

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902056052A1

Publication Date

20131201

Applicant

STMICROELECTRONICS S.R.L.

Title

RETE DI DISPOSITIVI ELETTRONICI FISSATI AD UN SUPPORTO
FLESSIBILE E RELATIVO METODO DI COMUNICAZIONE

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"RETE DI DISPOSITIVI ELETTRONICI FISSATI AD UN SUPPORTO FLESSIBILE E RELATIVO METODO DI COMUNICAZIONE"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MB)

Inventore: PAGANI Alberto

* * *

La presente invenzione è relativa ad una rete di dispositivi elettronici fissati ad un supporto flessibile e ad un relativo metodo di comunicazione.

Come è noto, la maggior parte dei dispositivi elettronici attuali è realizzata in piastrine di silicio grazie alle ottime caratteristiche di tale materiale semiconduttore. Tuttavia, una delle limitazioni del silicio consiste nella sua mancanza di flessibilità, che ne impedisce l'uso in alcune applicazioni. Ad esempio, essi sono poco adatti per l'applicazione su tessuti o altri substrati che, per o durante il loro uso, possono essere piegati. D'altra parte, i materiali alternativi attualmente allo studio, quali materiali polimerici conduttori o semiconduttori, hanno caratteristiche elettriche incomparabilmente

peggiori rispetto al silicio, per cui al momento non rappresentano una alternativa utilizzabile.

Sono quindi desiderabili soluzioni che consentono la realizzazione di circuiti o reti di dispositivi elettronici di tipo flessibile. Tuttavia la connessione di dispositivi elettronici di tipo convenzionale a supporti flessibili, ad esempio un tessuto o un supporto plastico, è problematica.

Infatti, attualmente, le connessioni fra i dispositivi elettronici richiedono piste elettriche conduttive che tuttavia comportano limitazioni nel tipo ed entità di flessibilità ammessa. Ad esempio, connettori a nastro di materiale plastico disponibili sul mercato possono essere piegati, ma il raggio di curvatura massimo deve essere molto maggiore, ad esempio dieci volte maggiore, dello spessore del connettore. Un'altra limitazione consiste nel numero di eventi di flessione o piegatura a cui possono essere sottoposti i supporti. Ad esempio, alcuni connettori noti consentono una singola piegatura, ad es. in fase di montaggio, e non possono modificare in seguito la loro disposizione spaziale.

Quindi, sono desiderabili soluzioni in cui il supporto possa essere sottoposto ad eventi di piegatura, flessione, trazione, torsione o ad altri

tipi di sforzi, senza danneggiarsi, rompersi, o creare punti e linee di interruzione tali da pregiudicare la continuità elettrica e quindi rendere l'intera rete inutilizzabile.

Scopo della presente invenzione è mettere a disposizione una rete di dispositivi elettronici integrati che superi gli inconvenienti della tecnica nota.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati una rete di dispositivi elettronici fissati ad un substrato flessibile e un metodo di comunicazione, come definiti nelle rivendicazioni 1 e, rispettivamente, 24.

Per una migliore comprensione della presente invenzione ne vengono ora descritte forme di realizzazione preferite, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- le figure 1 e 2 mostrano, in vista laterale e in vista dall'alto, una forma di realizzazione della presente rete sotto forma di pannello o nastro intelligente;

- la figura 3 è uno schema a blocchi di un dispositivo appartenente alla presente rete;

- le figure 4a, 4b e 4c mostrano sezioni

trasversali, prese lungo il piano di sezione IV-IV di fig. 2, di due differenti implementazioni del dispositivo di fig. 1;

- la figura 5 mostra una differente forma di realizzazione della presente rete, in vista dall'alto;

- le figure 6 e 7 mostrano sezioni trasversali di possibili implementazioni di un dettaglio del dispositivo di fig. 3 ;

- le figure 8 e 9 sono sezioni trasversali di un dettaglio del dispositivo di fig. 3;

- la figura 10 mostra una sezione trasversale di una porzione terminale della presente rete;

- la figura 11 è una vista dall'alto della porzione di fig. 10;

- la figura 12 mostra diverse forme di realizzazione della presente rete, in vista dall'alto;

- la figura 13 è una sezione trasversale di una soluzione di fig. 12;

- le figure 14 e 15 mostrano una differente forma di realizzazione della presente rete, rispettivamente in vista dall'alto e in sezione trasversale prospettica presa lungo il piano XV-XV di fig. 14;

- la figura 16 mostra una differente forma di realizzazione della presente rete, in sezione trasversale;

- la figura 17 mostra una diversa forma di realizzazione della presente rete in vista dall'alto;
- la figura 18 mostra un'altra forma di realizzazione della presente rete, per l'applicazione ad un capo di abbigliamento;
- la figura 19 è uno schema a blocchi della rete di fig. 18;
- le figure 20a e 20b mostrano due esempi di fili conduttivi utilizzabili nella rete di fig. 18;
- le figure 21a e 21b sono rispettivamente una vista dall'alto e in sezione di una implementazione di un nodo della rete di fig. 21;
- le figure 22a, 22b e 23 mostrano varianti del nodo di fig. 21a, in vista dall'alto;
- le figure 24 e 25 sono due possibili sezioni trasversali del particolare di fig. 23;
- la figura 26 è una vista dall'alto di un altro particolare della rete di fig. 18;
- la figura 27a e 27a sono viste dall'alto di un differente particolare della rete di fig. 18;
- le figure 28-30 sono sezioni trasversali di forme di realizzazione di un particolare complementare al particolare di fig. 27;
- la figura 31 mostra una diversa forma di realizzazione della presente rete, ancora per

l'applicazione ad un capo di abbigliamento;

- la figura 32 mostra una sezione trasversale del dettaglio ingrandito della rete di fig. 31;

- le figure 33a e 33b mostrano in vista dall'alto, in condizione sbottonata, e in sezione trasversale, in condizione abbottonata, una differente forma di realizzazione del dettaglio ingrandito della rete di fig. 31;

- le figure 34-36 mostrano un'altra variante del dettaglio ingrandito della rete di fig. 31, rispettivamente in vista dall'alto, in sezione trasversale e di un solo lembo del capo di abbigliamento;

- la figura 37 mostra una sezione trasversale di un differente particolare della rete di fig. 31;

- la figura 38 è una vista dall'alto di un particolare complementare a quello di fig. 37, in vista dall'alto; e

- la figura 39 è uno schema a blocchi del collegamento a due reti, ancora per l'applicazione ad un capo o due diversi capi di abbigliamento.

Nelle forme di realizzazione mostrate nelle figure 1-17, un substrato flessibile 15 porta, annegata al suo interno, una pluralità di dispositivi 1, in modo da formare un pannello intelligente 20. I dispositivi 1

sono elettricamente separati, ma collegati magneticamente.

Con specifico riferimento alle figure 1 e 2, il pannello intelligente 20 è a forma di nastro e il substrato flessibile 15 è di materiale flessibile, ad esempio di materiale polimerico quale kapton o teflon, che circonda lateralmente i dispositivi 1 (come si nota dalla fig. 2), ma è a filo con questi superiormente e inferiormente, come si nota in fig. 1.

Il pannello intelligente 20 può avere tuttavia qualunque forma, non necessariamente allungata.

I dispositivi 1 sono dotati ciascuno di almeno un'antenna 4 di tipo near field. Due strisce magnetiche 17 si estendono al di sopra o all'interno del substrato flessibile 15 in prossimità o contigue alle antenne 4, e preferibilmente le strisce magnetiche 17 hanno larghezza inferiore alla corrispondente dimensione delle antenne. Secondo una forma di realizzazione, e con riferimento all'orientamento mostrato in fig. 2, se i dispositivi 1 posseggono una sola antenna 4, questa è verticalmente allineata ad una delle due strisce magnetiche 17 (come mostrato in fig. 2); se i dispositivi 2 sono dotati di due antenne 4, ciascuna antenna 4 è disposta allineata verticalmente rispetto ad una rispettiva striscia magnetica 17 o a porzioni

magnetiche collegate, come discusso sotto.

Le strisce magnetiche 17 hanno prime estremità che possono essere collegate reciprocamente (come indicato con tratteggio con 12) a formare un circuito magnetico chiuso (con possibilità di interruzioni o traferri), e seconde estremità collegate ad un generatore magnetico 18 generante, in uso, un campo magnetico B. In tal modo, come mostrato in fig. 2, il campo magnetico B è confinato all'interno delle due strisce magnetiche 17 ed è diretto in ciascuna di esse in direzione opposta. In pratica, le strisce magnetiche 17 formano un circuito magnetico che, grazie all'accoppiamento con le antenne 4, collega i dispositivi 1 in una rete 14.

Il circuito magnetico consente la trasmissione efficiente di segnali e potenza fra i dispositivi 1 in assenza di contatto fisico/elettrico; inoltre eventuali rotture delle strisce magnetiche 17, ad esempio per effetto di ripetute piegature del substrato flessibile 15, non interrompono il circuito. Inoltre, dato l'accoppiamento magnetico fra le antenne 4 e le strisce 17, sul substrato flessibile 15 non sono necessarie piazzole o regioni di contatto elettrico che ne riducono la flessibilità e possono danneggiarsi; inoltre non è indispensabile che le strisce 17 siano continue, ma possono esistere o crearsi dei gap o

traferri, ovvero mancanze di materiale magnetico in uno o più brevi tratti, senza implicare l'interruzione e quindi un malfunzionamento della rete 14. In tal modo, qualora sollecitazioni meccaniche, piegature con piccolo raggio di piegatura o ripetute e/o stress di altro genere (compreso l'invecchiamento), portassero a discontinuità delle strisce magnetiche 17, ciò non pregiudicherebbe la comunicazione fra i dispositivi 1 e/o la loro alimentazione.

La rete 16 delle figg. 1, 2 può essere ottenuta nel seguente modo: inizialmente i dispositivi 1 vengono incollati su un piatto portante, ad esempio dotato di una superficie adesiva; quindi viene applicato il materiale plastico in condizione liquida o fusa, a temperatura tale da non danneggiare i dispositivi 1, ad esempio tramite spinning; successivamente viene eseguita una fase di polimerizzazione e indurimento del materiale plastico, e infine vengono rimosse le parti di materiale plastico in eccesso dalla superficie superiore, ad esempio mediante un trattamento di attacco e planarizzazione fino a scoprire i dispositivi 1, se desiderato. Infine, se necessario, la struttura ottenuta viene tagliata nelle forme desiderate o suddivisa in diverse parti, ad esempio diversi nastri.

Le strisce magnetiche 17 possono essere realizzate

ad esempio per stampaggio a getto di inchiostro ("inkjet printing"), utilizzando un inchiostro usato nell'industria a semiconduttori, dotato di particelle magnetiche al suo interno. In alternativa, può essere utilizzata la tecnica di "aerosol printing" di materiale magnetico oppure le strisce magnetiche 17 possono essere pre-stampate e applicate. Ad esempio, esse possono essere realizzate di materiale magnetico dolce ("soft"), quale CoZrTa, FeHfH(O) e simili, scelto anche in base alle frequenze utilizzate per le comunicazioni fra i dispositivi 1. Nel caso di alte frequenze, dell'ordine di qualche GHz, il materiale può essere sottoposto a fasi termiche di annealing in presenza di campo magnetico (magnetic annealing) per ottimizzare le caratteristiche del materiale magnetico.

In alternativa, come discusso in seguito con riferimento alla figura 4a, le parti di materiale polimerico del substrato flessibile 15 circondanti anche superiormente i dispositivi 1 non vengono rimosse. In tal caso, è anche possibile applicare uno strato di materiale polimerico sul lato posteriore del pannello 20, dopo averlo ribaltato. In questo caso, i dispositivi 1 risultano completamente annegati nel substrato flessibile 15. E' anche possibile applicare l'ulteriore strato di materiale polimerico dopo la

realizzazione delle strisce magnetiche 17, annegandole in tal modo all'interno del pannello 20.

La figura 3 mostra la struttura di base di un dispositivo 1 facente parte della rete 14. Nella sua struttura basilare, ciascun dispositivo 1 comprende una parte elettronica 2 e l'antenna 4. Inoltre, possono essere previsti uno o più elementi non elettronici 8, collegati alla parte elettronica 2. Il dispositivo 1 può anche comprendere più di una antenna, tipicamente due antenne 4, come discusso sotto.

A sua volta, la parte elettronica 2 include un circuito integrato 7 e un circuito di rice-trasmissione 3.

Ad esempio, l'unità elettronica 7 (rappresentata in figura genericamente da componenti elettronici 9) può operare, eventualmente insieme ai componenti non elettronici 8, come sensore, attuatore, interfaccia, elettrodo; inoltre, il circuito integrato 7 può essere una memoria, un'unità di controllo, un'unità di alimentazione, un convertitore, un adattatore, un circuito digitale, un circuito analogico, un circuito RF, ecc.

Lo o gli elementi non elettronici 8, di tipo elettrico/meccanico/chimico, possono essere ad esempio sistemi micro-elettro-meccanici (MEMS, NEMS, ad esempio

costituenti sensori o attuatori), oppure elettrodi, pozzetti, celle, fiale per liquidi, microcanali, ecc.

Il circuito di rice-trasmissione 3 può essere realizzato fisicamente separato dal circuito integrato 7 o insieme a questo.

Il circuito di ricetrasmissione 3 ha la funzione di collegare il circuito integrato 7 con l'antenna 4 per trasmettere e/o ricevere segnali e/o potenza e tipicamente comprende un transponder o un transceiver e circuiti convertitori AC/DC e/o DC/AC.

Ciascuna antenna 4 è formata in prossimità di una superficie maggiore 10 del dispositivo 1 o è affacciata a questa, ed è generalmente realizzata come antenna a spire (a spira singola o multipla), anche se è possibile usare anche congiuntamente altri tipi di antenne, come ad esempio dipoli hertziani, oppure interfacce di tipo capacitivo. In particolare, l'antenna può essere realizzata come insegnato nella domanda di brevetto WO 2010/076187.

Il dispositivo 1 può comprendere inoltre una via magnetica 13 si estende al suo interno, al di sotto dell'antenna 4 (rispetto alla superficie maggiore 10) o all'interno dell'antenna 4 stessa (come descritto ad esempio nella domanda di brevetto succitata WO 2010/076187) fino ad una seconda superficie maggiore 11

opposta alla prima superficie maggiore 10; la via magnetica 13 è elettricamente disaccoppiata dall'antenna 4. La via magnetica 13 ha forma, ad esempio, di tronco di piramide o di tronco di cono rovesciato.

Come accennato, il dispositivo 1 può essere costituito essenzialmente da una piastrina o chip a semiconduttore o da un sistema complesso. Tipicamente, se il dispositivo integrato 1 è costituito da una piastrina (come mostrato ad esempio in fig. 4a), questa include un substrato semiconduttore 21 e uno strato dielettrico 22. Il substrato semiconduttore 21, ad esempio di silicio, alloggia la parte elettronica 2 ed eventualmente gli elementi non elettronici 8 (almeno parzialmente, dato che, in talune applicazioni, questi possono sporgere dal dispositivo 1); lo strato dielettrico 22 alloggia la o le antenne 4 e le eventuali connessioni interne di materiale conduttore, ad esempio di metallo, che costituisce i vari livelli di metallizzazione collegati da vie, in modo noto e non mostrato.

Viceversa, se il dispositivo integrato 1 è un sistema più complesso, esso può essere costituito da un involucro ("casing") alloggiante sistemi e dispositivi incapsulati, ad esempio SoC (System-on-Chip), SiP

(System-in-Package), a loro volta integranti la parte elettronica 2 e/o gli elementi non elettronici 8, e le antenne 4. Ad esempio, il dispositivo 1 può essere incapsulato usando una tecnica simile a quella di "wafer level chip scale packaging", applicando una resina di stampaggio su una superficie maggiore e sui lati della fetta, girando la fetta stessa e realizzando il resto del sistema sulla faccia libera.

Ad esempio, nella forma di realizzazione della fig. 4a, il dispositivo 1 è costituito da una piastrina. Inoltre, qui, il substrato flessibile 15 circonda completamente il dispositivo 1 e le strisce magnetiche 17. In alternativa, come indicato, il substrato flessibile 15 potrebbe essere a filo con la superficie superiore e/o inferiore della piastrina e le strisce magnetiche 17 potrebbero estendersi al di sopra del substrato flessibile 15; inoltre la piastrina 1 potrebbe avere due antenne 4.

La fig. 4b mostra ancora un dispositivo 1 formato da una piastrina, che qui è ricoperta, su tutta la sua superficie esterna, da un involucro ("package") 23 di resina stampata. In questo caso, almeno una via magnetica 24 è formata attraverso l'involucro 23, allineata verticalmente all'antenna 4 e a una delle due strisce magnetiche 17. Nell'esempio mostrato, il

dispositivo 1 ha due antenne 4; di conseguenza, sono presenti due vie magnetiche 24, direttamente a contatto con le rispettive strisce magnetiche 17. Qui, il substrato flessibile 15 circonda il dispositivo 1 solo lateralmente, ma potrebbe circondarlo anche superiormente e/o inferiormente.

In questo modo, il dispositivo 1 risulta più robusto, essendo protetto esternamente dall'involucro 23.

Nel dispositivo 1 di fig. 4b, le antenne 4, le vie magnetiche 24 e le strisce magnetiche 17 sono tutte poste su uno stesso lato (superiore) del dispositivo 1. Tuttavia, esse possono essere disposte sia nella porzione superiore sia nella porzione inferiore del dispositivo 1. Ad esempio, in una variante non mostrata, entrambe le antenne 4, una sola via magnetica 24 e una sola striscia magnetica 17 possono essere disposte nella parte superiore del dispositivo 1 e l'altra via magnetica 24 e l'altra striscia magnetica 17 possono essere disposte nella parte inferiore. In questo caso, una pista magnetica (non mostrata) che circonda lateralmente il dispositivo 1 può collegare reciprocamente la via magnetica posta inferiormente alla relativa antenna disposta superiormente, oppure in alternativa può essere presente una via magnetica 13

analoga a quella di fig. 3.

In una forma di realizzazione mostrata in fig. 4c, l'antenna 4 non è più realizzata sostanzialmente parallela alle superfici 10 e 11 del dispositivo 1, ma si estende sostanzialmente parallela ad un piano verticale. Ad esempio, l'antenna 4 può essere formata in parte (prima porzione 400) nello strato dielettrico 22 del dispositivo 1, e in parte (seconda porzione 401) in uno strato superiore 14, costituito dal substrato flessibile 15 (analogamente a quanto mostrato in fig. 4a) o da uno strato separato, quale una scheda a circuito stampato flessibile. In questo modo, l'antenna 4 può circondare la striscia magnetica 17. La seconda porzione 401 può essere realizzata con tecniche note, come ad esempio tramite fili di collegamento ("wire bonding") o piste di materiale conduttivo connessi a terminali di contatto ("pad", non mostrati) del dispositivo 1. In una variante la seconda porzione 401 può essere circondata o compresa in un involucro 23 simile a quello di fig. 4b. Inoltre, sebbene la fig. 4c mostri l'antenna 4 formata da due spire, il numero di spire può essere differente (una o più di due).

La fig. 5 mostra una forma di realizzazione in cui le strisce magnetiche 17 non hanno forma di linea retta continua, ma sono costituite da segmenti di qualunque

forma, anche curva. Tale soluzione risulta vantaggiosa nel caso che il substrato flessibile 15 subisca frequenti piegature e flessioni, in quanto conferisce una maggior flessibilità alle strisce magnetiche 17, soprattutto in direzione trasversale alla lunghezza del pannello intelligente 20. La flessibilità delle strisce magnetiche 17 può anche essere incrementata se ciascuna di esse è formata dalla sovrapposizione di più strati, nel qual caso viene aumentata la loro flessibilità in direzione dello spessore del pannello intelligente 20.

In fig. 5, inoltre, anche i dispositivi 1 sono disposti in modo non allineato rispetto alla direzione longitudinale del pannello intelligente 20.

Le figg. 6 e 7 mostrano due alternative di accoppiamento fra due antenne 4 e il rice-trasmettitore 3 di uno stesso dispositivo 1. In fig. 6, le antenne 4 sono disposte in serie fra loro e al rice-trasmettitore 3. Quindi, per effetto del campo magnetico B concentrato nelle strisce magnetiche 17, all'interno delle antenne 4 si genera una corrente I_a , di ampiezza uguale per entrambe, ma percorrente le spire delle due antenne 4 in direzioni opposte. In pratica, in una delle due antenne 4 si ha una conversione di energia da magnetica ad elettrica e nell'altra antenna 4 si ha una conversione di energia da elettrica a magnetica.

Introducendo una modulazione del campo magnetico, è possibile la trasmissione e la ricezione di segnali elettrici. Infatti, la corrente I_a generata in una prima delle due antenne 4 fluisce anche nel rice-trasmettitore 3 che quindi, oltre a prelevare potenza, estrae i segnali elettrici modulati in ingresso e li trasmette al circuito integrato 7 (fig. 3). Inoltre, il rice-trasmettitore 3 riceve dal circuito integrato 7 segnali elettrici di uscita, li fornisce all'altra antenna 4 e questa li trasmette alla striscia magnetica 17 ad essa accoppiata. Il rice-trasmettitore 3, in particolare, può contenere un convertitore AC/DC e AC/DC; la trasmissione e la ricezione possono inoltre avvenire in entrambe le antenne.

Ad esempio, la modulazione potrebbe essere di tipo ASK (Amplitude Shift Keying) e riguardare il 10% dell'ampiezza del campo magnetico B , mentre il restante 90% essere dedicato all'alimentazione di potenza. Le frequenze utilizzabili possono essere ad esempio nel campo 10MHz-10GHz.

La fig. 7 mostra una soluzione a connessione in parallelo. Qui le due antenne 4 sono collegate reciprocamente tramite due linee 30 e il rice-trasmettitore 3 è collegato con un primo terminale ad una delle due linee e con un secondo terminale

all'altra linea 30. In questo caso, una delle due antenne 4 è percorsa da una prima corrente Ia e l'altra antenna 4 è da una seconda corrente Ib.

In una variante non mostrata, ciascuna delle due antenne 4 è collegata a una rispettiva coppia di terminali del rice-trasmettitore 3 (che è un quadripolo). In questo modo si ha un collegamento in cascata prima antenna/ricetrasmettitore/seconda antenna, e quindi le due antenne 4 del dispositivo 1 non sono collegate direttamente fra loro.

Sono possibili anche ulteriori varianti; in particolare, nel caso che il dispositivo 1 integri due circuiti integrati 7, questi possono essere collegati entrambi in serie, entrambi in parallelo, o uno in serie e l'altro in parallelo, in modo non mostrato.

In fig. 8, due vie magnetiche 31 si estendono attraverso lo strato dielettrico 22 e attraverso rispettive antenne 4, verticalmente allineate ad una rispettiva striscia magnetica 17. Due regioni magnetiche 32 si estendono al di sotto delle antenne 4, ciascuna collegata ad una rispettiva via magnetica 31.

Le regioni magnetiche 32 permettono di chiudere le linee di forza del campo magnetico e aumentano l'accoppiamento fra le antenne 4 e le relative strisce magnetiche 17.

In alternativa a quanto mostrato in fig. 8, è possibile avere una sola via magnetica 31 e una sola regione magnetica 32, in particolare nel caso che sia presente una sola antenna 4.

La fig. 9 mostra una soluzione con una sola regione magnetica 33 estendentesi fra le due vie magnetiche 31. In una soluzione alternativa, la regione magnetica 33 si estende fra le due antenne 4, al di sotto delle stesse, anche in assenza delle vie magnetiche 31. In un'altra alternativa ancora, non mostrata, è possibile avere una sola antenna 4, attraversata da una prima via magnetica 31 collegata ad una seconda via magnetica 31 senza antenna. La soluzione di fig. 9 e le alternative descritte consentono la chiusura del campo magnetico e possono essere utilizzate per l'ultimo dispositivo 1, in modo da implementare la connessione 12 di fig. 2, oppure anche in modo intermedio, in modo da avere più punti di chiusura del campo magnetico in modo distribuito.

Le fig. 10 e 11 mostrano una possibile implementazione del collegamento delle strisce magnetiche 17 al generatore magnetico 18. In dettaglio, al di sotto delle seconde estremità 19 delle strisce magnetiche si estendono due vie magnetiche finali 35a, 35b. Le vie magnetiche finali 35a, 35b si estendono

attraverso l'intero spessore del substrato flessibile 15, presentano ad esempio forma a tronco di cono e terminano in prossimità di una regione di chiusura 36. La regione di chiusura 36 è di materiale magnetico e si estende sul lato posteriore del pannello 20, fra le vie magnetiche finali 35a, 35b, in modo da chiudere il circuito magnetico. Un conduttore 37, ad esempio un filo di metallo, si avvolge intorno ad una delle vie magnetiche finali 35a, 35b, qui la via magnetica finale 35b, ed è accoppiata ad un'unità di alimentazione 38. L'unità di alimentazione 38 comprende un generatore di corrente alternata a radiofrequenza e una elettronica di controllo, di tipo noto, e può essere esterna (come mostrato con linea continua) oppure annegata nel substrato flessibile (come mostrato con linea tratteggiata). In pratica, il conduttore 37 forma un avvolgimento elettrico che trasforma la corrente alternata fornita dall'unità di alimentazione 38 nel campo magnetico B. Il generatore di corrente alternata a radiofrequenza genera almeno un segnale (ad esempio una sinusoide, un'onda quadra, un'onda triangolare) ad almeno una frequenza. In una variante, un segnale ad una prima frequenza F_0 può alimentare una pluralità di dispositivi 1, e un insieme di segnali o portanti a diverse frequenze F_1-F_n possono essere

utilizzati da vari dispositivi 1 per comunicare fra loro. L'unità di alimentazione 38 può eventualmente comprendere anche circuiti di rice-trasmettitore per permettere ad un sistema esterno di comunicare con il pannello intelligente 20, o per permettere il passaggio di informazioni da una portante a frequenza F_i ad una portante a frequenza F_j .

La fig. 12 mostra una diversa conformazione delle strisce 17 che, invece di estendersi al di sopra dei dispositivi 1, si estendono lateralmente a questi e sono dotate di appendici 40 che terminano al di sopra dei dispositivi 1. In pratica, le appendici 40, di cui in figura sono mostrate quattro diverse coppie, si estendono trasversalmente alle strisce magnetiche 17. Nelle tre coppie di appendici più a destra, le appendici sono formate ciascuna da un singolo segmento che termina al di sopra di una rispettiva antenna 4. Nella coppia più a sinistra, le appendici 40 sono formate da un primo segmento 40a estendentesi da e trasversalmente ad una rispettiva striscia magnetica 17 e da un secondo segmento 40b estendentesi da e trasversalmente al primo segmento 40a e terminante in corrispondenza delle antenne 4 di due dispositivi 1 adiacenti.

In figura 12, le frecce indicano la direzione del

campo magnetico B nelle appendici 40.

Le appendici 40 sono realizzate insieme alle strisce magnetiche 17, dello stesso materiale e dello stesso spessore, come si nota nella sezione di fig. 13, nella quale il dispositivo 1 è completamente annegato nel substrato flessibile 15. Vie magnetiche 24, analoghe alle omologhe di fig. 4b, possono essere previste nel substrato flessibile 15, fra le appendici 40 e le antenne 4.

Le figure 14-15 mostrano una rete 14 in cui i dispositivi 1 sono disposti su diversi livelli e sono accoppiati a strisce magnetiche 17 disposte anch'esse su più livelli. In pratica, ciascun livello è formato da un supporto flessibile 15 alloggiante una pluralità di dispositivi 1 e strisce magnetiche 17 formano uno o più circuiti magnetici accoppiati magneticamente ai dispositivi 1.

Nell'esempio mostrato, sono presenti tre livelli i cui elementi sono identificati dalle lettere a, b e c; i dispositivi nel livello superiore sono indicati con 1a, i dispositivi nel livello intermedio sono indicati con 1b e i dispositivi nel livello inferiore sono indicati con 1c, circondati da rispettivi supporti flessibili superiore 15a, intermedio 15b e inferiore 15c.

Qui, i dispositivi 1a, 1b e 1c sono accoppiati a strisce magnetiche 17a-17d estendentisi su quattro diverse superfici, in modo da ridurre il numero di strisce magnetiche 17 necessarie. Nell'esempio mostrato, una prima striscia magnetica 17a (in cui il campo magnetico ha una prima direzione, si veda la fig. 15) si estende sopra il supporto flessibile superiore 15a; una seconda striscia magnetica 17b (in cui il campo magnetico ha una seconda, opposta direzione) si estende fra il supporto flessibile superiore 15a e il supporto flessibile intermedio 15b, circondata da materiale isolante o dielettrico 50 (che può essere dello stesso tipo usato per realizzare il supporto flessibile); una terza striscia magnetica 17c (in cui il campo magnetico ha la prima direzione) si estende fra il supporto flessibile intermedio 15b e il supporto flessibile inferiore 15c, circondata dal materiale dielettrico 50; e la quarta striscia magnetica 17d (in cui il campo magnetico ha la seconda direzione) si estende al di sotto del supporto flessibile inferiore 15c, circondata dal materiale dielettrico 50.

La prima striscia magnetica 17a è accoppiata ai dispositivi 1a del livello superiore tramite prime appendici 40c complanari alla prima striscia magnetica 17a. La seconda striscia magnetica 17b è accoppiata ai

dispositivi 1a del livello superiore tramite seconde appendici 40d complanari alla prima striscia magnetica 17a e vie magnetiche di connessione 51a attraversanti il primo substrato flessibile 15a. La seconda striscia magnetica 17b è inoltre accoppiata ai dispositivi 1b del livello intermedio attraverso terze appendici 40e. La terza striscia magnetica 17c è accoppiata ai dispositivi 1b del livello intermedio attraverso quarte appendici 40f e vie magnetiche di connessione 51b attraversanti il secondo substrato flessibile 15b. La terza striscia magnetica 17c è accoppiata inoltre ai dispositivi 1c del livello inferiore attraverso quinte appendici 40g complanari alla terza striscia magnetica 17c. La quarta striscia magnetica 17d è accoppiata ai dispositivi 1c del livello inferiore attraverso seste appendici 40h e vie magnetiche di connessione 51c attraversanti il terzo substrato flessibile 15c.

Naturalmente, le appendici 40a-40h potrebbero essere realizzate in uno qualsiasi dei modi mostrati in figura 12, ad esempio, ciascuna appendice 40a-40h può essere costituita da più segmenti, essere allineate o sfalsate, inclinate in differenti modi. Essendo presenti più livelli, si possono avere più generatori magnetici 18.

La figura 16 mostra una forma di realizzazione a

più livelli o "stacked" in cui il dispositivo 1 posto sul livello inferiore porta degli aghi 60 dotati di microcanali e sporgenti inferiormente dal pannello 20, per consentire l'iniezione di liquidi presenti in pozzetti (non mostrati) alloggiati nel dispositivo 1 stesso. Il dispositivo 1 posto a livello intermedio è un SiP (System in Package) dotato di vie magnetiche 24 fra le strisce magnetiche 17 e le antenne 4 (non mostrate) e il dispositivo 1 superiore può essere un ASIC con un eventuale dispositivo MEMS, ad esempio avente funzione di trasduttore. In alternativa, il dispositivo 1 inferiore potrebbe portare degli elettrodi (non mostrati) affacciati alla superficie inferiore del pannello 20, per l'applicazione di stimoli ad una superficie a cui il pannello viene applicato (ad esempio l'epidermide) per effettuare stimolazioni, per la misura di parametri biologici e simili.

La fig. 17 mostra una forma di realizzazione della presente rete 14 in cui il pannello 20 è configurato ad anello in modo da poter essere infilato sul corpo umano o animale, ad esempio come bracciale, collare, cosciale, cintura per vita e simili. Ad esempio il pannello può costituire un bracciale da polso flessibile, ad esempio un bracciale di orologio.

Il pannello 20 può essere continuo oppure dotato di una chiusura apribile e alloggia una pluralità di dispositivi 1 e una o più strisce magnetiche 17, in modo da formare un apparecchio flessibile e pieghevole quale un cellulare, un tablet, un televisore, un calcolatore, un apparecchio medicale e simili, associati, se desiderato, ad un orologio da polso tradizionale.

Nelle forme di realizzazione mostrate nelle figure 18-39, una rete intelligente è formata su un singolo tessuto, un singolo capo, porzioni diverse non connesse di uno stesso capo o su più capi di abbigliamento. Qui, la rete è frazionata in una pluralità di sistemi che, grazie alle dimensioni contenute di ciascun sistema, sono inseriti in bottoni intelligenti. In seguito, tali sistemi frazionati sono definiti "dispositivi" per analogia alla forma di realizzazione delle figure 1-17.

Qui, ciascun dispositivo inserito in un bottone intelligente è dotato di una antenna embedded che consente il collegamento con gli altri dispositivi della rete in modo wireless utilizzando linee conduttive cablate, passive, dotate di antenne cablate in corrispondenza di nodi della rete; i bottoni intelligenti sono disposti in corrispondenza dei nodi e ricevono energia tramite concentratore/espansore

elettromagnetico.

In dettaglio, le figure 18 e 19 mostrano la struttura di una rete 100, formata su un capo di abbigliamento 101. La rete 100 comprende una linea elettrica 102 estendentesi sul tessuto del capo di abbigliamento 101 e collegante elettricamente fra loro una pluralità di nodi intermedi 103. A sua volta, ciascun nodo intermedio 103 è accoppiato magneticamente con un rispettivo dispositivo 104 (fig. 19) alloggiato in un bottone intelligente. La rete 100 comprende inoltre un nodo principale 105 accoppiato ad una unità di alimentazione 106, per l'alimentazione della rete stessa. Come mostrato in particolare in fig. 19, ciascun nodo intermedio 103 è formato essenzialmente da un'antenna cablata 110. Ciascun dispositivo 104 può essere realizzato essenzialmente come il dispositivo 1 delle figure 1-17 e può comprendere almeno una piastrina a semiconduttore o costituire un sistema complesso ad esempio SiP. Essenzialmente, ogni dispositivo 104 comprende un'antenna embedded 111, accoppiata ad una rispettiva antenna cablata 110, uno o più elementi funzionali 112 e uno o più circuiti elettronici 113. Qui, in genere, e analogamente agli elementi non elettronici 8 di fig. 3, gli elementi funzionali 112 comprendono uno o più elementi non

elettronici, di tipo elettrico/meccanico/chimico, quali sistemi micro-elettro-meccanici (MEMS, ad esempio costituenti sensori o attuatori o più in generale trasduttori), oppure interfacce, elettrodi, pozzetti, celle contenenti liquidi, ecc. e i circuiti elettronici 113 (equivalenti alla parte elettronica 2 di fig. 3) possono comprendere elementi di memoria, unità di controllo, convertitori, adattatori, circuiti digitali, circuiti analogici, circuiti RF, oltre a un circuito di rice-trasmissione analogo al circuito 3 di fig. 3.

L'unità di alimentazione 106 comprende anch'essa un'antenna embedded 108, accoppiata ad una rispettiva antenna cablata 107 del nodo principale 105, una batteria o gruppo di batterie 115 e un convertitore DC/AC 116, collegato fra la batteria 115 e l'antenna embedded 108. L'unità di alimentazione 106 può inoltre comprendere una memoria per l'immagazzinamento dei dati trasmessi dai dispositivi 104 attraverso i relativi nodi intermedi 103 e può essere collegata ad un telefono cellulare (non mostrato) per lo scambio di dati con l'esterno con altri sistemi anche remoti.

In fig. 19 è inoltre prevista un'antenna far field 120, che consente la connessione con l'ambiente esterno, ad esempio con un ulteriore capo di abbigliamento o un generico sistema elettronico, ed è

collegata con la rete 100 attraverso la linea elettrica 102.

La linea elettrica 102 può essere costituita da un singolo filo conduttivo che può essere eventualmente saldato alle estremità e forma sia le spire delle antenne 107, 110 (come discusso più in seguito) sia le linee di andata e ritorno o in parte di andata e in parte di ritorno. In alternativa, la linea elettrica 102 può essere formata da una pluralità di fili conduttivi, disposti al di sopra o annegati nel materiale del capo di abbigliamento 101. In tutti i casi la linea elettrica 102 è realizzata con materiali conduttivi, ad esempio rame, alluminio, tungsteno, oro, argento, nickel, platino o loro leghe. La linea elettrica 102 può essere considerata come una linea di trasmissione che può essere di tipo noto, ad esempio di tipo bifilare o di tipo GSG (Ground Signal Ground) o GSSG (Ground Signal Signal Ground) o altro.

Ad esempio, la figura 20a mostra una soluzione in cui il capo di abbigliamento 101 è formato da un tessuto lavorato a maglia ("knitted"). In tale soluzione, nota, la maglia è formata da una pluralità di filati ("yarn") 125, attraverso i quali si estendono dei fili conduttivi 121, ad esempio di rame o alluminio. In alternativa, i fili conduttivi 121

possono essere costituiti da fibre ottiche, o addirittura le fibre ottiche, generalmente di materiale flessibile, possono essere lavorate a maglia selettivamente insieme ai filati 120 e formare esse stesse parte del materiale del tessuto.

In fig. 20b è mostrata una diversa soluzione, in cui il tessuto è intessuto ("woven") ed è formato da filati di trama e ordito standard 125 e fili elettrici 126, ad esempio di rame o alluminio, sono inglobati direttamente all'interno di almeno alcuni dei filati 125, ad esempio ritorti contemporaneamente.

In entrambe le soluzioni, i fili elettrici 121 e 126 sono generalmente isolati, ad esempio dotati di una guaina o un rivestimento dielettrico.

La rete 100 è quindi di tipo modulare e i dispositivi 104 (alcune forme di realizzazione dei quali sono discusse più avanti) sono intercambiabili, in modo da consentire il posizionamento ogni volta di dispositivi 104 aventi elementi funzionali 112 diversi, a seconda degli scopi previsti. Questo consente di ottenere sistemi che globalmente hanno caratteristiche anche molto diverse fra loro in base al tipo di bottoni intelligenti utilizzati.

I dispositivi 104, l'unità di alimentazione 106 e il capo di abbigliamento 101 vengono fabbricati

separatamente e sono isolati galvanicamente fra loro, rendendo il sistema molto affidabile, flessibile, riparabile, configurabile e adatto ad essere indossato. Il capo di abbigliamento 101 può essere anche lavato in modo convenzionale, preferibilmente rimuovendo preliminarmente i bottoni intelligenti.

Le figure 21a e 21b mostrano una forma di realizzazione del nodo principale 105 e dell'unità di alimentazione 106.

In dettaglio, come visibile dalla sezione trasversale di fig. 21b, l'unità di alimentazione 106 è chiusa in un involucro 130, ad esempio di plastica, ed è alloggiata in una tasca 133 del capo di abbigliamento 101 sovrastante l'antenna cablata 107, in modo che l'antenna embedded 108 e l'antenna cablata 107 siano accoppiate magneticamente e quest'ultima possa ricevere potenza per l'alimentazione dell'intera rete 100.

L'antenna cablata 107 dell'unità di alimentazione 106 (così come l'antenna cablata 110 dei bottoni intelligenti 104) può essere realizzata semplicemente mediante una spira di materiale conduttivo per linee RF ed antenne (quale ad esempio un filo di alluminio o di lega con alluminio o ricoperto con alluminio, in modo da evitare l'ossidazione). L'antenna cablata 107 è formata dagli stessi fili conduttivi che formano anche

la linea elettrica 102 ed è anch'essa solidale al tessuto del capo 101 in modo simile a quanto discusso precedentemente con riferimento alle fig. 20a e 20b, oppure i fili conduttivi possono essere cuciti su un tessuto pre-esistente.

La tasca 133 può essere un taschino di tipo standard del capo 101, o una tasca apposita, dotata di una chiusura (non mostrata), ad esempio una cerniera o una chiusura di velcro che ne consente una facile apertura per la rimozione dell'unità di alimentazione 106 insieme al relativo involucro 130, ad esempio per la sostituzione della batteria 115 o per sostituire l'intera unità di alimentazione 106, quando la batteria 115 è scarica.

La fig. 22a mostra una forma di realizzazione in cui l'antenna cablata 107 è almeno formata da un filo conduttivo 122 e una porzione di filo separata 124 a forma di U è disposta fra il tratto di andata e quello di ritorno del filo conduttivo 122 in modo da formare due condensatori di fringing 134 in serie fra loro. In questo modo, i condensatori di fringing 134 formano, con la spira dell'antenna 107, un circuito LC parallelo costituente un'antenna risonante che permette un migliore trasferimento di energia dall'unità di alimentazione 106 al nodo principale 105.

La figura 22b mostra una variante della fig. 22a, in cui il condensatore di fringing 134 è formato da due tratti paralleli e ravvicinati del filo conduttivo 122.

La figura 23 mostra una forma di realizzazione del nodo principale 105 in cui uno schermo magnetico 137 si estende nel tessuto del capo 101 al di sotto dell'antenna cablata 107 del nodo principale 105 (si veda anche la fig. 24). Lo schermo magnetico 137 è formato da un film magnetico, ad esempio una lega di cobalto o nichel o un materiale magnetico dolce, con configurazione ("pattern") differente, ad esempio formante una geometrica piana regolare o irregolare, quale un rettangolo o quadrato o un disegno formato da segmenti, connessi o meno, il cui involuppo copre l'intera area dell'antenna cablata 107.

Lo schermo magnetico 137 permette di schermare il campo magnetico generato nei confronti della persona che indossa il capo di abbigliamento 101 e quindi ridurre le influenze pericolose soprattutto nel caso in cui i segnali scambiati sulla rete 100 abbiano elevata frequenza, ad esempio di 1 GHz. In una variante lo schermo magnetico può essere sostituito da uno schermo conduttivo, ad esempio di alluminio.

Lo schermo magnetico 137 può inoltre fare parte di una gabbia magnetica 139 includente anche una porzione

superiore 138, come mostrato nelle figure 24 e 25, in modo da ottenere un buon confinamento del campo magnetico all'interno della tasca 133.

In fig. 24, la porzione superiore 138 della gabbia magnetica 139 è formata all'interno dell'involucro 130 dell'unità di alimentazione 106 ed è costituita anch'essa da un film magnetico, con struttura e materiali analoghi a quelli dello schermo magnetico 137, ad eccezione del fatto di estendersi spazialmente in modo da definire cinque superfici di un poliedro.

In alternativa, secondo quanto mostrato in fig. 25, la porzione superiore 138 può essere realizzata nel tessuto della tasca 103 e può essere connessa o meno allo schermo magnetico 137. Ovviamente, in entrambi i casi, la gabbia magnetica 139 è elettricamente isolata dai fili conduttivi 122, 123.

La fig. 26 mostra una forma di realizzazione in cui il nodo principale 105 è accoppiato con un telefono cellulare 142 inseribile in una tasca 143 del capo di abbigliamento 101, ad esempio una tasca o taschino usuale. Qui, il telefono cellulare 142 è dotato di una propria antenna 144 di tipo induttivo, analoga alle antenne embedded 111 dei dispositivi 104 o dell'antenna embedded 108 dell'unità di alimentazione 106 e accoppiata con l'antenna cablata 107 prevista in

corrispondenza della tasca 143. In alternativa, l'antenna 144 può essere formata da un'antenna 144a di tipo hertziano (come mostrato nel dettaglio ingrandito di fig. 26) e da un'antenna 144b di tipo induttivo, accoppiata alla stessa antenna cablata 107 sul capo di abbigliamento 101. L'antenna 144b di tipo induttivo ha lo scopo di fornire energia, mentre l'antenna 144a di tipo hertziano ha una equivalente antenna (non mostrata e simile all'antenna 144a stessa) sul capo di abbigliamento 101 e può essere usata per le comunicazioni.

Con tale soluzione, il telefono cellulare 142 opera come interfaccia fra la rete 100 e il mondo esterno ed è in grado ad esempio di inviare segnali all'esterno, ad esempio parametri vitali misurati per l'analisi medica e/o segnali di allarme.

Le figure 27b, 27b e 28 mostrano possibili implementazioni del bottone intelligente, indicato con 150 e della relativa antenna cablata 110. Qui, il bottone intelligente 150 ha struttura simile a quella dei bottoni automatici noti e comprende un corpo a fungo 151 e un anello di fissaggio 152. Il corpo a fungo 151 è dotato di un gambo 153 e di una testa 154 e l'anello di fissaggio 152 presenta un foro 155 destinato ad alloggiare la porzione terminale del gambo

153. A tale scopo, il corpo a fungo 151 e l'anello di fissaggio 152 sono realizzati di materiale parzialmente cedevole, preferibilmente plastica, e hanno dimensioni tali da generare una connessione a interferenza tale da bloccare con sicurezza il gambo 153 all'interno del foro 155 (bloccaggio a pressione). In alternativa, il gambo 153 può avere diametro leggermente inferiore a quello del foro 155 ma essere dotato di una sporgenza periferica cooperante con una scanalatura anulare dell'anello di fissaggio 152 o viceversa, in modo da garantire inoltre il posizionamento costante reciproco. In alternativa, possono essere previsti altri mezzi di incastro noti, ad esempio a vite, a calamita.

Il capo di abbigliamento 101 è disposto fra la testa 154 e l'anello di fissaggio 152 ed è dotato, in corrispondenza del nodo intermedio 103, di un'apertura passante 160 all'interno della quale si estende il gambo 153. L'apertura passante 160 ha diametro uguale o poco superiore a quello del gambo 153; inoltre la testa 154 del corpo a fungo 151 e l'anello di fissaggio 152 sono disposti su lati opposti del capo di abbigliamento 101. Nella forma di realizzazione di fig. 27b, all'interno del capo di abbigliamento 101, in corrispondenza del nodo intermedio 103, i fili conduttivi 122, 123 si incurvano a formare porzioni a

semiarco 161 circondanti su lati opposti l'asola 160 in modo da formare una sorta di spira costituente l'antenna 110.

La fig. 27b mostra una forma di realizzazione in cui l'antenna cablata 110 è formata da un primo filo conduttivo 122 che si estende a formare la spira dell'antenna 110 e presenta una porzione 135 di ritorno che è accoppiata ad un secondo filo conduttivo 125 attraverso un condensatore di fringing 134. Qui, il condensatore di fringing 134 costituisce, con la spira 110, un circuito LC serie formante un'antenna risonante che permette un migliore trasferimento di energia fra il nodo intermedio 103 e il relativo dispositivo 104.

Vantaggiosamente, il condensatore di fringing 134 del circuito LC serie riduce e in certi casi annulla la necessità di creare saldature o collegamenti elettrici fra i fili, in particolare quando la linea elettrica 102 e la relativa pluralità di nodi 103 e sono formati da un solo filo conduttivo, come spiegato sopra.

Ciascun corpo a fungo 151 alloggia un rispettivo dispositivo 104; nell'esempio mostrato, dell'antenna embedded 111 sono mostrate due porzioni corrispondenti alla sezione della spira o delle spire formanti l'antenna embedded 111 stessa. Inoltre, all'interno del gambo 153 è alloggiato un elemento funzionale 112, qui

ad es. un elettrodo/sensore 162, mentre un altro elemento funzionale 112, ad esempio un'interfaccia 163, è disposto nella testa 154. La posizione e il numero di elementi funzionali 112 sono solamente indicativi e possono variare a seconda delle esigenze. L'interfaccia 163 può comprendere ad esempio un elemento a LED, un microfono, un altoparlante, un interruttore o una membrana per tastiera, per l'introduzione di un dato. Il circuito elettronico 113 è qui alloggiato nella testa 154 ed è collegato all'antenna embedded 111 e agli elementi funzionali 112. Anche qui, il circuito elettronico 113 può comprendere un circuito integrato, un SoC, un SIP e simili. In generale, l'elemento o gli elementi funzionali 112, il circuito o i circuiti elettronici 113 possono essere disposti variamente, in base alle esigenze specifiche. Inoltre, in una variante non mostrata, l'antenna embedded 111 può essere integrata all'interno del circuito elettronico 113.

In figura 28, l'anello di fissaggio 152 contiene un elemento a schermo 164, di forma anulare e realizzato tramite un film magnetico o conduttivo, simile allo schermo magnetico 137 di fig. 24.27b

Nell'esempio di realizzazione di fig. 29, gli elementi funzionali 112 possono comprendere un contenitore, vaschetta o fiala 167 e una siringa 169

collegati reciprocamente mediante un condotto 166. In dettaglio, qui il contenitore 167, riempito con un medicinale 168 (ad esempio insulina), è disposto ad es. nella testa 154 ed è collegato alla siringa 169, rappresentata solo schematicamente. La superficie superiore della testa 154 è formata qui da una parete trasparente 170 per ispezionare il contenitore 167, ad esempio per evidenziare quando questo è vuoto. Il circuito elettronico 113, qui incorporante l'antenna 111, può regolare il passaggio del medicinale 168 dal contenitore 167 alla siringa 169, comandando una valvola 172 nel condotto 166.

Il bottone intelligente 150 di fig. 29 può essere ad esempio un componente a singolo uso, da sostituire dopo lo svuotamento del contenitore 167. Inoltre, altri bottoni intelligenti 150 della rete 100 possono eseguire il monitoraggio di grandezze prefissate (ad esempio il contenuto di zuccheri nel sangue della persona che indossa il capo 101) per poter erogare in modo programmato quantità prefissate del medicinale 168 quando necessario.

In figura 30, il contenitore 167 è collegato ad un canale di ingresso 173 una cui estremità sporge dalla testa 154. Il canale di ingresso 173 è vantaggiosamente dotato di elementi di chiusura non mostrati e/o è

collegato ad un serbatoio esterno non mostrato e consente il riempimento del contenitore 167 quando questo si è svuotato.

Le figure 31-35 si riferiscono ad una soluzione in cui la rete 100 si estende su differenti capi di abbigliamento 101 o diverse parti di uno stesso capo separate da una discontinuità, ad esempio diversi lembi 101a, 101b di una giacca (come mostrato in fig. 31), ma che sono collegabili tramite bottoni o altro sistema di chiusura che comporta una sovrapposizione di lembi di tessuto, nel caso in cui serva trasferire potenza e quindi sia necessario un accoppiamento magnetico near field oppure le antenne potrebbero essere vicine fra loro nel caso esse siano usate solo per la comunicazione, e in questo caso si possono quindi usare anche antenne far field (non mostrate).

In questo caso, la rete 100 è formata da due o più porzioni di rete 100a e 100b le cui linee elettriche 102a, 102b non sono connesse elettricamente fra loro a causa di almeno una linea di interruzione fisica.

Secondo quanto mostrato in fig. 31, un solo nodo principale 105 alimenta le porzioni di rete 100a e 100b. Queste presentano una pluralità di nodi di estremità 180a, 180b disposti in corrispondenza di elementi di abbottonatura (asole, bottoni, automatici,

cerniere), ad esempio in prossimità del bordo del rispettivo lembo 101a, 101b del capo 101. In pratica, ovviamente, i nodi di estremità 180a e i nodi di estremità 180b sono in ugual numero e sono disposti in modo che la sovrapposizione dei due lembi 101a, 101b dello stesso capo 101 o di due differenti capi (non mostrato) e l'eventuale operazione di abbottonatura porti ad una sovrapposizione fra ciascun seminodo 180a e un rispettivo seminodo 180b. I nodi di estremità 180a, 180b sono costituiti essenzialmente ciascuno da una rispettiva antenna a spira 183a, 183b annegata nel tessuto del capo di abbigliamento 101; in questo modo, l'operazione di chiusura o fissaggio dei due lembi 101a, 101b comporta la sovrapposizione delle antenne a spira 183 e quindi l'accoppiamento magnetico delle porzioni di rete 100a e 100b in corrispondenza dei nodi di estremità 180a, 180b (accoppiamento "near field").

Quindi, in questo caso, la rete 100 può comprendere un solo nodo principale 105 e una sola unità di alimentazione 106.

La fig. 32 mostra la sezione trasversale del capo di abbigliamento 101 in caso di abbottonatura del capo 101 attraverso bottoni automatici 181 (ad es. snap fastener, snap, popper, press stud). In dettaglio, ciascun bottone automatico 181 è formato da due metà

181a, 181b simili a quelle di un bottone automatico tradizionale, e sono dotati di anellini di bloccaggio 182. Anche qui, i nodi 180a, 180b sono formati all'interno del tessuto del capo 101.

In alternativa, i bottoni automatici 181 possono realizzare una connessione elettrica fra le linee 102a, 102b di ciascuna semirete, sfruttando la contiguità e contatto diretto fra le due metà 181a, 181b dei bottoni automatici 181 stessi. In questo caso ciascun bottone automatico 181 può comprendere dei connettori (formati da porzioni conduttive che si incastrano fra loro) per realizzare almeno una connessione elettrica. In questo caso le antenne 183 possono essere presenti o meno.

Un dispositivo 104 può anche essere realizzato annegato in una delle due metà 181a, 181b del bottone automatico 181, che opererebbe dunque come bottone intelligente.

Le figg. 33a e 33b sono relative ad un capo di abbigliamento 101 dotato di un sistema di abbottonatura a bottone e asola. In questo caso, i nodi di estremità 180a possono essere realizzati in corrispondenza di asole 185 e i nodi di estremità 180b possono essere realizzati in corrispondenza di bottoni 186 del tipo cucito tramite filo 187 sul rispettivo lembo del capo 101.

Qui, i nodi di estremità 180a, 180b sono ancora formati ciascuno da una rispettiva antenna a spira 183a, 183b annegata o fissata nel rispettivo lembo del capo di abbigliamento 101, in modo che l'operazione di abbottonatura porta alla sovrapposizione delle antenne a spira 183. Le due antenne a spira 183a, 183b hanno dimensioni comparabili. Inoltre, anche qui, il bottone 186 può annegare un dispositivo 104 accoppiato, tramite la rispettiva antenna 111, alle antenne a spira 183 sottostanti. Ad esempio l'antenna 111 del dispositivo 104 può essere realizzata sulla periferia del bottone 186, ad esempio formata sulla superficie superiore o inferiore del bottone 186.

In alternativa, il bottone 186 può annegare l'antenna 111 del dispositivo 104 e l'antenna a spira 183b del seminodo 180b può essere formata nel rispettivo lembo del capo 101b al di sotto dell'antenna 111.

Nelle figure 34 e 35, un filo 191 che tiene il bottone 186 attaccato al rispettivo lembo 101b del capo 101 è realizzato di materiale magnetico. Qui, il bottone 186 alloggia l'antenna del dispositivo 104, indicata con 192 e disposta esternamente al dispositivo 104. L'antenna 192 può avere ad esempio forma ad 8 rovesciato, in modo da formare due spire affiancate e

contigue, circondanti ciascuna un rispettivo foro 193 del bottone 186. Il nodo 180b può qui essere formato da una analoga antenna a doppia spira 194 (una delle quali aperta, per la connessione con la linea elettrica 102b), come visibile in fig. 36, nella quale il bottone 186 non è stato rappresentato per chiarezza rappresentativa. Qui, l'antenna a spira 183b forma due circonferenze 195 e 196, di cui la circonferenza 195 è esterna ed è sostanzialmente congruente e sovrapponibile (dopo l'abbottonatura, all'antenna a spira 183a sull'altro lembo 101a e la circonferenza 196 è interna e passa fra i fori 193 del bottone 186 in modo da accoppiarsi con l'antenna 192 del dispositivo 104. In alternativa, il nodo 180b può essere realizzato a singola spira disposta al di sotto di una delle due spire dell'antenna a doppia spira 192.

Secondo un'altra alternativa, il bottone 186 può non alloggiare alcun dispositivo 104 o il dispositivo 104 può avere una propria antenna embedded 111 in alternativa alla antenna a doppia spira 192.

La presenza del filo 191 di materiale magnetico consente di ottenere un aumento dell'accoppiamento magnetico fra i due nodi di estremità 180a, 180b ed eventualmente il dispositivo 104.

Inoltre, la circonferenza esterna 195 consente un

buon accoppiamento con l'antenna a spira 183a sull'altro lembo 101a, e la circonferenza interna 196 consente un buon accoppiamento con l'antenna a doppia spira 192.

Secondo una variante non mostrata, l'antenna a spira 183b può essere formata da una singola spira, passante fra i fori 193 del bottone 186, di forma circolare o poligonale. Questa soluzione è particolarmente adatta nel caso di bottone 186 avente antenna a doppia spira 192, come in fig. 34.

Le figg. 37 e 38 mostrano un bottone intelligente 197 utilizzabile per collegare due reti separate tramite un collegamento far field, ad esempio la rete 100 con una rete domotica o un impianto musicale, come mostrato nella porzione tratteggiata della linea elettrica 102 di fig. 31.

Il bottone intelligente 197 ha due gambi 198, 199 sporgenti da una singola testa 200 e destinati ad estendersi ciascuno attraverso una rispettiva apertura 201 e 202 del capo di abbigliamento 101. I gambi 198, 199 sono fissati attraverso rispettivi anelli di fissaggio 253, nel modo descritto per il gambo 153 di fig. 28. In alternativa, può essere previsto un singolo elemento di fissaggio, dotato di due fori per l'incastro, il collegamento a scatto o ad interferenza

con i gambi 198, 199.

Il bottone intelligente 197 alloggia uno o più elementi funzionali 112, uno o più circuiti elettronici 113 e due antenne embedded 111, una per ogni gambo 198, 199.

Il capo di abbigliamento 101 presenta una prima antenna cablata 205 circondante uno dei fori, qui il foro 201, in modo analogo a quanto descritto con riferimento alla fig. 27. La prima antenna cablata 205 è formata dai fili conduttivi 122, 123 ed è accoppiata magneticamente ad una delle antenne embedded 111 del bottone intelligente 197. Inoltre, il capo di abbigliamento 101 presenta un'antenna herziana formata da due dipoli 206a e 206b, collegati tramite conduttori elettrici 207 ad una seconda antenna cablata 208 estendentesi intorno all'altro foro, qui il foro 200, e accoppiata con l'altra antenna embedded 111 del bottone intelligente 197.

Tale soluzione può essere utilizzata in particolare nel caso in cui l'unità di alimentazione 106 non sia dotata di un'antenna far field.

La fig. 39 mostra un'architettura che consente il collegamento fra due diverse reti 210 e 211, ciascuna delle quali realizzata nel modo descritto per la rete 100. Le reti 210, 211 possono essere realizzate su uno

stesso capo di abbigliamento 101 o su due capi di abbigliamento adiacenti, quali ad es. i pantaloni e la maglia di una tuta. Le due reti 210, 211 sono accoppiate fra loro attraverso due antenne 215, in near field nel caso in cui si ha un'unica unità di alimentazione 106 per le due reti 210, 211, ad esempio disposta nella rete 211. Le due reti 210, 211 sono accoppiate fra loro attraverso due antenne 215 o in far field, nel caso in cui entrambe le reti abbiano una loro unità di alimentazione 106. Una delle due reti, ad es. la rete 211, può essere accoppiata ad un telefono cellulare 142 che consente la connessione con l'esterno; in questo caso, il telefono cellulare 142 può anche comprendere l'unità di alimentazione 106.

Una delle due reti 210, 211 può essere disposta anche su un oggetto diverso da un capo di abbigliamento, ad esempio su un bracciale di orologio; può essere dotata di un visualizzatore per visualizzare segnali generati dai sensori dell'altra rete e può non avere una unità di alimentazione, ricevendo la potenza elettrica necessaria per il suo funzionamento dall'altra rete.

La rete qui descritta presenta numerosi vantaggi. Infatti, essa può essere realizzata su supporti flessibili e quindi consente di disporre dispositivi

elettronici, di per sé non flessibili, dovunque sia necessario, dato che la connessione fra i dispositivi avviene senza contatto e quindi la piegatura del supporto non comporta il rischio di interruzione della connessione elettrica.

Inoltre essa è modulare, e può essere adattata con facilità alle specifiche esigenze, inserendo o fissando dispositivi adatti allo scopo.

Risulta infine chiaro che alla rete qui descritta ed illustrata possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, nella soluzione delle figg. 1-17, vie magnetiche possono attraversare i dispositivi 1 per migliorare l'accoppiamento fra le antenne 4 e le strisce magnetiche 17, permettendo inoltre di utilizzare una singola striscia che eventualmente può essere chiusa a formare un anello o toroide.

Le singole soluzioni tecniche descritte nelle diverse forme di realizzazione possono essere combinate variamente fra di loro, in modo da realizzare innumerevoli implementazioni, a seconda delle esigenze.

RIVENDICAZIONI

1. Rete (100) di dispositivi elettronici, comprendente:

un substrato flessibile (15; 101);

una pluralità di dispositivi elettronici (1; 104) fissati al substrato flessibile,

i dispositivi elettronici avendo mezzi di accoppiamento reciproco (4; 111) di tipo senza contatto.

2. Rete secondo la rivendicazione 1, in cui ciascun dispositivo elettronico (1; 104) comprende una piastrina o un sistema complesso integrante un circuito di rice-trasmissione (3) collegato ai mezzi di accoppiamento reciproco (4; 111) e una parte funzionale (7, 8; 112) collegata al circuito di rice-trasmissione e includente almeno un elemento scelto fra: sensore, attuatore, trasduttore, interfaccia, elettrodo, memoria, unità di controllo, unità di alimentazione, convertitore, adattatore, circuito digitale, circuito analogico, circuito RF, sistema micro-elettromeccanico, elettrodo, pozzetto, cella, contenitore per liquidi.

3. Rete secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui i mezzi di accoppiamento reciproco (4; 111) sono mezzi di

accoppiamento magnetico includenti almeno una prima antenna (4; 111) near field.

4. Rete secondo la rivendicazione 3, in cui il supporto flessibile è un substrato (15) di materiale plastico annegante i dispositivi elettronici (1) e porta almeno una prima striscia (17) di materiale magnetico che si estende al di sopra del o nel substrato flessibile ed è accoppiata magneticamente con l'antenna (4) dei dispositivi elettronici.

5. Rete secondo la rivendicazione 4, comprendente una seconda striscia (17) di materiale magnetico estendentesi a distanza dalla prima striscia (17).

6. Rete secondo la rivendicazione 5, in cui i mezzi di accoppiamento reciproco comprendono una seconda antenna (4), la prima antenna (4) essendo allineata alla prima striscia (17) o ad espansioni (40) di questa e la seconda antenna (4) essendo allineata alla seconda striscia (17) o ad espansioni di questa.

7. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 4-6, in cui ciascun dispositivo (1) comprende inoltre almeno una via magnetica (31) estendentesi al di sotto della prima striscia magnetica (17) e attraverso la prima antenna (4) e almeno una regione magnetica (32) si estende al di sotto della prima antenna (4),

collegata alla via magnetica (31).

8. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 4-7, comprendente inoltre un generatore magnetico (18) collegato ad una estremità della striscia (17).

9. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5-6, comprendente inoltre un generatore magnetico (18) collegato ad una prima estremità della prima e della seconda striscia (17); la prima e la seconda striscia (17) avendo una seconda estremità reciprocamente collegate.

10. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5, 6, 9, in cui il dispositivo elettronico (1) comprende una prima e una seconda superficie maggiore (10, 11) e la prima e la seconda striscia (17) si estendono entrambe sulla prima superficie maggiore (10) oppure la prima striscia (17) si estende sulla prima superficie maggiore (10) e la seconda striscia (17) si estende sulla seconda superficie maggiore (11) e una via magnetica di connessione (57) si estende attraverso il dispositivo elettronico (1) o il substrato flessibile (15) per la connessione fra la seconda striscia e la prima superficie maggiore.

11. Rete secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni 4-10, comprendente una pluralità di substrati flessibili (15a-15c) sovrapposti, ciascun substrato della pluralità annegando una propria pluralità di dispositivi elettronici (1).

12. Rete secondo una delle rivendicazioni 1-3, in cui il substrato flessibile (101) è un tessuto e porta una pluralità di nodi di connessione (103) e almeno una linea elettrica (102) collegante elettricamente i nodi di connessione; ciascun nodo di connessione comprendendo una antenna di rete (110) affacciata all'antenna (111) di un rispettivo dispositivo elettronico (104).

13. Rete secondo la rivendicazione 12, in cui ciascun dispositivo elettronico (104) è annegato in un corpo di materiale isolante (151) avente mezzi di connessione meccanica (153) con il tessuto.

14. Rete secondo la rivendicazione 12 o 13, comprendente inoltre un nodo principale (105) accoppiato magneticamente ad una unità di alimentazione (106) alloggiata in una tasca (133) del tessuto (101).

15. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-14, in cui una linea elettrica (102) è collegata ad una antenna far-field (120; 144; 206) per il collegamento con l'esterno.

16. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-15, in cui una linea elettrica (102) è annegata all'interno del tessuto (101).

17. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-16, comprendente uno schermo magnetico (137); disposto almeno al di sotto di ciascun nodo (103, 105).

18. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 13-17, in cui il corpo è un bottone a pressione (151) e comprende una testa (154) e un gambo (153) attraversante il tessuto (101) e bloccato da un anello di fissaggio (152), la testa del bottone e il gambo essendo disposti su lati opposti del tessuto (101) e l'antenna di rete (110) essendo formata da una spirale di materiale magnetico.

19. Rete secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-17, in cui il tessuto (101) presenta due lembi (101a, 101b) collegabili reciprocamente, ciascun lembo essendo dotato di una semirete (100a, 100b) e di nodi di estremità (180) destinati ad essere accoppiati magneticamente.

20. Rete secondo la rivendicazione 19, in cui i nodi di estremità comprendono asole (185) circondate da rispettive antenne (183b) e sovrapponibili

reciprocamente; semibottoni (181) di tipo a pressione essendo inseriti in ciascuna asola per il fissaggio reciproco dei due lembi (101a, 101b).

21. Rete secondo la rivendicazione 19, in cui i nodi di estremità (180a) di una prima semirete (100a) comprendono una pluralità di asole (185) circondate ciascuna da una rispettiva antenna di estremità (183a) e i nodi di estremità (180b) di una seconda semirete (100b) comprendono una rispettiva pluralità di antenne di estremità (183b) e una corrispondente pluralità di bottoni cuciti (186).

22. Rete secondo la rivendicazione 21, in cui almeno alcuni bottoni cuciti (186) alloggiano un rispettivo dispositivo elettronico (104).

23. Bottone intelligente (150) per l'uso nella rete (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 12-22, alloggiante un dispositivo elettronico (104) comprendente una piastrina o un sistema complesso integrante mezzi ad antenna (111), un circuito elettronico (113) collegato ai mezzi ad antenna e una parte funzionale (112) collegata al circuito elettronico e includente almeno un elemento scelto fra: sensore, attuatore, trasduttore, interfaccia, elettrodo, memoria, unità di controllo, unità di

alimentazione, convertitore, adattatore, circuito digitale, circuito analogico, circuito RF, sistema micro-elettro-meccanico, elettrodo, pozzetto, cella, contenitore per liquidi.

24. Metodo di comunicazione in una rete 100 formata su un substrato flessibile (15; 101) portante una pluralità di dispositivi elettronici (1; 104) aventi ciascuno una rispettiva antenna di dispositivo (4; 111), comprendente:

trasmettere segnali e potenza nella rete; e

trasmettere i segnali e la potenza ai dispositivi elettronici tramite accoppiamento magnetico fra la rete e le antenne di dispositivo.

p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

Elena CERBARO

CLAIMS

1. A network (100) of electronic devices, comprising:

a flexible substrate (15; 101);

5 a plurality of electronic devices (1; 104) assembled on the flexible substrate, the electronic devices having mutual coupling means (4; 111) of wireless type.

2. The network according to claim 1, wherein each electronic
10 device (1; 104) comprises a chip or a complex system integrating a transceiver circuit (3) connected to the mutual coupling means (4; 111) and a functional part (7, 8; 112) connected to the transceiver circuit and including at least one element chosen in the group comprising: a sensor, an
15 actuator, a transducer, an interface, an electrode, a memory, a control unit, a power-supply unit, a converter, an adapter, a digital circuit, an analog circuit, an RF circuit, a microelectromechanical system, an electrode, a well, a cell, a container for liquids.

20 3. The network according to claim 1 or 2, wherein the mutual coupling means (4; 111) are magnetic-coupling means including at least one first near-field antenna (4; 111).

25 4. The network according to claim 3, wherein the flexible support is a substrate (15) of plastic material embedding the electronic devices (1) and carries at least one first strip (17) of magnetic material that extends over or in the flexible substrate and is magnetically coupled to the antenna (4) of
30 the electronic devices.

5. The network according to claim 4, comprising a second strip (17) of magnetic material extending at a distance from the first strip (17).

6. The network according to claim 5, wherein the mutual coupling means comprise a second antenna (4), the first antenna (4) being aligned to the first strip (17) or to projections (40) thereof, and the second antenna (4) being aligned to the second strip (17) or to projections thereof.

7. The network according to any one of claims 4 to 6, wherein each device (1) further comprises at least one magnetic via (31) extending underneath the first magnetic strip (17) and through the first antenna (4) and at least one magnetic region (32) extending underneath the first antenna (4), connected to the magnetic via (31).

8. The network according to any one of claims 4 to 7, further comprising a magnetic generator (18) connected to one end of the strip (17).

9. The network according to any one of claims 5-6, further comprising a magnetic generator (18) connected to first ends of the first and second strips (17).

10. The network according to any one of claims 5, 6, and 9, wherein the electronic device (1) comprises a first main surface (10) and a second main surface (11) and the first and second strips (17) extend both on the first main surface (10) or the first strip (17) extends on the first main surface (10) and the second strip (17) extends on the second main surface (11) and a magnetic connection via (57) extends through the electronic device (1) or the flexible substrate (15) for connection between the second strip and the first main surface.

11. The network according to any one of claims 4-10, comprising a plurality of flexible substrates (15a-15c) arranged on top of each other, each substrate of the plurality

embedding a plurality of electronic devices (1).

12. The network according to any one of claims 1 to 3, wherein the flexible substrate (101) is a fabric and carries a plurality of connection nodes (103) and at least one electrical line (102) electrically connecting the connection nodes; each connection node comprising a network antenna (110) facing the antenna (111) of a respective electronic device (104).

13. The network according to claim 12, wherein each electronic device (104) is embedded in a insulating material body (151) having mechanical connection means (153) for coupling with the fabric.

14. The network according to claim 12 or 13, further comprising a main node (105) magnetically coupled to a power supply unit (106) housed in a pocket (133) of the fabric (101).

15. The network according to any one of claims 12-14, wherein an electrical line (102) is connected to a far-field antenna (120; 144; 206) for connection with an outside world.

16. The network according to any one of claims 12 to 15, wherein an electrical line (102) is embedded within the fabric (101).

17. The network according to any one of claims 12 to 16, comprising a magnetic shield (137), arranged at least underneath each node (103, 105).

18. The network according to any one of claims 13 to 17, wherein the body is a press stud (151) and comprises a head (154) and a stem (153) extending through the fabric (101) and

blocked by a fixing ring (152), the head of the press stud and the stem being arranged on opposite sides of the fabric (101) and the network antenna (110) being formed by a magnetic material loop.

5

19. The network according to any one of claims 12-17, wherein the fabric (101) has two mutually connectable flaps (101a, 101b), each flap having a half-network (100a, 100b) and end nodes (180) designed to be magnetically coupled together.

10

20. The network according to claim 19, wherein the end nodes comprise eyelets (185) surrounded by respective antennas (183b) that may be arranged on top of one another; half-buttons (181) of press-stud type being inserted in each eyelet for fixing the two flaps (101a, 101b) to each other.

15

21. The network according to claim 19, wherein the end nodes (180a) of a first half-network (100a) comprise a plurality of eyelets (185), each surrounded by a respective end antenna (183a), and the end nodes (180b) of a second half-network (100b) comprise a respective plurality of end antennas (183b) and a corresponding plurality of sewn buttons (186).

20

22. The network according to claim 21, wherein at least some sewn buttons (186) house a respective electronic device (104).

25

23. A smart button (150) for use in the network (100) according to any one of claims 12 to 22, housing an electronic device (104) comprising a chip or a complex system integrating antenna means (111), an electronic circuit (113) connected to the antenna means and a functional part (112) connected to the electronic circuit and including at least one element chosen in the group comprising: a sensor, an actuator, a transducer, an interface, an electrode, a memory, a control unit, a power-supply unit, a converter, an adapter, a digital circuit, an

30

35

analog circuit, an RF circuit, a microelectromechanical system, an electrode, a well, a cell, a container for liquids.

24. A communication method in a network (100) formed on a
5 flexible substrate (15; 101) bearing a plurality of electronic
devices (1; 104) each having a respective device antenna (4;
111), comprising:
transmitting signals and power in the network; and
transmitting the signals and the power to the electronic
10 devices via magnetic coupling between the network and the
device antennas.

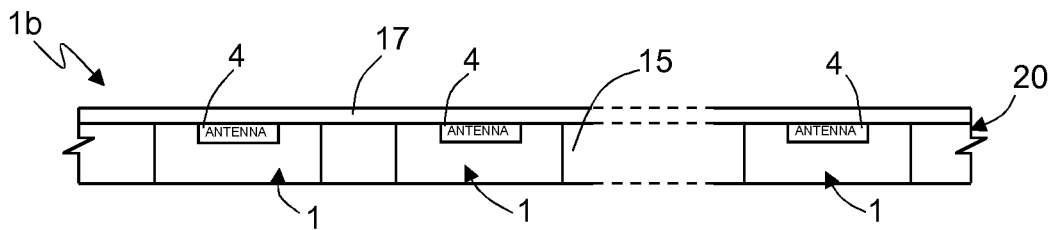


Fig.1

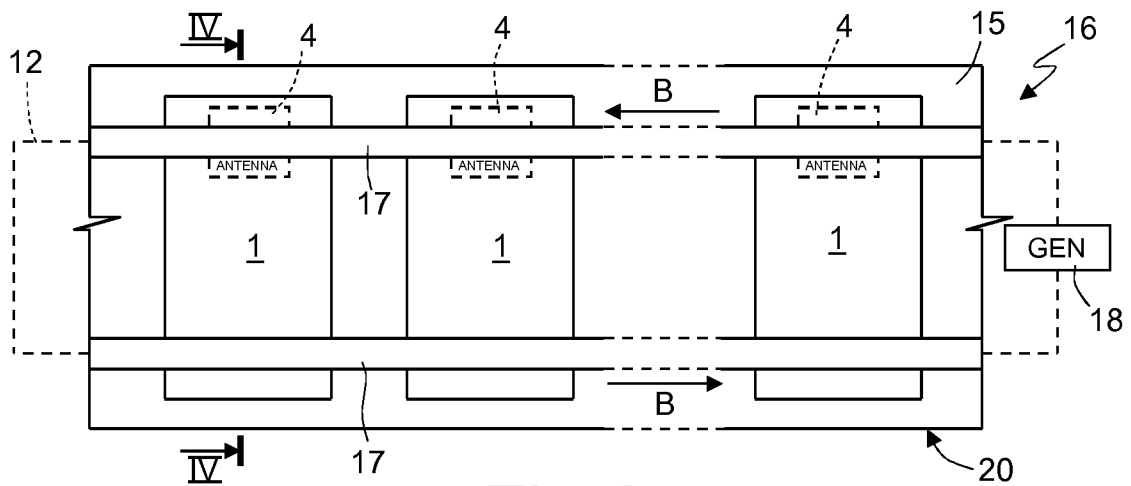


Fig.2

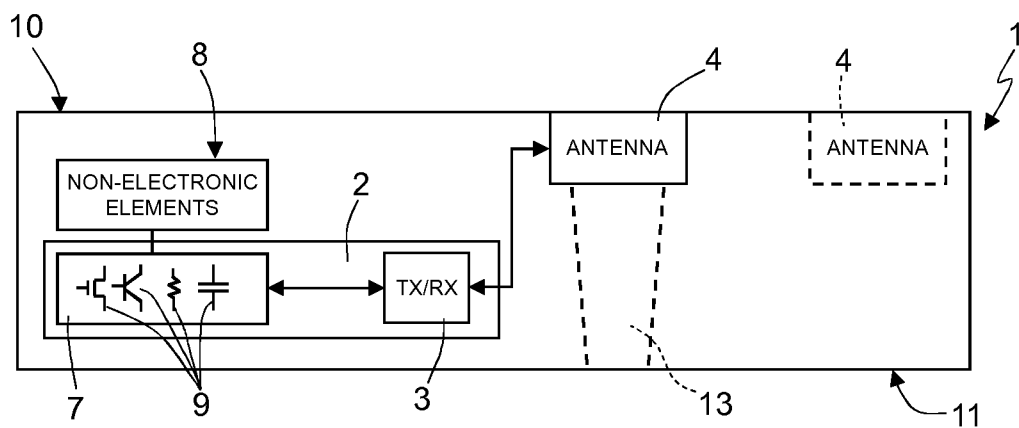


Fig.3

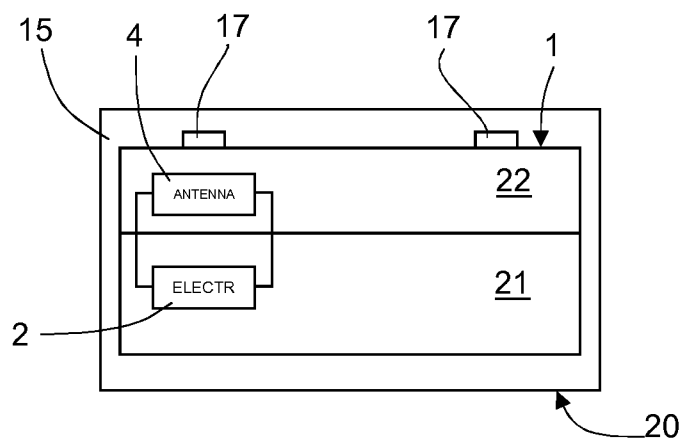


Fig.4a

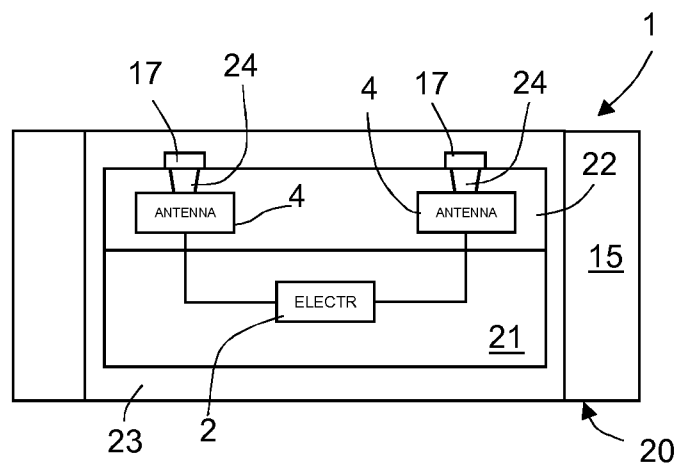


Fig.4b

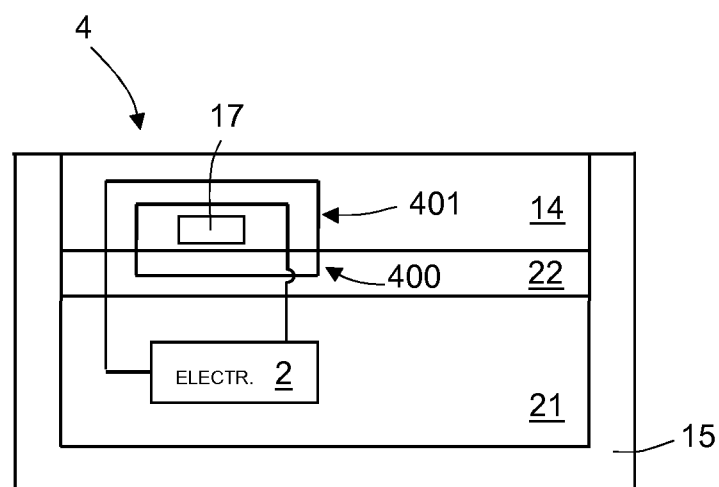


Fig.4c

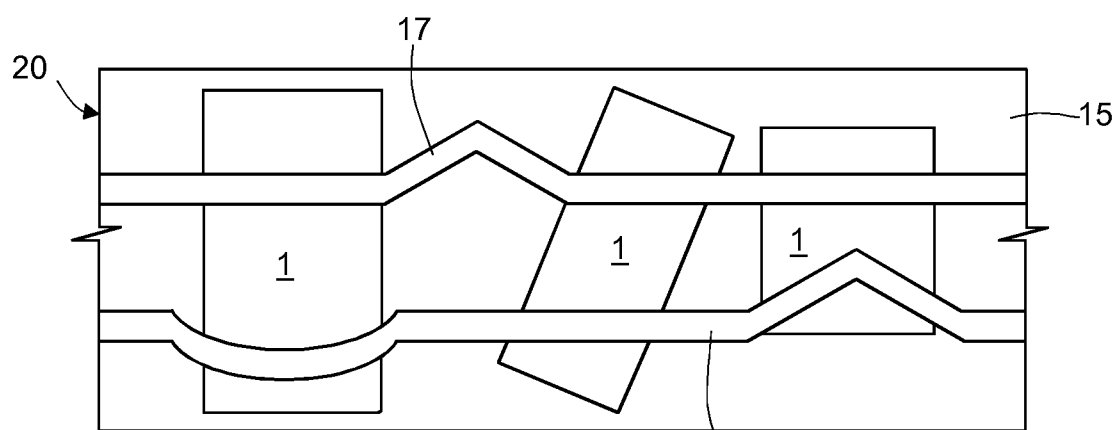


Fig.5

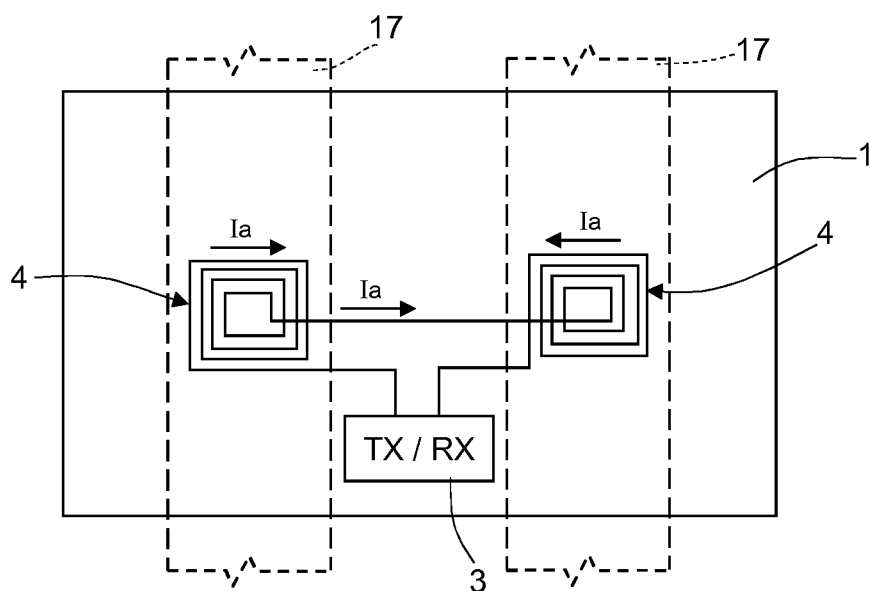


Fig.6

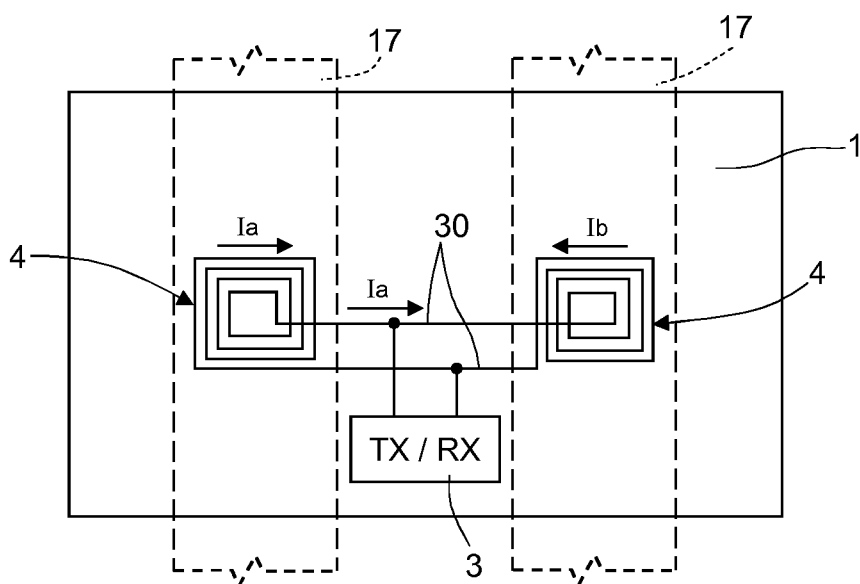


Fig.7

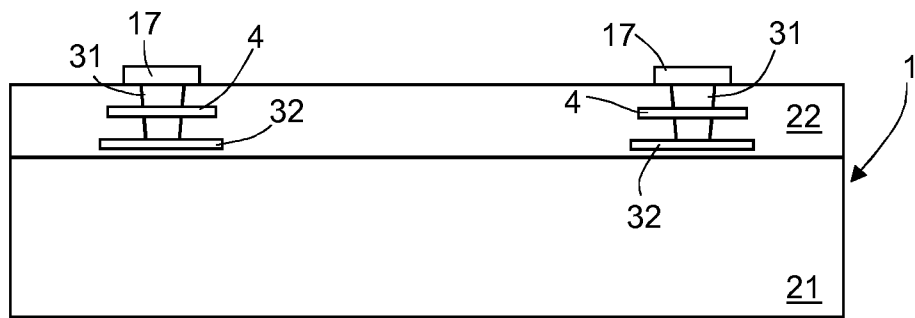


Fig. 8

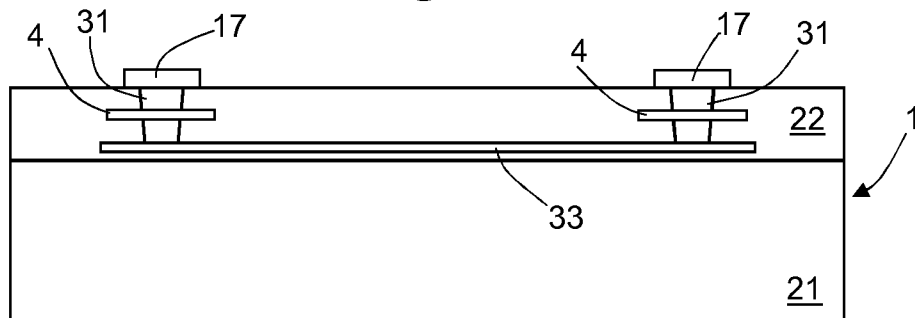


Fig. 9

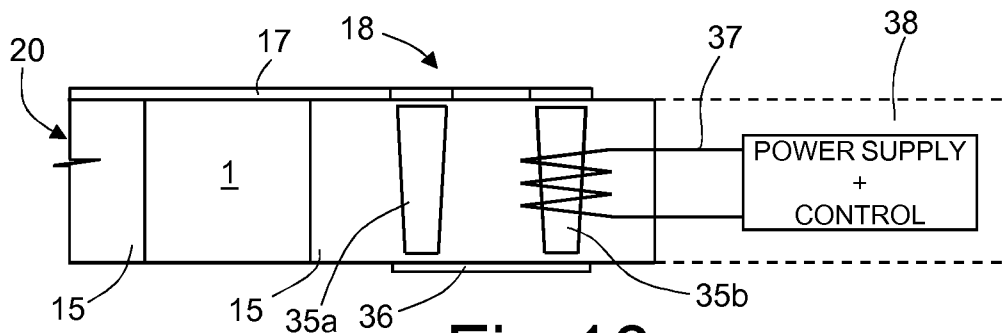


Fig. 10

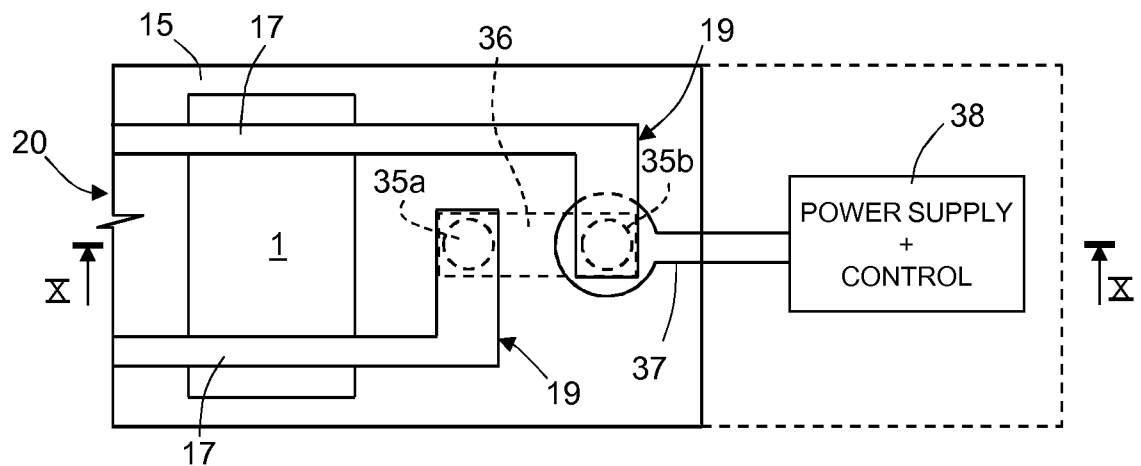


Fig. 11

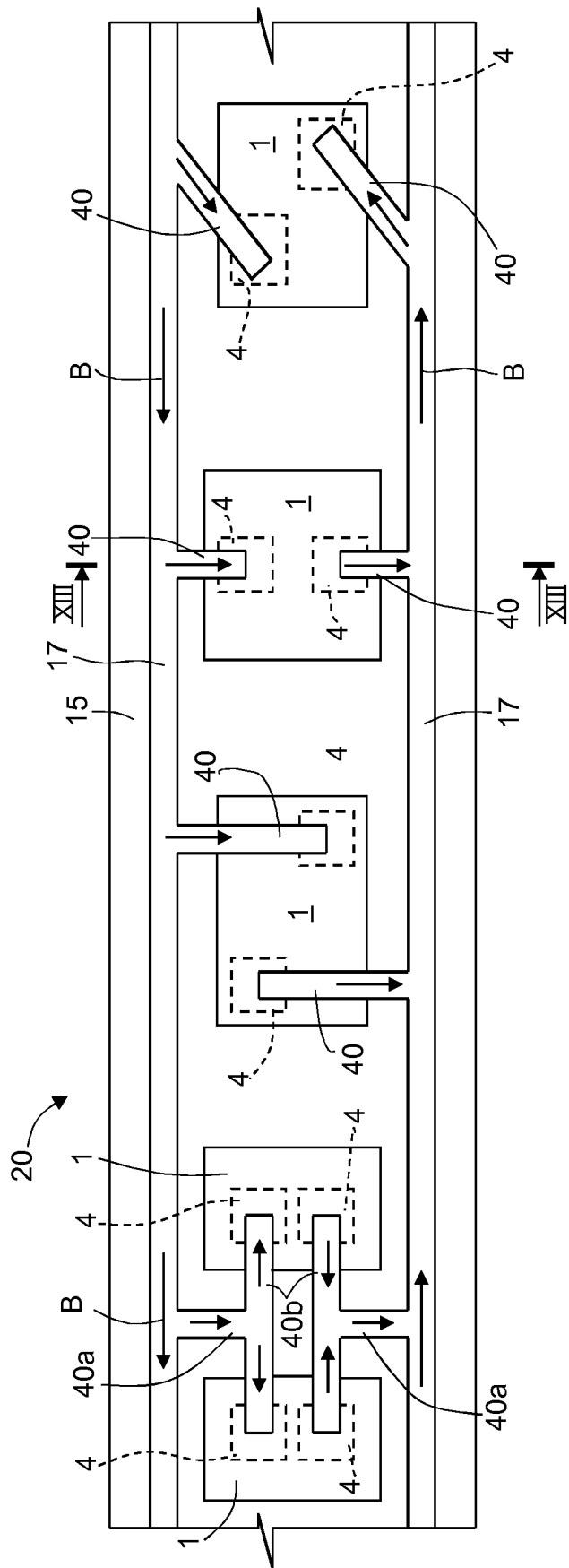


Fig. 12

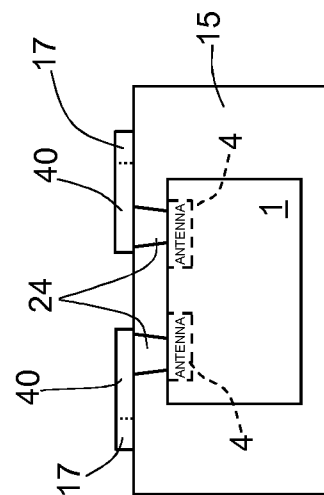


Fig. 13

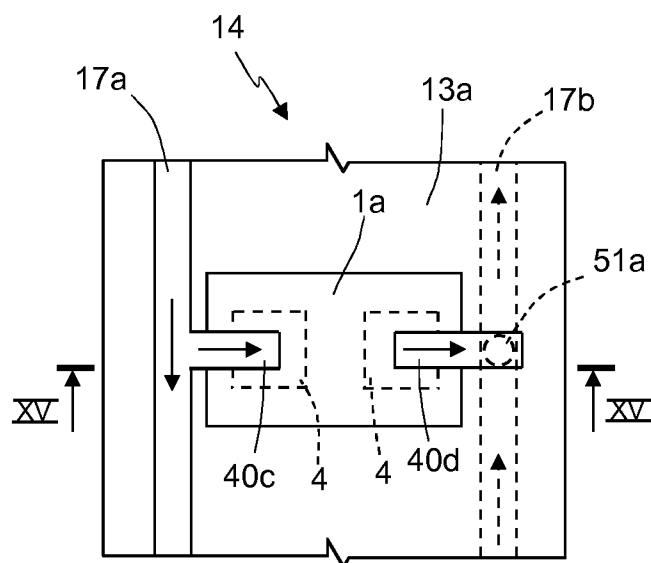


Fig.14

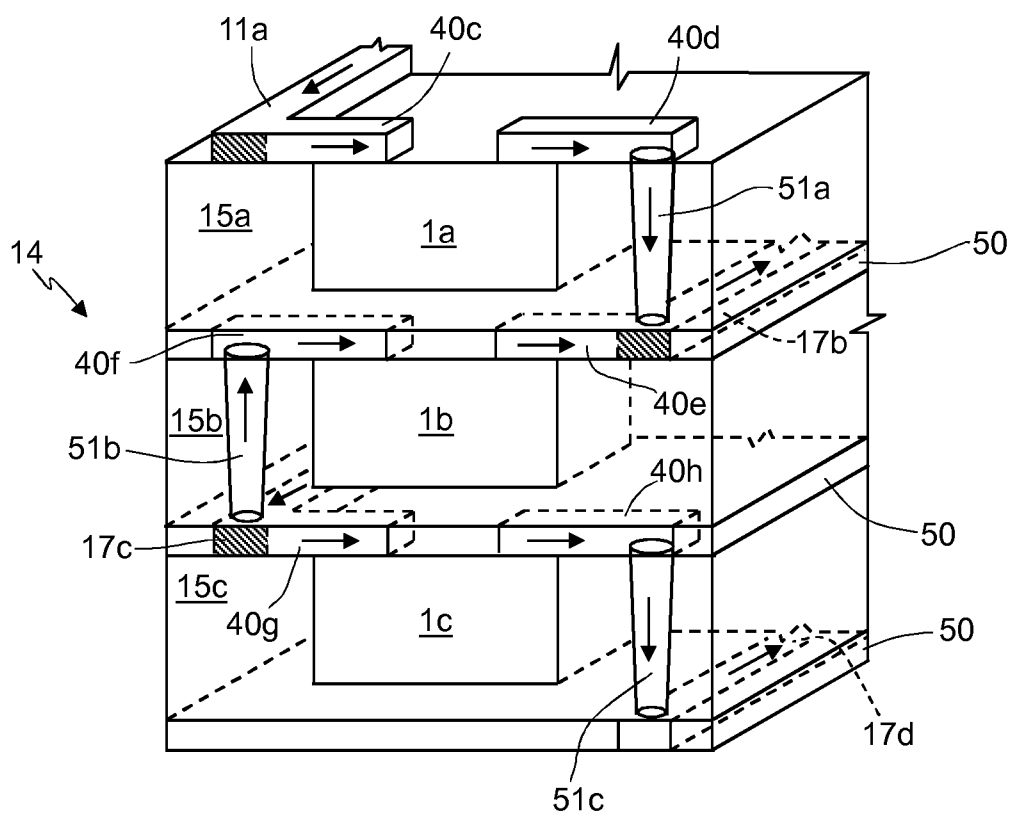


Fig.15

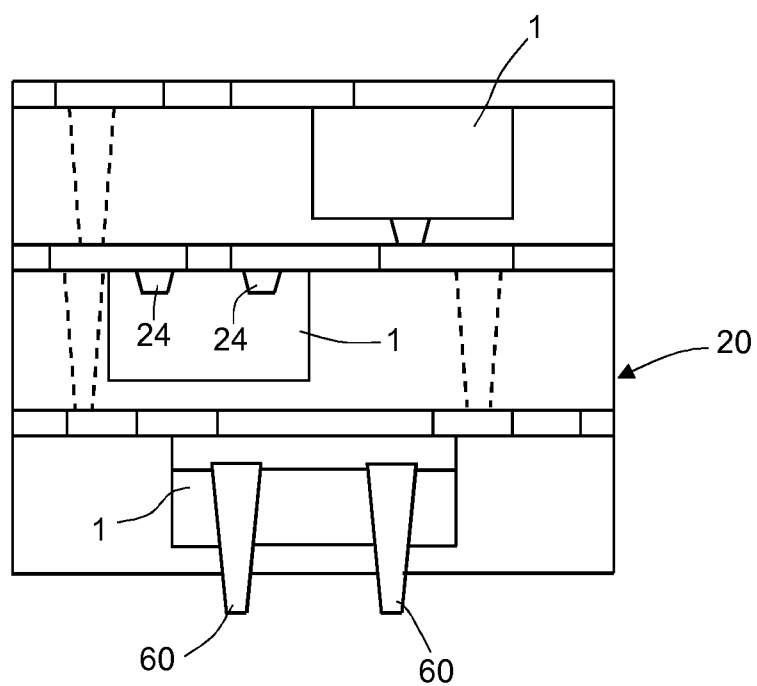


Fig.16

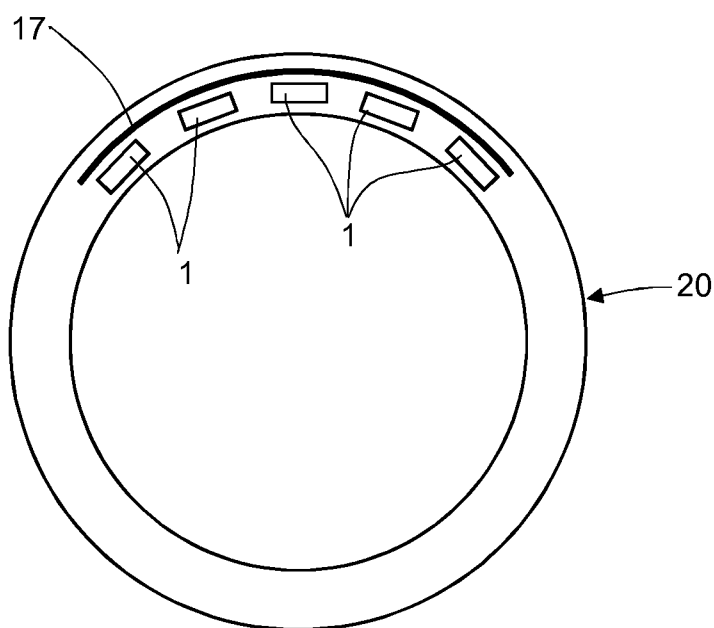


Fig.17

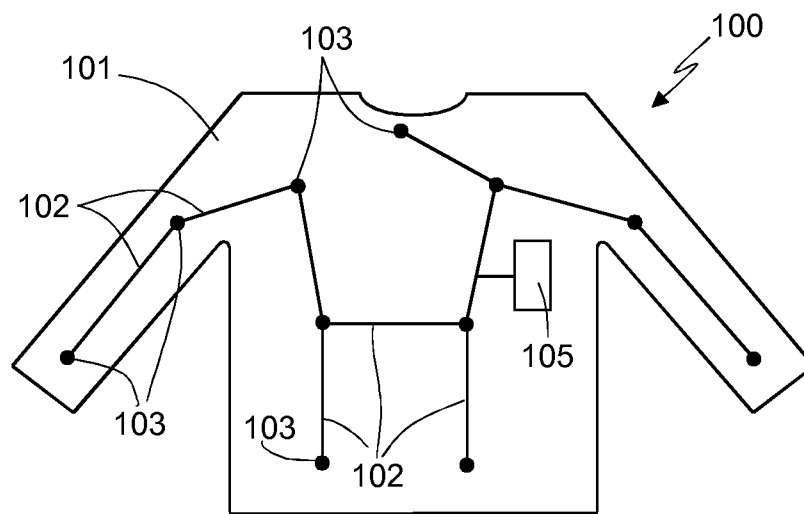


Fig.18

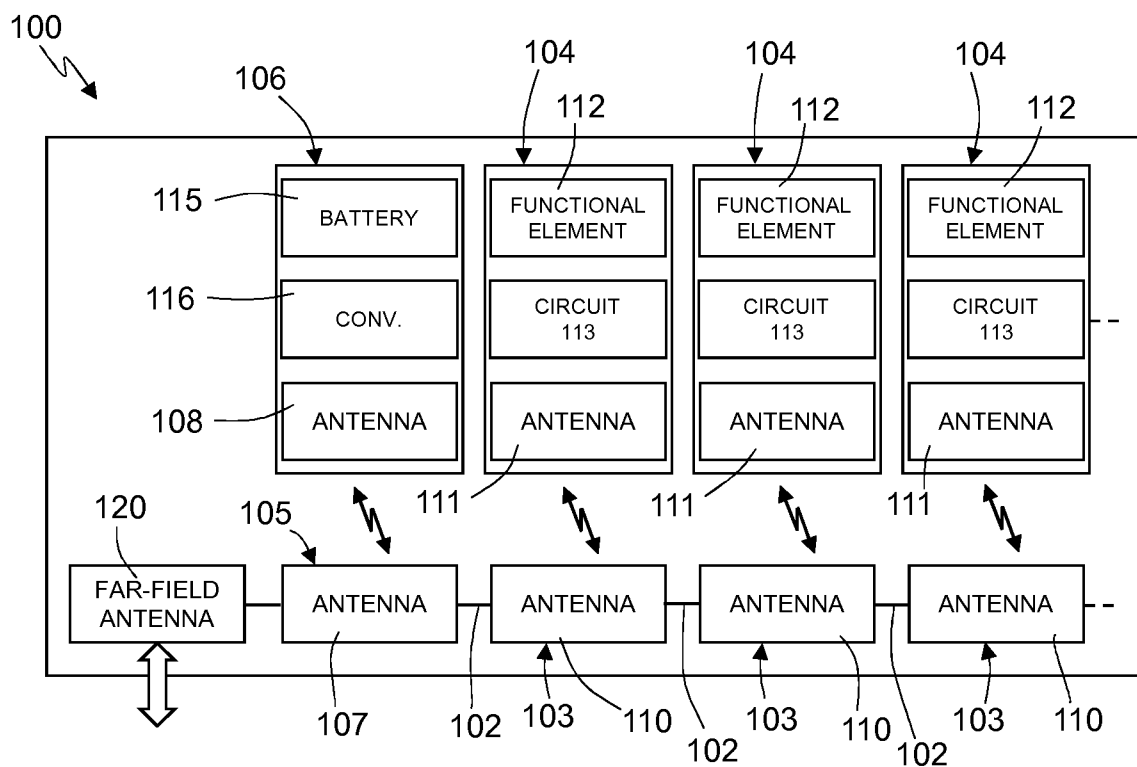


Fig.19

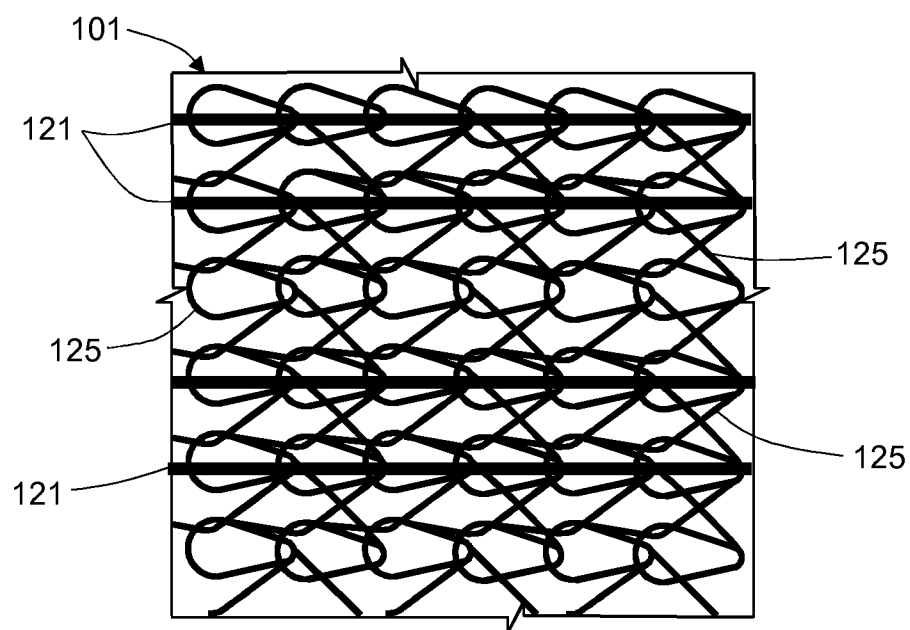


Fig.20a

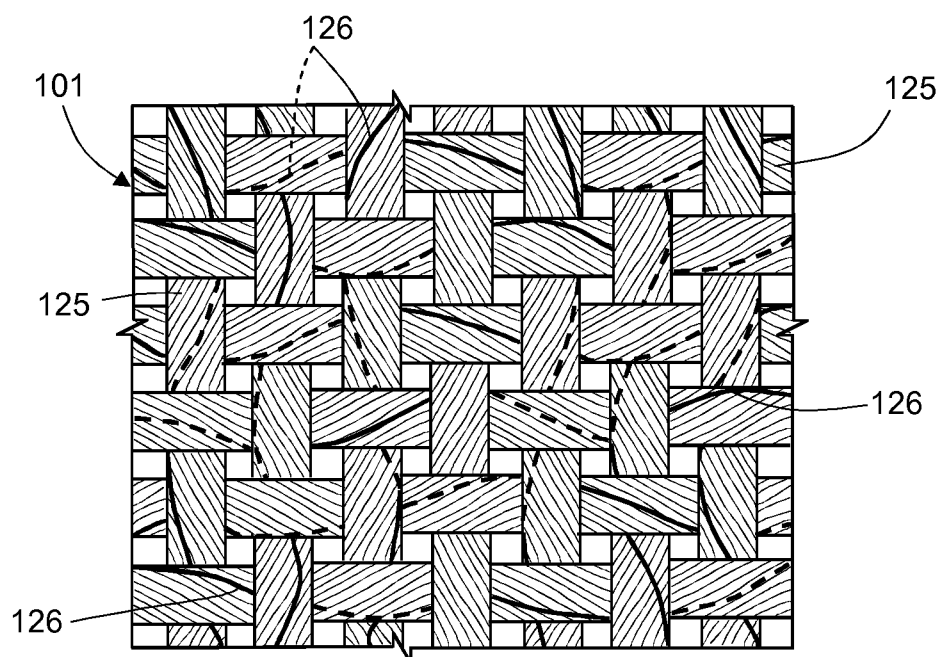


Fig.20b

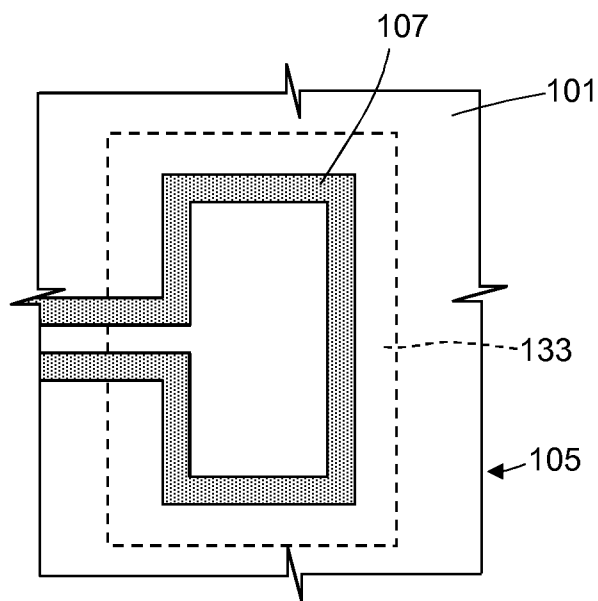


Fig.21a

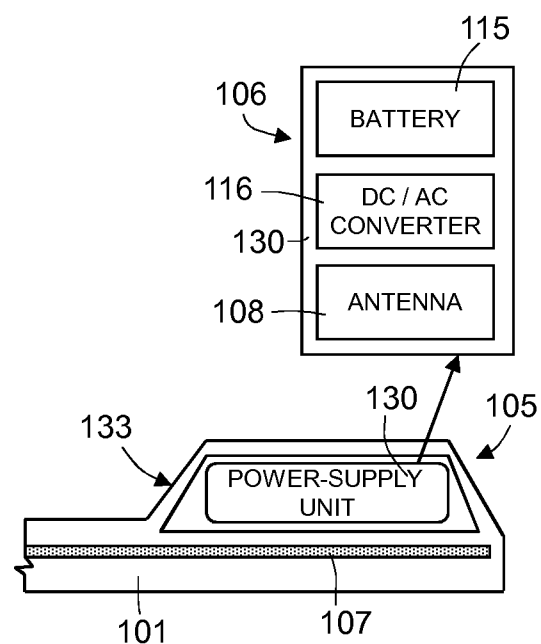


Fig.21b

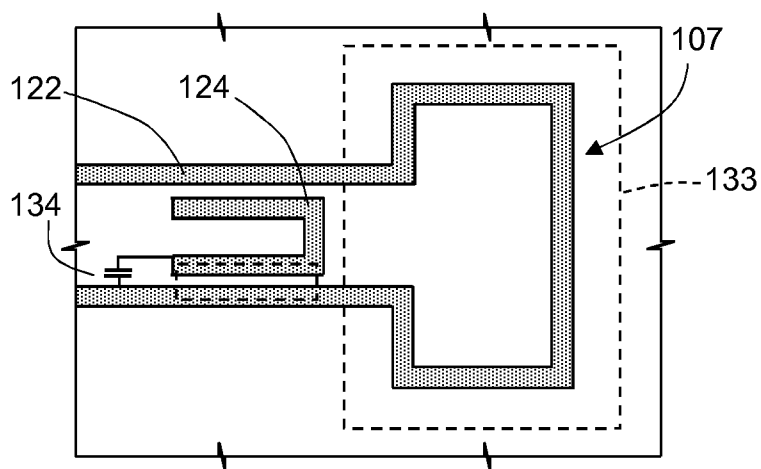


Fig.22a

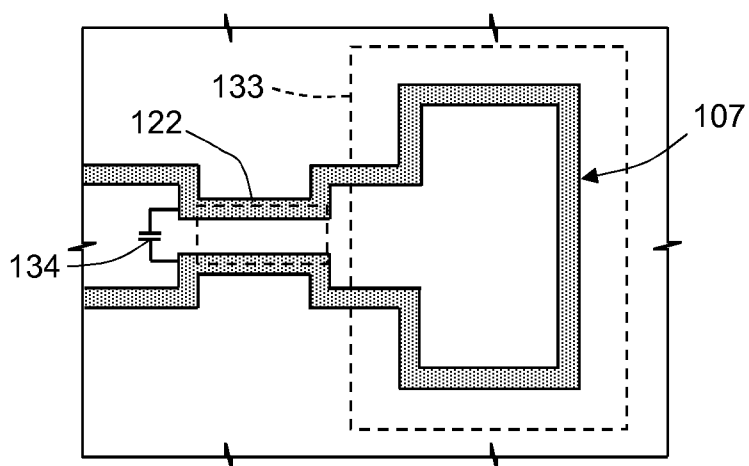


Fig.22b

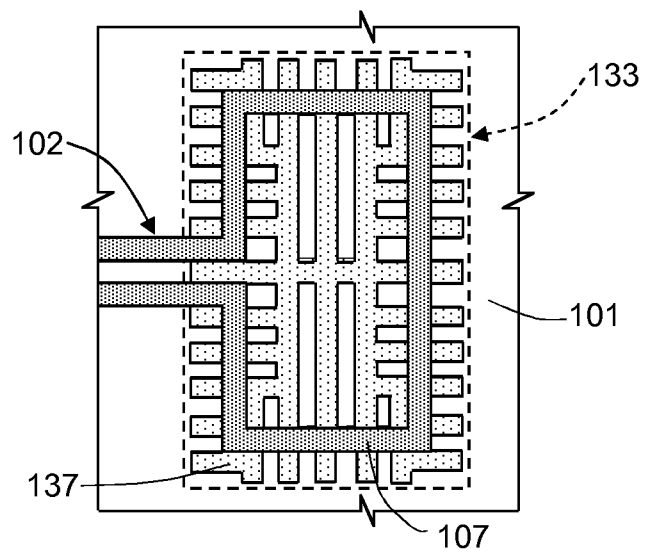


Fig.23

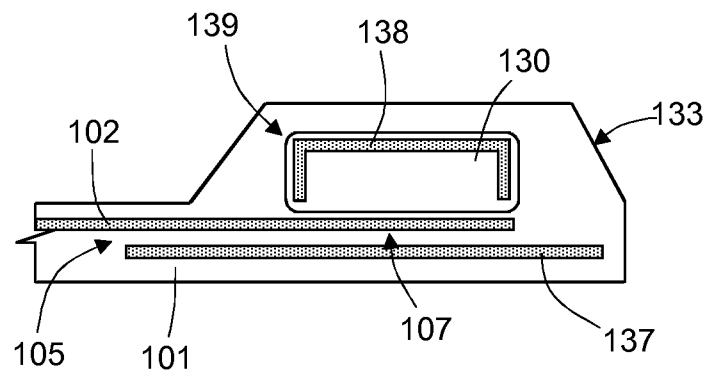


Fig.24

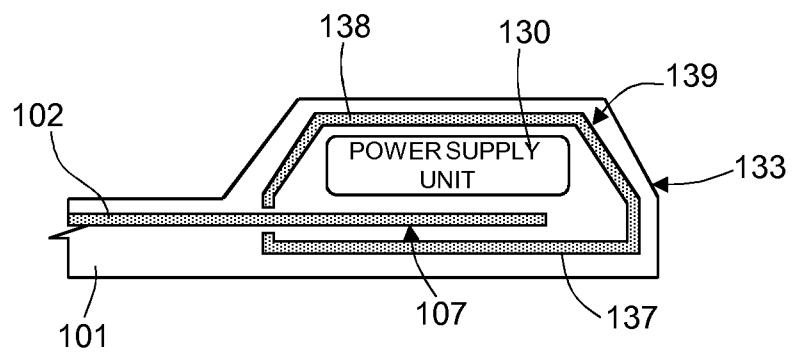


Fig.25

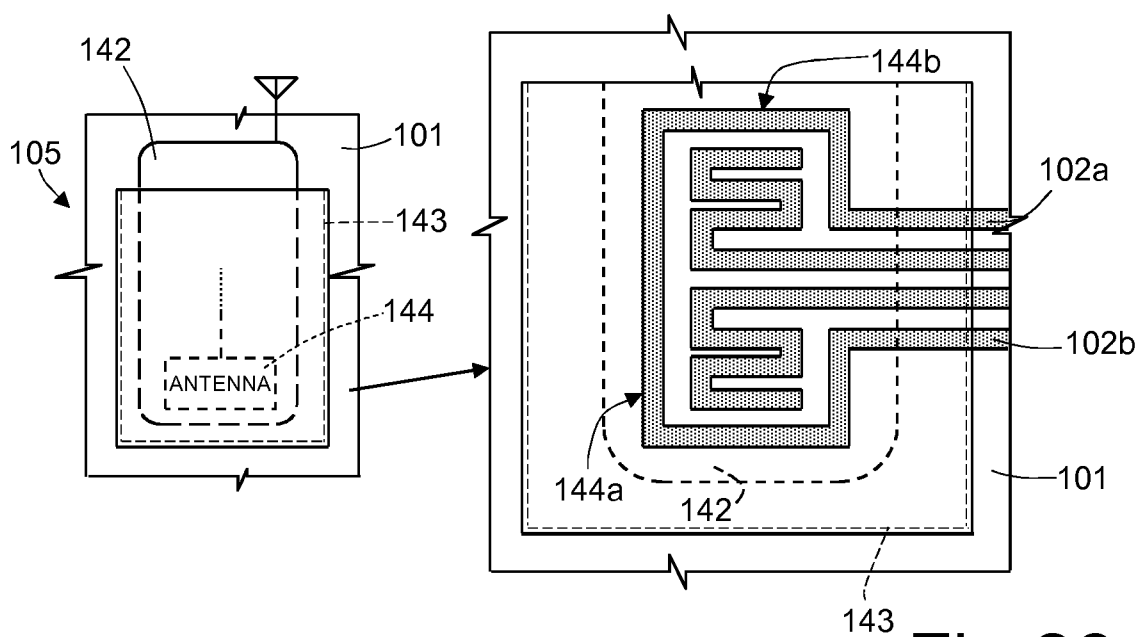


Fig.26

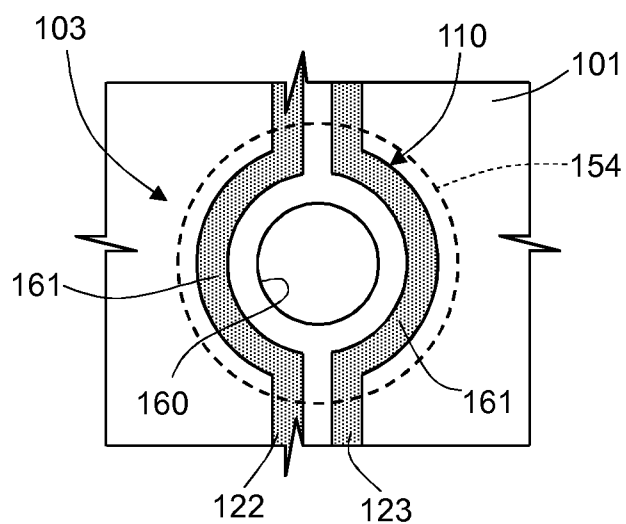


Fig.27a

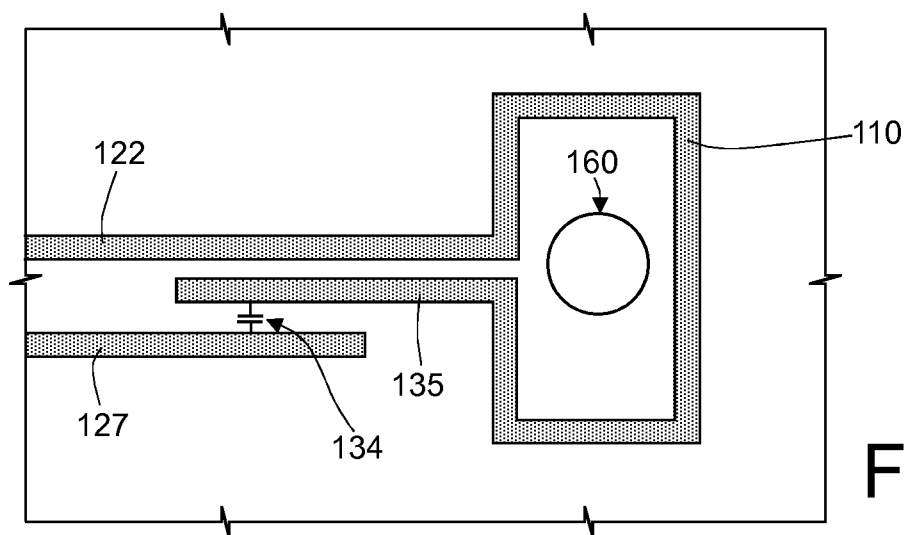


Fig.27b

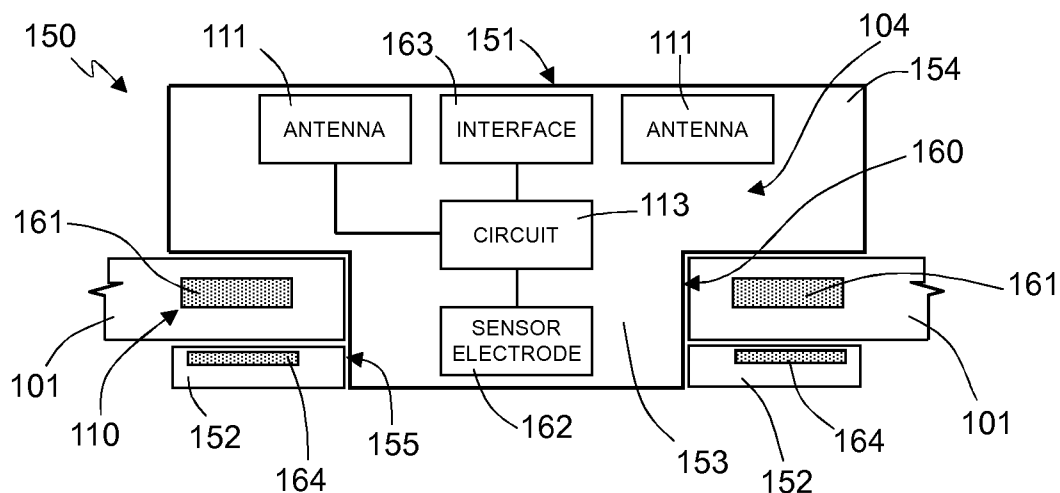


Fig.28

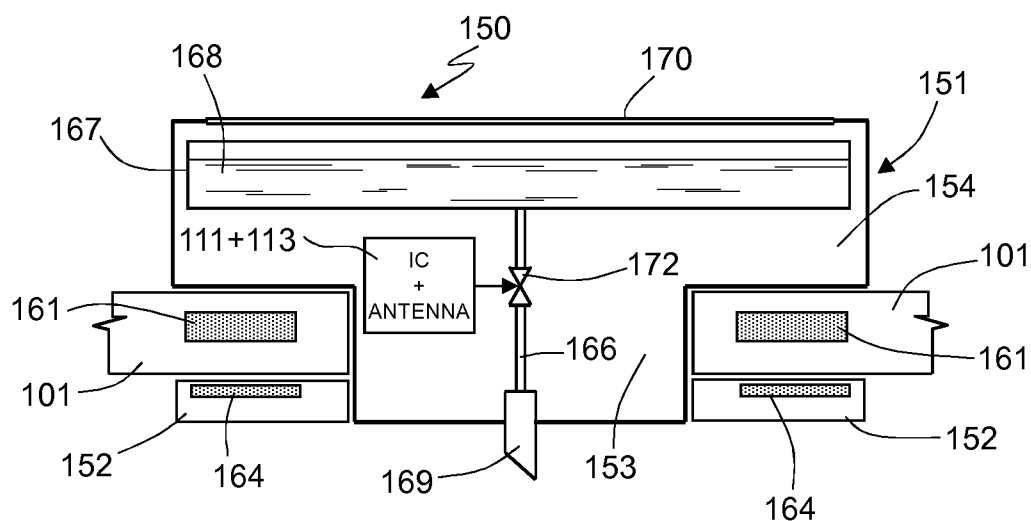


Fig.29

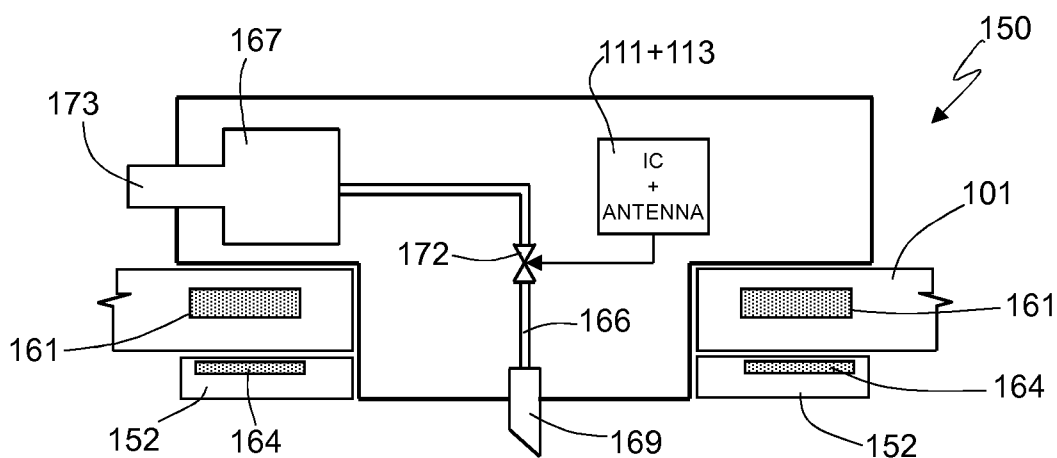


Fig.30

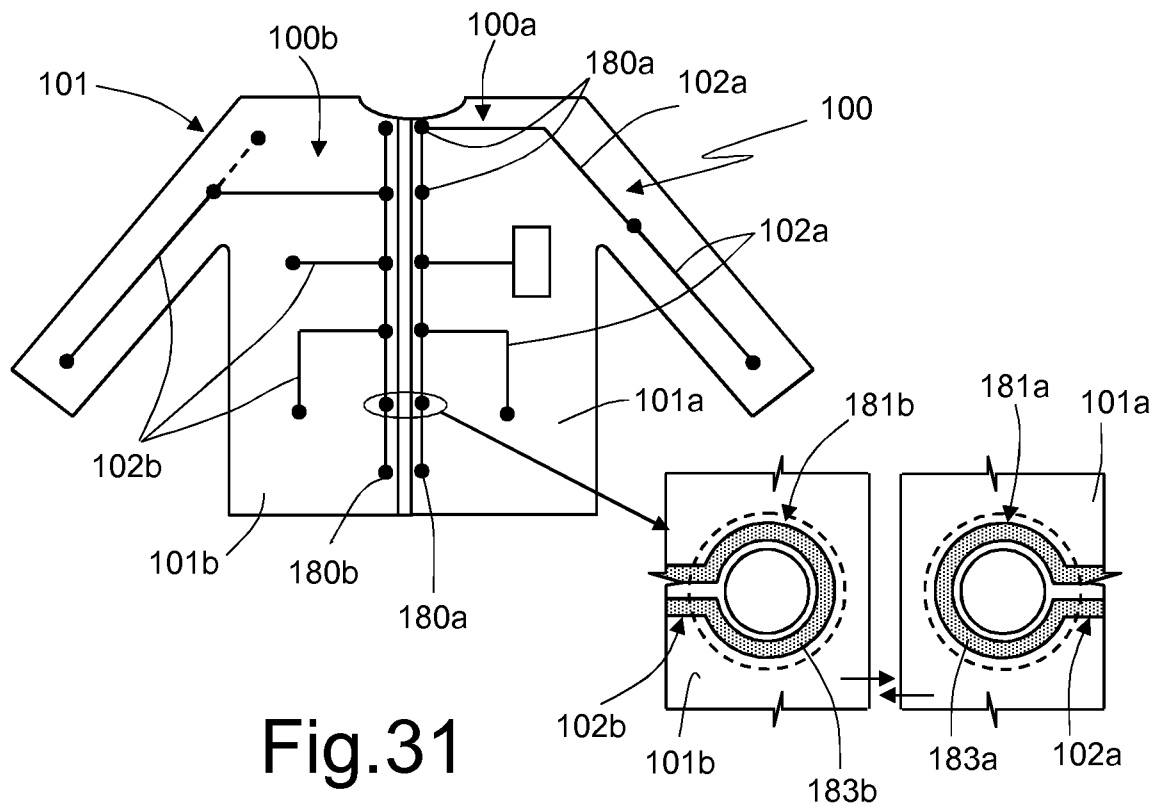


Fig.31

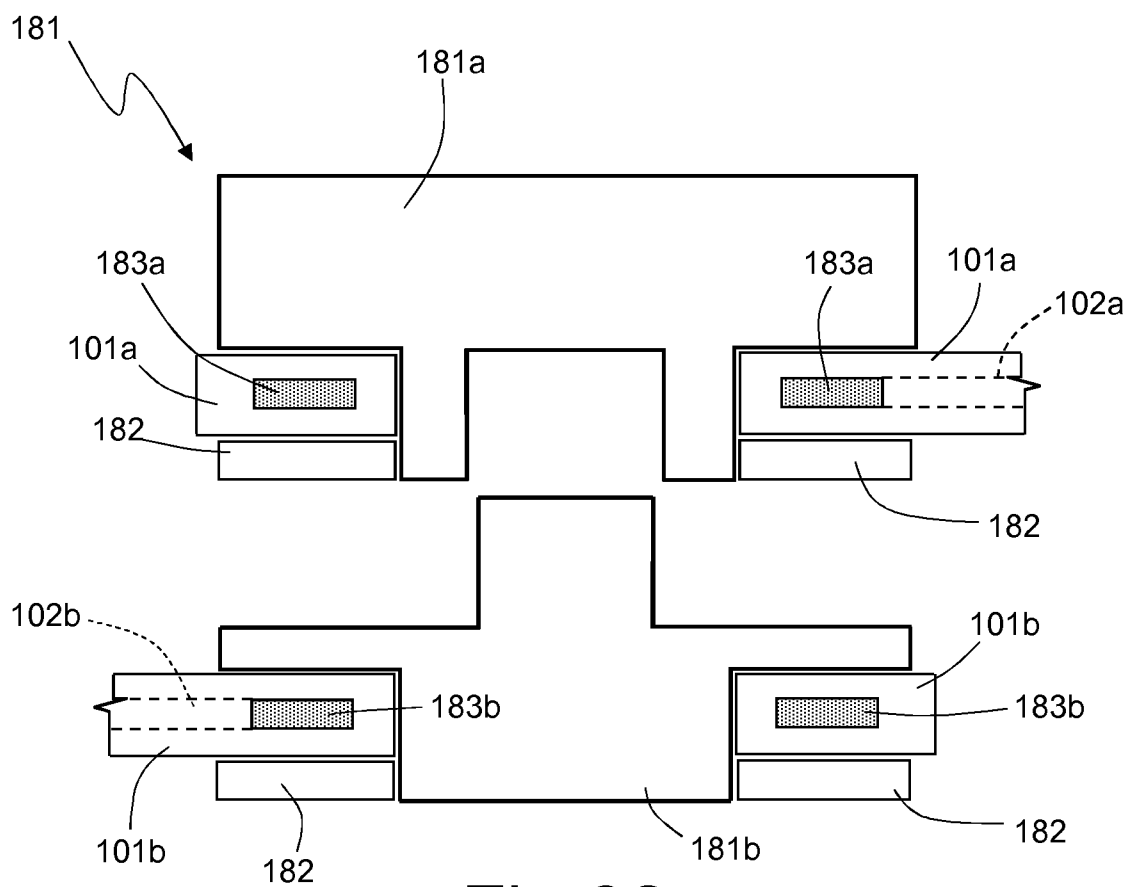


Fig.32

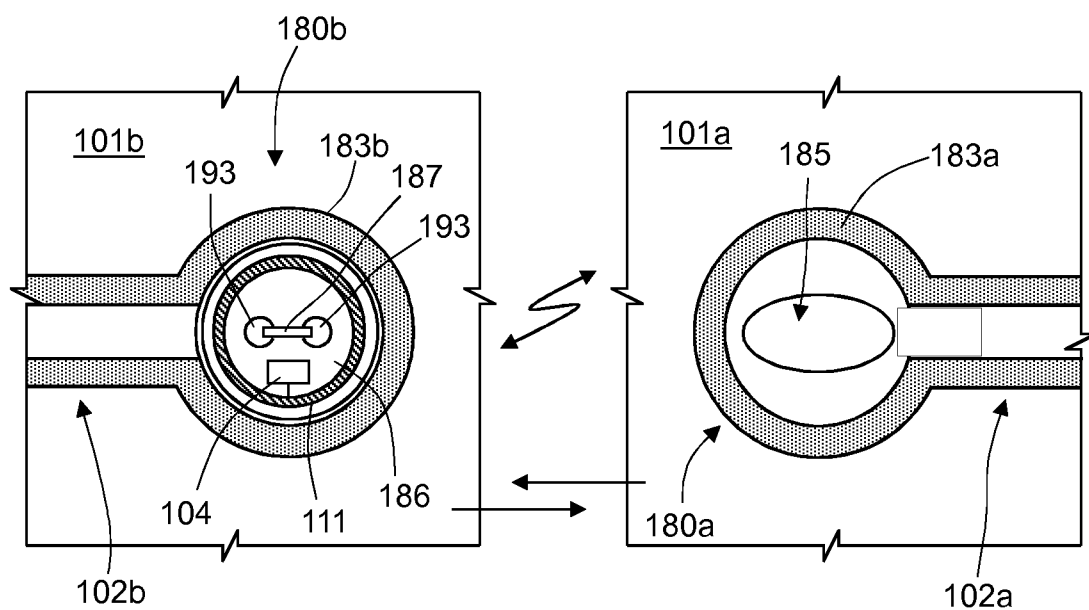


Fig.33a

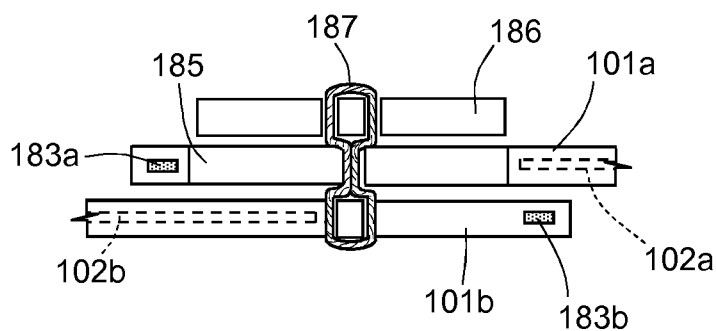


Fig.33b

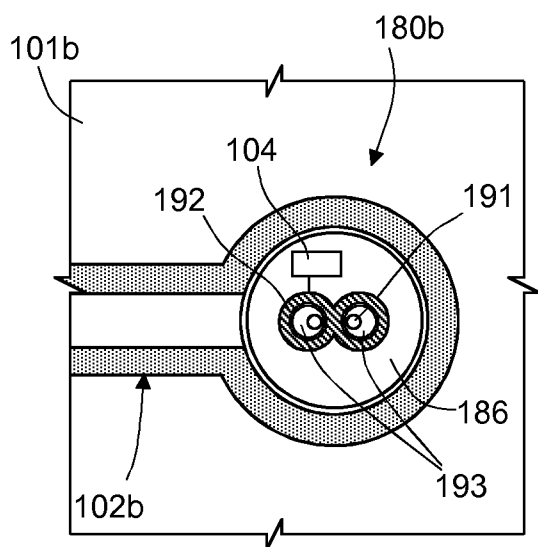


Fig.34

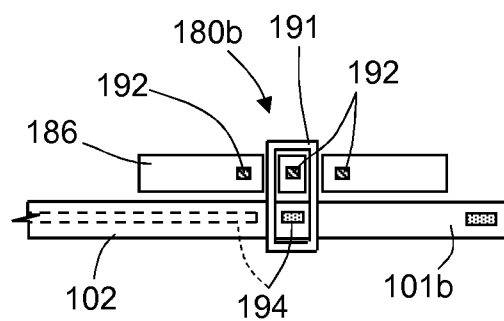


Fig.35

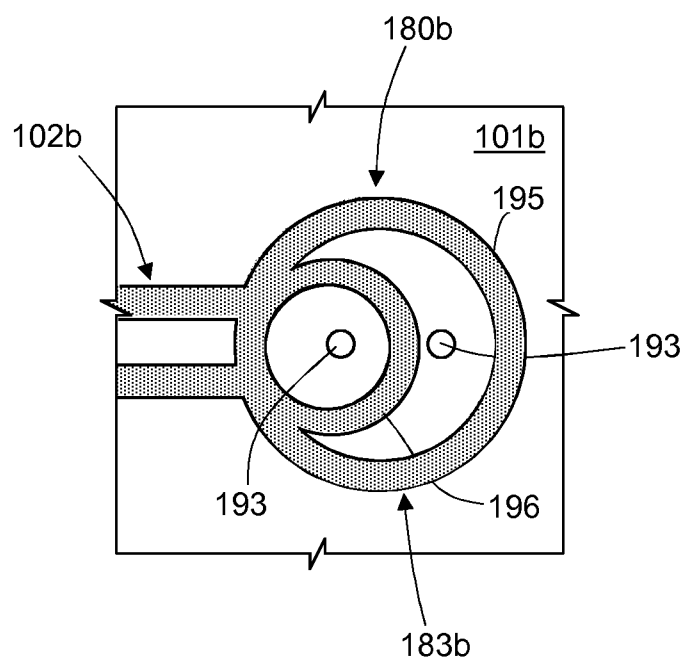


Fig.36

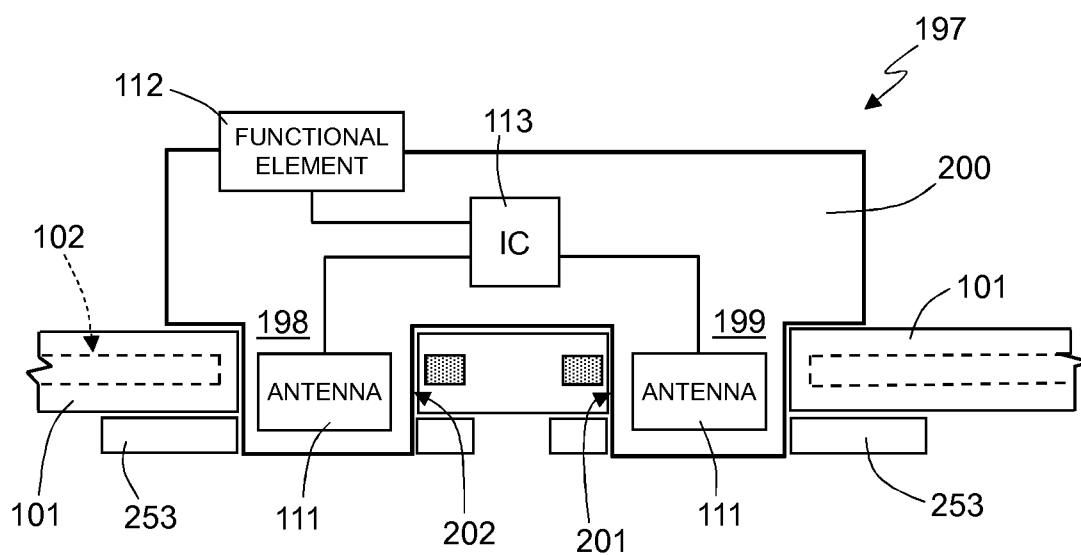


Fig.37

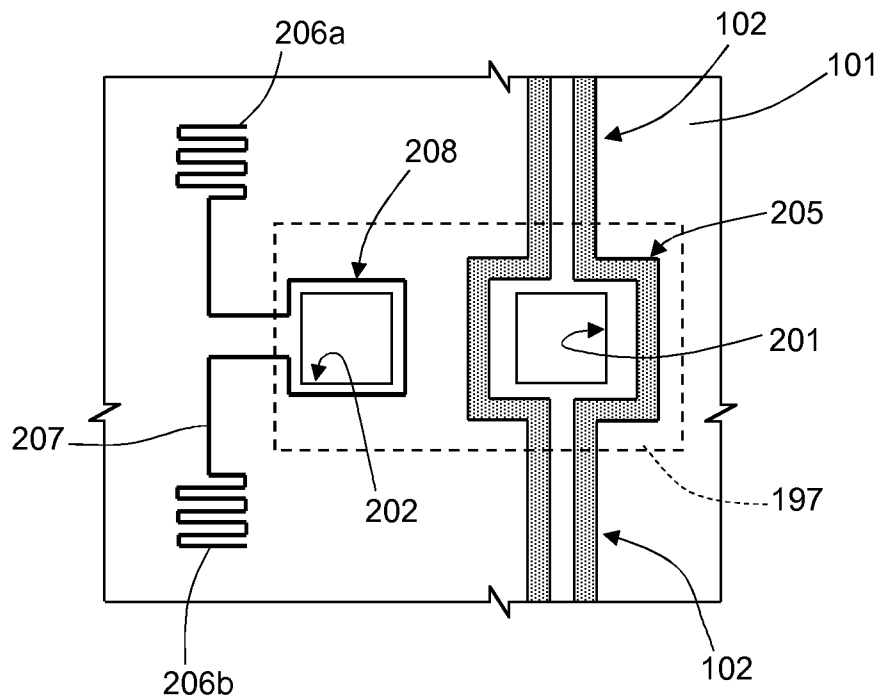


Fig.38

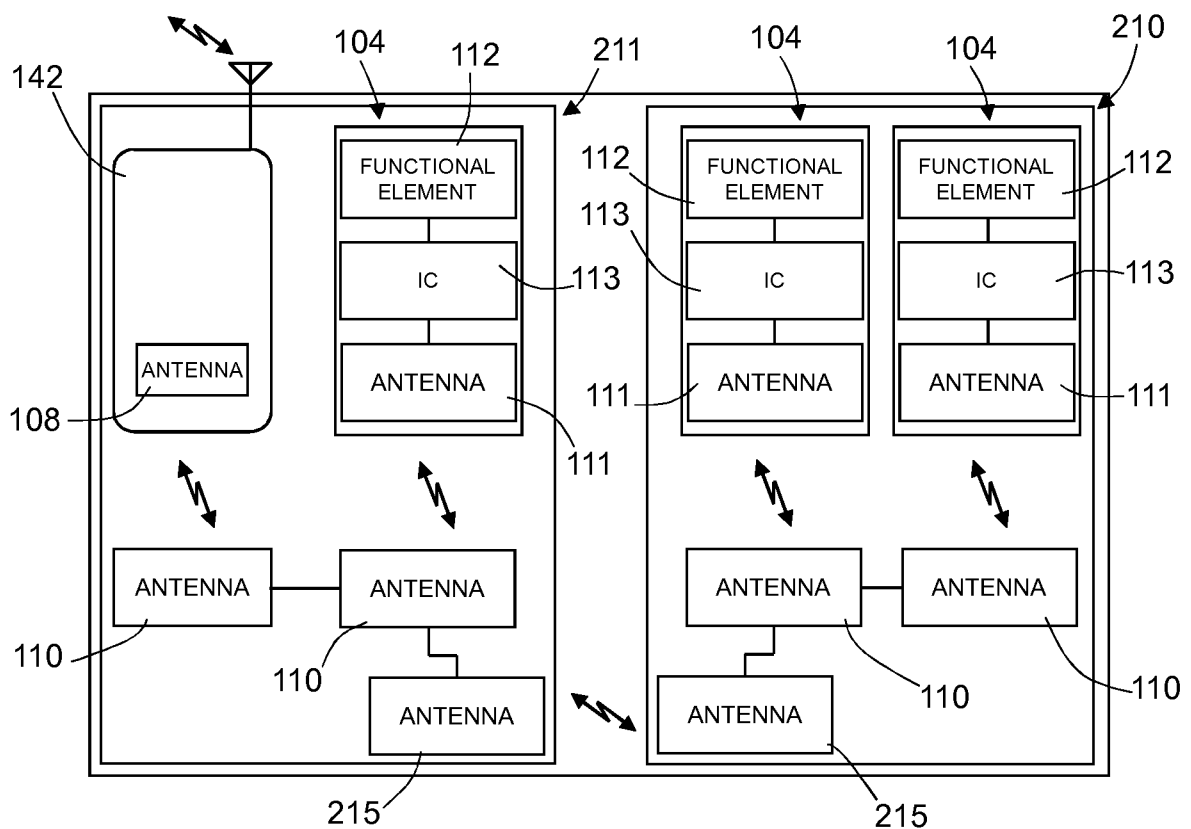


Fig.39