispondente slurry ad una azione di lavaggio forzato, in particolare in controcorrente.
- 20 5. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo le rivendicazioni 2 e 4, caratterizzata dal fatto che detto serbatoio di lavaggio intercetta entrambi detti primo e secondo circuito a valle di detta seconda cella per ricevere l'alimentazione di detti slurry, detto
- serbatoio di lavaggio alimentando detti primo e secondo circuito rispettivamente dette terza e quarta camera di detta prima cella con slurry lavato in detto serbatoio di lavaggio.
- 25 6. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 4, caratterizzata

dal fatto di comprendere due serbatoi di lavaggio ciascuno dei quali è posto ad intercettazione ciascuno di un circuito di detti primo e secondo di slurry; il liquido di lavaggio di almeno un primo serbatoio di lavaggio essendo inviato tramite detta seconda tubazione di scarico alla seconda tubazione di adduzione del secondo serbatoio di lavaggio per sottoporre lo slurry che
5 alimenta quest'ultimo secondo serbatoio di lavaggio ad una azione di lavaggio forzato con il liquido di lavaggio che alimenta il primo serbatoio di lavaggio.

7. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detti mezzi di lavaggio comprendono almeno un serbatoio di lavaggio, il quale intercetta entrambi detti primo e secondo circuito a valle di detta prima cella ricevendo
10 l'alimentazione di detti primo e secondo slurry rispettivamente dalla seconda apertura di uscita di detta seconda camera e dalla terza apertura di uscita di detta terza camera, e alimentando con detti rispettivi primo e secondo slurry, rigenerati a valle del serbatoio di lavaggio, la seconda apertura di ingresso di detta seconda camera e la terza apertura di ingresso di detta terza camera; detto almeno un serbatoio di lavaggio essendo collegato ad una
15 seconda tubazione di adduzione di un liquido di lavaggio e ad una seconda tubazione di scarico per sottoporre detti slurry ad una azione di lavaggio forzato, in particolare in controcorrente.

8. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 7, caratterizzata dal fatto che detto serbatoio di lavaggio contiene elementi conduttivi, in particolare in forma
20 di elementi metallici flottanti.

9. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto separatore conduttivo è ottenuto con una sesta camera dotata di una sesta apertura di ingresso e di una sesta apertura di uscita, attraverso le quali fluisce un fluido di lavaggio e separata da dette quarta e quinta camera rispettivamente mediante un terzo setto ed
25 un quarto setto, interposti ad almeno parziale contenimento di detto fluido da trattare,

- permeabili rispettivamente ad almeno dette particelle anioniche e a dette particelle cationiche ed in particolare rispettivamente ottenuti con una membrana anionica ed una membrana cationica; i primi corpuscoli di detto primo circuito di slurry con assorbite dette particelle anioniche da detto fluido da trattare essendo suscettibili di rilasciare dette particelle anioniche
- 5 medesime a detto fluido di lavaggio a seguito dell'azione del campo elettrico prodotto tra detti terzo elettrodo e quarto elettrodo;
- i secondi corpuscoli di detto secondo circuito di slurry con assorbite dette particelle cationiche da detto fluido da trattare essendo suscettibili di e di rilasciare dette particelle cationiche a detto fluido di lavaggio a seguito dell'azione del campo elettrico prodotto tra detti terzo
- 10 elettrodo e quarto elettrodo.
10. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto primo circuito e detto secondo circuito sono intercettati rispettivamente da primi e secondi mezzi di circolazione rispettivamente di detti primo e secondo slurry.
- 15 11. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto che detto primo circuito e detto secondo circuito sono intercettati rispettivamente da un primo e da un secondo serbatoio compensatore di slurry mediante primi e secondi allacciamenti di ingresso e di uscita.
12. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 11,
- 20 caratterizzata dal fatto che detto detti primo e secondo serbatoio compensatore di slurry sono ciascuno provvisti di almeno un setto poroso filtrante suscettibile di trattenere rispettivamente detti primi corpuscoli e detti secondi corpuscoli di dimensioni maggiori ad un prefissato valore; detti primo e secondo serbatoio compensatore di slurry essendo collegati ciascuno ad una prima tubazione di adduzione di liquido di lavaggio mediante una terza valvola e ad una
- 25 prima tubazione di scarico mediante una quarta valvola per sottoporre lo slurry contenuto in

detti primo e secondo serbatoio compensatore ad una azione di lavaggio forzato.

13. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 11 o 12, caratterizzata dal fatto che detti primo e secondo serbatoio compensatore sono provvisti ciascuno di una apertura per l'inserimento rispettivamente di detti primi o secondi corpuscoli di slurry.

14. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo le rivendicazioni 1 e 10, caratterizzata dal fatto di comprendere un conducimetro posto ad intercettazione del fluido trattato in uscita dalla prima camera di detta cella; ed una unità di controllo logico in comunicazione con detti primi e secondi mezzi di circolazione, la quale confronta un valore di conducibilità in essa preimpostabile con il valore maggiore o minore rilevato da detto conducimetro e comanda corrispondentemente un incremento o decremento della velocità di circolazione di detti primo e secondo slurry mediante detti primi e secondi mezzi di circolazione.

15. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detta prima cella è ottenuta in forma di scambiatore a piastre parallele con i primi ed i secondi elettrodi provvisti ciascuno di una pluralità di primi e secondi elementi conduttivi piastriformi, in particolare a forma di rete, posti in successione all'interno dell'involucro della prima cella con polarità alternata, e sono distanziati ciascuno dai rispettivi primi e secondi setti per formare con essi porzioni volumetriche delle rispettive seconda e terza camera di passaggio degli slurry; primi setti distanziatori essendo interposti tra i primi ed i secondi setti contigui per definire porzioni volumetriche della prima camera di passaggio del fluido da trattare; le porzioni volumetriche delle camere di passaggio degli slurry e del fluido da trattare essendo perimetralmente delimitate da prime cornici periferiche con ricavati condotti aperti rispettivamente sulle rispettive porzioni volumetriche delle camere.

16. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo le rivendicazioni 2 e 9, caratterizzata dal fatto che detta seconda cella è ottenuta in forma di scambiatore a piastre parallele con i terzi ed i quarti elettrodi provvisti ciascuno di una pluralità di terzi e quarti elementi conduttivi piastriformi, in particolare a forma di rete, posti in successione all'interno dell'involucro della seconda cella con polarità alternata, e sono distanziati ciascuno dai rispettivi terzi e quarti setti per formare con essi porzioni volumetriche delle rispettive quarta e quinta camera di passaggio degli slurry; secondi setti distanziatori essendo interposti tra i terzi e quarti setti contigui per definire porzioni volumetriche della sesta camera di passaggio del fluido di lavaggio; le porzioni volumetriche delle camere di passaggio degli slurry e del fluido di lavaggio essendo perimetralmente delimitate da seconde cornici periferiche con ricavati condotti aperti rispettivamente sulle rispettive porzioni volumetriche delle camere.

17. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che detta seconda cella è ottenuta in forma di scambiatore a piastre parallele con i terzi ed i quarti elettrodi di detta seconda cella provvisti ciascuno di una pluralità di terzi e quarti elementi conduttivi piastriformi, in particolare a forma di rete, posti in successione all'interno dell'involucro della seconda cella con polarità alternata, e sono distanziati uno dall'altro con l'interposizione di un separatore conduttivo; tra coppie di detti separatori conduttivi in successione restando definite porzioni volumetriche alternate di dette rispettive quarta e quinta camera di passaggio degli slurry, perimetralmente delimitate da seconde cornici periferiche con ricavati condotti aperti rispettivamente sulle rispettive porzioni volumetriche delle camere.

19. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 9, caratterizzata dal fatto di comprendere inoltre almeno una terza cella recupero energia contenente al suo interno:

- almeno una settima camera dotata di una settima apertura di ingresso e di una settima

apertura di uscita, attraverso le quali fluisce un fluido conduttivo;

- almeno una ottava camera dotata di una ottava apertura di ingresso e di una ottava apertura di uscita contenente almeno un terzo elettrodo collegato positivamente ad una terza sorgente di alimentazione;

5 - almeno una nona camera dotata di una nona apertura di ingresso e di una nona apertura di uscita contenente un quarto elettrodo collegato negativamente a detta terza sorgente di alimentazione;

detta settima camera essendo separata da dette ottava e nona camera rispettivamente mediante un quinto setto ed un sesto setto, interposti ad almeno parziale contenimento di detto fluido di conduzione e suscettibili di collegare elettricamente il primo slurry di
10 detto primo circuito al secondo slurry di detto secondo circuito;

- detta terza cella di recupero energia intercettando detto primo circuito con la ottava apertura di ingresso della ottava camera collegata alla seconda apertura di uscita della seconda camera di detta prima cella e con detta ottava apertura di uscita della ottava camera collegata alla
15 quarta apertura di ingresso della quarta camera di detta seconda cella, ed intercettando detto secondo circuito con la nona apertura di ingresso della nona camera collegata alla terza apertura di uscita della terza camera di detta prima cella e con detta nona apertura di uscita della nona camera collegata alla quinta apertura di ingresso della quinta camera di detta seconda cella;

20 detta ottava camera essendo percorsa dal primo slurry operativo contenente i primi corpuscoli con elettrostaticamente associate dette particelle anioniche, detti primi corpuscoli essendo suscettibili di compensare la propria carica elettrostatica positiva al contatto con l'elettrodo negativo nella ottava camera di detta terza cella rilasciando dette particelle anioniche in detto primo slurry;

25 detta nona camera essendo percorsa dal secondo slurry operativo contenente i secondi

corpuscoli con elettrostaticamente associate dette particelle cationiche, detti secondi corpuscoli essendo suscettibili di compensare la propria carica elettrostatica negativa al contatto con l'elettrodo positivo nella nona camera di detta terza cella rilasciando dette particelle cationiche in detto secondo slurry.

5 20. Apparecchiatura per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 18, caratterizzata dal fatto che il fluido conduttivo che attraversa la settima camera di detta terza cella dalla sua settima apertura di ingresso alla sua settima apertura di uscita è il fluido di lavaggio che attraversa la sesta camera di detta seconda cella dalla sua sesta apertura di ingresso alla sua dalla sesta apertura di uscita; almeno un raccordo essendo previsto per
10 collegare la sesta apertura di uscita della sesta camera di detta seconda cella alla settima apertura di ingresso della settima camera di detta terza cella.

21. Metodo per la purificazione di un fluido, in particolare mediante una apparecchiatura secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di comprendere:

15 - scorrimento di un fluido da trattare contenente particelle cationiche e particelle anioniche attraverso una prima camera;

- caricamento elettrostatico positivo dei corpuscoli di un primo slurry operativo circolante in un primo circuito intercettato da un primo elettrodo, caricato positivamente da una prima sorgente di alimentazione, in una seconda camera separata da detta prima camera da un primo setto di separazione permeabile a dette particelle
20 anioniche;

- caricamento elettrostatico negativo dei corpuscoli di un secondo slurry operativo circolante in un secondo circuito intercettato da un secondo elettrodo, caricato negativamente da detta prima sorgente di alimentazione, in una terza camera separata da detta prima camera da un secondo setto di separazione permeabile a dette particelle
25 cationiche;

- assorbimento per attrazione elettrostatica da parte dei corpuscoli carichi di detti primo e secondo slurry rispettivamente di particelle anioniche e di particelle cationiche di detto fluido da trattare;

5 - estrazione in continuo da detti primo e secondo circuito di dette particelle anioniche e cationiche rispettivamente assorbite da detto primo slurry operativo e da detto secondo slurry operativo, ed invio di detti slurry rigenerati a dette seconda e terza camera.

22. Metodo per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 21, caratterizzato dal fatto che detta fase di estrazione prevede:

10 - la separazione di dette particelle anioniche dai primi corpuscoli di detto primo slurry operativo in corrispondenza del passaggio del primo circuito in una quarta camera contenete un quarto elettrodo negativo;

15 - la separazione di dette particelle cationiche dai secondi corpuscoli di detto secondo slurry operativo in corrispondenza del passaggio del secondo circuito in una quinta camera contenete un quarto elettrodo positivo; dette quarta e quinta camera essendo separate tra loro mediante un separatore conduttivo; detti terzo e quarto elettrodo generando con detto separatore conduttivo una corrente elettrica percorrenza da detto quarto elettrodo associato a detto secondo slurry a detto terzo elettrodo associato a detto primo slurry.

20 23. Metodo per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 22 o 21, caratterizzato dal fatto che detta fase di estrazione prevede il lavaggio del primo e del secondo slurry di detti primo e secondo circuito per rimuovere da questi ultimi dette particelle anioniche e dette particelle cationiche da detti primi e secondi corpuscoli di detti primo e secondo slurry prima del loro invio a dette seconda e terza camera.

25 24. Metodo per la purificazione di un fluido secondo una qualunque delle rivendicazioni 21-23, caratterizzato dal fatto che detta fase di lavaggio è effettuata in almeno un serbatoio di

lavaggio alimentato con almeno uno di detti primo e secondo circuito a valle di dette seconda e terza camera; ed attraversato da almeno un flusso di lavaggio, in particolare in controcorrente.

5 25. Metodo per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 24, caratterizzato dal fatto che detta fase di lavaggio è effettuata alimentando detto serbatoio di lavaggio con entrambi detti primo e secondo circuito di slurry.

10 26. Metodo per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 24, caratterizzato dal fatto che detta fase di lavaggio è effettuata alimentando con il flusso di lavaggio in uscita dal serbatoio di lavaggio di un circuito di slurry, il serbatoio di lavaggio dell'altro circuito di slurry.

15 27. Metodo per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 21, caratterizzato dal fatto che detto separatore conduttivo è ottenuto con una sesta camera interposta tra dette quarta camera e quinta camera rispettivamente mediante l'interposizione di un terzo setto permeabile e di un quarto setto permeabile; l'azione del campo elettrico generato da detti terzo e quarto elettrodo determinando l'attraversamento rispettivamente di detti terzo e quarto setto di dette particelle anioniche e cationiche separatesi dai rispettivi primi e secondi corpuscoli; l'estrazione di dette particelle anioniche e cationiche in detta sesta camera essendo realizzata mediante un fluido di lavaggio posto ad attraversamento di detta sesta camera.

20 28. Metodo per la purificazione di un fluido secondo la rivendicazione 27, caratterizzato dal fatto che detti primo e secondo slurry sono soggetti, prima della fase di separazione di dette particelle anioniche e cationiche mediante il loro passaggio in dette quarta e quinta cella, ad una fase di neutralizzazione in cui attraversano una ottava ed una nona cella separate da una settima camera attraversata da un fluido di conduzione, mediante un quinto ed un sesto setto, ed in cui contattano rispettivamente un elettrodo positivo e negativo cedendo loro almeno
25 parte della carica elettrostatica accumulata in dette seconda e terza camera.

CLAIMS

1. Equipment for purifying a fluid, characterized in that it comprises:

- at least one first ion absorption cell, provided with a first containment structure defining therein:

5 - at least one first chamber provided with a first inlet opening and a first outlet opening, through which a fluid to be treated flows containing cationic particles and anionic particles;

 - at least one second chamber containing a first electrode positively charged by a first feed source and provided with a second inlet opening and a second outlet opening,
10 which are intercepted by at least one first circuit continuously traversed by a first operative slurry containing first corpuscles susceptible to be electrostatically charged in contact with the first positive electrode in the second chamber of said first cell; said second chamber being separated from said first chamber by means of a first septum interposed at at least partial containment of said fluid to be treated and permeable to
15 the passage of said anionic particles forced by said first feed source to pass through said first permeable septum from said washing fluid to said first operative slurry and absorbed by the first electrostatically positively charged corpuscles of said first operative slurry;

 - at least one third chamber containing a second electrode negatively charged by said
20 first feed source and provided with a third inlet opening and a third outlet opening, which are intercepted by at least one second circuit, continuously traversed by a second operative slurry containing second corpuscles susceptible to be electrostatically charged in contact with the second negative electrode in the third chamber of said first cell; said third chamber being separated from said first chamber by means of a second
25 septum interposed at at least partial containment of said fluid to be treated and

permeable to the passage of said cationic particles forced by said first feed source to pass through said second permeable septum from said washing fluid to said second operative slurry and absorbed by the second electrostatically negatively charged corpuscles of said second operative slurry;

5 said feed source generating an electric current running from said first positive electrode associated with the first slurry which absorbed said negative particles to said second negative electrode associated with the second slurry which absorbed said positive particles;

- extraction means for continuously removing said anionic particles and said cationic particles respectively absorbed by said first operative slurry and by said second operative slurry.

10 2. Equipment for purifying a fluid according to claim 1, characterized in that said extraction means comprise at least one second ion separation cell provided with a second containment structure defining therein:

- at least one fourth chamber containing a third electrode and provided with a fourth inlet opening and a fourth outlet opening, which are intercepted by said first circuit downstream of said second chamber and containing said first corpuscles with said anionic particles absorbed;

15 - at least one fifth chamber containing a fourth electrode and provided with a fifth inlet opening and a fifth outlet opening, which are intercepted by said second circuit downstream of said third chamber and containing said second corpuscles with said cationic particles absorbed;

20 - at least one conductive separator interposed between said fourth and fifth chamber; said third electrode and fourth electrode electrostatically separating said first and second corpuscles respectively from said anionic particles and from said cationic particles, respectively in contact with said first and second slurry, with said conductive separator
25 generating an electric current traversing from said fourth electrode associated with said

second slurry to said third electrode associated with said first slurry;

- washing means for removing said anionic particles and said cationic particles electrostatically separated from said first and second corpuscles of said first and second slurry.

5 3. Equipment for purifying a fluid according to claim 2, characterized in that said conductive separator is a conductive diaphragm impermeable to the ions, in particular a bipolar membrane or a metal plate.

4. Equipment for purifying a fluid according to any one of the preceding claims, characterized in that said washing means comprise at least one washing tank, which intercepts at least one
10 of said first and second circuit downstream of said second cell for receiving the feed of at least one corresponding slurry between said first and second slurry through third inlet and outlet connections; said at least one washing tank being connected to a second supply piping of a washing liquid and to a second discharge piping for subjecting said corresponding slurry to a forced washing action, in particular counter-current.

15 5. Equipment for purifying a fluid according to claims 2 and 4, characterized in that said washing tank intercepts both said first and second circuit downstream of said second cell for receiving the feed of said slurry, said washing tank feeding said first and second circuit respectively said third and fourth chamber of said first cell with slurry washed in said washing tank.

20 6. Equipment for purifying a fluid according to claim 4, characterized in that it comprises two washing tanks, each of which placed to intercept a circuit of said first and second slurry; the washing liquid of at least one first washing tank being sent by means of said second discharge piping to the second supply piping of the second washing tank in order to subject the slurry that feeds the latter second washing tank to a forced washing action with the washing liquid
25 that feeds the first washing tank.

7. Equipment for purifying a fluid according to claim 1, characterized in that said washing means comprise at least one washing tank, which intercepts said first and second circuit downstream of said first cell, receiving the feed of said first and second slurry respectively from the second outlet opening of said second chamber and from the third outlet opening of said third chamber, and feeding with said respective first and second slurry, regenerated downstream of the washing tank, the second inlet opening of said second chamber and the third inlet opening of said third chamber; said at least one washing tank being connected to a second supply piping of a washing liquid and to a second discharge piping in order to subject said slurry to a forced washing action, in particular counter-current.
8. Equipment for purifying a fluid according to claim 7, characterized in that said washing tank contains conductive elements, in particular in the form of floating metal elements.
9. Equipment for purifying a fluid according to claim 1, characterized in that said conductive separator is obtained with a sixth chamber provided with a sixth inlet opening and a sixth outlet opening, through which a washing fluid flows, and separated from said fourth and fifth chamber respectively by means of a third septum and a fourth septum, interposed at at least partial containment of said fluid to be treated, respectively permeable to at least said anionic particles and to said cationic particles and in particular respectively obtained with an anionic membrane and a cationic membrane; the first corpuscles of said first circuit of slurry with said anionic particles absorbed from said fluid to be treated being susceptible to release said anionic particles themselves to said washing fluid following the action of the electric field produced between said third electrode and fourth electrode;
- the second corpuscles of said second circuit of slurry with said cationic particles absorbed from said fluid to be treated being susceptible to release said cationic particles to said washing fluid following the action of the electric field produced between said third electrode and fourth electrode.

10. Equipment for purifying a fluid according to claim 1, characterized in that said first circuit and said second circuit are respectively intercepted by first and second circulation means respectively of said first and second slurry.

5 11. Equipment for purifying a fluid according to any one of the preceding claims, characterized in that said first circuit and said second circuit are respectively intercepted by a first and a second slurry compensator tank by means of first and second inlet and outlet connections.

10 12. Equipment for purifying a fluid according to claim 11, characterized in that said first and second slurry compensator tank are each provided with at least one porous filtering septum susceptible of withholding respectively said first corpuscles and said second corpuscles of greater size at a predetermined value; each said first and second slurry compensator tank being connected to a first supply piping of washing liquid by means of a third valve and to a first discharge piping by means of a fourth valve in order to subject the slurry contained in said first and second compensator tank to a forced washing action.

15 13. Equipment for purifying a fluid according to claim 11 or 12, characterized in that said first and second compensator tank are each provided with an opening for the insertion respectively of said first or second corpuscles of slurry.

20 14. Equipment for purifying a fluid according to claims 1 and 10, characterized in that it comprises a conductivity meter placed to intercept the treated fluid exiting from the first chamber of said cell; and a logic control unit in communication with said first and second circulation means, which compares a conductivity value presettable therein with the greater or smaller value detected by said conductivity meter and correspondingly controls an increase or a decrease of the circulation speed of said first and second slurry by means of said first and second circulation means.

25 15. Equipment for purifying a fluid according to claim 1, characterized in that said first cell is

obtained in the form of a parallel plate exchanger with the first and the second electrodes each provided with a plurality of first and second conductive platform elements, in particular net-like, placed in succession inside the casing of the first cell with alternated polarity, and they are each spaced from the respective first and second septa in order to form therewith volumetric portions of the respective second and third slurry passage chamber; first spacer septa being interposed between the first and the second contiguous septa in order to define volumetric portions of the first passage chamber of the fluid to be treated; the volumetric portions of the passage chambers for the slurry and the fluid to be treated being perimetrically delimited by first peripheral frames with open ducts obtained respectively on the respective volumetric portions of the chambers.

16. Equipment for purifying a fluid according to claims 2 and 9, characterized in that said second cell is obtained in the form of a parallel plate exchanger with the third and the fourth electrodes each provided with a plurality of third and fourth conductive platform elements, in particular net-like, placed in succession inside the casing of the second cell with alternated polarity, and they are each spaced from the respective third and fourth septa in order to form volumetric portions therewith of the respective fourth and fifth slurry passage chamber; second spacer septa being interposed between the third and fourth contiguous septa in order to define volumetric portions of the sixth passage chamber for the washing fluid; the volumetric portions of the passage chambers for the slurry and the washing fluid being perimetrically delimited by second peripheral frames with open ducts obtained respectively on the respective volumetric portions of the chambers.

17. Equipment for purifying a fluid according to claim 2, characterized in that said second cell is obtained in the form of a parallel plate exchanger with the third and fourth electrodes of said second cell each provided with a plurality of third and fourth platform conductive elements, in particular net-like, placed in succession inside the casing of the second cell with

alternated polarity, and they are each spaced from each other with the interposition of a conductive separator; there being defined, between pairs of said successive conductive separator, alternated volumetric portions of said respective fourth and fifth slurry passage chamber, perimetrically delimited by second peripheral frames with open ducts obtained
5 respectively on the respective volumetric portions of the chambers.

18. Equipment for purifying a fluid according to claim 9, characterized in that it further comprises at least one third energy recovery cell containing therein:

- at least one seventh chamber provided with a seventh inlet opening and a seventh outlet opening, through which a conductive fluid flows;
- 10 - at least one eighth chamber provided with an eighth inlet opening and an eighth outlet opening containing at least one third electrode positively connected to a third feed source;
- at least one ninth chamber provided with a ninth inlet opening and a ninth outlet opening containing a fourth electrode negatively connected to said third feed source;
- 15 said seventh chamber being separated from said eighth and ninth chamber respectively by means of a fifth septum and a sixth septum, interposed at at least partial containment of said conduction fluid and susceptible to electrically connect the first slurry of said first circuit to the second slurry of said second circuit;
- said third energy recovery cell intercepting said first circuit with the eighth inlet opening of
20 the eighth chamber connected to the second outlet opening of the second chamber of said first cell and with said eighth outlet opening of the eighth chamber connected to the fourth inlet opening of the fourth chamber of said second cell, and intercepting said second circuit with the ninth inlet opening of the ninth chamber connected to the third outlet opening of the third chamber of said first cell and with said ninth outlet opening of the ninth chamber connected to
25 the fifth inlet opening of the fifth chamber of said second cell;

said eighth chamber being traversed by the first operative slurry containing the first corpuscles with said anionic particles electrostatically associated, said first corpuscles being susceptible to compensate for the electrically positive charge thereof in contact with the negative electrode in the eighth chamber of said third cell by releasing said anionic particles
5 in said first slurry;

said ninth chamber being traversed by the second operative slurry containing the second corpuscles with said cationic particles electrostatically associated, said second corpuscles being susceptible to compensate for the electrically negative charge thereof in contact with the positive electrode in the ninth chamber of said third cell by releasing said cationic particles in
10 said second slurry.

19. Equipment for purifying a fluid according to claim 18, characterized in that the conductive fluid that traverses through the seventh chamber of said third cell from the seventh inlet opening thereof to the seventh outlet opening thereof is the washing fluid that traverses the sixth chamber of said second cell from the sixth inlet opening thereof to the sixth outlet
15 opening thereof; at least one connector being provided for connecting the sixth outlet opening of the sixth chamber of said second cell with the seventh inlet opening of the seventh chamber of said third cell.

20. Method for purifying a fluid, in particular by means of equipment according to claim 1, characterized in that it comprises:

20 - flow of a fluid to be treated containing cationic particles and anionic particles through a first chamber;

- positive electrostatic charging of the corpuscles of a first operative slurry circulating in a first circuit intercepted by a first electrode, positively charged by a first feed source, in a second chamber separated from said first chamber by a first separation
25 septum permeable to said anionic particles;

- negative electrostatic charging of the corpuscles of a second operative slurry circulating in a second circuit intercepted by a second electrode, negatively charged by said first feed source, in a third chamber separated from said first chamber by a second separation septum permeable to said cationic particles;

5 - electrostatic attraction absorption by the charged corpuscles of said first and second slurry respectively of anionic particles and cationic particles of said fluid to be treated;
- continuous extraction from said first and second circuit of said anionic particles and cationic particles respectively absorbed from said first operative slurry and from said second operative slurry, and sending of said regenerated slurry to said second and third
10 chamber.

21. Method for purifying a fluid according to claim 20, characterized in that said extraction step provides for:

- the separation of said anionic particles from the first corpuscles of said first operative slurry at the passage of the first circuit into a fourth chamber containing a fourth
15 negative electrode;
- the separation of said cationic particles from the second corpuscles of said second operative slurry at the passage of the second circuit into a fifth chamber containing a fourth positive electrode; said fourth and fifth chamber being separated from each other by means of a conductive separator; said third and fourth electrode generating,
20 with said conductive separator, an electric current running from said fourth electrode associated with said second slurry to said third electrode associated with said first slurry.

22. Method for purifying a fluid according to claim 21 or 20, characterized in that said extraction step provides for the washing of the first and the second slurry of said first and
25 second circuit in order to remove from the latter said anionic particles and said cationic

particles from said first and second corpuscles of said first and second slurry before the sending thereof to said second and third chamber.

23. Method for purifying a fluid according to any one of claims 20- 22, characterized in that said washing step is carried out in at least one washing tank fed with at least one of said first and second circuit downstream of said second and third chamber; and traversed by at least one washing flow, in particular counter-current.

24. Method for purifying a fluid according to claim 23, characterized in that said washing step is carried out by feeding said washing tank with both said first and second slurry circuit.

25. Method for purifying a fluid according to claim 23, characterized in that said washing step is carried out by feeding, with the washing flow exiting from the washing tank of a slurry circuit, the washing tank of the other slurry circuit.

26. Method for purifying a fluid according to claim 20, characterized in that said conductive separator is obtained with a sixth chamber interposed between said fourth chamber and fifth chamber respectively by means of the interposition of a third permeable septum and a fourth permeable septum; the action of the electric field generated by said third and fourth electrode determining the traversing respectively of said third and fourth septum of said anionic particles and cationic particles, separated from the respective first and second corpuscles; the extraction of said anionic particles and cationic particles in said sixth chamber being obtained by means of a washing fluid placed to traverse said sixth chamber.

27. Method for purifying a fluid according to claim 26, characterized in that said first and second slurry are subjected, before the step of separating said anionic particles and cationic particles by means of the passage thereof in said fourth and fifth cells, to a step of neutralization in which they traverse an eighth and a ninth cell separated by a seventh chamber traversed by a conduction fluid, by means of a fifth and a sixth septum, and in which they respectively contact a positive electrode and a negative electrode by transferring at least

part of the electrostatic charge accumulated in said second and third chambers thereto.

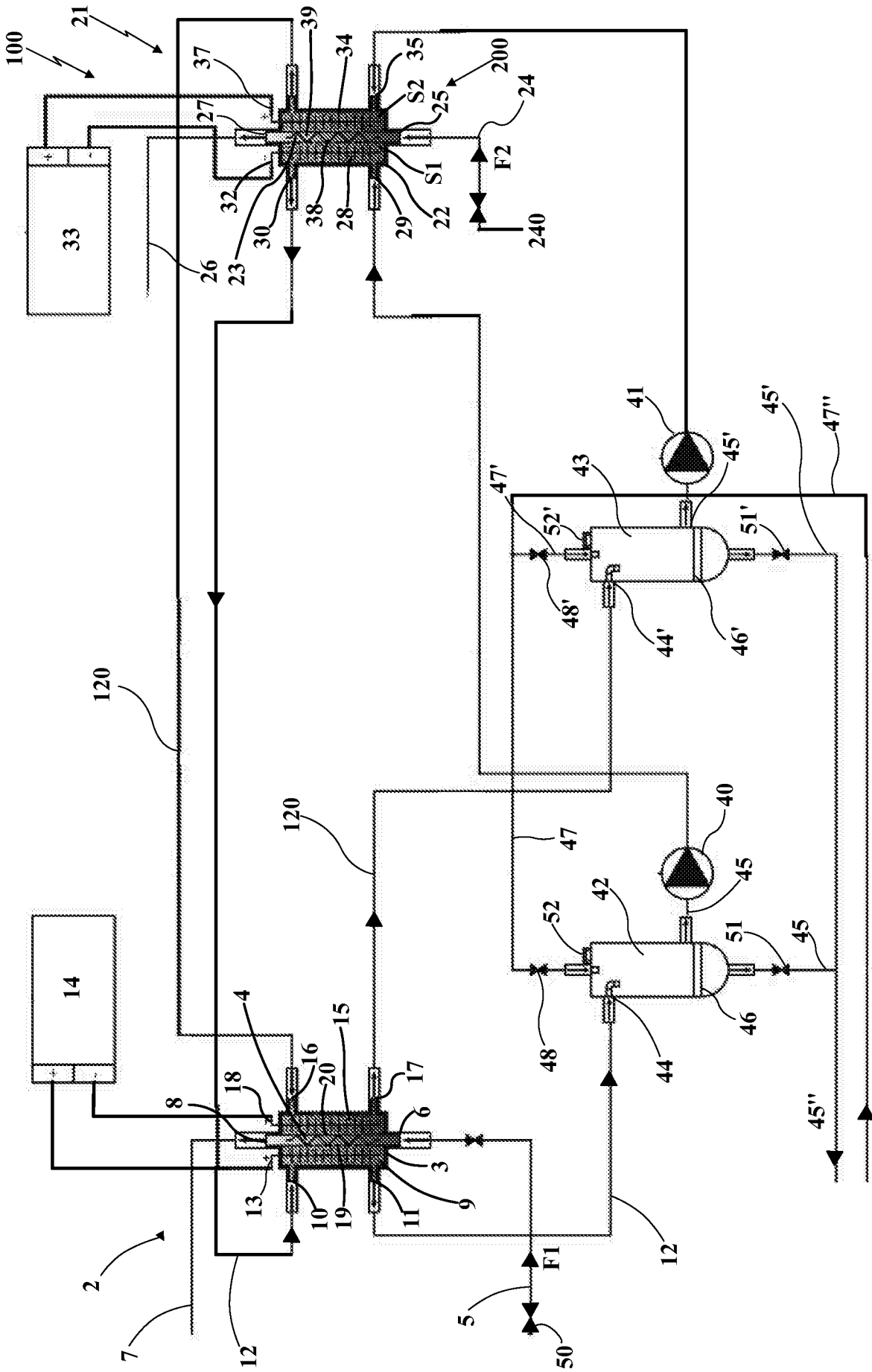


Fig. 1 A

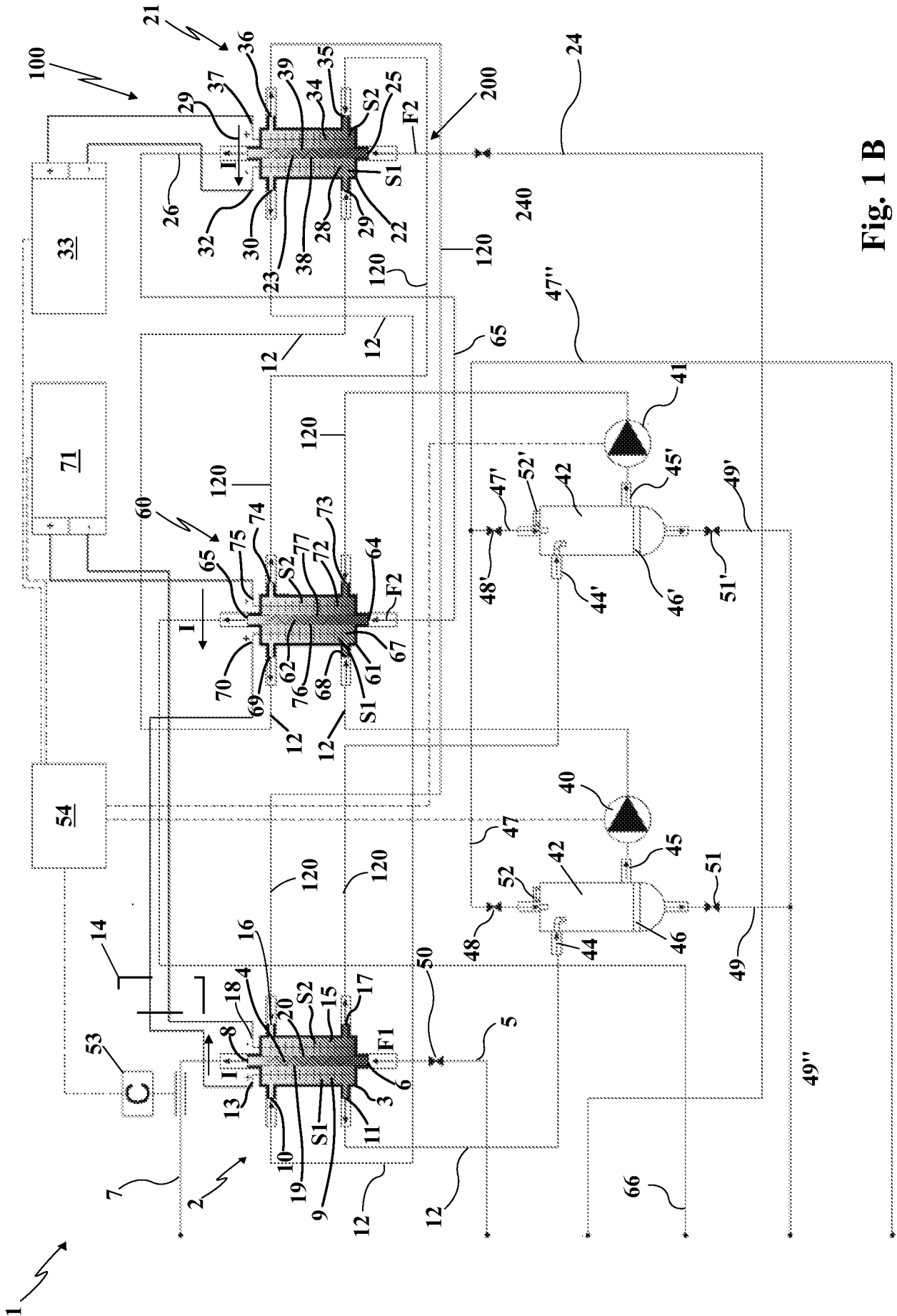


Fig. 1 B

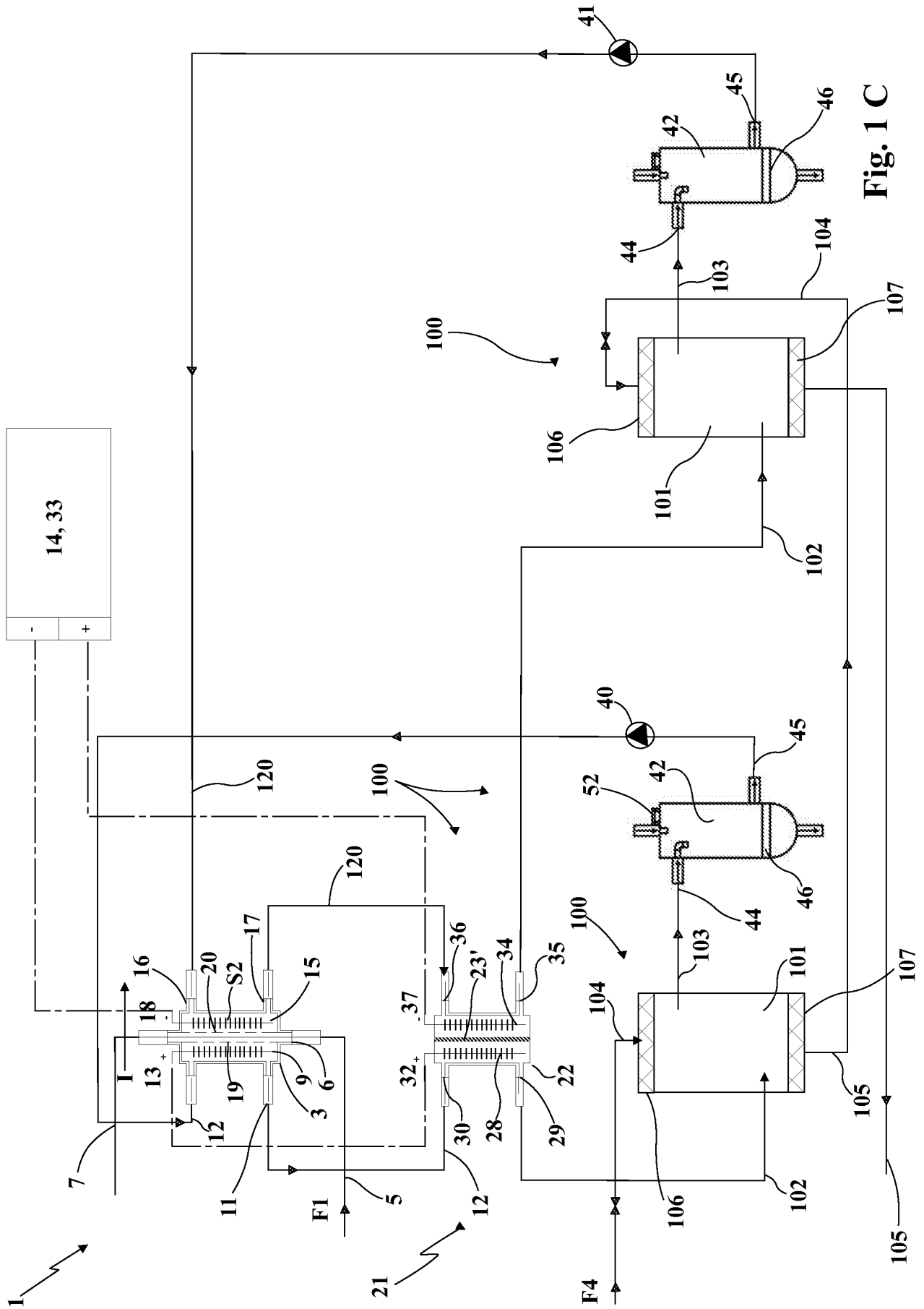


Fig. 1 C

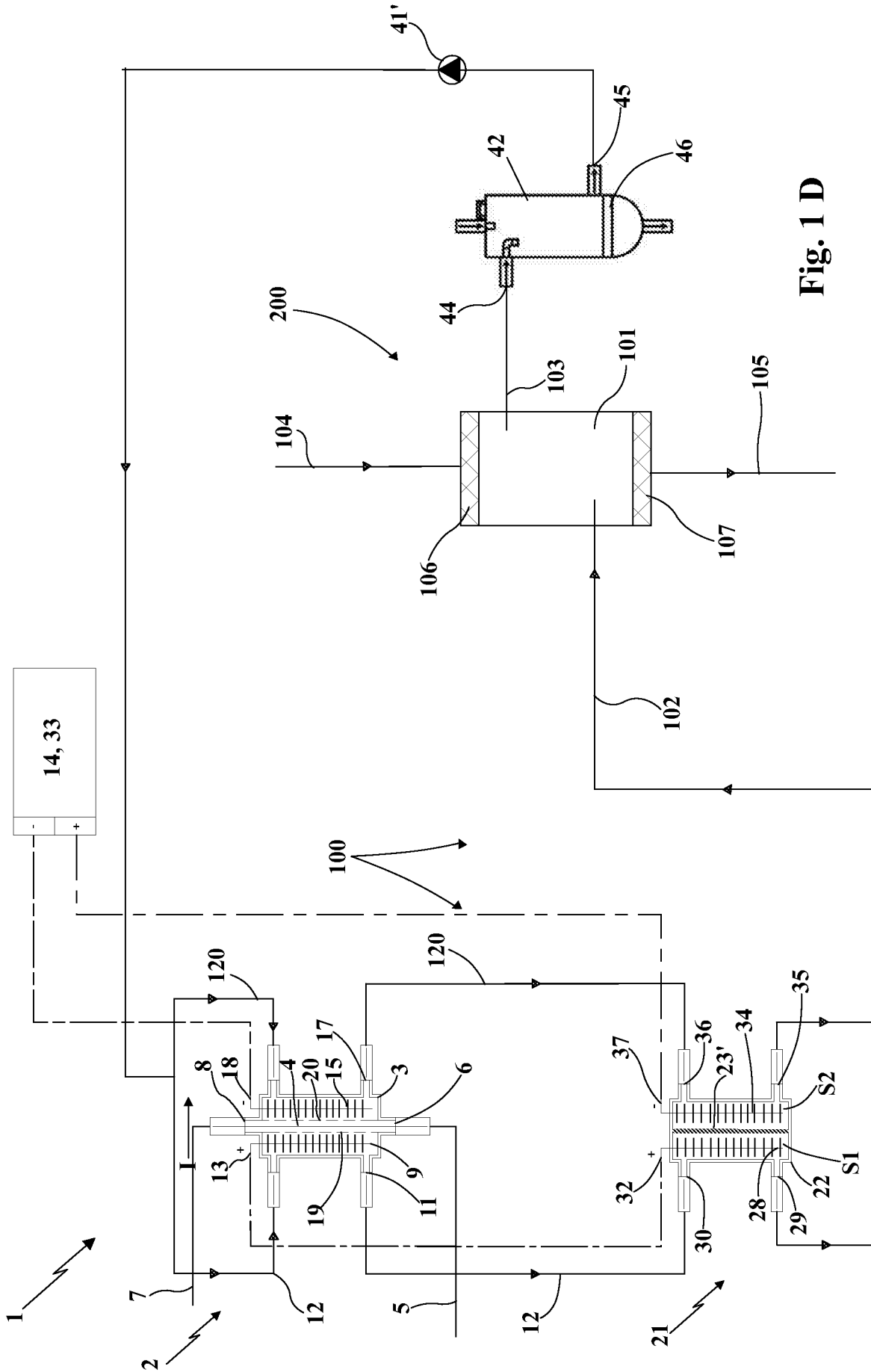


Fig. 1 D

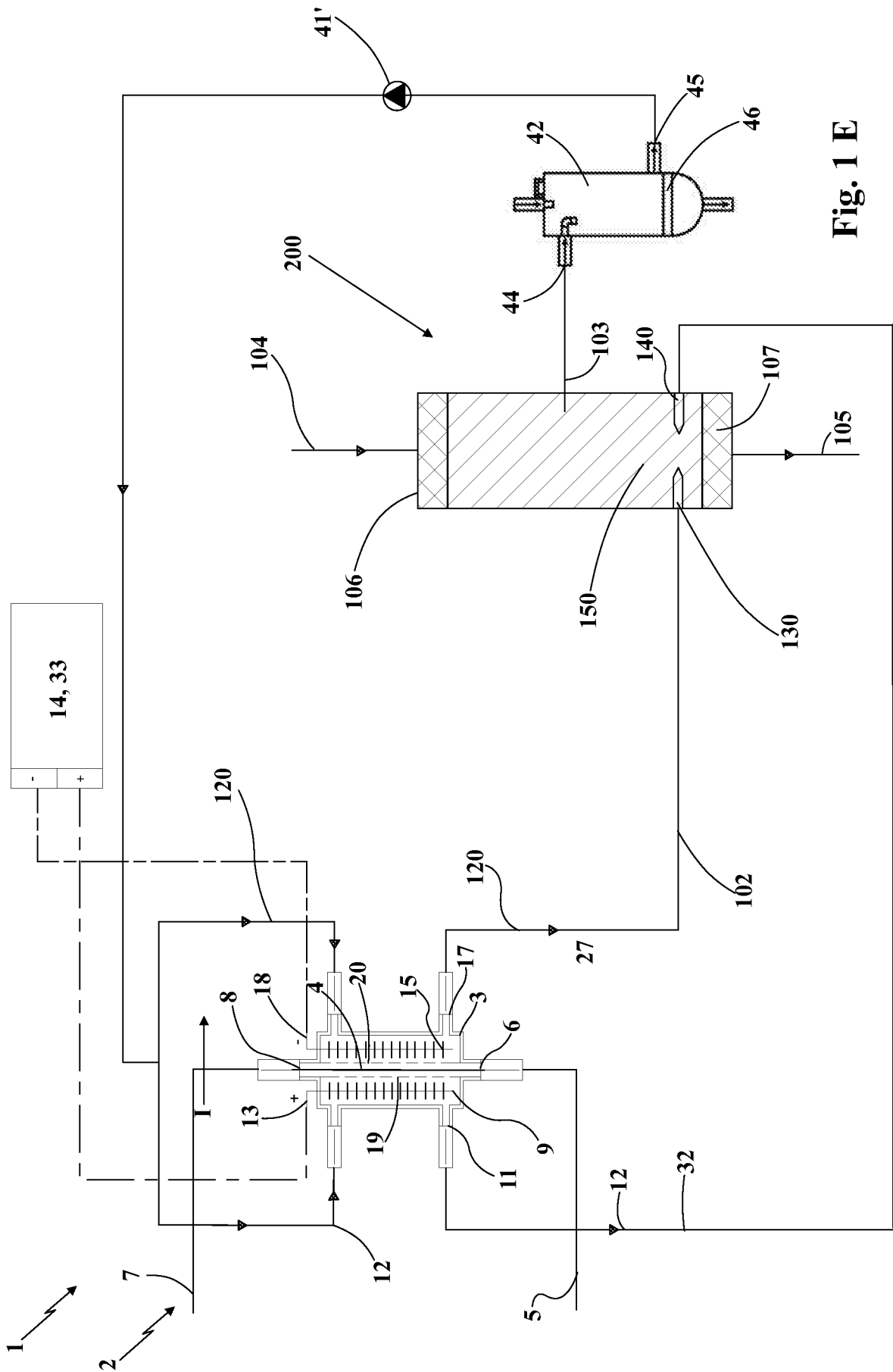


Fig. 1 E

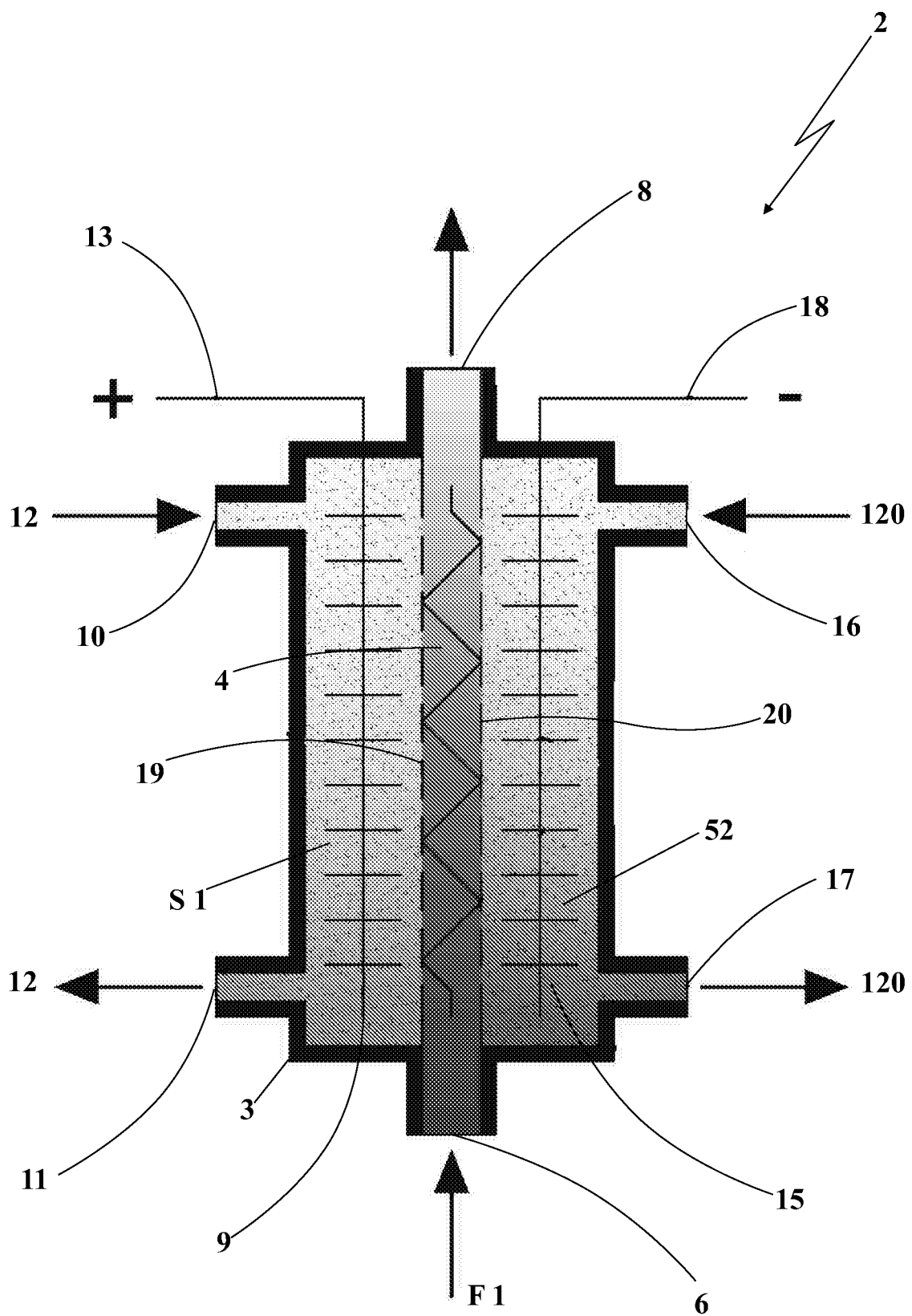


Fig. 2

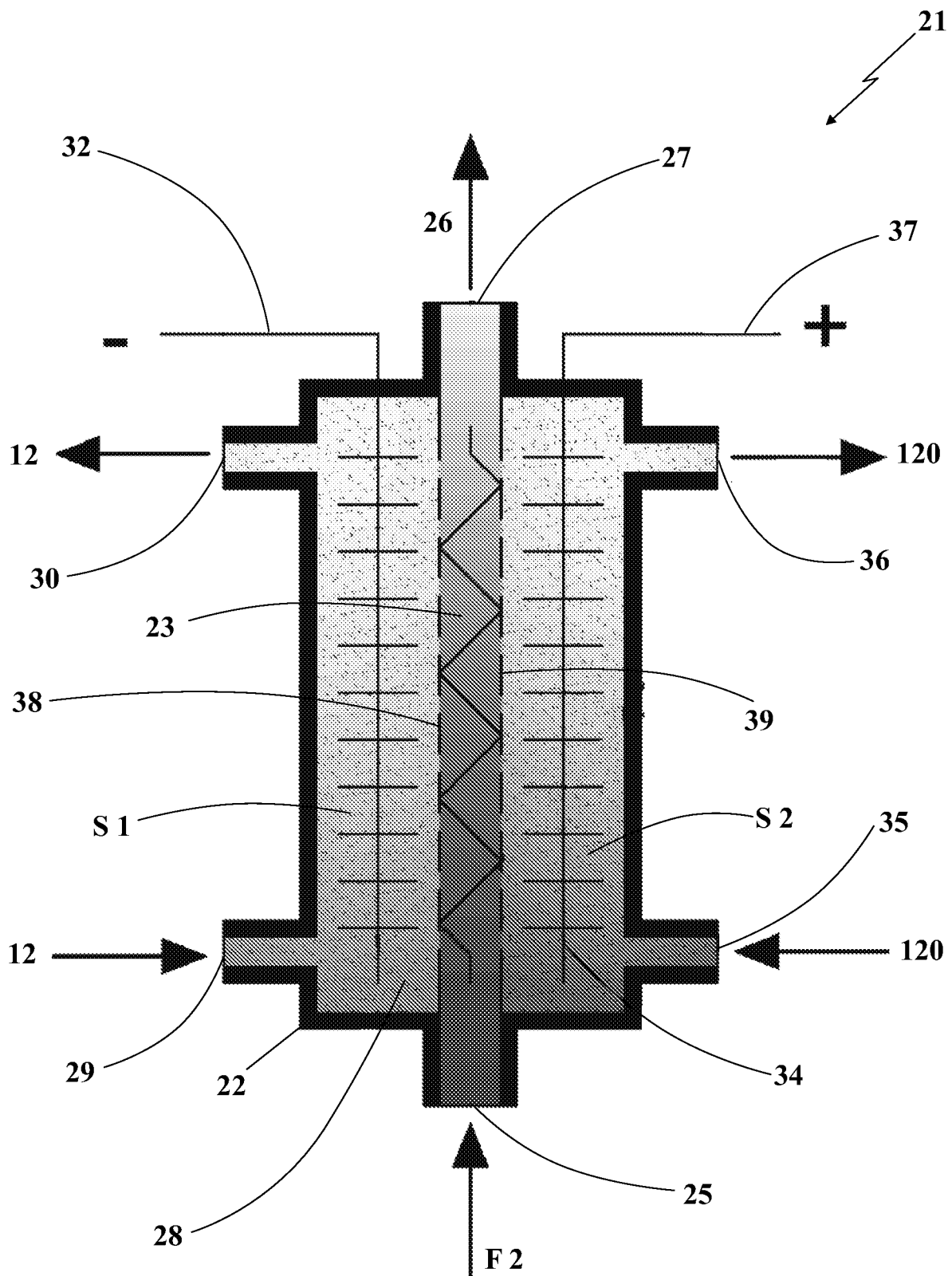


Fig. 3

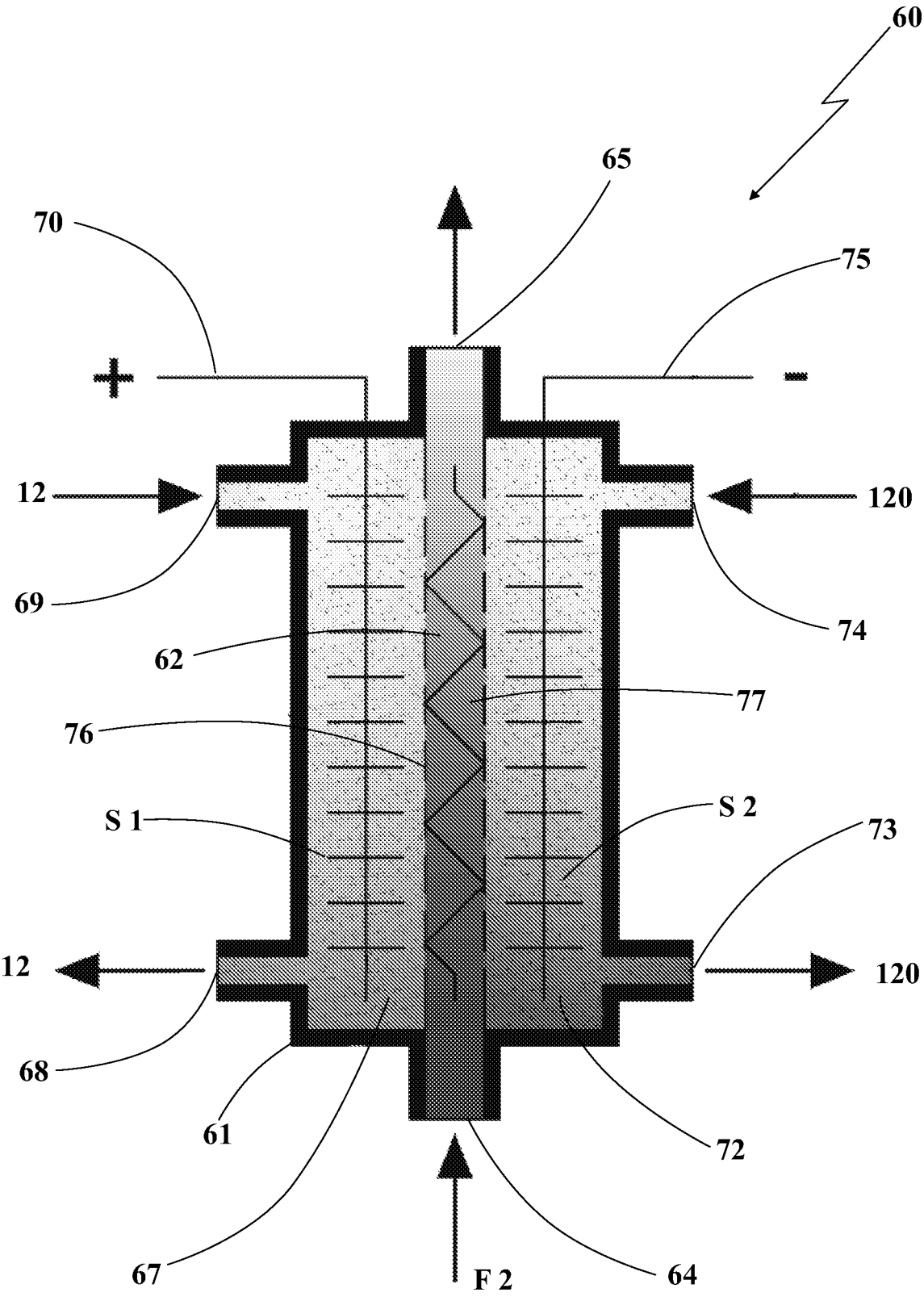


Fig. 4

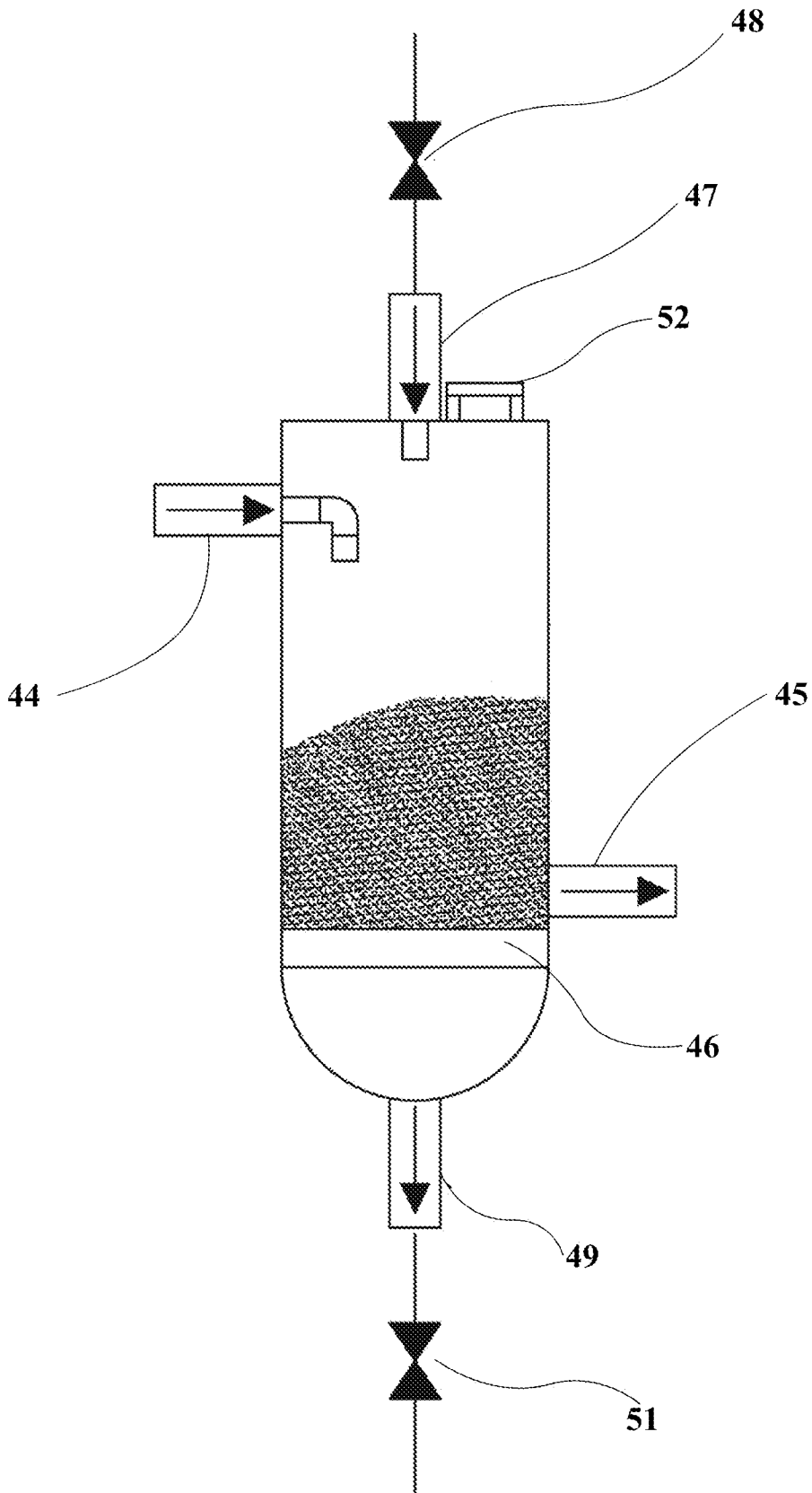


Fig. 5

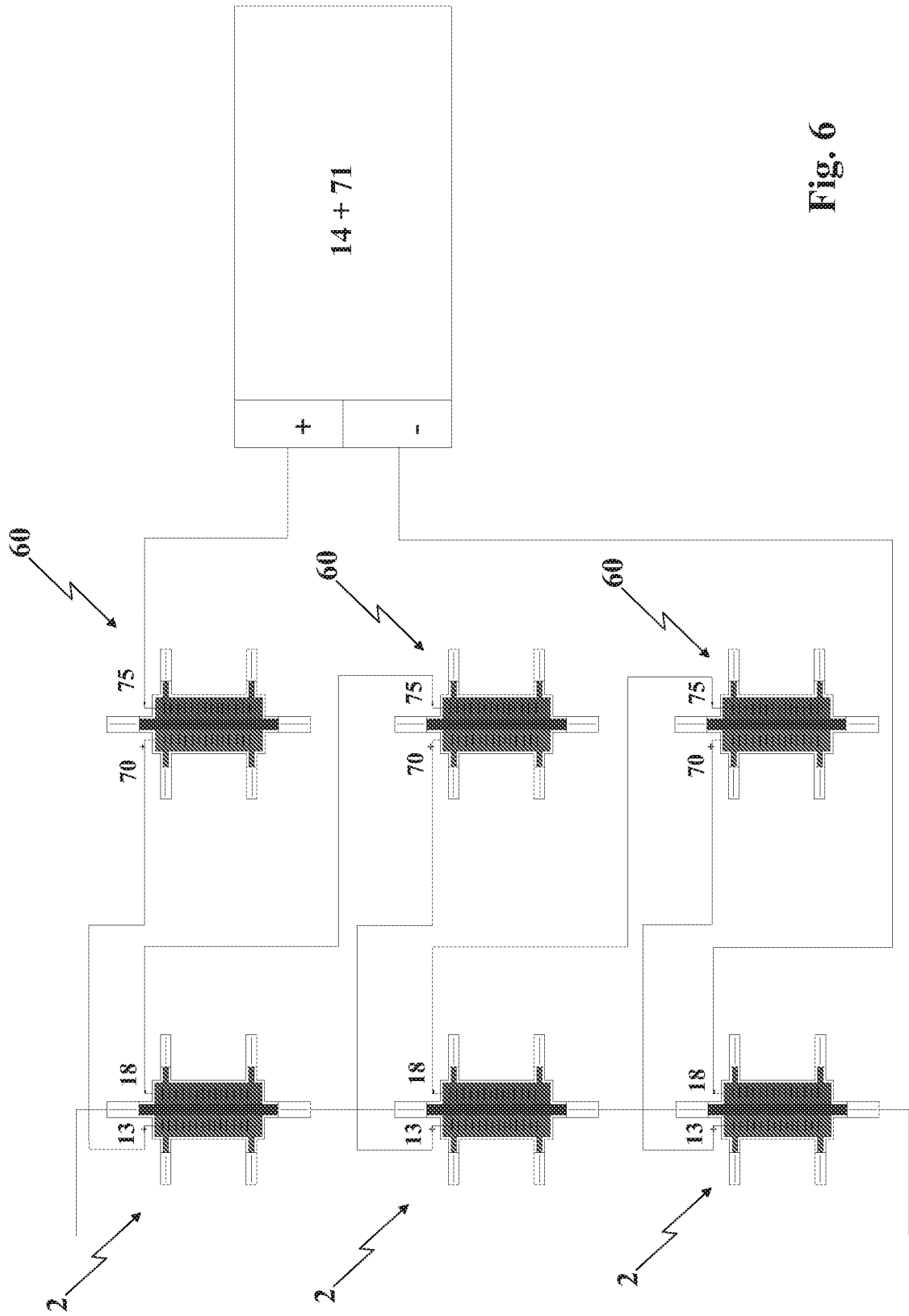


Fig. 6

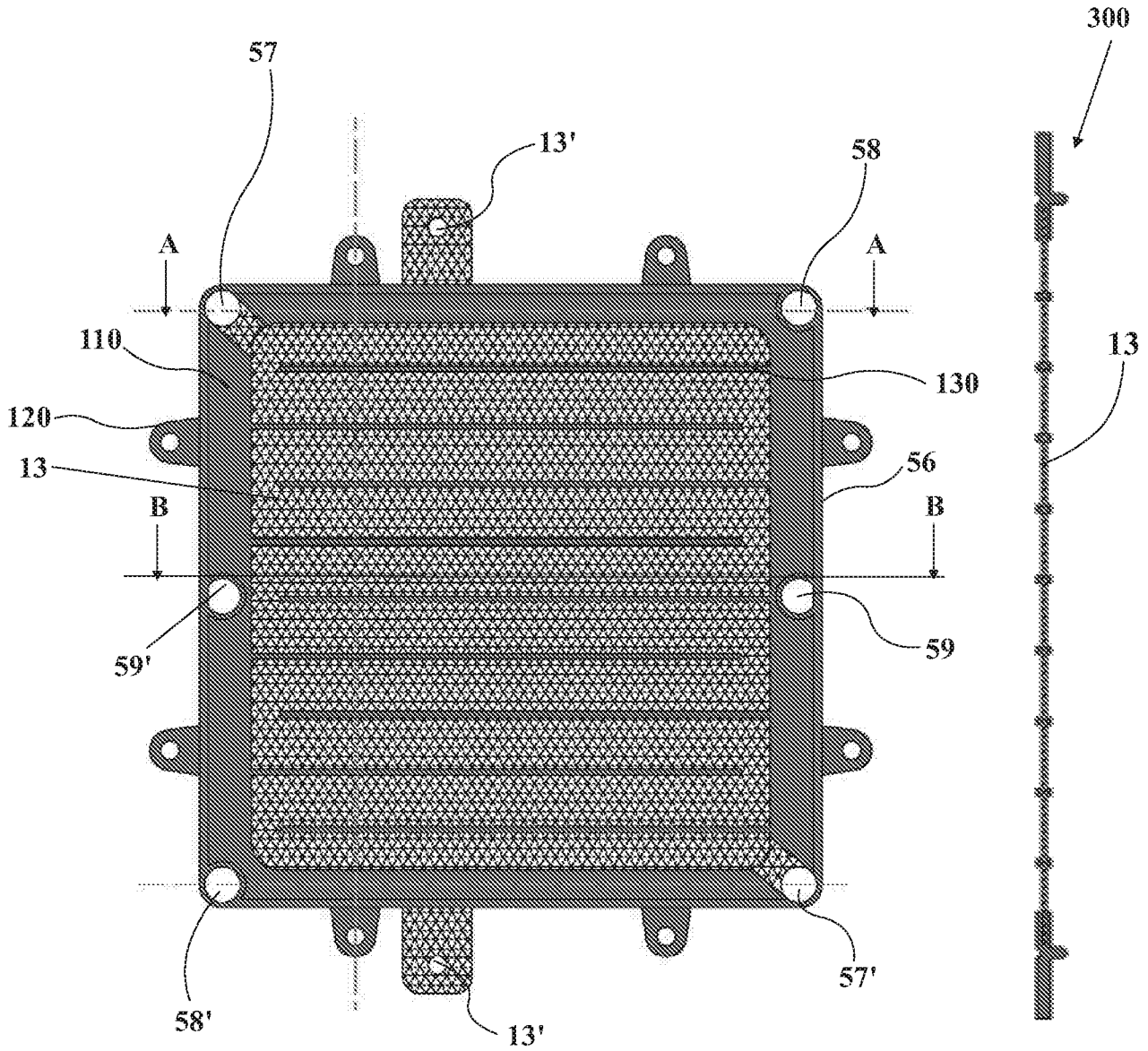


Fig. 7 B

Fig. 7 A

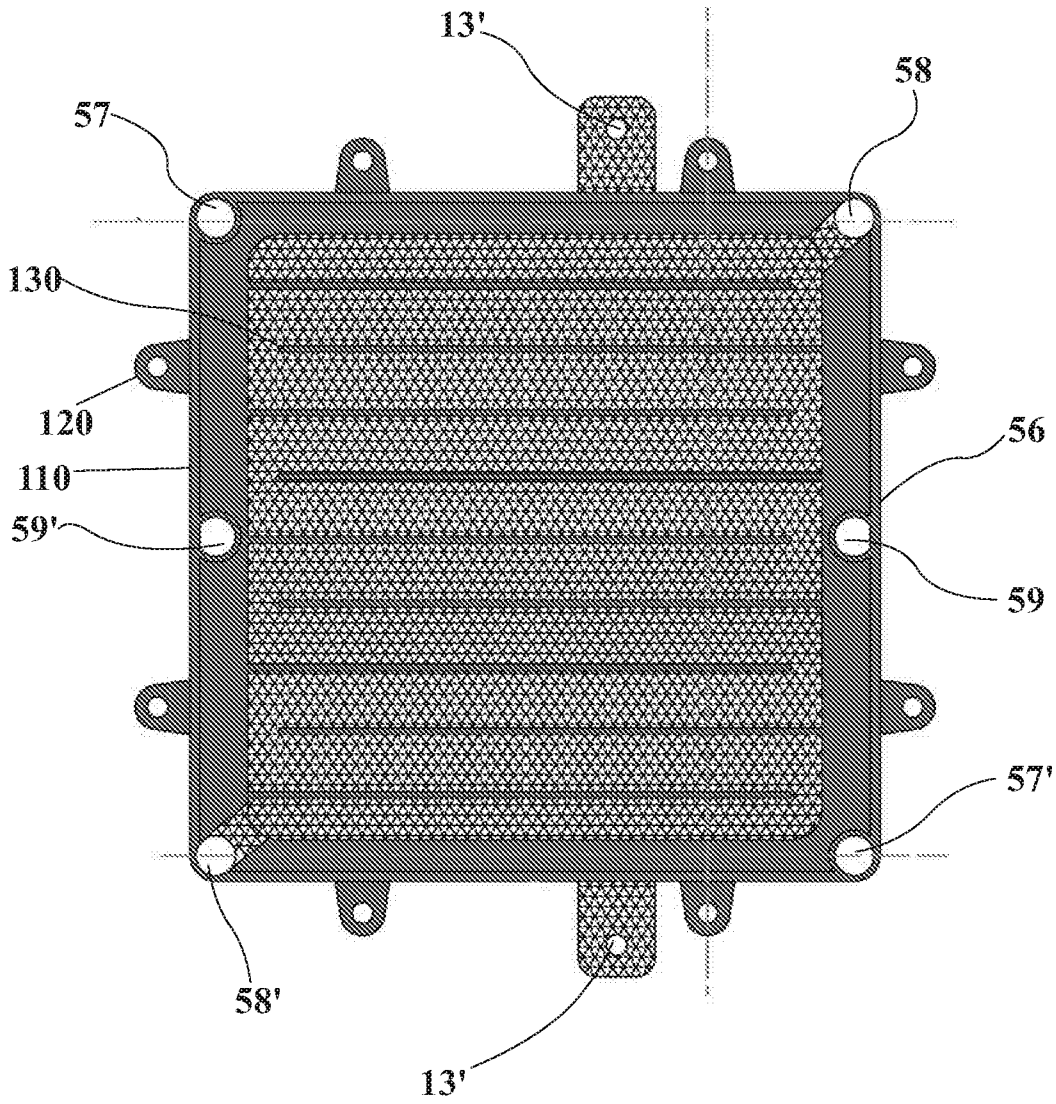


Fig. 8 A

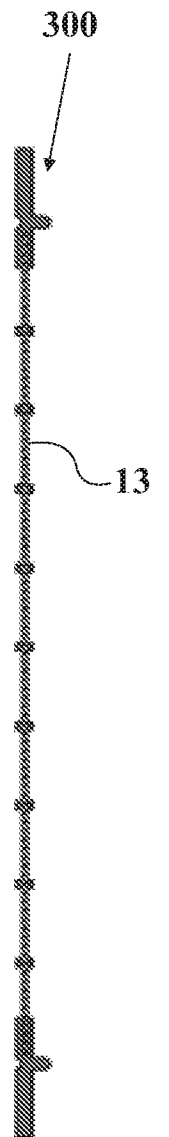


Fig. 8 B

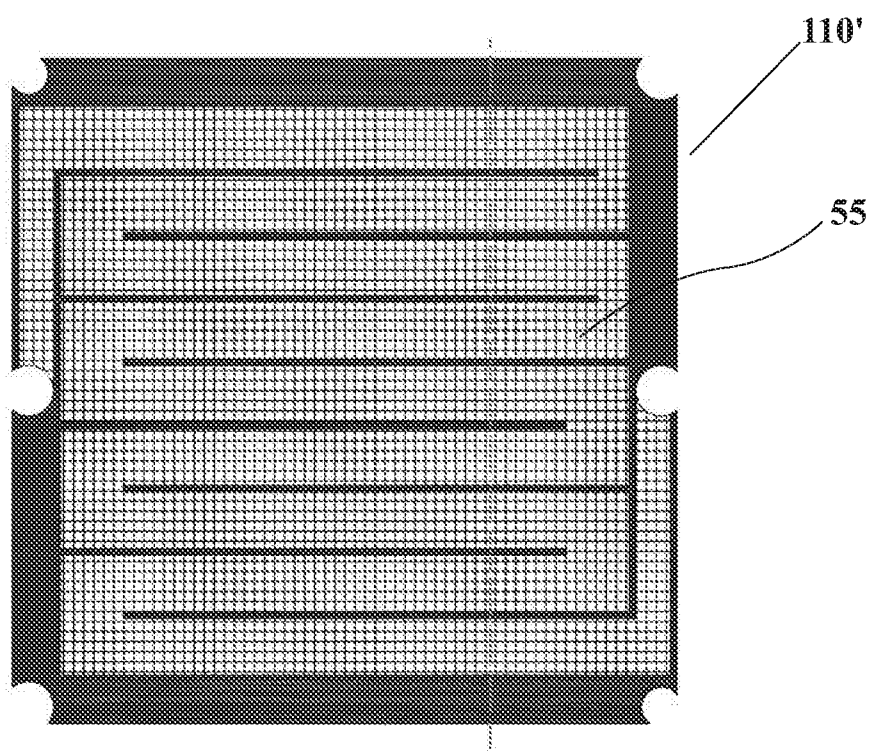


Fig. 9 A

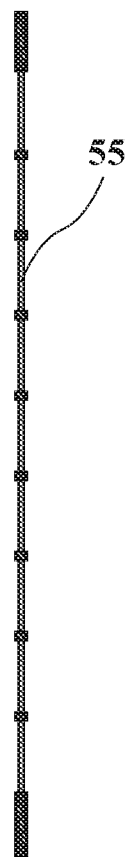


Fig. 9 B

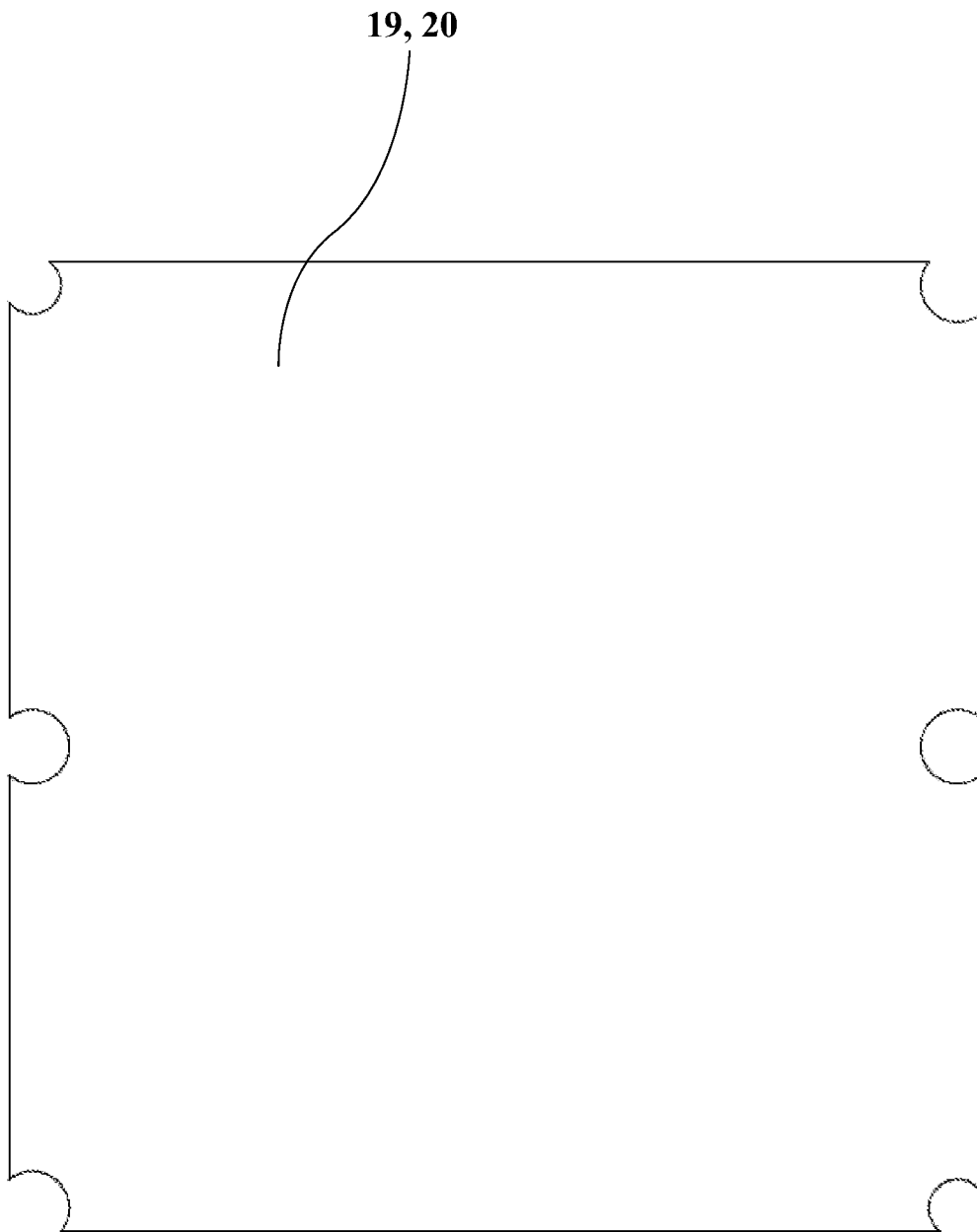


Fig. 10

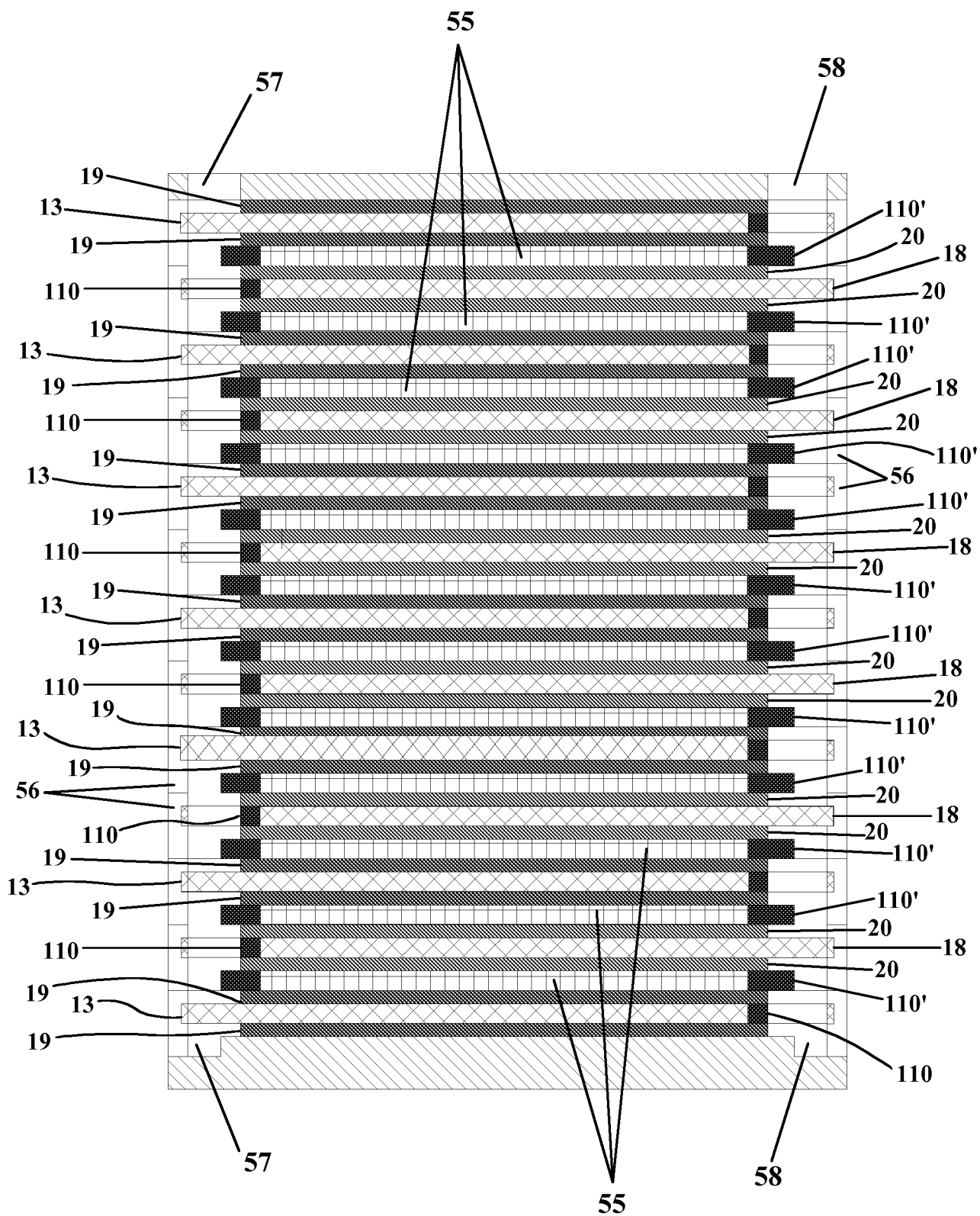


Fig. 11

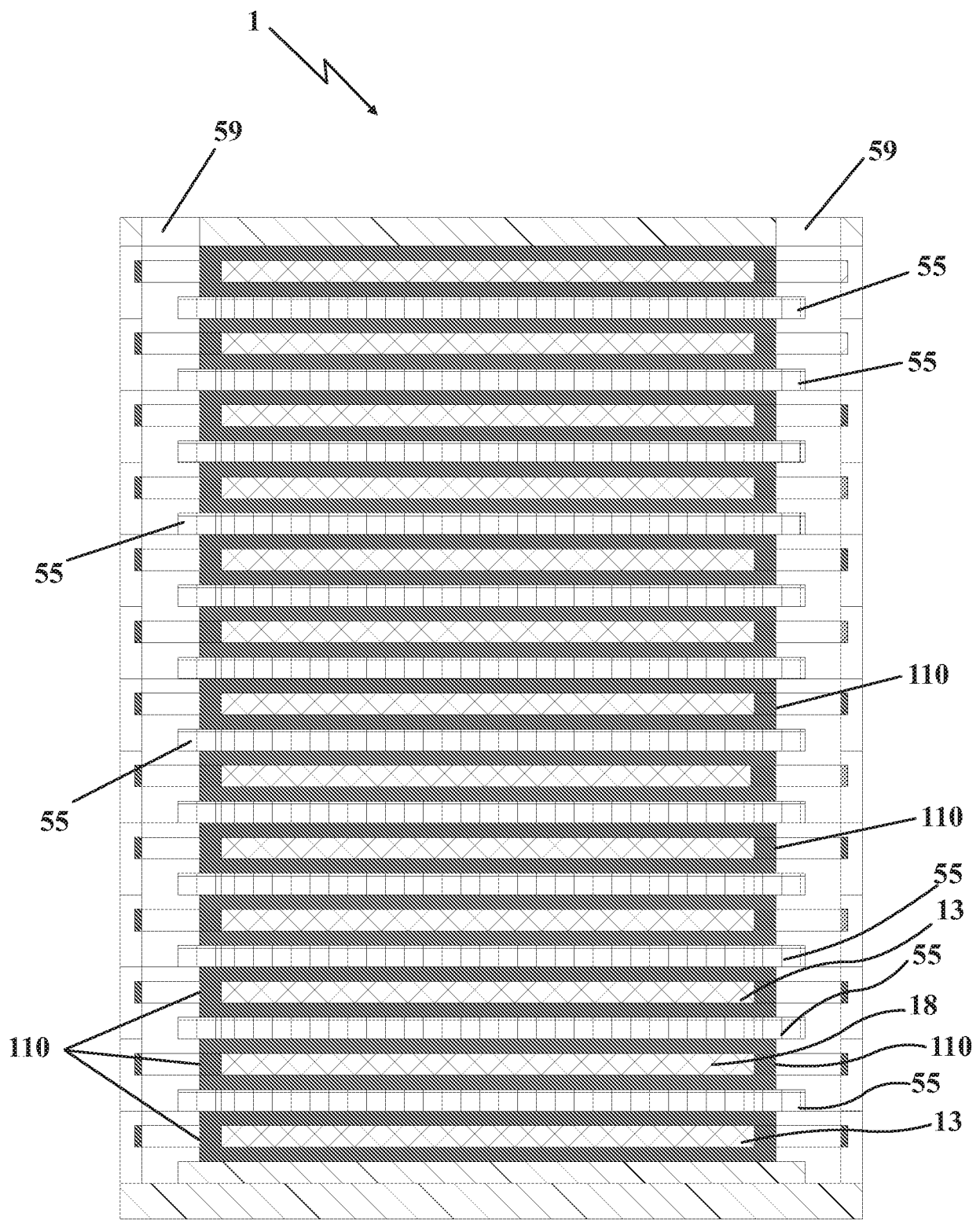


Fig. 12