ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902019762A1

Publication Date

20130803

Applicant

ELTEK S.P.A.

Title

SENSORE E METODO PER LA MISURA DI PROPRIETA DI UN LIQUIDO ATTRAVERSO UN ELEMENTO SENSORE

Front page automatically generated by WIPO

Descrizione dell'Invenzione Industriale dal titolo:-**EK058**-"**SENSORE E METODO PER LA MISURA DI PROPRIETÀ DI UN LIQUIDO ATTRAVERSO UN ELEMENTO SENSORE**"

di ELTEK S.p.A., di nazionalità italiana, con sede in Casale Monferrato (AL), Strada Valenza 5/A, ed elettivamente domiciliata presso i Mandatari Sig. Ing. Roberto Dini (Iscr. Albo No. 270BM), Sig. Ing. Marco Camolese (Iscr. Albo No. 882BM), il Sig. Dott. Giancarlo Reposio (Iscr. Albo No. 1168BM), Sig. Ing. Filippo Ferroni (Iscr. Albo No. 530BM) domiciliati, ai fini del presente incarico, presso la Metroconsult S.r.l. in Via Sestriere 100, 10060 None (TO),.

Inventori designati:

1)Pizzi Marco – Lungo Po Antonelli, 189 – 10153 - Torino

2)Merlano Piercarlo – Via Cordara, 42 – 15121 - Alessandria

3)Rondano Matteo - Regione Bonina – 15030 Camagna – Alessandria

4)Mortara Enrica - Fraz. Le Balmas n° 2 – 11020 Montjovet – Aosta

Depositata il No.

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un sensore, in particolare di tipo bender, e ad un metodo per la relativa misura di proprietà di un liquido, in particolare un combustibile, preferibilmente in veicoli.

Con il termine "bender" si intende generalmente un dispositivo costituito da uno o più elementi piezoelettrici associati ad un supporto flessibile non piezoelettrico, elettricamente conduttivo o isolante a seconda della configurazione specifica dell'elemento, che funge da vincolo all'elemento piezoelettrico, trasformando una deformazione in uno spostamento del dispositivo in direzione perpendicolare. Il bender descritto è generalmente definito come "monomorfo", in quanto prevede l'associazione di un elemento piezoelettrico ad un

elemento passivo detto anche supporto flessibile, non piezoelettrico.
In alternativa è possibile utilizzare due elementi piezoelettrici associati, saldati direttamente l'uno all'altro o saldati su un elemento passivo centrale, alimentati in modo tale che all'elongazione dell'uno corrisponda la contrazione dell'altro. Un bender in questa seconda configurazione è generalmente denominato "bimorfo".
Sia il dispositivo monomorfo che quello bimorfo funzionano essendo vincolati ad una estremità in modalità "sbarra incastrata" o "cantilever". Il concetto può essere esteso ad una lamina vincolata ad entrambe le estremità o a forme più complesse, ad esempio una croce vincolata alle quattro estremità o, portando il concetto al limite di infiniti lati di lunghezza infinitesima, ad una membrana, ad esempio circolare, vincolata sul suo perimetro.
Il vantaggio degli attuatori "bender", sia monomorfi che bimorfi, è quello di amplificare lo spostamento ottenibile con attuatori piezoelettrici anche di diversi ordini di grandezza: ad esempio una deformazione intrinseca dell'elemento piezoelettrico di pochi micrometri può essere amplificata fino a scale millimetriche. Questa caratteristica è ritenuta importante per il funzionamento del sensore proposto in questa domanda di brevetto, poiché ad un maggiore spostamento è legata una maggiore sensibilità della misura effettuata.
I bender possono inoltre essere realizzati mediante tecniche meno costose rispetto agli elementi bulk, come esposto più avanti, ed alimentati a tensione più bassa, caratteristica cruciale per una applicazione automobilistica.
Come è noto, la misura continuativa delle proprietà di un liquido ha un ruolo fondamentale, in quanto rende possibile l'ottimizzazione del processo a cui il liquido prenderà parte. Un esempio è dato dal processo di

combustione che avviene all'interno di un motore a combustione interna; al fine di aumentare l'efficienza della combustione, le caratteristiche di un carburante devono essere note prima che la combustione avvenga.
La densità e la viscosità del carburante costituiscono due parametri importanti per la regolazione di un motore a scoppio e non solo. Infatti, la densità permette di capire se al carburante sia stata aggiunta dell'acqua (che ha densità differente), mentre la viscosità permette di verificare se il carburante potrà essere polverizzato o nebulizzato al meglio dall'impianto d'iniezione.
La misurazione della viscosità diventa ancor più importante quando viene impiegato del gasolio di origine vegetale, che è più ricco di paraffine rispetto a quello di origine minerale; conoscendo la viscosità, si può intervenire riscaldando il carburante, se troppo viscoso, prima che questo venga polverizzato o nebulizzato all'interno dei cilindri del motore, senza che i condotti e/o gli iniettori del carburante si intasino.
Una soluzione per la misurazione della densità e/o viscosità è descritta da Shih et al. nel documento *"Simultaneus liquid viscosity and density determination with piezoelectric unimorph cantilevers"*, pubblicato sul *Journal of Applied Physiscs*, vol. 89(2). In questo documento è descritto un bender come quello utilizzato nell'ambito dell'invenzione rivendicata nella presente domanda di brevetto.
Un limite del sensore descritto in questo documento di arte nota è dato dalla sua poca sensibilità, la quale non permette di rilevare, in modo soddisfacente per talune applicazioni, le variazioni di densità e/o viscosità che avvengono in un liquido combustibile, a causa del limitato campo di variazione (pochi Hz o poche decine di Hz) della frequenza a cui il bender vibra.
Inoltre, la sensibilità di misura è anche peggiorata dalla presenza di vibrazioni dovute al funzionamento del motore,

che sono capaci di far vibrare il bender, contribuendo ad aumentare i disturbi entranti nel circuito di misura.
La presente invenzione si propone di risolvere questi ed altri problemi mettendo a disposizione un nuovo sensore e/o un nuovo metodo di misura, nel quale viene utilizzato un elemento di tipo bender.
Un'idea alla base della presente invenzione è quella di utilizzare un elemento di tipo bender per la rilevazione delle proprietà di un fluido, preferibilmente nei veicoli, comprendente almeno un elemento passivo, non piezoelettrico, associato ad un elemento attivo, piezoelettrico.
Un'ulteriore idea alla base della presente invenzione è quella di realizzare un sensore di tipo bender per la rilevazione delle proprietà di un carburante e/o di un olio o un lubrificante e/o di un additivo, quale un additivo per la combustione e/o lo scarico.
Un'ulteriore idea della presente invenzione è quella di impiegare un elemento ausiliario, detto anche elemento di riferimento, preferibilmente posizionato a distanza ravvicinata dal bender.
In questo modo è possibile aumentare la sensibilità della misura aumentando la variazione della frequenza di risonanza al variare della densità/viscosità, grazie all'impiego dell'elemento di riferimento che provoca un aumento del grado di smorzamento del sensore.
L'equazione del moto del bender immerso in un liquido posto in oscillazione da una forzante $F_0\exp(-i\omega t)$ è la seguente:

$$(Me+MI)\frac{d^2y}{dt^2}+(b_{in}+b)\frac{dy}{dt}+Ky=F_0\exp(-i\omega t)$$

dove *Me* e *K*, sono rispettivamente la massa effettiva e la costante elastica effettiva del bender, mentre *MI* e *b* sono rispettivamente la massa indotta e lo smorzamento dovuto al fluido. Si nota come *MI* e *b* dipendono rispettivamente dalla densità del fluido e dalla viscosità del fluido.

Pertanto, sia un aumento della densità del fluido che un aumento della sua viscosità portano ad un cambiamento della frequenza di risonanza del bender.
La presenza dell'elemento di riferimento a distanza ravvicinata dal bender aumenta la dissipazione dovuta allo scorrimento viscoso del fluido e quindi ad un aumento del contributo del parametro di smorzamento indotto b_{in}, aumentando così il campo di variazione della frequenza di risonanza del bender.
Per stimare contemporaneamente la densità e la viscosità del fluido senza ricorrere a modelli complessi e poco affidabili in condizioni operative, sono quindi possibili diverse procedure.
Una prima procedura prevede l'utilizzo di un singolo bender affacciato all'elemento di riferimento a due diverse tensioni di alimentazione cui corrispondono ampiezze di oscillazione diverse. A tensione di picco minore corrisponde minor interazione con l'elemento di riferimento rigido e quindi uno spostamento della frequenza di risonanza influenzato in pesi che diremo *Pm*MI* e *Pv*b*.
A tensione di picco maggiore corrisponde maggiore interazione con l'elemento di riferimento e quindi uno spostamento della frequenza di risonanza influenzato in pesi che diremo *Pm1*MI* e *Pv1*b*. I rapporti relativi *Pm/Pv* e *Pm1/Pv1* saranno diversi e permetteranno, mediante opportuna taratura, di stimare sia la densità che la viscosità. Quest'approccio può essere esteso per stimare altri parametri rilevanti, come ad esempio la pressione del fluido, sfruttando una terza condizione operativa che consenta di risolvere il sistema in tre incognite rappresentato da densità, viscosità e pressione.
Una seconda procedura prevede l'utilizzo di due bender uguali ma con elementi di riferimento differenti tra loro. Mentre una terza procedura prevede l'utilizzo di due bender con interazione diversa con il fluido, ad esempio

con superfici che interagiscono diversamente con il fluido.
Queste misure possono poi essere associate a misure di temperatura realizzate in una qualunque maniera.
Altra misura che si può associare è la misura di conducibilità del fluido e della sua costante dielettrica per ottenere una mappatura multi parametrica, in grado di fornire informazioni più precise circa il liquido carburante impiegato.
Ulteriori caratteristiche vantaggiose della presente invenzione sono oggetto delle allegate rivendicazioni.
Queste caratteristiche ed ulteriori vantaggi della presente invenzione risulteranno maggiormente chiari dalla descrizione seguente, effettuata in riferimento ad esempi di realizzazione mostrati nei disegni annessi, forniti a puro titolo esemplificativo e non limitativo, in cui:
fig. 1 illustra una vista prospettica di un condotto per il carburante accoppiato ad un sensore secondo l'invenzione;
fig. 2 illustra una vista prospettica del sensore secondo l'invenzione di fig. 1 separato dal condotto per il carburante;
fig. 3 illustra un esploso del sensore di fig. 2;
fig. 4 illustra una vista prospettica di una sezione del sensore e di parte del condotto per carburante di fig. 1;
fig. 5 illustra in prospettiva un elemento sensore compreso nel sensore di fig. 4;
fig. 5a è una vista ingrandita di un dettaglio dell'elemento sensore di fig. 5;
fig. 5b illustra una vista in sezione di un generico elemento sensore secondo l'invenzione;
Fig. 6 è una vista in prospettiva da altra angolazione dell’elemento sensore di fig. 5, con una parte asportata;
figg. 7, 8 e 9 illustrano una variante dell'elemento sensore di fig. 5 e 6;
figg. 10, 11 e 12 illustrano un'ulteriore variante

dell'elemento sensore di figg. 5-6;
figg. 13 e 14 illustrano una variante del sensore di fig. 2 comprendente un elemento sensore di forma circolare;
figg. 15 e 16 illustrano una vista prospettica di una sezione del sensore di fig. 13 accoppiato al condotto per carburante di fig. 1;
fig. 17 illustra una vista prospettica dell'elemento sensore di figg. 13 e 14;
fig. 18 illustra un esploso dell'elemento sensore di fig. 17;
fig. 19 illustra una vista prospettica di una variante dell'elemento sensore di fig. 17;
fig. 20 e 21 sono rispettivi schemi illustrativi che rappresentano corrispondenti esempi di applicazione del sensore secondo l'invenzione;
fig. 22 illustra in sezione l'applicazione di un sensore secondo l'invenzione ad un filtro per fluido;
fig. 23 illustra una variante di applicazione di un sensore secondo l'invenzione ad un condotto di fluido;
fig. 24(a)-24(d) illustrano schematicamente alcune forme di vincolo di un elemento del sensore secondo l'invenzione.
Con riferimento a fig. 1, in essa è mostrato un dispositivo D di alimentazione di un fluido per un motore a combustione interna, comprendente un condotto 1 per un liquido o carburante del tipo anche chiamato comunemente "fuel rail" o "common rail".
Nel condotto 1 è presente una sede di alloggiamento 11 compatibile con un sensore 2 secondo l'invenzione, un ingresso 12 mediante il quale viene fatto fluire un liquido o carburante e una o più uscite 13, preferibilmente quattro, alle quali sono collegati degli iniettori per l'alimentazione di cilindri di un motore a combustione interna (non mostrati nei disegni perché non rilevanti ai fini della spiegazione del trovato).
La sede di alloggiamento 11 è preferibilmente posizionata

su un lato del condotto per carburante 1, ed è sagomata per accoppiarsi con il sensore 2; tale accoppiamento è reso stabile da opportuni mezzi di fissaggio, quale un fermaglio o molletta 3 che blocca il sensore 2 in una condizione operativa; in particolare detta molletta 3 essendo atta ad interporsi tra una sede perimetrale del condotto 1 ed una sede perimetrale del sensore 2.

Come illustrato in fig. 2, al fine di garantire la tenuta dell'accoppiamento tra il condotto 1 e il sensore 2, è utilizzato un elemento di tenuta 21a, preferibilmente di tipo o-ring.

Con riferimento anche all'esploso di fig. 3, il sensore 2 comprende un connettore 22, un cavo 23 preferibilmente tripolare, una base o involucro 24 almeno in parte compatibile con la sede di alloggiamento 11 del condotto 1, un elemento di tenuta o protezione 25 a salvaguardia della zona di connessione elettrica tra il cavo 23 e il sensore 2, elementi di contatto o collegamento elettrico 26, un supporto per bender 27 dotato di almeno un'asola 27a, un elemento sensore 4 detto anche brevemente “bender”, a forma di parallelepipedo parzialmente inserito nell'asola 27a, un elemento di riferimento 28 ed un elemento di protezione 29 che preferibilmente protegge detto elemento sensore 4 da disturbi causati dal fluire del liquido e/o da particelle disperse in detto liquido, quando l'elemento sensore 4 si trova in una condizione di funzionamento.

Come illustrato anche dalla fig. 5b, l'elemento sensore 4 è composto da almeno un elemento passivo 31 non piezoelettrico e da almeno un elemento attivo 32 piezoelettrico di tipo bender, i quali sono resi solidali tra loro mediante mezzi appropriati.

L'elemento attivo 32 ha forma genericamente laminare che, nel caso di fig. 1-6, è piana e rettangolare.

Nell'esempio illustrato nelle figure 5, 6 e 5a, l'elemento sensore 4 è vantaggiosamente composto da tre elementi

attivi 32 e tre elementi passivi associati tra loro. Gli elementi attivi 32 sono preferibilmente sovrapposti in maniera alternata a detti elementi passivi 31, in modo da aumentare vantaggiosamente la forza sviluppata dall'elemento sensore 4 e ottenere così una misurazione più precisa.

L'elemento sensore 4 può essere impiegato per misurare liquidi che contengono sostanze chimicamente aggressive (es. acidi forti, basi o altro). Al fine di aumentare vantaggiosamente la resistenza dell'elemento sensore 4 a tali sostanze, detto elemento sensore 4 può essere, almeno in parte, provvisto di un involucro o rivestimento 34, in modo che sia gli elementi attivi 31 che gli elementi passivi 32 non entrino in diretto contatto con il liquido da misurare. A tale scopo, detto rivestimento 34 deve garantire il necessario livello di flessibilità, in modo che le misurazioni effettuate dall'elemento sensore 4 non risultino alterate o affette da errori.

L'elemento di riferimento 28 opera altresì come un riscontro di riferimento, ad esempio aumentando la dissipazione dovuta allo scorrimento laminare del liquido, in modo da garantire la correttezza di un processo di misura su cui si ritornerà più oltre.

Gli elementi di contatto 26 sono supportati dalla base 24, essendo inseriti o sovrastampati in essa.

La base 24 potrebbe anche comprendere un connettore elettrico integrato (non illustrato nelle figure), rendendo superflua la presenza del cavo 23 e del connettore 22. A tale scopo, le estremità 26a degli elementi di contatto 26 rivolte verso l'esterno del condotto 1, potrebbero essere impiegate per realizzare i terminali elettrici di detto connettore elettrico integrato, quale un connettore elettrico 22 solidale o di pezzo con l’involucro 24.

Le parti del sensore 2 che sono bagnate dal liquido da misurare comprendono l'elemento sensore 4 e gli elementi

28,29; tali elementi 28,29 presentano forma differente: l'elemento 28 ha forma ad L con il lato maggiore di lunghezza superiore a quella dell'elemento sensore 4, e il lato minore di lunghezza preferibilmente superiore allo spessore di detto elemento sensore 4; mentre l'elemento 29 ha forma cilindrica cava con la superficie laterale che presenta dei fori per permettere la circolazione del carburante attorno all'elemento sensore 4.

Come già detto sopra, l'elemento di riferimento 28 ha funzione di riscontro o riferimento quando l'elemento sensore 4 è in condizione di funzionamento, così da permettere l'esecuzione e/o il miglioramento del processo di misurazione. Infatti, il movimento del l'elemento sensore 4 induce il movimento di un flusso tra la superficie di tale elemento sensore 4 affacciata verso l'elemento di riferimento 28 e l'elemento di riferimento 28 stesso, rendendo così possibile una miglior rilevazione della viscosità del fluido, in quanto la distanza tra dette parti, unitamente alla loro larghezza, determina una sorta di canale in cui scorre il fluido.

L'elemento di riferimento 28 è distanziato dall'elemento sensore 4 in modo tale da non interferire meccanicamente con i movimenti di quest'ultimo quando si trova in condizione di funzionamento, ma esclusivamente mediante l'effetto mediato dal fluido, mentre l'elemento di protezione 29 è disposto attorno all'elemento 28 ed all'elemento sensore 4.

Quest'ultimo 4 ha forma di parallelepipedo ed è del tipo a due strati aventi vettori di polarizzazione paralleli e concordi (Y-poled). Per questa ragione l'elemento sensore 4 deve essere alimentato mediante tre contatti, che ne permettono un'alimentazione efficace anche con tensioni continue e/o alternate preferibilmente dell'ordine dei 12-13.8V comunemente fornite da batterie di tipo automobilistico.

Al fine di operare con suddette basse tensioni potrebbe

essere particolarmente vantaggioso utilizzare bender il cui materiale attivo piezoelettrico sia depositato mediante tecniche del film sottile, ad esempio sputtering, pulsed plasma deposition o sol gel, o tecniche di film spesso in modo da limitare lo spessore del materiale piezoelettrico a centinaia di nanometri nel caso delle tecniche di film sottile o di decine di micrometri nel caso in cui si utilizzino tecniche di film spesso. Per aumentare lo spostamento è possibile utilizzare soluzioni di tipo multistrato (multilayer) in cui più strati di materiale attivo sono alternati a strati conduttivi con la funzione di elettrodi. Come estensione delle tecniche di film spesso si segnala, inoltre, come il presente dispositivo potrebbe essere convenientemente realizzato anche con tecniche tipo LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics) che permettono di realizzare strati strutturali ceramici, conduttori, resistori e anche strati piezoelettrici.

Come illustrato anche dalle figure 4-6, la base 24 comprende una porzione 24c sagomata in modo da potersi almeno in parte inserire nella sede di alloggiamento 11 del condotto per carburante 1; tale porzione 24c della base 24 comprende anche una sede di alloggiamento 24d, preferibilmente di forma circolare, per alloggiare l'elemento di tenuta 21a, preferibilmente di tipo o-ring.

Inoltre, la base 24 comprende delle sedi di alloggiamento 24a degli elementi di contatto 26, che in questa forma esecutiva sono pari a tre; tali elementi di contatto 26 possono essere vantaggiosamente assemblati oppure co-stampati con la base 24, in modo da garantire una migliore resistenza meccanica dell'intero pezzo.

Al fine di garantire la tenuta evitando trafilamenti di liquido carburante lungo le sedi di alloggiamento 24a, il sensore 2 comprende, per ogni elemento di contatto 26, due o-ring rigidi 21b, preferibilmente metallici, in mezzo ai quali è presente un o-ring di gomma 21c, così che la

tenuta radiale dell'o-ring 21c rispetto alla base 24 è migliorata dalla presenza dei due o-ring rigidi 21b; tali o-ring 21b,21c sono centrati attorno all'elemento di contatto 26 e mantenuti in posizione mediante delle sedi 24b comprese nella base 24. Anch'essi possono essere vantaggiosamente assemblati oppure integrati all'interno della base 24 mediante co-stampaggio per lo stesso motivo di cui si è detto sopra.

Gli elementi di contatto 26 collegano elettricamente i contatti compresi nell'elemento sensore 4, preferibilmente due o tre, con il cavo 23. Il collegamento elettrico tra un elemento di contatto 26 e l'elemento sensore 4 è ottenuto mediante dei terminali o fili metallici 26a, preferibilmente aventi sezione inferiore a quella degli elementi di contatto 26, così da permettere una più facile sistemazione e/o connessione, anche mediante piegatura, nelle vicinanze dell'elemento sensore 4 e/o saldatura su detto elemento sensore 4; mentre il contatto elettrico tra gli elementi di contatto maschio 26 e il cavo 23 è garantito mediante i capicorda o contatti femmina 20 e/o eventuale saldatura.

I capicorda 20 potrebbero essere sagomati per essere compatibili con le sedi 24b e/o eventualmente possono essere co-stampati con la base 24 per le ragioni di cui si è detto sopra.

Il connettore 22 comprende un numero di contatti elettrici (non illustrati nelle figure) preferibilmente pari al numero di elementi di contatto 26 che alimentano l'elemento sensore 4; tali contatti elettrici sono in collegamento elettrico con il cavo 23, e quindi con l'elemento sensore 4; tale connettore 22 può, inoltre, essere sagomato in modo da soddisfare un qualunque standard di tipo automobilistico o altro standard.

Ad esempio, il connettore 22 raffigurato rientra tra le tipologie riconosciute da alcuni costruttori automobilistici o loro fornitori (es. FIAT - Serie 150

Super Seal, Delphi Inc serie GT); altre tipologie sono, per esempio, la serie Metri-Pack di Delphi, ecc.
Riguardo al funzionamento del sensore 2, è necessario evidenziare che l'elemento sensore 4 è vincolato lungo un asse A-A a causa dell'interferenza tra l'asola 27a del supporto per bender 27 ed un estremità dell'elemento sensore 4 stesso. Quando l'elemento sensore 4 è alimentato da una tensione alternata, esso si flette lungo una direzione prevalente che coincide con un asse B-B, il quale è ortogonale all'asse A-A. Risulta evidente che l'estremità dell'elemento sensore 4 più lontana dal supporto per bender 27 compie un movimento di maggiore escursione rispetto alle altre parti dell'elemento sensore 4.
I sensori Bender possono funzionare in due modalità, ossia come "generatori" oppure come "attuatori". Nella presente domanda di brevetto, in una delle versioni proposte del sensore, una porzione del/degli elemento/i piezoelettrici viene utilizzata come attuatore, un'altra come sensore, per misurare l'effettiva deformazione dell'elemento sensore 4 in diversi istanti del funzionamento.
In un'installazione di tipo automobilistico come questa qui descritta, è necessario tenere conto del fatto che l'elemento sensore 4, anche se non alimentato, vibri a causa del funzionamento del motore alimentato dal condotto 1, facendo così produrre all'elemento sensore 4 una tensione contenente delle componenti di disturbo. Per questo motivo, la frequenza di funzionamento del sensore sarà dunque scelta in modo che sia maggiore delle frequenze generate dal motore e dalle altre parti meccaniche in movimento del veicolo. La miniaturizzazione del bender, oltre ad aumentare la sensibilità del sensore, presenta frequenze di risonanza più elevate. L'elemento sensore 4 avrà frequenze di risonanza del primo modo comprese tra 150 Hz e 30 kHz, preferibilmente comprese tra 10 e 20 kHz.

In sintesi, un metodo per la misura della densità e della viscosità di un liquido mediante l'elemento sensore 4 comprende i seguenti passi:

a. misurazione di una prima frequenza di risonanza dell'elemento sensore 4 applicando una tensione di picco V1, ad esempio 3V;

b. misurazione di una seconda frequenza di risonanza con tensione di picco V2 maggiore di V1, ad esempio 12 V;

c. stima in base ad una mappatura precedentemente eseguita dei valori di densità e viscosità del liquido in cui l'elemento sensore 4 è immerso.

In alternativa al metodo sopra descritto, un secondo metodo che utilizzi un singolo elemento sensore 4 ma due modi di oscillazione, ad esempio frequenze vicine alla prima e alla seconda frequenza risonanza, comprende i seguenti passi:

a. misurazione di una prima frequenza di risonanza quando l'elemento sensore 4 è eccitato da una frequenza f1 corrispondente ad il suo primo modo di vibrazione;

b. misurazione di una seconda frequenza di risonanza quando l'elemento sensore 4 è eccitato da una frequenza f2 corrispondente ad il suo secondo modo di vibrazione;

c. stima in base ad una mappatura precedentemente eseguita dei valori di densità e viscosità del liquido carburante in cui l'elemento sensore 4 è immerso.

In alternativa ai metodi sopra descritti, un terzo metodo che utilizzi due elementi sensori 4 con vincoli diversi e che, quindi, abbiano caratteristiche differenti tra di loro (ad esempio un bender B1 senza gli elementi di riferimento 28, e un bender B2 con gli elementi di riferimento 28 comprende i seguenti passi:

a. misurazione di una frequenza di risonanza del primo elemento sensore 4;

b. misurazione di una frequenza di risonanza del secondo elemento sensore 4;

c. stima in base a mappatura precedentemente eseguita dei

valori di densità e viscosità del liquido in cui l'elemento sensore 4 è immerso.
In generale il metodo comprenderà l'utilizzo di n modalità di funzionamento per la stima di m parametri, con m minore o uguale a n (m <= n).
Ad esempio si potrà utilizzare un singolo bender a frequenza fissa, preferibilmente in prossimità di una frequenza di risonanza, a n tensioni diverse con relativi diversi rapporti tra l'influenza del parametro dipendente principalmente dalla densità e quello dipendente principalmente dalla viscosità, per stimare m parametri, con m minore o uguale a n. Ad esempio potrà essere effettuata una mappatura dello spazio definito dai valori di quattro smorzamenti a quattro differenti tensioni di alimentazione, che sono definite in uno spazio R4, per ricavare, mediante opportuna funzione di trasformazione, i valori di densità, viscosità e pressione, che sono definiti in uno spazio R3.
Analogamente lo spazio R4 potrà essere definito da due bender diversi o con vincoli diversi alimentati a due diverse tensioni di alimentazione. La frequenza di risonanza dell'elemento sensore 4 risulta influenzata dal variare della viscosità e dalla densità del liquido. Infatti, maggiore è la viscosità e la densità del liquido, maggiore sarà la resistenza (drag) incontrata dall'elemento sensore 4 durante il suo movimento.
La configurazione utilizzata con gli elementi di riferimento 28 ravvicinati all'elemento vibrante permette di enfatizzare l'influenza della viscosità sulla risposta del sensore, rendendo possibile configurare la scala del sensore posizionando gli elementi 28 ad un opportuna distanza dall'elemento sensore 4.
Questa resistenza influenza il valore della frequenza di risonanza dell'elemento sensore 4: maggiore è la viscosità e, quindi, la resistenza opposta al movimento dell'elemento sensore 4, minore sarà la frequenza di

risonanza dell'elemento sensore 4; mentre minore è la viscosità, maggiore sarà la frequenza di risonanza dell'elemento sensore 4.
Dal principio di misura adottato, risulta preferibile montare l'elemento sensore 4 in una posizione che eviti ad esso di essere sottoposto a forze dovute a correnti fluide, vortici o altro. Per questo motivo, attorno all'elemento sensore 4 sono preferibilmente previsti gli elementi di protezione 29 che proteggono l'elemento sensore 4 dai disturbi; tali protezioni 29 devono garantire la protezione dell'elemento sensore 4, evitando però il ristagno del liquido attorno ad esso, per non falsare il processo di misura.
Rispetto all'arte nota in cui un bender è inserito nel fluido e dalla frequenza di risonanza e dalla larghezza del picco si risale al valore di viscosità e densità, in questo caso si propone di porre degli elementi di riferimento 28 vicino al bender che costringano il fluido a scorrere di moto laminare in regioni molto prossime al bender stesso. E' infatti noto come le onde trasversali si propaghino molto poco nei fluidi. Utilizzando opportuni elementi di riferimento 28 posti a distanza ravvicinata dal bender, è possibile amplificare l'effetto della viscosità sulla variazione del valore di frequenza di risonanza. E' da notare come inserendo più elementi piezoelettrici (ad esempio bender) sia possibile misurare sia la viscosità che la densità esclusivamente in base al valore di frequenza di risonanza. Si possono ad esempio predisporre bender con lunghezze diverse e/o elementi di riferimento 28, come precedentemente esposto.
Sono ovviamente possibili numerose varianti all'esempio fin qui descritto.
Una prima variante è quella illustrata nelle figure 7-9; per brevità nella descrizione che segue, saranno evidenziate solamente le parti che differenziano questa e le successive varianti rispetto alla forma esecutiva

principale sopra descritta; per il medesimo motivo si utilizzeranno, ove possibile, i medesimi riferimenti numerici con uno o più apici per indicare elementi strutturalmente e funzionalmente equivalenti.

In questa variante del sensore 2^{I} vengono impiegati degli elementi di riferimento e/o protezione diversi rispetto a quelli della forma esecutiva principale. Infatti, è impiegato un elemento 28^{I} a forma di parallelepipedo al posto dell'elemento 28 utilizzato nel precedente esempio. Per quanto riguarda l'elemento 29, esso può anche essere presente, ma non viene raffigurato per semplicità.

L'elemento 28^{I} ha dimensioni e forma paragonabile a quelle dell'elemento sensore 4; tale elemento 28^{I} è posizionato parallelamente all'elemento sensore 4, nella stessa posizione che nell'esempio precedente era occupata dall'elemento di riferimento 28.

La principale differenza tra gli elementi 28 e 28^{I} sta nella presenza di fori $28^{I}a$ (già presenti nell'elemento di protezione 29).

Questi fori $28^{I}a$ hanno la funzione di formare dei canali in cui il fluido da analizzare possa scorrere di moto laminare. Hanno inoltre la funzione di evitare il ristagno del liquido sulla superficie dell'elemento sensore 4, consentendo il fluire costante di detto liquido, e di proteggere detto elemento sensore 4 dalle turbolenze generate dal movimento del liquido da misurare.

Per mantenere l'elemento 28^{I} nella sua posizione, è presente un supporto per bender 27^{I} simile al supporto per bender 27 dell'esempio precedente.

Il supporto 27^{I} differisce dal supporto 27 per la presenza di almeno un'asola (non illustrata nelle figure) compatibile con un estremità dell'elemento di riferimento 28^{I}.

Nelle figure 10-12 è illustrata una seconda variante simile alla precedente. Il sensore 2^{II} di questa variante si differenzia da quella precedente per la presenza di due

elementi 28^{II}, ognuno dei quali è pressoché identico all'elemento 28^{I} della prima variante.
In questo modo l'ingombro del sensore è aumentato, ma si aumenta vantaggiosamente anche la misurabilità di un moto laminare del liquido, poiché l'intensità di quest'ultimo è incrementata dalla presenza di un'ulteriore elemento 28^{II}.
Il maggiore ingombro del sensore 2^{II} all'interno del condotto è compensato dall'aumentata resistenza che il fluido oppone all'oscillazione, migliorando così la sensibilità di detto sensore 2^{II}.
Per mantenere in posizione i due elementi 28^{I}, è presente un supporto per bender 27^{II} simile al supporto per bender 27^{I} dell'esempio precedente.
Il supporto 27^{II} differisce dal supporto 27^{I} per la presenza di un'ulteriore asola (non illustrata nelle figure) compatibile con l'estremità del secondo elemento 28^{II}.
Detti supporti $27,27^{I},27^{II}$ potrebbero essere vantaggiosamente realizzati stampando un materiale direttamente su almeno parte dell'elemento sensore 4 e/o dell'elemento di riferimento $28,28^{I},28^{II}$ e/o dei terminali o collegamenti elettrici 26; in particolare sovrastampando un materiale polimero o termoplastico o termoindurente o elastomero. In alternativa, detti supporti $27,27^{I},27^{II}$ potrebbero essere vantaggiosamente realizzati colando un materiale indurente o una resina su almeno parte dell'elemento sensore 4 e/o dell'elemento di riferimento $28,28^{I},28^{II}$ e/o dei terminali o collegamenti elettrici 26.
Detti supporti $27,27^{I},27^{II}$ potrebbero vantaggiosamente realizzare un elemento di tenuta.
Una terza variante è illustrata nelle figure 13-18. Questa variante comprende un sensore 2^{III} che presenta alcune differenze rispetto ai sensori 2, 2^{I}, 2^{II} sin qui considerati.
Una prima differenza è data dal fatto che il sensore 2^{III} comprende un elemento sensore 4^{III} di forma sostanzialmente

circolare; tale elemento sensore 4^{III} comprende una membrana o elemento passivo 31^{III} avente le stesse funzioni dell'elemento passivo 31 descritto in precendenza, preferibilmente realizzata in allumina, sulla quale vengono serigrafati elettrodi ed uno strato piezoelettrico o elemento attivo 32^{III} avente la stessa funzione dell'elemento attivo 32 descritto negli esempi precedenti.
Il sensore 2^{III} comprende un elemento di riferimento 28^{III} di forma circolare avente dimensioni simili a quelle dell'elemento sensore 4^{III}, così da potersi sovrapporre ad esso, formando un'intercapedine all'interno della quale può fluire il liquido da misurare.
L'elemento 28^{III} assolve le stesse funzioni degli elementi 28 presenti nelle precedenti varianti, e comprende fori 28^{III}a,28^{III}b per consentire il moto laminare del liquido da misurare.
Entrambi i fori 28^{III}a, 28^{III}b hanno forma preferibilmente ellittica, e sono disposti con simmetria radiale. I fori 28^{III}a hanno dimensione maggiore rispetto ai fori 28^{III}b, e detti fori 28^{III}a sono posizionati in prossimità del bordo dell'elemento 28^{III}, mentre i fori 28^{III}b sono posizionati al centro di detto elemento 28^{III}.
I fori 28^{III}a, che sono di dimensione maggiore, oppongono minore resistenza al flusso. Infatti, la loro funzione principale è quella di migliorare il ricambio del fluido nell'intercapedine. Mentre i fori 28^{III}b interagiscono maggiormente con il moto del fluido generato dalla deformazione dell'elemento sensore 4^{III}, in quanto sono di dimensioni minori rispetto ai fori 28^{III}a, e sono posizionati frontalmente alla parte centrale dell'elemento sensore 4^{III}, dove la deformazione è massima.
L'elemento sensore 4^{III} è posizionato in modo da avere il suo asse coincidente con quello di una base 24^{III}, quest'ultima simile per forma e funzione alla base 24 dell'esempio principale.
L'elemento sensore 4^{III} è mantenuto in posizione e/o

posizionato a tenuta mediante l'azione di un anello circolare o elemento di tenuta 30, a cui è associato o fissato all'elemento sensore 4^{III}, dove in particolare detto anello circolare 30 opera sull'intero perimetro circolare di un elemento passivo 31^{III} del bender; tale elemento passivo 31^{III} assicura l'adeguato posizionamento dell'elemento attivo 32^{III}, appoggiandosi alla base 24, e aumenta la rigidità complessiva dell'elemento sensore 4^{III}.
Questa variante porta al limite il concetto di mensola ("cantilever") presente nella forma esecutiva principale. Infatti, la forma del disco può essere ottenuta mediante un processo al limite nel quale sono presenti infiniti lati di lunghezza infinitesima vincolati lungo il perimetro dell'elemento sensore 4^{III}, invece che un solo lato vincolato come nel caso illustrato in fig. 7.
In alternativa il bender circolare può essere realizzato per serigrafia direttamente su strutture ceramiche monolitiche che comprendono una membrana ceramica dello spessore di decine di micrometri e una corona ceramica circolare più spessa di sostegno, ovvero realizzato tramite una serigrafia o deposizione di un elemento attivo piezoelettrico 32^{III} direttamente sull'elemento passivo 31^{III}; tale elemento passivo 31^{III} è una membrana che consente vantaggiosamente l'aumento di rigidità dell'elemento attivo piezoelettrico 32^{III}, così da ottenere gli stessi benefici descritti in precedenza.
Quando l'elemento sensore 4^{III} è alimentato da una corrente alternata, esso si muove lungo un asse C-C indicato nelle figure 17 e 18, e il suo centro è la parte che si muove con la maggiore escursione.
Per l'alimentazione dell'elemento sensore 4^{III} è impiegato un cavo bipolare 23^{III}, il quale mette in contatto elettrico l'elemento sensore con un connettore 22^{III} simile al connettore 22 utilizzato nelle varianti precedenti; tale connettore 22''' comprende due contatti elettrici rispettivamente collegati ai due conduttori 23^{III}b compresi

nel cavo bipolare 23^{III} (come illustrato in fig. 16).
Ognuno dei conduttori 23^{III}b comprende al proprio interno un filo 23^{III}a che realizza il contatto elettrico diretto tra l'elemento attivo 32^{III} ed il connettore 22^{III}, senza impiegare i capicorda 20 impiegati nelle precedenti varianti.
La saldatura dei contatti elettrici deve avvenire in zona periferica rispetto al centro della membrana per evitare lo smorzamento del moto del bender.
In questa variante l'elemento sensore 4^{III} non è immerso all'interno nel liquido da misurare, bensì solo una sua faccia è lambita da detto liquido.
Allo scopo di limitare la quantità di vibrazioni captate dall'elemento sensore 4^{III}, è preferibile collocare detto elemento sensore 4^{III} in una posizione in cui l'asse C-C sia perpendicolare alla direzione in cui le vibrazioni prodotte dal funzionamento del motore sono massime.
Infine, una quarta variante è illustrata in fig. 19. Questa variante differisce dalla precedente principalmente per il fatto di comprendere una partizione di un elettrodo dell'elemento sensore 4^{IV} tipo bender di forma circolare; tale bender 4^{IV} comprende, infatti, tre elementi piezoelettrici posizionati su una faccia della membrana passiva, che è preferibilmente realizzata in allumina, assieme ai relativi elettrodi.
Questo bender 4^{IV} permette di alimentare un elemento attivo piezoelettrico con un contatto, mentre l'altro elemento attivo piezoelettrico può essere utilizzato come sensore per misurare la deformazione della membrana. Lo stesso concetto può ovviamente essere applicato anche ai bender rettangolari precedentemente descritti con una opportuna configurazione degli elettrodi, ossia è possibile utilizzare sia bender aventi uno o due o più elementi attivi.
Inoltre, in questa variante, per assicurare il contatto elettrico tra il bender 4^{IV} ed il circuito di misura, sono

impiegati gli stessi mezzi impiegati nell'esempio principale, ossia gli elementi di contatto 26, i capicorda 20, il cavo tripolare 23 e il connettore 22.

Nelle figure 20 e 21 sono illustrati due esempi di applicazione del sensore 2 secondo l'invenzione.

In particolare, figura 20 rappresenta in forma schematica un esempio di applicazione del sensore 2-2^{IV}, in cui detto sensore 2-2^{IV} è abbinato ad un sistema di iniezione di un additivo in un motore di autoveicolo, al fine di ridurre le emissioni inquinanti quali gli ossidi di azoto (NO_x), il monossido di carbonio e l'anidride carbonica (CO e CO_2), il particolato (PM).

Tale sistema di iniezione utilizza la Riduzione Catalitica Selettiva (brevemente SCR), che è un processo noto di abbattimento degli inquinanti.

In pratica, in tale processo un agente chimico riducente (ad esempio il prodotto noto commercialmente con la denominazione AdBlue) allo stato liquido viene aggiunto ai gas di scarico in presenza di un catalizzatore: il riducente reagisce con gli ossidi di azoto (NOx) che si trovano nei gas di scarico, formando vapore acqueo (H_2O) e azoto gassoso (N_2).

Per poter fare ciò occorre che l'agente riducente liquido sia dosato in maniera precisa tramite un iniettore.

Nell'esempio di fig. 20 il sistema antinquinante comprende un condotto di ingresso dell'aria 100 al quale è associato un filtro dell'aria in ingresso 101 ed una tubazione di aspirazione dell'aria 102, che mette in comunicazione di fluido il filtro 101 con uno stadio turbocompressore comprendente una turbina 103a ed un compressore 103.

Il sistema antinquinante è associato ad un motore a combustione interna 104 comprendente un collettore di scarico 104a collegato alla turbina 103a, e dove l'uscita della turbina 103a è collegata a sua volta ad un tubo di scarico dei gas esausti 102b, lungo il quale è posto un gruppo catalizzatore 106, che attua la reazione di

catalizzazione SCR.
La tubazione di aspirazione dell'aria 102 è posta in comunicazione di fluido con l'ingresso del compressore 103, il quale comunica a valle con un collettore di aspirazione 104b del motore 104 tramite una canalizzazione 107, lungo la quale in questo caso è installato uno stadio di raffreddamento 108 (cosiddetto intercooler).
Il flusso d'aria viene aspirato dall'ingresso 100, a valle del quale il filtro 101 provvede a trattenere le particelle solide in sospensione, ad esempio polveri. Una volta filtrato, il flusso d'aria entra nel turbo-compressore 103 dove viene compresso e da cui viene forzato nel collettore d'aspirazione 104b, generando un flusso d'aria compressa e alimentando ai cilindri del motore 104 una massa d'aria maggiore di quanta ne potrebbero aspirare in assenza di compressione.
Per il suo funzionamento, il compressore 103 è collegato con un albero alla turbina 103a, la quale viene messa in rotazione dai gas di scarico che provengono dal collettore 104a.
Il flusso d'aria compressa in uscita dal turbocompressore 103, prima di essere inviato al collettore di aspirazione 104b, viene raffreddato attraverso lo stadio 108, ossia uno scambiatore termico (del tipo aria/aria o aria/acqua) che raffredda l'aria in uscita dal turbocompressore prima che questa entri nel motore 104.
Per regolare al meglio il funzionamento del sistema SCR sono previsti opportuni sensori di pressione e/o temperatura e/o di umidità dell'aria (non illustrati nelle figure), in modo che un'unità di controllo 109 possa dosare al meglio un'agente di riduzione (ad esempio AdBlue).
A tale fine nel sistema di fig. 20 è previsto un iniettore 110 per l'agente di riduzione in forma liquida, posizionato a monte del gruppo catalizzatore 106.
Il dosaggio di detto agente riducente è effettuato

dall'unità di controllo 109 che controlla tutti i parametri fisici alla base della reazione di Riduzione Selettiva Catalitica (SCR).
A contatto coi gas di scarico caldi l'agente di riduzione, spruzzato dall'iniettore 110, si scinde generando così dell'ammoniaca, che reagisce con gli ossidi di azoto nel catalizzatore 106, per trasformarli in particelle di azoto ed acqua. L'unità di controllo 109 esegue l'esatto dosaggio dell'agente di riduzione, aggiunto in un relativo serbatoio 111. L'unità elettronica 109 che sovrintende al dosaggio, è collegata all'elettronica del motore e miscela in modo equilibrato la combinazione agente riducente e gas di scarico, in base a parametri del motore (quali la temperatura dell'aria in ingresso, la temperatura dell'acqua, la portata d'aria in ingresso, il numero di giri), così che l'agente di riduzione venga sempre vantaggiosamente iniettato nella giusta quantità.
Per ottimizzare il processo è utilizzato un sensore 112, che può essere sensibile all'ammoniaca (NH_3) o agli NOx, posizionato sul tubo di scarico 105 a valle del catalizzatore 106. La rilevazione operata dal sensore 112 è molto importante, poiché da essa dipende la regolazione della quantità ottimale di agente riducente che viene spruzzata dall'iniettore 110.
Secondo l'invenzione è previsto almeno un sensore bender $2\text{-}2^{IV}$ atto a rilevare le caratteristiche dell'agente riducente nel veicolo, quale un sensore bender $2\text{-}2^{IV}$ atto a rilevare le caratteristiche dell'additivo (es. AdBlue) alimentato dal serbatoio 111 alla tubazione 102b a monte del gruppo catalizzatore, in particolare tramite un condotto 113 collegato tra il serbatoio 111 e l'iniettore 110.
Per questo scopo il sensore bender $2,2^{IV}$ può essere montato direttamente nel serbatoio dell'additivo e/o in una porzione 130 di detto condotto idraulico 113 che porta l'additivo dal serbatoio alla tubazione 102b.

Il sensore 2-2^{IV} è collegato alla centralina di controllo 109 per opportune rilevazioni e/o regolazioni, in relazione alle caratteristiche dell'additivo.
Ad esempio, il sensore bender 2-2^{IV} potrebbe rilevare un additivo/urea più o meno diluito, ovvero con un contenuto variabile di acqua, regolando di conseguenza il dosaggio e/o altri parametri del motore.
In fig. 21 è illustrata un'ulteriore variante applicativa del sensore bender secondo l'invenzione, per controllare le caratteristiche di un lubrificante o un olio utilizzato dal motore 104. Questa applicazione può essere realizzata in maniera autonoma, rispetto a quella precedente del sistema SCR di abbattimento degli inquinanti, oppure esse potranno risultare entrambe presenti in un medesimo motore a combustione.
In figura 21, sebbene sia mostrato anche il gruppo catalizzatore 106, per chiarezza è stata evidenziata solo la parte relativa ad un circuito di lubrificazione 123 del motore, che comprende un serbatoio 121 dell'olio o lubrificante ed una coppa dell'olio 104c, che è compresa nel motore 104 ed è collegata detto serbatoio 123 attraverso un condotto 124.
Nel circuito di lubrificazione 123 è previsto almeno un sensore bender 2-2^{IV} secondo l'invenzione, posizionato nel motore (es. nella coppa olio 104c) e/o in una porzione 131 del condotto 124 e/o in un filtro olio 120 e/o nel serbatoio olio 121.
Una possibile applicazione del sensore secondo l'invenzione ad un filtro 120 è visibile più in dettaglio nella figura 22, dove è mostrata la sezione di un esempio di filtro, quale un tipico filtro per olio, carburante o gasolio o simili.
Il filtro 120 comprende un involucro esterno 121 a geometria cilindrica, costituito da due porzioni 121a, 121b a bicchiere, avvitate in corrispondenza di una filettatura 122.

Nell'involucro è alloggiata una cartuccia filtrante 125 di tipo noto in sé, la quale circoscrive un canale 126 assiale del filtro, cui è applicato il sensore bender 2^{III} in corrispondenza di una estremità. Il sensore bender 2^{III} è fissato alla porzione 121b dell'involucro 121, in modo da essere posizionato all'interno del condotto 126 del filtro 120 dove fluisce olio filtrato, così da evitare vantaggiosamente danneggiamenti del sensore bender 2^{III} causati da corpuscoli in sospensione nell'olio. E' comunque possibile installare il sensore bender 2^{III} a monte del filtro 120.

La geometria circolare del sensore si adatta bene a quella del filtro 120, tuttavia è evidente che anche le altre forme del sensore 2, 2^{I}, 2^{II} dell'invenzione potranno essere utilizzate in relazione al filtro 120 o, più in generale, alla parete di un involucro come quella del filtro.

E' questo, per esempio, il caso del serbatoio 121 dell'olio o della coppa 104c associati al motore a combustione interna 104, oppure di una porzione di collettore 130, 131 come quello mostrato nelle figure 21, 22 e 23.

In questo caso un sensore 2^{I} come quello già descritto in precedenza, è applicato trasversalmente alla estensione longitudinale del collettore 130, mostrando quindi la versatilità di impieghi del sensore secondo l'invenzione.

In altri termini si può dire che le prestazioni di quest'ultimo, conseguenti alle sue caratteristiche di struttura e funzionamento sopra delineate con riferimento ai vari esempi di realizzazione descritti, favoriscono le numerose possibili applicazioni di un sensore bender in accordo con l'invenzione.

In funzione di tali applicazioni sono possibili altre varianti del sensore, come quelle mostrate nelle fig. 24(a)-24(d). In queste figure varie rappresentazioni schematiche dell'elemento passivo 31 e dell'elemento

attivo 32, che compongono l'elemento sensore 4, sono illustrate; tali elementi possono essere supportati a sbalzo rispetto ad una estremità (come negli esempi di fig. 1-10) oppure ad entrambe le sue estremità (fig. 24(b)).

L'elemento sensore 4, ed in particolare il relativo elemento passivo (non piezoelettrico), può comunque essere supportato anche mediante un corpo rigido anulare 33, come quello illustrato nelle figg. 24(c) e 24(d).

In conseguenza di ciò il sensore potrà avere una forma a crociera oppure a stella, come visibile rispettivamente nelle figure 24(c) e 24(d).

Tutti gli esempi e le varianti descritti sopra possono adattarsi ai diversi tipi di fluidi cui è destinato il sensore; in particolare i fluidi, che potranno essere sia liquidi che gassosi o misti (es. emulsioni, sospensioni, schiume, ecc.) potranno essere olii, carburanti per autoveicoli, liquidi di lavaggio, additivi vari.

Inoltre, l'elemento di riferimento 28-28^{III} descritto ed esemplificato come un elemento di tipo sostanzialmente rigido, potrebbe anche essere di altro tipo o materiale pur atto allo scopo; ad esempio un materiale pieghevole, quale una lamina metallica, o un materiale leggermente elastico, quale un materiale termoplastico pieghevole o un elastomero rigido.

Tutte le possibili varianti evidenti al tecnico del ramo rientrano, comunque, nell'ambito delle seguenti rivendicazioni; a tal fine, i particolari e le forme di attuazione possono variare rispetto a quanto è stato descritto a puro titolo di esempio, le singole caratteristiche descritte e/o raffigurate potrebbero essere combinate tra loro per realizzare anche dispositivi differenti da quanto indicato a titolo di esempio non limitativo.

RIVENDICAZIONI

1. Sensore per la rilevazione di almeno una proprietà di un fluido, quali la densità o la viscosità di un liquido, in particolare per un veicolo, comprendente un elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) destinato al contatto con detto fluido e dove lo stato di detto elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) è influenzato da almeno una tra le proprietà del fluido, quale una tra la densità e la viscosità,
caratterizzato dal fatto che
l'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprende un elemento attivo (32,32^{III}) piezoelettrico di tipo bender.

2. Sensore secondo la rivendicazione 1, comprendente un elemento passivo (31,31^{III}) associato all'elemento attivo (32,32^{III}) e cooperante con esso per interagire con il fluido durante la rilevazione di detta almeno una proprietà.

3. Sensore secondo le rivendicazioni 1 o 2, comprendente anche un elemento di riferimento (28, 28^{I}, 28^{II}, 28^{III}) posizionato a distanza ravvicinata dall'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}), così da definire con esso una porzione di percorso del fluido dove effettuare la rilevazione di almeno una proprietà del fluido.

4. Sensore secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui l'elemento attivo (32,32^{III}) ha sostanzialmente forma compresa tra le seguenti: parallelepipeda, a croce, poligonale, anulare, circolare.

5. Sensore secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui l'elemento passivo (31,31^{III}) ha sostanzialmente forma compresa tra le seguenti: parallelepipeda, a croce, poligonale, anulare, circolare.

6. Sensore secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui all'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) sono associati mezzi per rilevare la frequenza di risonanza di detto elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) e/o lo smorzamento della sua oscillazione a frequenza fissa.

7. Sensore secondo la rivendicazione 6, in cui i mezzi associati all'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) per rilevare la frequenza di risonanza e/o lo smorzamento della sua oscillazione, comprendono un circuito di misura o similari.

8. Sensore secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, comprendente almeno un elemento di protezione (29) in grado di proteggere l'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}), in particolare da disturbi causati dal fluire del liquido carburante e/o da particelle disperse in detto liquido carburante.

9. Sensore secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui l'elemento di riferimento (28^{I}, 28^{II}, 28^{III}) comprende fori (28^{I}a, 28^{III}a), in particolare per permettere al liquido carburante di scorrere di moto laminare.

10. Sensore secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, comprendente una base o involucro (24) avente una forma almeno in parte compatibile con una sede di alloggiamento (11) compresa in un condotto per carburante (1).

11. Condotto per carburante (1), comprendente un sensore (2-2^{IV}) secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti.

12. Uso di un sensore secondo una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 10, per la rilevazione di almeno una proprietà di un fluido in almeno uno tra un condotto, un serbatoio, un filtro.

13. Uso di un sensore secondo la rivendicazione 12, per applicazioni automobilistiche.

14. Metodo per la rilevazione di almeno una proprietà di un fluido, quali la densità o la viscosità di un liquido, in particolare per un veicolo, mediante un sensore (2-2^{IV}),
caratterizzato dal fatto che

detto sensore (2-2^{IV}) comprende un elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprendente un elemento attivo (32, 32^{III}) piezoelettrico di tipo bender, e dove il metodo comprende i passi di

a. misurazione di una prima frequenza di risonanza dell'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) applicando ad esso una tensione di picco V1;

b. misurazione di una seconda frequenza di risonanza applicando con tensione di picco V2 maggiore di V1 a detto elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV});

c. stima in base ad una mappatura precedentemente eseguita di una proprietà del fluido in cui l'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) è immerso, quali dei valori di densità e viscosità del detto liquido o un carburante.

15. Metodo per la rilevazione di almeno una proprietà di un fluido, quali la densità o la viscosità di un liquido, in particolare per un veicolo, mediante un sensore (2-2^{IV}),

caratterizzato dal fatto che

detto sensore (2-2^{IV}) comprende un elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprendente un elemento attivo (32, 32^{III}) piezoelettrico di tipo bender, e dove il metodo comprende i passi di

a. misurazione di una prima frequenza di risonanza quando l'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) è eccitato da una frequenza f1 corrispondente ad un suo primo modo di vibrazione;

b. misurazione di una seconda frequenza di risonanza quando l'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) è eccitato da una frequenza f2 corrispondente ad un suo secondo modo di vibrazione;

stima in base ad una mappatura precedentemente eseguita dei valori di una proprietà del fluido in cui l'elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) è immerso, quali dei valori di densità e viscosità del detto liquido o un carburante.

16. Metodo per la rilevazione di almeno una proprietà di un fluido, quali la densità o la viscosità di un liquido, in particolare per un veicolo, mediante una coppia di sensori (2-2^{IV}),
caratterizzato dal fatto che
detti sensori (2-2^{IV}) hanno caratteristiche differenti e comprendono, rispettivamente, un primo elemento sensore(4, 4^{III}, 4^{IV}) comprendente un primo elemento attivo (32, 32^{III}), ed un secondo elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprendente un secondo elemento attivo (32, 32^{III}), e dove il metodo comprende i passi di
a. misurazione della frequenza di risonanza del primo elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV});
b. misurazione della frequenza di risonanza del secondo elemento sensore (4, 4^{III}, 4^{IV});
c. stima in base ad una mappatura precedentemente eseguita dei valori di una proprietà del fluido in cui gli elementi sensori (4, 4^{III}, 4^{IV}) sono immersi, quali dei valori di densità e viscosità del detto liquido o un carburante.
17. Metodo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 14 a 16 , in cui almeno un sensore (2-2^{IV}) è associato ad almeno una coppia di elementi di riferimento (28, 28^{I}, 28^{II}, 28^{III}), cooperanti con detto almeno un sensore (2-2^{IV}) per interagire con il fluido durante la rilevazione di almeno un parametro del fluido, dove preferibilmente detti elementi di riferimento (28, 28^{I}, 28^{II}, 28^{III}) sono diversi tra loro, così che un primo sensore (2, 2^{III}) abbia caratteristiche differenti da un secondo sensore (2, 2^{III}).

CLAIMS

1. A sensor for detecting at least one property of a fluid, such as the density or the viscosity of a liquid, in particular for a vehicle, comprising a sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) adapted to stay in contact with said fluid, and wherein the state of said sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) is affected by at least one of the properties of the fluid, such as density or viscosity,
characterized in that
the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprises a bender-type piezoelectric active element (32,32^{III}).

2. A sensor according to claim 1, comprising a passive element (31,31^{III}) associated with the active element (32,32^{III}) and cooperating therewith to interact with the fluid when detecting said at least one property.

3. A sensor according to claim 1 or 2, further comprising a reference element (28, 28^{I}, 28^{II}, 28^{III}) positioned near the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}), so as to define therewith a portion of the fluid path where at least one property of the fluid is detected.

4. A sensor according to any one of the preceding claims, wherein the active element (32,32^{III}) substantially has a shape chosen among the following: parallelepiped, cruciform, polygonal, annular, circular.

5. A sensor according to any one of the preceding claims, wherein the passive element (31,31^{III}) substantially has a shape chosen among the following: parallelepiped, cruciform, polygonal, annular, circular.

6. A sensor according to any one of the preceding claims, wherein means are associated with the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) for detecting the resonance frequency of said sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) and/or the damping of the oscillation thereof at a fixed frequency.

7. A sensor according to claim 6, wherein the means associated with the sensor element (4, 4III, 4IV) for detecting the resonance frequency and/or the damping of

the oscillation thereof comprise a measurement circuit or the like.

8. A sensor according to any one of the preceding claims, comprising at least one protective element (29) capable of protecting the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}), in particular against any disturbance caused by the liquid fuel flow and/or by particles dispersed in said liquid fuel.

9. A sensor according to any one of the preceding claims, wherein the reference element (28I, 28^{II}, 28^{III}) comprises holes (28^{I}a, 28^{III}a), in particular for allowing the liquid fuel to flow with laminar motion.

10. A sensor according to any one of the preceding claims, comprising a base or housing (24) having a shape at least partly compatible with a housing seat (11) comprised in a fuel duct (1).

11. A fuel duct (1) comprising a sensor (2-2^{IV}) according to any one of the preceding claims.

12. Use of a sensor according to any one of claims 1 to 10 for detecting at least one property of a fluid in at least one of a duct, a tank, a filter.

13. Use of a sensor according to claim 12 for automotive applications.

14. A method for detecting at least one property of a fluid, such as the density or the viscosity of a liquid, in particular for a vehicle, by means of a sensor (2-2^{IV}), characterized in that

said sensor (2-2^{IV}) comprises a sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) which comprises a bender-type piezoelectric active element (32, 32^{III}), and wherein the method comprises the steps of:

a. measuring a first resonance frequency of the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) by applying thereto a peak voltage V1;

b. measuring a second resonance frequency by applying a peak voltage V2 greater than V1 to said sensor element

(4, 4^{III}, 4^{IV});

c. estimating a property of the fluid in which the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) is immersed, such as the density or viscosity values of said liquid or fuel, on the basis of a predefined mapping.

15. A method for detecting at least one property of a fluid, such as the density or the viscosity of a liquid, in particular for a vehicle, by means of a sensor (2-2^{IV}), characterized in that

said sensor (2-2^{IV}) comprises a sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) which comprises a bender-type piezoelectric active element (32, 32^{III}), and wherein the method comprises the steps of:

a. measuring a first resonance frequency when the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) is energized by a frequency f1 corresponding to a first vibration mode thereof;

b. measuring a second resonance frequency when the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) is energized by a frequency f2 corresponding to a second vibration mode thereof;

c. estimating the values of a property of the fluid in which the sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) is immersed, such as the density or viscosity values of said liquid or fuel, on the basis of a predefined mapping.

16. A method for detecting at least one property of a fluid, such as the density or the viscosity of a liquid, in particular for a vehicle, by means of a pair of sensors (2-2^{IV}),

characterized in that

said sensors (2-2^{IV}) have different characteristics and comprise, respectively, a first sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprising a first active element (32, 32^{III}), and a second sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprising a second active element (32, 32^{III}), and wherein the method comprises the steps of:

a. measuring the resonance frequency of the first sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV});

b. measuring the resonance frequency of the second sensor element (4, 4^{III}, 4^{IV});

c. estimating the values of a property of the fluid in which the sensor elements (4, 4^{III}, 4^{IV}) are immersed, such as the density or viscosity values of said liquid or fuel, on the basis of a predefined mapping.

17. A method according to any one of claims 14 to 16, wherein at least one sensor (2-2^{IV}) is associated with at least one pair of reference elements (28, 28^{I}, 28^{II}, 28^{III}) cooperating with said at least one sensor (2-2^{IV}) to interact with the fluid when detecting at least one parameter of the fluid, wherein said reference elements (28, 28^{I}, 28^{II}, 28^{III}) are preferably different from each other, so that a first sensor (2, 2^{III}) has different characteristics than a second sensor (2, 2^{III}).

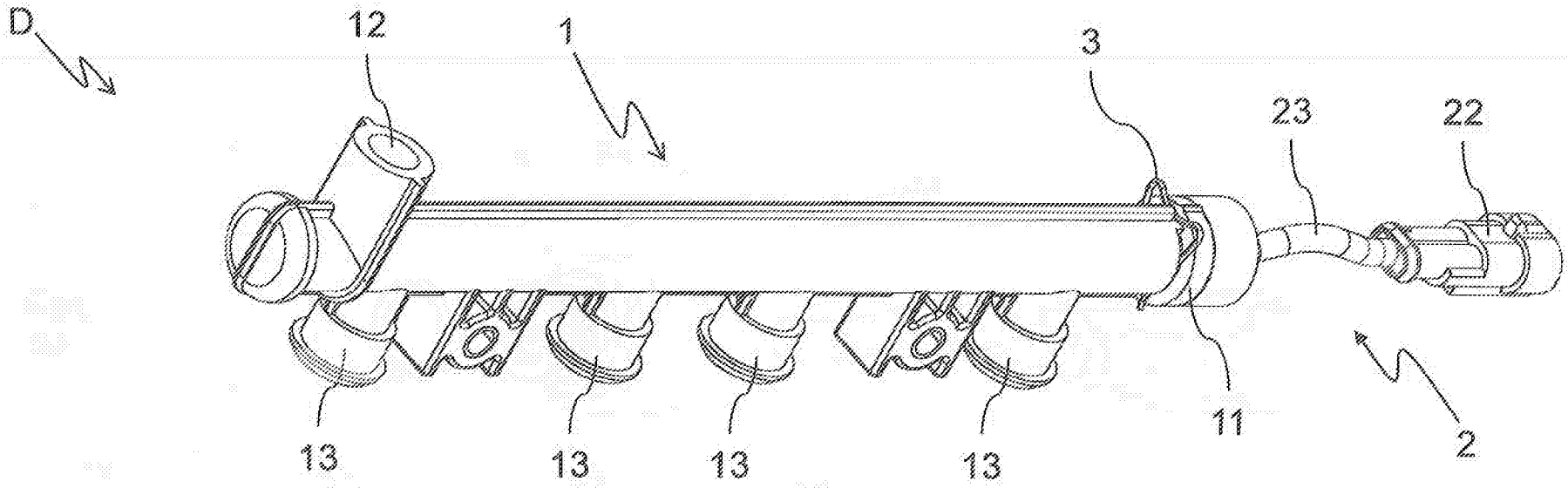

Fig. 1

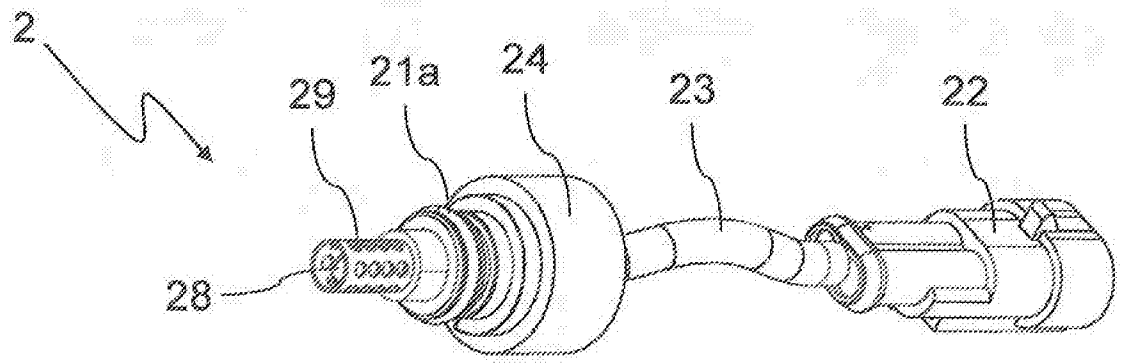

Fig. 2

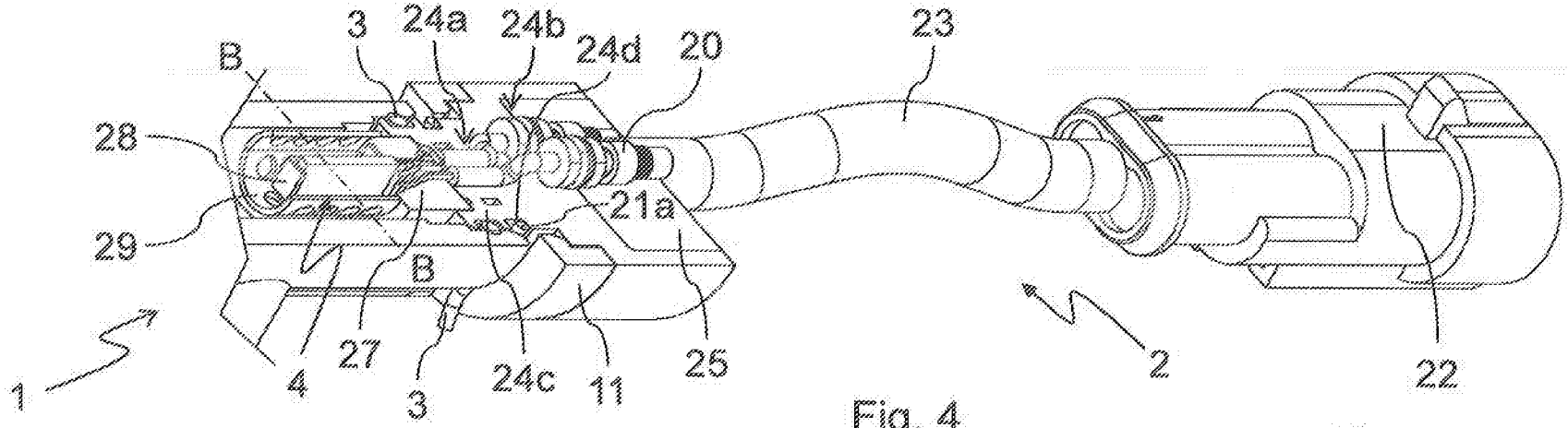

Fig. 4

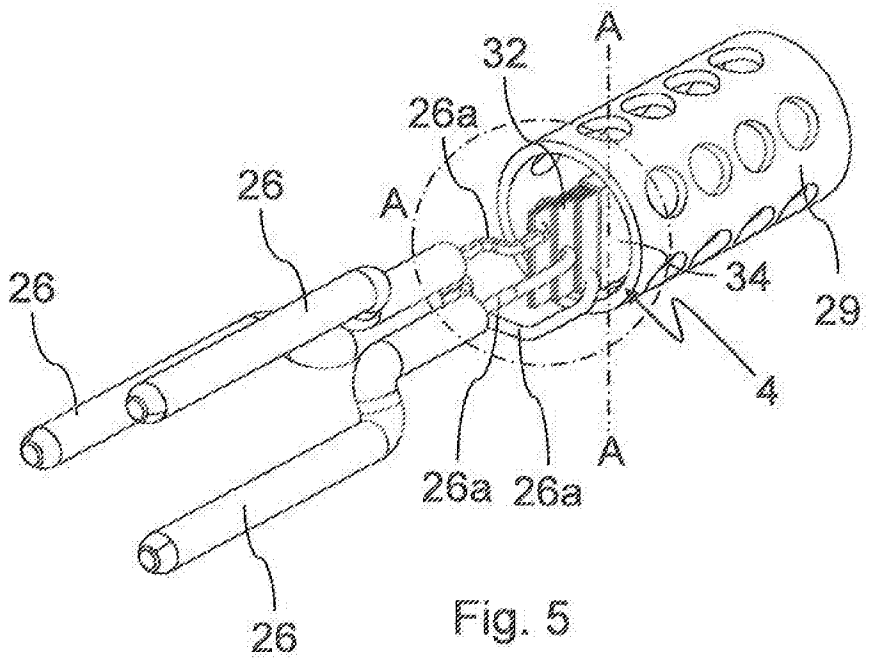

Fig. 5

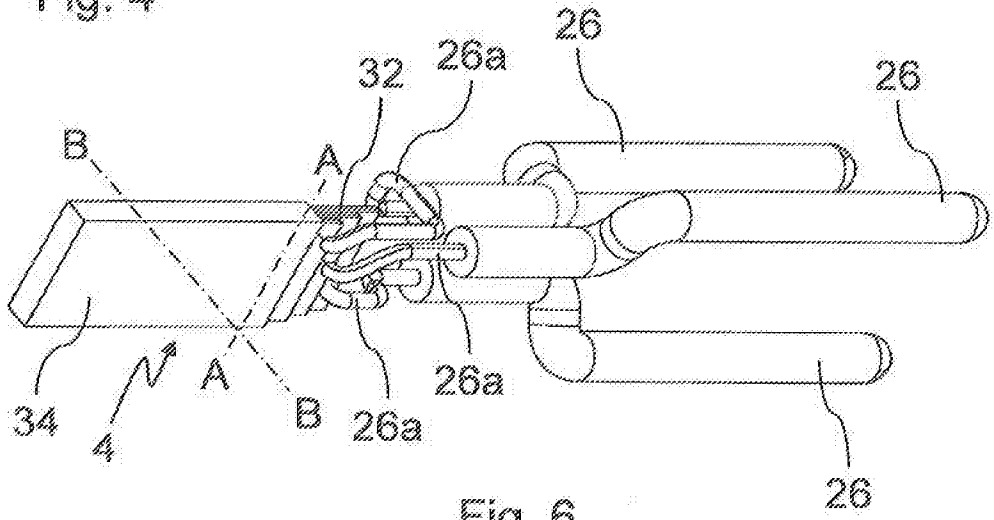

Fig. 6

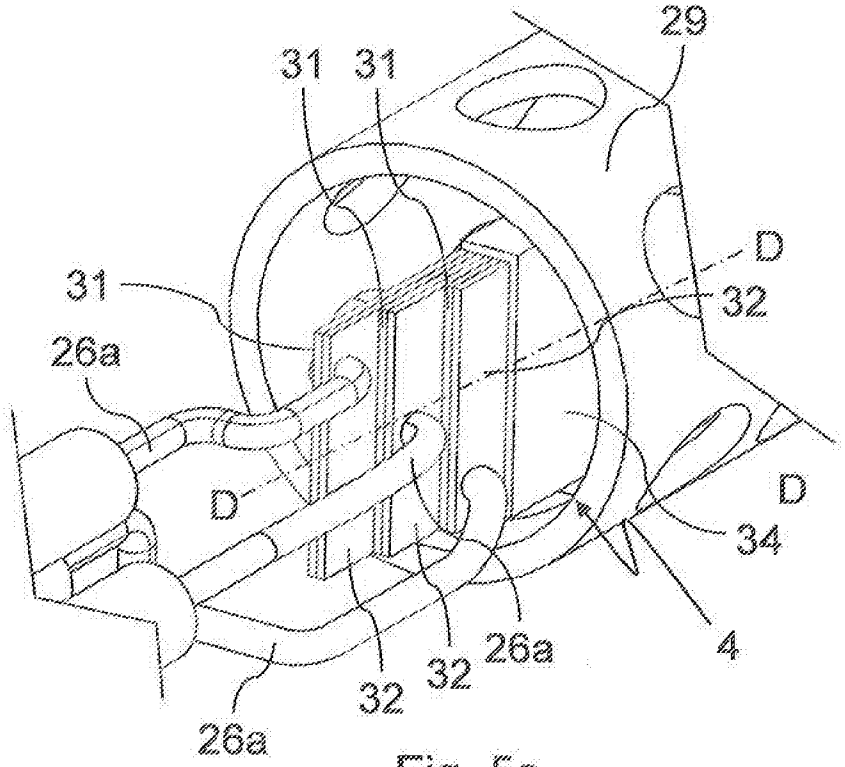

Fig. 5a

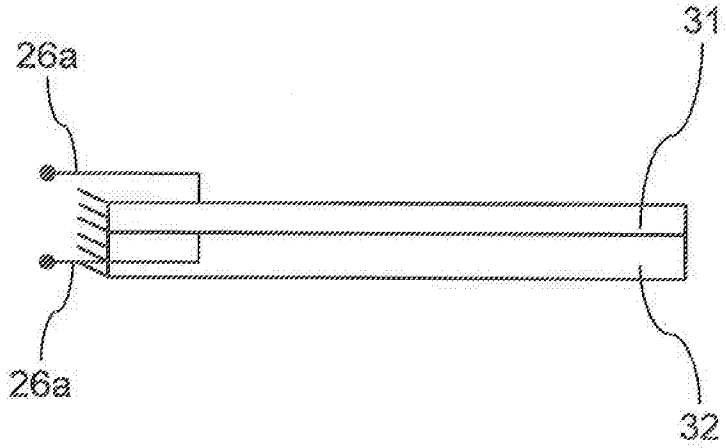

Fig. 5b

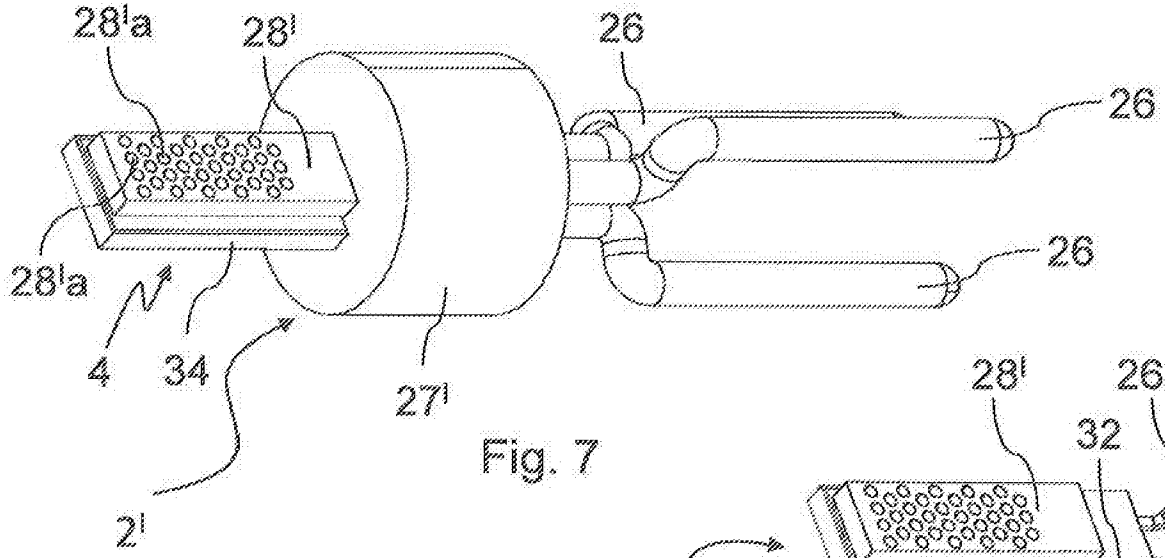

Fig. 7

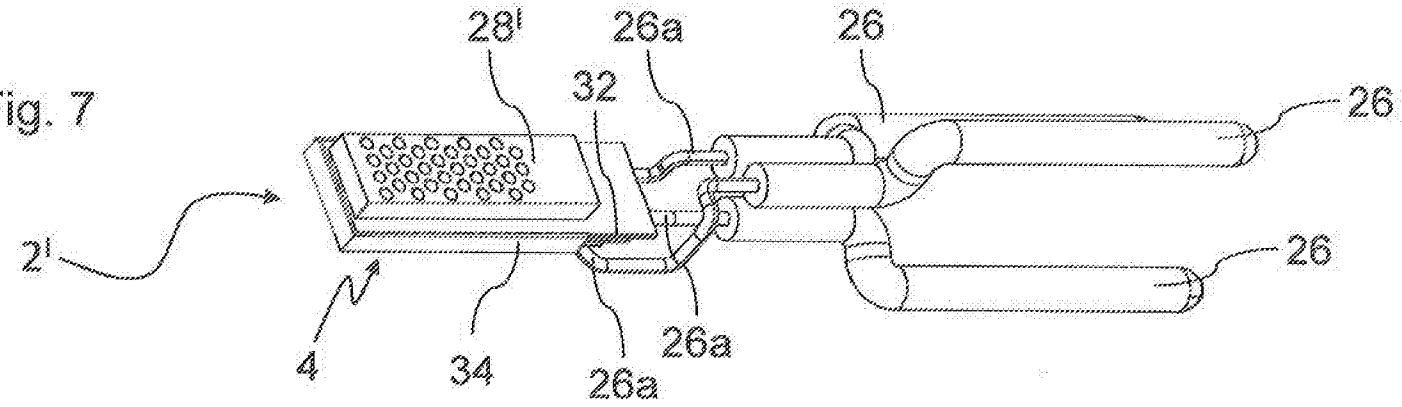

Fig. 8

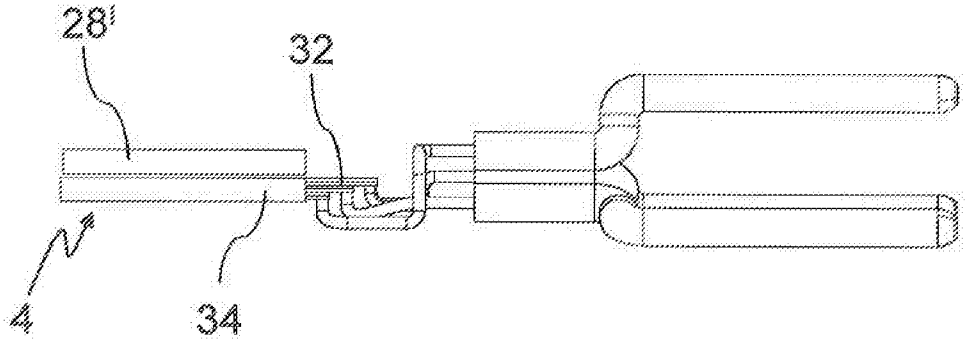

Fig. 9

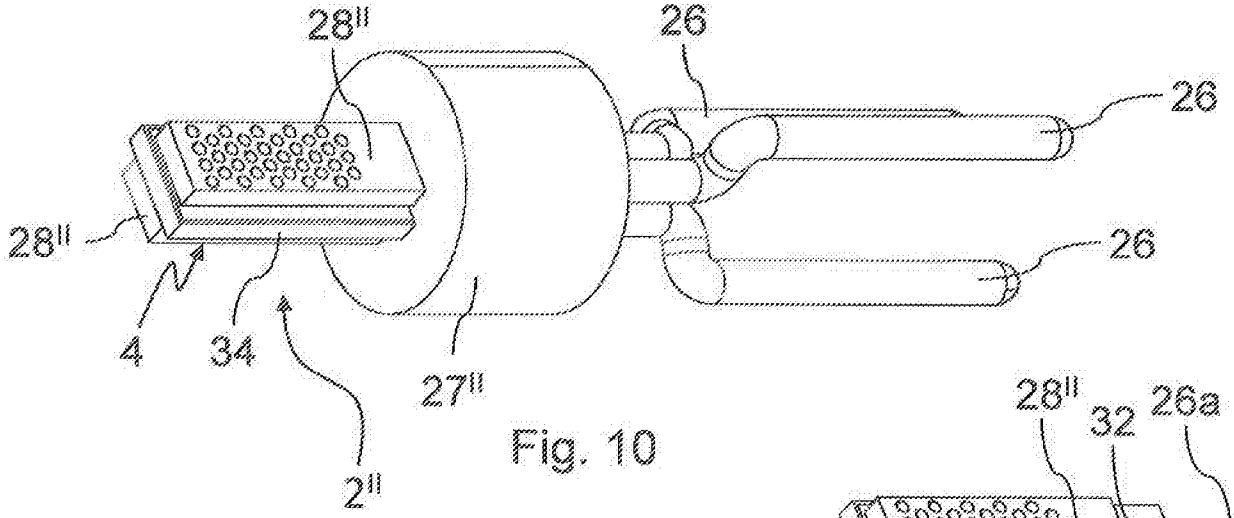

Fig. 10

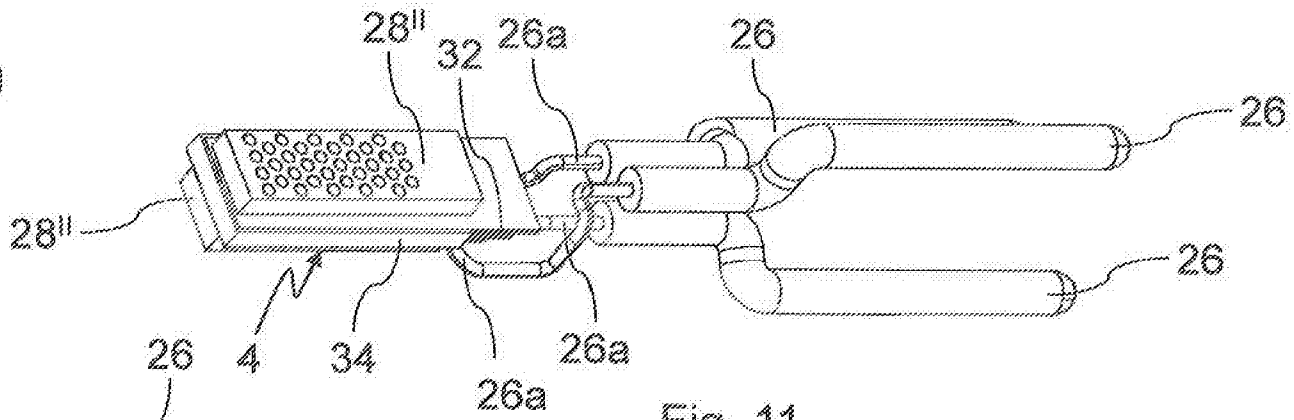

Fig. 11

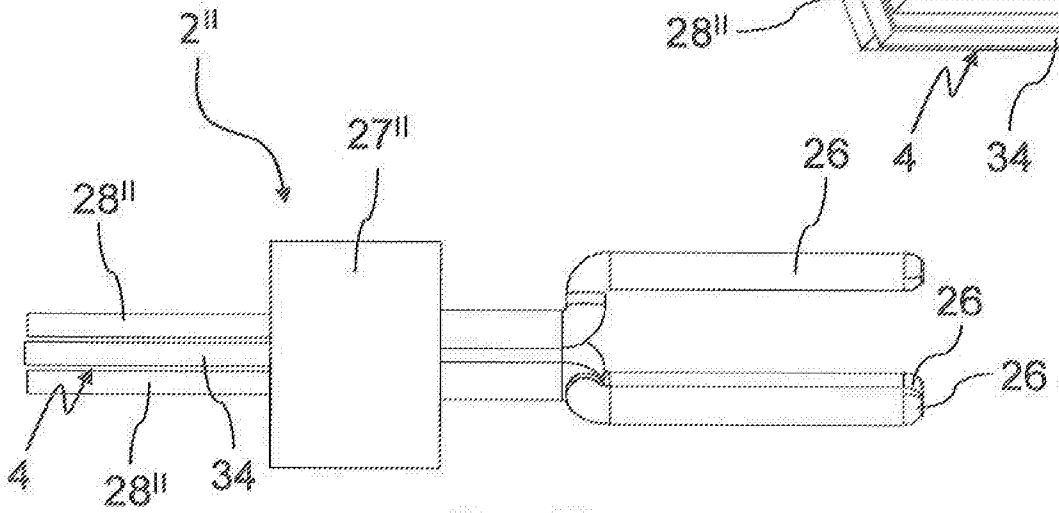

Fig. 12

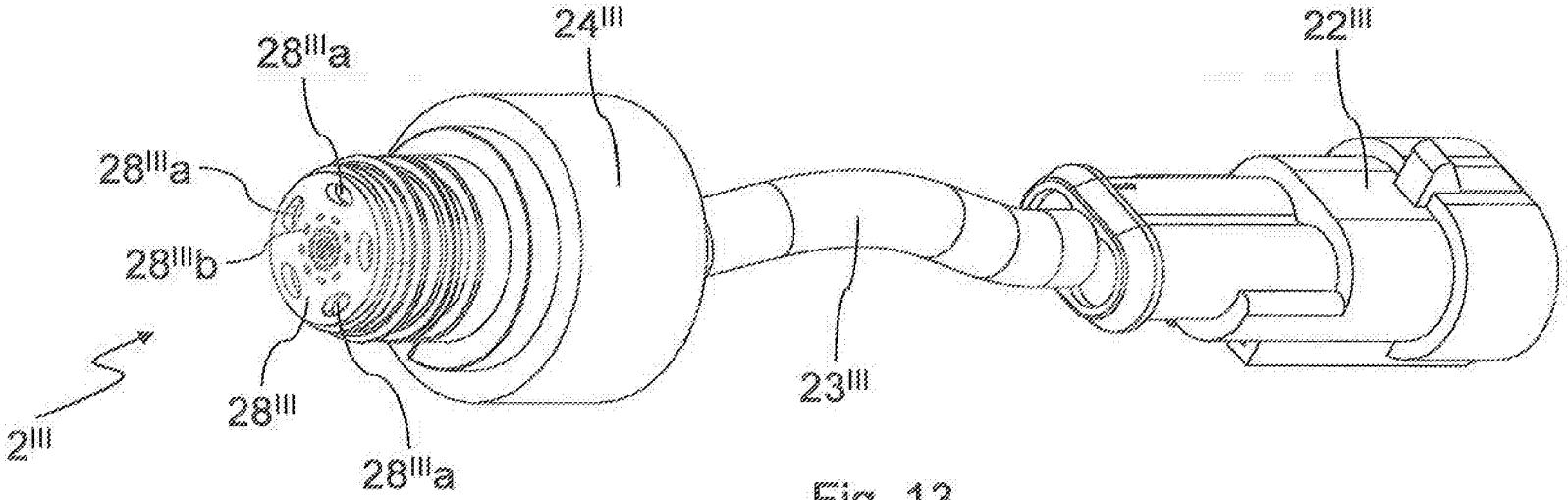
28IIIa
24III
22III
28IIIa
28IIIb
2III
28III
28IIIa
23III

Fig. 13

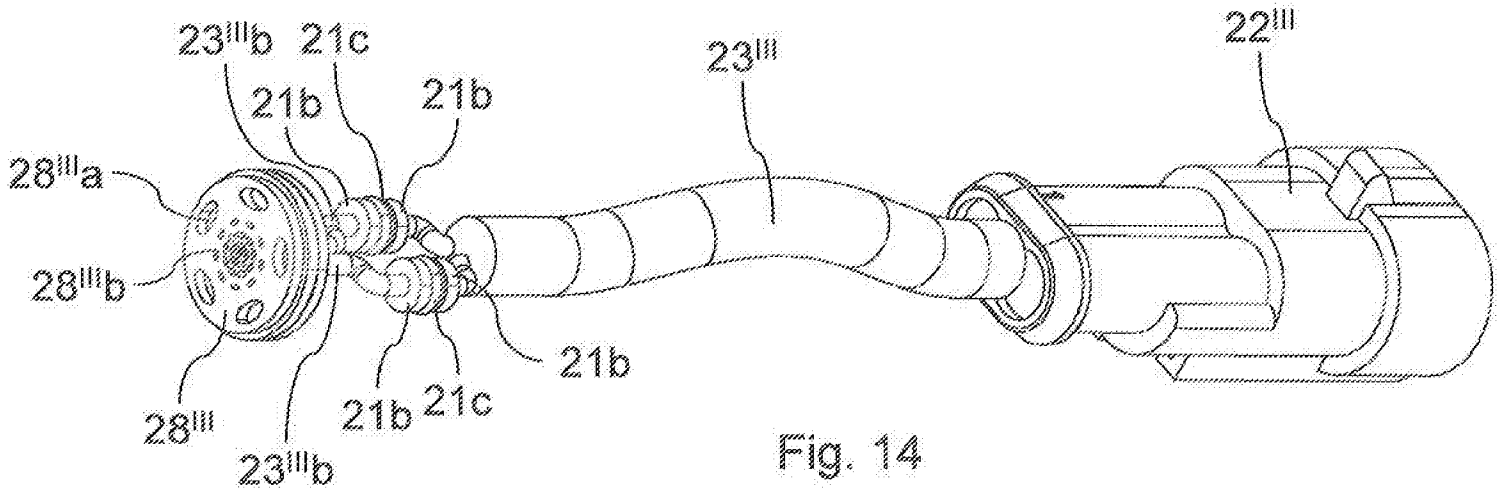
23IIIb
21c
21b
21b
23III
22III
28IIIa
28IIIb
28III
21b
21c
21b
23IIIb

Fig. 14

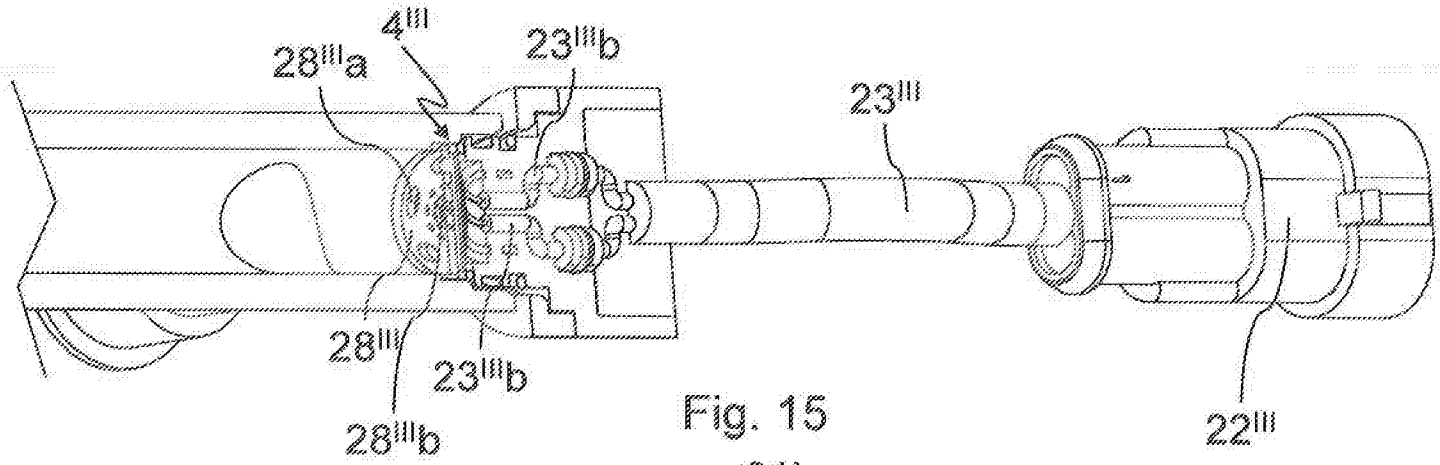
4III
28IIIa
23IIIb
23III
28III
23IIIb
28IIIb
22III

Fig. 15

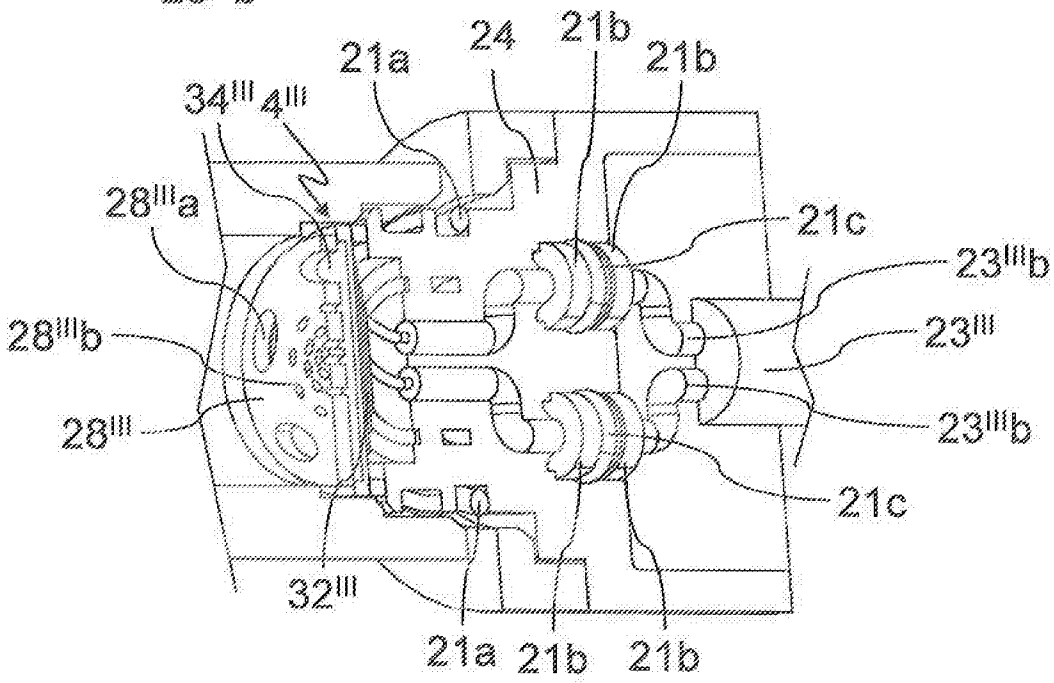
21a
24
21b
21b
34III
4III
28IIIa
21c
23IIIb
28IIIb
23III
28III
23IIIb
21c
32III
21a
21b
21b

Fig. 16

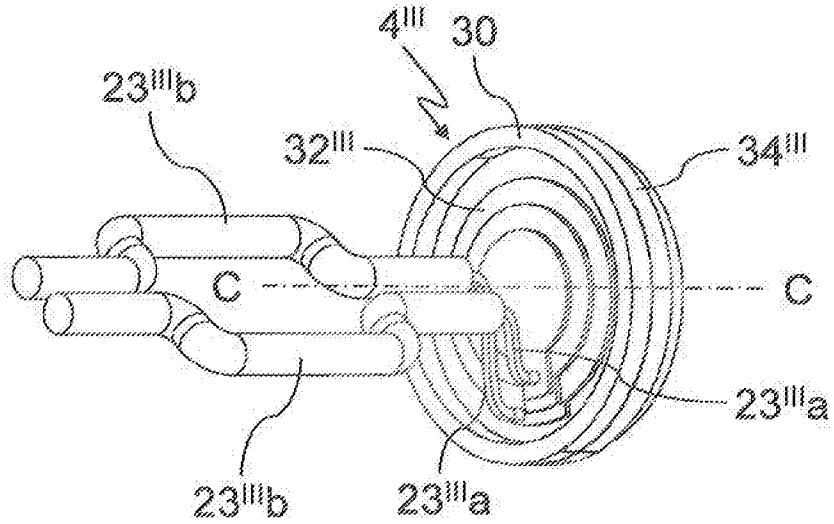
4III
30
23IIIb
32III
34III
C
C
23IIIa
23IIIb
23IIIa

Fig. 17

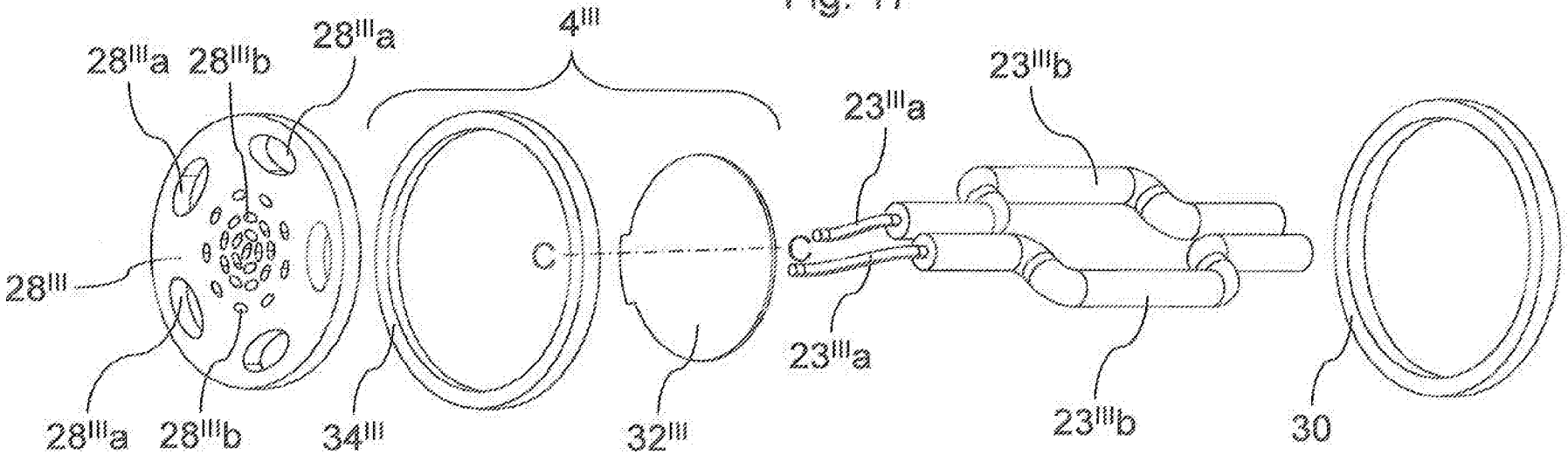
28IIIa
28IIIb
28IIIa
4III
23IIIb
23IIIa
28III
C
C
23IIIa
28IIIa
28IIIb
34III
32III
23IIIb
30

Fig. 18

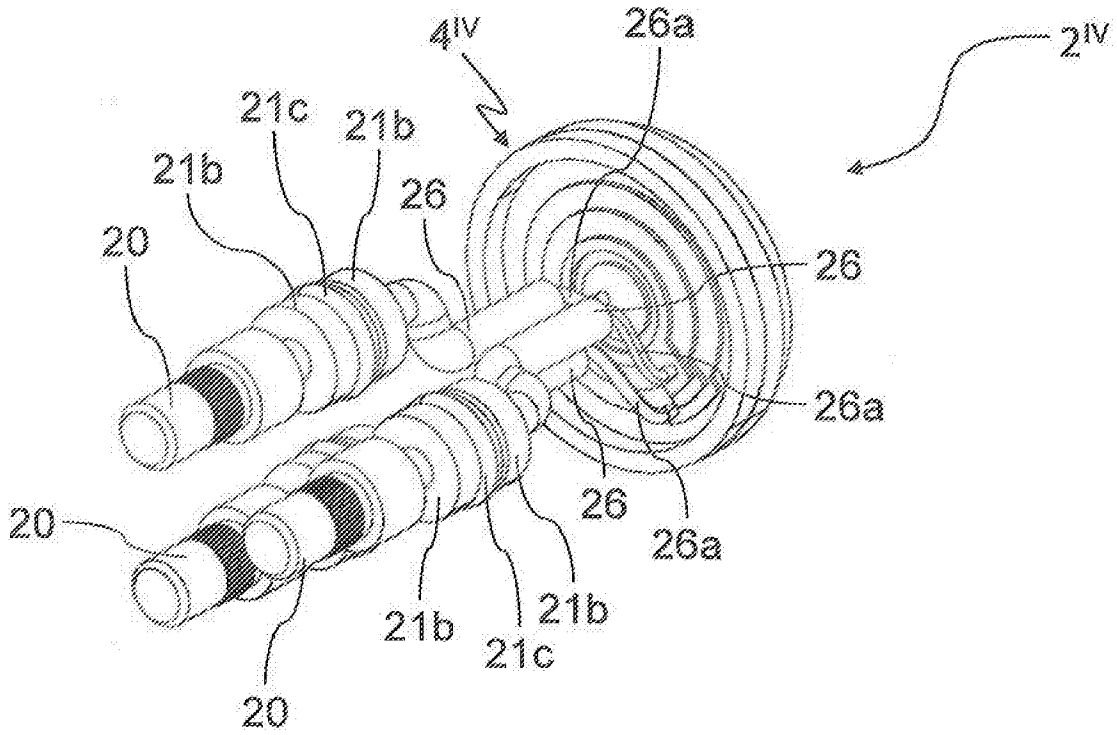

Fig. 19

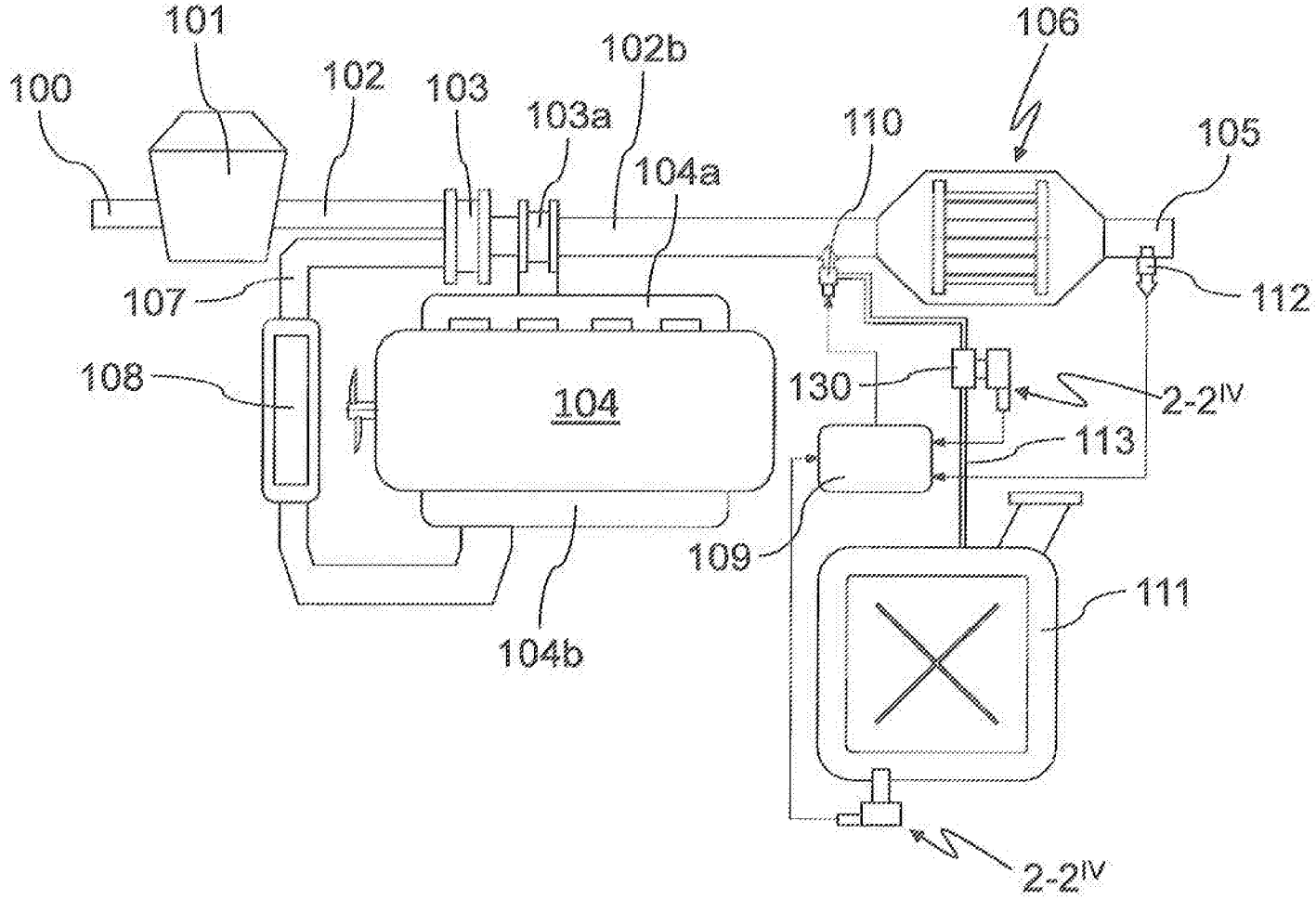
101
100
102
103
102b
103a
104a
106
110
105
107
112
108
104
130
2-2IV
113
109
111
104b
2-2IV

Fig. 20

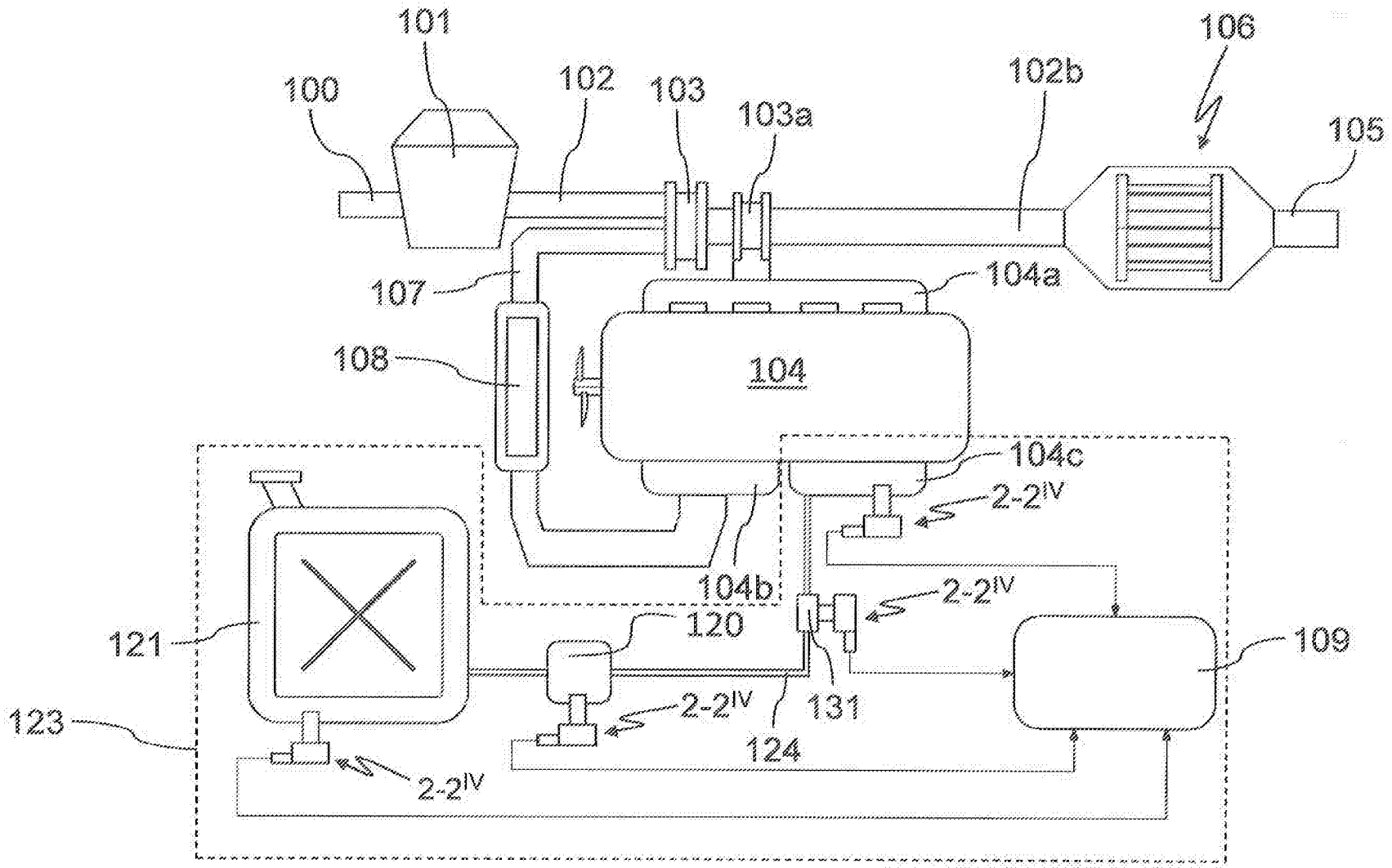
101
100
102
103
103a
102b
106
105
107
104a
108
104
104c
2-2IV
104b
2-2IV
120
121
109
123
2-2IV
131
124
2-2IV

Fig. 21

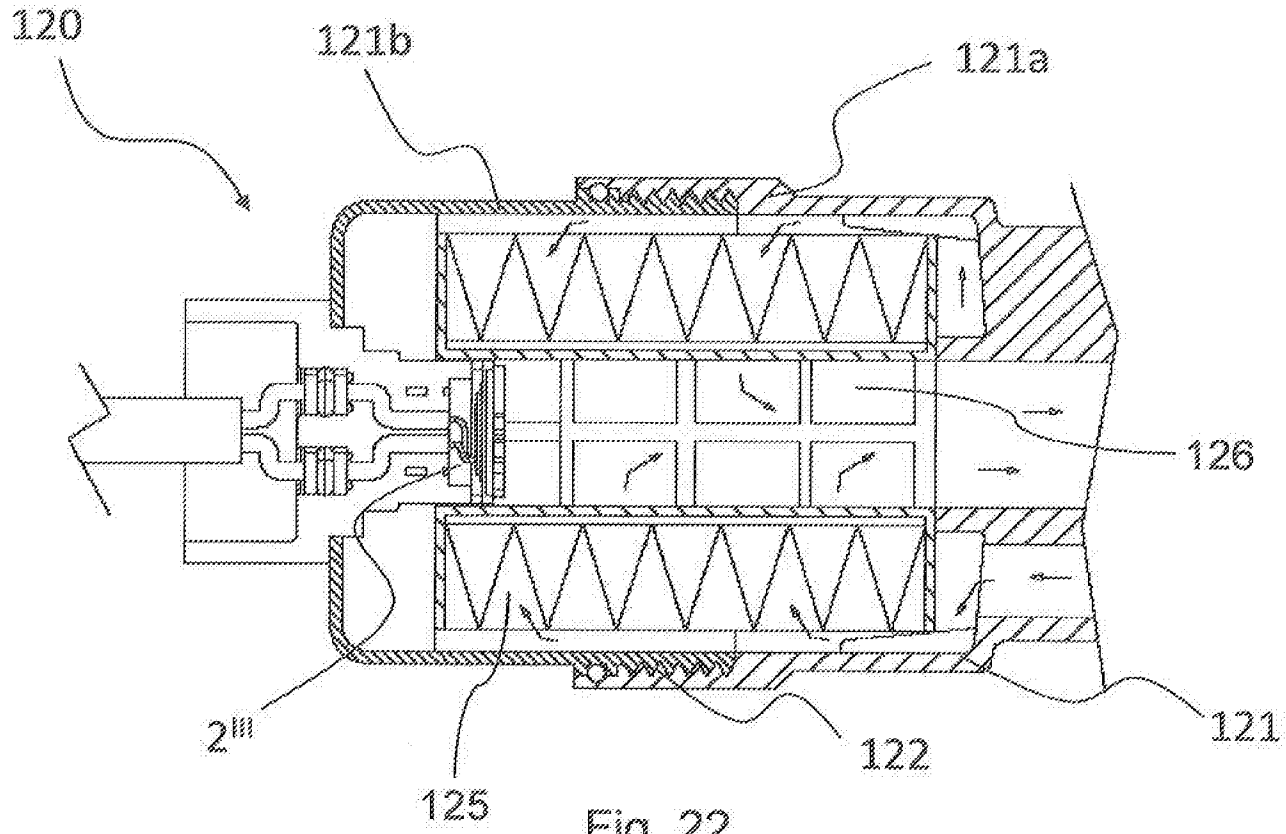

Fig. 22

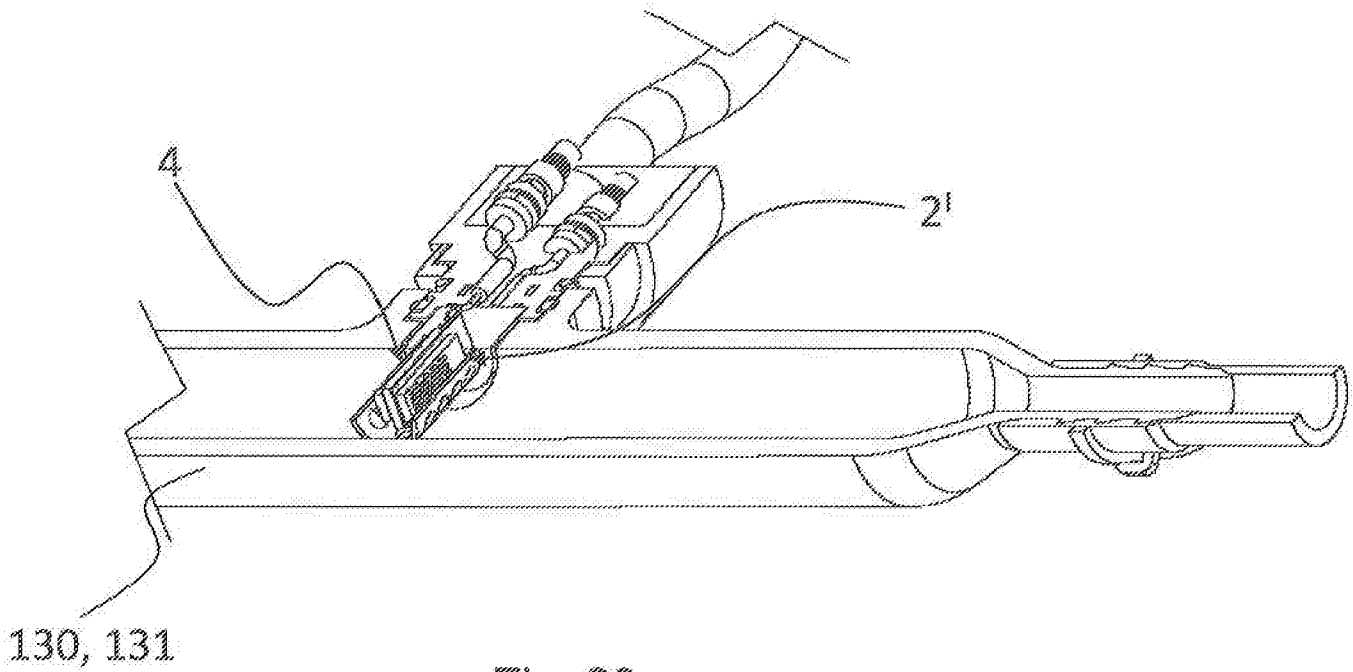

Fig. 23

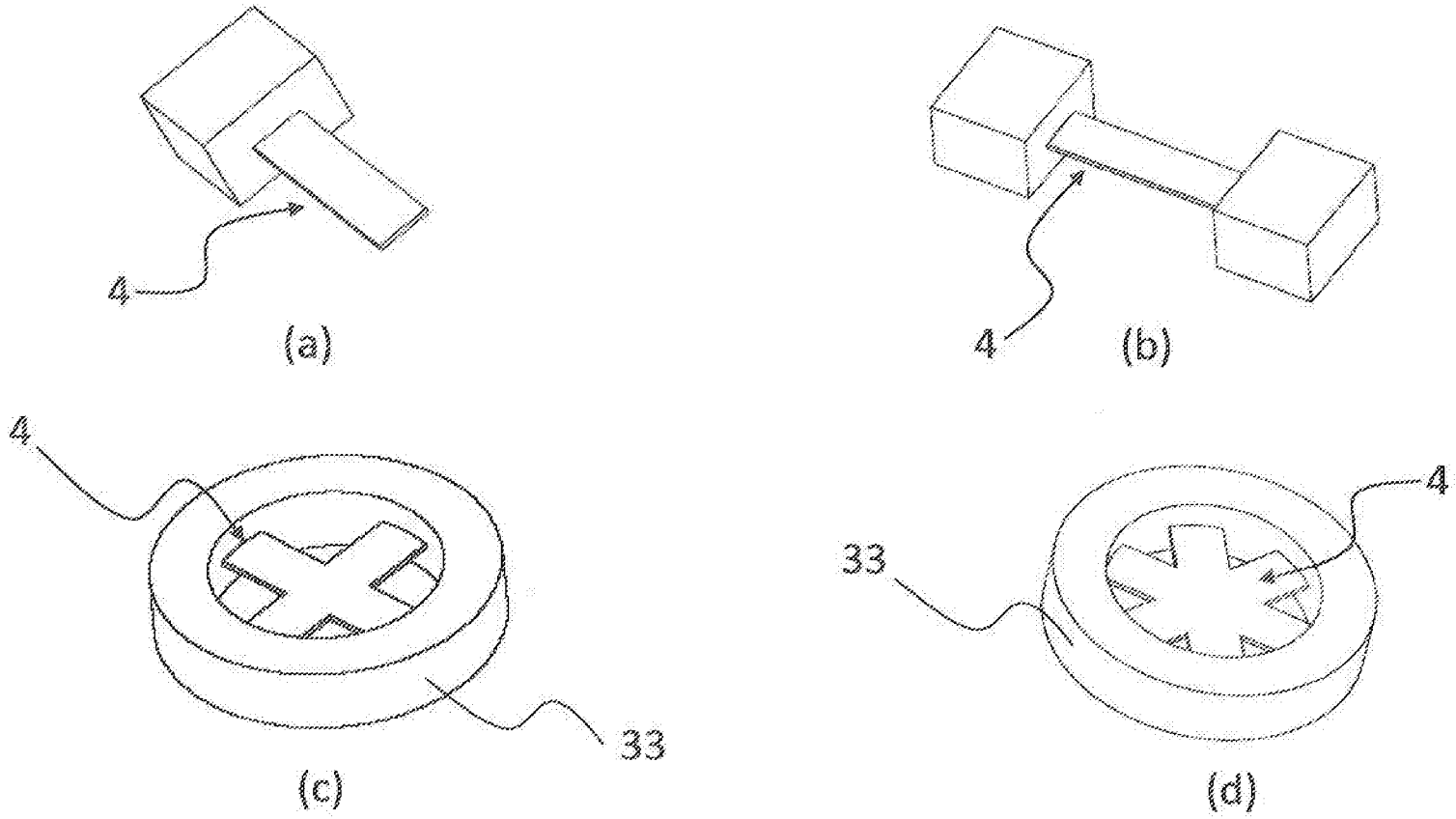

Fig. 24