

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901931765A1

Publication Date

20121001

Applicant

STMICROELECTRONICS S.R.L.

Title

DISPOSITIVO AD INDUTTORE INTEGRATO AD ELEVATO VALORE DI
INDUTTANZA, IN PARTICOLARE PER L'USO COME ANTENNA IN UN
SISTEMA DI IDENTIFICAZIONE A RADIOFREQUENZA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"DISPOSITIVO AD INDUTTORE INTEGRATO AD ELEVATO VALORE DI INDUTTANZA, IN PARTICOLARE PER L'USO COME ANTENNA IN UN SISTEMA DI IDENTIFICAZIONE A RADIOFREQUENZA"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MB)

Inventori: FONTANA Fulvio Vittorio, GRAZIOSI Giovanni

* * *

La presente invenzione è relativa ad un dispositivo ad induttore integrato ad elevato valore di induttanza, in particolare per l'uso come antenna in un sistema di identificazione a radiofrequenza.

Come è noto, in campo medico si stanno diffondendo dispositivi basati su risonatori MEMS che sono in grado di resistere in difficili condizioni e operano come memorie con identificazione a radiofrequenza o memorie RFID (dall'inglese Radio Frequency Identification"), in cui i risonatori sono attivati dal campo magnetico generato dalla corrente fluente in un'antenna.

A tale scopo, l'antenna deve soddisfare alcuni requisiti, quali un valore di induttanza dell'ordine dei microHenry (μH), presentare piccole dimensioni, ed essere

di basso costo. E' stato già proposto di realizzare l'antenna su un substrato BGA/LGA (Ball Grid Array/Land Grid Array). Come è noto, tali substrati sono formati da una pluralità di piste conduttive sovrapposte (generalmente di rame, realizzate ciascuna in uno strato conduttivo), isolate fra loro da strati di materiale isolante. Fori, denominati "vie" realizzano il contatto elettrico attraverso i diversi strati isolanti del substrato. Il contatto elettrico nei fori è ottenuto tramite metallizzazione della superficie interna dei fori, realizzata con un processo di placcatura elettrochimica oppure tramite applicazione di uno strato di materiale conduttivo, per serigrafia e successiva cottura ad alta temperatura. Un altro metodo per realizzare il contatto elettrico attraverso i fori consiste nel riempire completamente questi con un adesivo caricato con particelle conduttive tramite serigrafia e cottura, oppure iniezione e cottura e cottura dell'adesivo conduttivo. I fori collegano reciprocamente le piste conduttive in modo da formare una pluralità di percorsi conduttivi. In questo caso, l'antenna per le memorie o altro dispositivo RFID può essere realizzata su una delle superfici maggiori del substrato BGA/LGA, ad esempio come antenna ad anello ("loop antenna") miniaturizzata, formata da una traccia di rame o altro materiale conduttore.

Tale realizzazione consente tuttavia di raggiungere solo bassi valori di induttanza (qualche nanoHenry), mentre, come sopra indicato, l'applicazione come antenna per sistema RFID richiede valori più elevati di circa tre ordini di grandezza.

Scopo della presente invenzione è quindi mettere a disposizione un dispositivo ad induttore integrato che superi gli inconvenienti della tecnica nota.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati un dispositivo ad induttore integrato e il relativo procedimento di fabbricazione, come definiti nelle rivendicazioni 1 e 11.

In pratica, il presente dispositivo ad induttore è formato dalla sovrapposizione di una pluralità di substrati o moduli aventi una stessa struttura.

Inoltre, per ogni substrato o modulo, ad ogni bobina è associata almeno una prima regione adesiva conduttiva che opera il collegamento meccanico con un substrato (modulo) adiacente ed almeno una seconda regione adesiva conduttiva che opera il collegamento elettrico con la bobina formata nel substrato (modulo) adiacente e le prime e seconde regioni adesive conduttive sono realizzate dello stesso materiale ed sono disposte ad uno stesso livello.

In particolare, secondo una prima forma di realizzazione, ciascun modulo è realizzato come substrato

BGA/LGA, includente al massimo quattro livelli di metallizzazione. In particolare, sovrapponendo sei moduli da quattro strati di metallizzazione ciascuno è possibile ottenere un'induttanza complessiva dell'ordine dei μH con un layout semplice e ridotta occupazione di area (circa 3.6 mm^2). Regioni adesive conduttive costituite da colla conduttiva o pasta saldante ("solder paste") formate sulle superfici reciprocamente affacciate dei moduli sovrapposti consentono la connessione meccanica ed elettrica fra i vari moduli, in maniera semplice ed efficace.

In alternativa, ciascun modulo è formato da un substrato portante una bobina realizzata tramite applicazione di materiale conduttivo. Lo stesso strato conduttivo formante la bobina forma anche regioni di contatto elettrico e regioni di connessione meccanica. Dopo l'impilamento di una pluralità di moduli fra loro, essi vengono incollati utilizzando le regioni di connessione meccanica.

L'impilamento può avvenire a livello di pannelli, integranti ciascuno una pluralità di moduli fra loro uguali, e i singoli dispositivi essere ottenuti per taglio di pannelli sovrapposti, oppure a livello di singoli moduli, incollando ad un primo pannello singoli dispositivi formati in un secondo pannello, preventivamente tagliato, e tagliando successivamente anche il primo pannello.

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:

- la figura 1 è una sezione trasversale di una forma di realizzazione del presente induttore integrato;

- la figura 2 mostra una vista prospettica esplosa di una parte dell'induttore integrato di figura 1;

- le figure 3a-3d mostrano il layout dei quattro strati formanti un modulo superiore dell'induttore integrato di fig. 1;

- le figure 4a-4d mostrano il layout dei quattro strati formanti un primo modulo intermedio dell'induttore integrato di fig. 1;

- le figure 5a-5d mostrano il layout dei quattro strati di un secondo modulo intermedio dell'induttore integrato di fig. 1;

- le figure 6a-6d mostrano il layout dei quattro strati del modulo inferiore dell'induttore integrato di fig. 1;

- la figura 7 mostra un pannello integrante una pluralità di moduli fra loro uguali per la formazione di una pluralità di induttori integrati del tipo mostrato in fig. 1;

- le figure 8 e 9 sono viste prospettiche in due fasi di lavorazione successive di un primo substrato,

utilizzabile in una differente forma di realizzazione del presente induttore integrato;

- le figure 10 e 11 sono viste prospettiche in due fasi di lavorazione successive di un secondo substrato, utilizzabile con il substrato delle figure 8 e 9;

- la figura 12 mostra un induttore integrato ottenibile sovrapponendo, in modo alternato, una pluralità di substrati secondo le figure 9 e 11;

- la figura 13 mostra un pannello integrante una pluralità di substrati del tipo mostrato in fig. 8;

- la figura 14 mostra fasi successive di realizzazione di induttori integrati, secondo un'altra forma di realizzazione ancora; e

- la figura 15 mostra la sezione trasversale di un dettaglio di una variante dell'induttore di figura 12.

La figura 1 mostra una prima forma di realizzazione di un induttore integrato 1 formato da una pluralità di moduli 2-5 sovrapposti e aventi struttura simile, incorporanti ciascuno quattro bobine o "coil" 25 sovrapposte in modo da avere centro allineato lungo un singolo asse centrale A e sono reciprocamente collegate. Le bobine direttamente sovrapposte sono avvolte in modo opposto in modo che la corrente fluisca sempre in una sola direzione (oraria o antioraria).

Nel seguito, per chiarezza espositiva, si assume che

la corrente percorra tutte le bobine in senso antiorario e le connessioni sono definite come "di ingresso" e "di uscita" in conseguenza. Ovviamente tuttavia la direzione della corrente potrebbe essere opposta, invertendo quindi il ruolo delle connessioni.

La pluralità di moduli 2-5 comprende qui sei moduli, includenti un primo modulo di estremità, tipicamente un modulo superiore 2, un secondo modulo di estremità, tipicamente un modulo inferiore 5, due primi moduli intermedi 3 e due secondi moduli intermedi 4, i primi e i secondi moduli intermedi 3, 4 essendo fra loro alternati. I moduli 2-5 sono realizzati in tecnica BGA, ciascuno avente quattro strati metallici, uno per ogni bobina, e differiscono solo leggermente per il layout.

In dettaglio, ciascuno dei moduli 2-5 è formato da un primo strato isolante 10, un primo strato metallico 11, un secondo strato isolante 12, un secondo strato metallico 13, uno strato di nucleo ("core") 15, un terzo strato metallico 17, un terzo strato isolante 18, un quarto strato metallico 19 ed un quarto strato isolante 20.

Il primo e il quarto strato isolante 10, 20, costituenti rispettivamente lo strato inferiore e lo strato superiore di ciascun modulo 2-5, sono tipicamente realizzati come solder mask, ovvero di un materiale non conduttivo sagomabile tramite serigrafia, ad esempio di

materiale polimerico, quale, tra gli altri, il materiale AUS 308 della Taiyo America, Inc.

Il secondo e il terzo strato isolante 12 e 18 sono strati cosiddetti di "prepeg" ovvero costituiti ciascuno da un laminato BT contenente al suo interno fibre di vetro incrociate che ne garantiscono la rigidità e una ridotta espansione in temperatura.

Lo strato di nucleo 15 è di materiale isolante, tipicamente plastico, e specificatamente un laminato di BT (Bismaleimide Triazina) o FR-4 o di altro materiale con cui vengono realizzati circuiti stampati.

Gli strati metallici 11, 13, 17, 19 sono realizzati ad esempio di rame con uno strato superiore protettivo contro la corrosione, tipicamente di nickel-oro, e sono sagomati in modo da formare ciascuno una rispettiva bobina 25 nonché piazzole ("pad") per le connessioni, includenti almeno, per ciascuno strato metallico, una piazzola di ingresso 26 e una piazzola di uscita 27 (in cui l'indicazione "di ingresso" e "di uscita" sono riferite alla direzione mostrata della corrente, come sopra spiegato, e non è limitativo). Inoltre, il primo e il quarto strato metallico 11, 19 di tutti i moduli 2-4 formano anche, ciascuno, una piazzola di connessione 28 ed il primo strato metallico 11 del modulo superiore 2 forma un terminale di uscita 29. Le connessioni elettriche, insieme a vie conduttive

attraversanti i diversi moduli 2-4, sono conformate e disposte in modo tale da consentire il passaggio di corrente nelle bobine 25 sempre nella stessa direzione, come descritto in dettaglio qui sotto.

Le bobine 25 degli strati metallici 11, 13, 17 e 19 sono costituite ciascuna da una spirale, e le spirali di due strati sovrapposti sono avvolte in direzione opposta, ma le piazzole di ingresso 26A-26P sono disposte alternativamente in prossimità del bordo e in prossimità del centro dell'induttore integrato 1. Quindi, la bobina 25 del primo strato metallico 11 di tutti i moduli 2-5 è avvolta in senso antiorario a partire dall'esterno e dalla propria piazzola di ingresso (piazzola di ingresso 26A, 26E, 26I e 26M, figure 3a, 4a, 5a e 6a), la bobina 25 del secondo strato metallico 13 è avvolta dall'esterno in senso orario (corrispondente ad una direzione antioraria a partire dalla propria piazzola di ingresso 26B, 26F, 26J e 26N, figure 3b, 4b, 5b e 6b), la bobina 25 del terzo strato metallico 17 è avvolta in senso antiorario dall'esterno e a partire dalla propria piazzola di ingresso (piazzola di ingresso 26C, 26G, 26K e 26O, figure 3c, 4c, 5c e 6c) e la bobina 25 del quarto strato metallico 19 è avvolta dall'esterno in senso orario (corrispondente ad una direzione antioraria a partire dalla propria piazzola di ingresso 26D, 26H, 26L e 26P, figure 3d, 4d, 5d e 6d).

Le piazzole di uscita 27A-27P dei moduli 2-4 sono disposte verticalmente allineate alle piazzole di ingresso 26B-26P del livello metallico immediatamente sottostante, come si rileva facilmente dalle figure 3a-5d. Di conseguenza, anche le piazzole di uscita 27A-27P sono disposte alternativamente in prossimità del bordo e in prossimità del centro dell'induttore integrato 1.

Viceversa, le piazzole di connessione 28 di tutti gli strati metallici 2-5 sono realizzate esattamente sovrapposte. Inoltre, la piazzola di connessione 28 del quarto strato metallico 19 del modulo inferiore 5 forma anche una piazzola di uscita di questo modulo inferiore 5.

Vie conduttive 30-33 attraversano completamente ciascun modulo 2-4, ma le vie 30-32 collegano ciascuna reciprocamente, in ciascun modulo, una sola piazzola di uscita con la piazzola di ingresso immediatamente sottostante, mentre le vie 33 collegano tutte le piazzole di connessione 28 fra loro. Qui, le vie 30, 31 sono disposte in prossimità del centro dell'induttore integrato 1; le vie 32-33 sono disposte in prossimità del bordo. In particolare, come si nota in figura 1, nel modulo superiore 2, la via conduttiva 30 attraversa e collega elettricamente la piazzola di uscita 27A alla piazzola di ingresso 26B (entrambe in posizione centrale); la via conduttiva 31 attraversa e collega elettricamente la piazzola di uscita

27C alla piazzola di ingresso 26D. Come si rileva dalle figure 3b, 3c, la piazzola di uscita 27B del secondo livello metallico 13 del modulo superiore 2 è attraversata e collegata alla piazzola di ingresso 26C del livello metallico sottostante 17 dalla rispettiva via 32, non visibile in figura 1 perché nascosta dalla via 33; analogamente le vie 30-32 dei moduli 5-4 collegano rispettivamente le piazzole di uscita alle piazzole di ingresso direttamente sottostanti, come evidente dalle figure 4a-6d.

Le piazzole di uscita 27D, 27H e 27L del quarto livello metallico 19 dei moduli 2-4 sono invece collegate alle piazzole di ingresso 26E, 26I e 26M del livello sottostante (primo livello metallico 13 dei moduli 3-5) mediante prime regioni di connessione elettrica 35, rappresentate tratteggiate nelle figure 3a-6d.

Analogamente, le vie 33 dei moduli 2-5 sono collegate reciprocamente fra loro mediante seconde regioni di connessione elettrica 36; regioni di connessione meccanica 37 collegano meccanicamente fra loro i moduli 2-5. Le regioni di connessione meccanica 37 si estendono perifericamente in prossimità dei bordi dei relativi moduli 2-5 su entrambi i lati di questi, ad eccezione dei lati destinati a formare la superficie superiore e la superficie inferiore dell'induttore integrato 1.

Le prime e seconde regioni di connessione elettrica 35, 36 e le regioni di connessione meccanica 37 costituiscono regioni adesive conduttive formate, per ogni superficie superiore e inferiore dei moduli 2-5, orizzontalmente allineate (su uno stesso livello) in corrispondenti aperture 39 del primo e del quarto strato isolante 10, 20 dei moduli 2-5, ad eccezione, come indicato, delle regioni di connessione meccanica 37 della superficie superiore e inferiore dell'induttore 1) e sono formate da uno stesso materiale, applicato contemporaneamente, ad esempio una colla conduttiva (contenente ad es. un filler di Ag) o una lega saldante a base di stagno-argento, stagno-argento-rame o altra lega metallica senza piombo.

L'induttore integrato 1 viene realizzato nel modo seguente.

Inizialmente viene realizzata una pluralità di pannelli 40, di cui la figura 7 mostra una parte, costituiti ciascuno da una pluralità di moduli 2, 3, 4 o 5 fra loro uguali. Ad es., la figura 7 mostra una pluralità di moduli superiori 2. I pannelli 40 vengono realizzati secondo le tecnologie note, in modo che ciascun modulo 2-5 abbia la configurazione descritta. Quindi, un adesivo conduttivo oppure una lega saldante senza piombo viene applicata tramite serigrafia o dispensazione sulle zone

lateralali del primo e del quarto strato isolante 10, 20 e sopra le piazzole di uscita 27 e le vie 33 per formare le regioni 35-37; quindi i pannelli 40 relativi ai vari moduli vengono sovrapposti e reciprocamente incollati. In particolare, se le regioni adesive conduttive 35-37 sono realizzate con colle conduttive, prima della sovrapposizione i pannelli 40 vengono sottoposti ad un trattamento termico ad una temperatura di inizio polimerizzazione inferiore alla temperatura di transizione vetrosa della colla (dipendente dal tipo di colla utilizzata), allo scopo di ottenere un'adesione sufficiente delle regioni adesive conduttive 35-37 e di mantenere in posizione i moduli sovrapposti. Una volta sovrapposti i pannelli la polimerizzazione dell'adesivo viene completata in forno statico o a tunnel a seconda delle caratteristiche dell'adesivo. Viceversa, se le regioni adesive conduttive 35-37 sono realizzate con lega saldante, viene eseguito un processo di reflow in condizioni standard per leghe saldanti senza piombo con temperatura di picco di 260°C.

Quindi, se previsto dall'applicazione, in corrispondenza di ciascun modulo superiore vengono fissati componenti elettronici; infine i pannelli compositi così ottenuti vengono tagliati per ottenere i singoli interruttori integrati 1.

L'allineamento nel piano dei pannelli viene eseguito

grazie a macchine di posizionamento ottiche che prendono come riferimento sempre il primo pannello, grazie a dei riferimenti (chiamati "fiducials") realizzati sul primo pannello per placcatura metallica, serigrafia, marcatura, incisione o foratura. Questo consente di eliminare l'effetto della somma di tolleranze, svincolando in tal modo la tolleranza di posizionamento dal numero di pannelli impilati. Nei casi in cui le dimensioni delle induttanze fossero sufficientemente grandi e il numero di pannelli sovrapposti ridotto, quindi l'errore di allineamento avesse un'influenza ridotta sull'induttanza complessiva del modulo, l'operazione di sovrapposizione può essere eseguita grazie ad un supporto con spine metalliche che passano attraverso fori di centratura realizzati sui pannelli. I supporti vengono poi utilizzati per la cottura nei forni statici o a tunnel dei pannelli impilati e successivamente rimossi prima dell'operazione di taglio.

In una particolare applicazione, lo strato di nucleo 15 può avere uno spessore compreso fra 60 e 110 μm , ad es. 100 μm , il primo e il quarto strato isolante 10, 20, di solder mask, possono avere uno spessore di circa 20 μm , il secondo e terzo strato isolante 12 e 18, di prepreg, possono avere uno spessore totale compreso tra 30 e 40 μm e gli strati metallici 11, 13, 17 e 19 possono avere uno spessore di circa 17 μm per uno spessore totale di ciascun

modulo 2-5 generalmente variabile fra 220 (nel caso di dispositivo sottile) e 300 μm (nel caso di dispositivo standard).

Le figure 8-13, 15 sono relative ad una differente forma di realizzazione del presente induttore integrato, in cui ciascun modulo comprende un singolo substrato (forato per realizzare le connessioni), sul quale è realizzata (ad esempio tramite serigrafia, dispensing o stampaggio) una pista conduttiva che forma una bobina.

Anche in questo caso, la lavorazione avviene tipicamente a livello di pannelli ciascuno costituente una pluralità di substrati che, dopo la sovrapposizione e l'incollaggio, vengono tagliati in una fase finale, per ottenere i singoli induttori. Tuttavia, per semplicità, in seguito le fasi di fabbricazione vengono descritte a livello di singolo substrato.

La figura 8 mostra un primo substrato 50 dotato di una prima e di una seconda superficie 50A, 50B. Come sopra indicato, il primo substrato 50 può essere uno di una pluralità di moduli costituenti un pannello 75, come mostrato in figura 13.

Il primo substrato 50 può essere di qualunque materiale isolante quale BT (Bismaleidetriazina) oppure resina epossidica caricata con fibre di vetro, plastica iniettata, PET, policarbonato o altri tipi di materiale

plastico, ceramica, vetro, carta, cartone e simili. In alternativa, il primo substrato 50 può essere realizzato di un materiale ferromagnetico con le due facce opposte rivestite da uno strato di materiale dielettrico, come descritto più in dettaglio in seguito. Inoltre possono essere scelti materiali biocompatibili o medicali.

Inizialmente, il primo substrato 50 viene forato per realizzare due fori passanti 51 e 52 estendentisi fra le superfici 50A, 50B. In figura 8, il primo foro passante 51 è centrale e il secondo foro passante 52 è disposto in prossimità del bordo del primo substrato 50. Nell'esempio illustrato, inoltre, i fori passanti 51 e 52 sono metallizzati. Nel caso di substrato ferromagnetico i fori sono dapprima rivestiti, ad esempio per serigrafia e conseguente cottura, con uno strato di dielettrico, tipicamente una pasta epossidica o vetrosa, e quindi riempiti con un materiale adesivo conduttivo o con una lega saldante.

In seguito, figura 9, un materiale conduttivo viene stampato o dispensato sulla prima superficie 50A del primo substrato 50 in modo da formare contemporaneamente una bobina 55 e regioni adesive conduttive costituenti connessioni sia elettriche che meccaniche. In particolare, una colla conduttiva o una pasta saldante viene applicata, ad esempio tramite serigrafia, sulla superficie superiore

del primo substrato 50. Il materiale conduttivo riempie i fori 51 e 52 (dove forma una prima ed una seconda via 53 e 54), forma una spirale (costituente la bobina 25), una prima regione di contatto 56 e una regione periferica 59. In particolare, la bobina 25 si estende fra la prima via 53 (e quindi il primo foro passante 51) e la prima regione di contatto 56. La prima regione di contatto 56 è realizzata prossima al bordo del primo substrato 50, in posizione vicina ma distinta rispetto alla seconda via 54 e la regione periferica 59 circonda, ad esempio completamente, il primo substrato 50.

La regione periferica 59 è analoga alle regioni di connessione meccanica 37 delle forme di realizzazione delle figure 1-7 e ha lo scopo di consentire la connessione meccanica fra il primo substrato 50 e un secondo substrato ad esso sovrapposto, come spiegato qui di seguito.

Il materiale conduttivo può essere costituito da un materiale adesivo caricato con particelle conduttive, oppure una lega saldante senza piombo costituita da microparticelle amalgamate con flussanti in maniera da ottenere una consistenza pastosa, oppure un inchiostro conduttivo. I materiali adesivi vengono sottoposti ad un cattura parziale per controllarne la sbordatura, evitando il corto-circuito tra le spire e mantenendone l'adesività. A tale scopo, possono essere utilizzati degli spessori. Ad

esempio, nel caso di realizzazione dell'induttanza per dispensazione ("dispensing"), gli spessori possono essere realizzati sul substrato stesso, grazie alla dispensazione preventiva di cilindri di adesivo dello stesso tipo utilizzato per la realizzazione dell'induttanza, oppure di tipo diverso, e ad una cottura (per circa un'ora ad una temperatura di circa 150°C) in maniera da garantire un appoggio rigido.

Indipendentemente, viene realizzato un secondo substrato 60, mostrato in figura 10. Il secondo substrato 60 è analogo al primo substrato 50, tranne che per la posizione dei fori passanti. Di conseguenza, il materiale del secondo substrato 60 può essere qualunque, eventualmente anche differente dal materiale del primo substrato 50, e il secondo substrato 60 ha una prima ed una seconda superficie 60A, 60B.

In una fase di lavorazione contemporanea, precedente o successiva a quelle di lavorazione del primo substrato 50, il secondo substrato 60 viene forato in modo da formare un terzo foro passante 61 ed un quarto foro passante 62. Qui, entrambi i fori passanti 61, 62 sono realizzati in prossimità di bordo del secondo substrato 60, con il terzo foro passante 61 realizzato in posizione tale da essere allineato, dopo la sovrapposizione dei substrati 50, 60, alla prima regione conduttiva 56 del primo substrato 50 e

il quarto foro passante 62 realizzato in modo allineato (dopo la sovrapposizione dei substrati) alla posizione corrispondente a quella del secondo foro passante 52. Anche qui, i fori passanti 61, 62 possono essere metallizzati. Inoltre, in modo non mostrato, il secondo substrato 60 può fare parte di un rispettivo pannello (non mostrato), analogo al pannello 75 di fig. 13.

Successivamente, figura 11, il secondo substrato 60 viene stampato per formare una rispettiva bobina 65, una seconda regione di contatto 66 e una propria regione periferica 59. Tale fase viene eseguita come già descritto per il primo substrato 50 tramite applicazione di una colla conduttiva o una pasta saldante, e porta anche al riempimento del terzo e del quarto foro 61, 62. In questo modo, una terza e una quarta via 63 e 64 si formano nei fori passanti 61, 62 e la bobina 65 si estende fra la terza via 63 e la seconda regione di contatto 66.

Anche in questo caso, la bobina 65 del secondo substrato 60 è avvolta in direzione opposta rispetto alla bobina 55 del primo substrato 50. Infatti, nella forma di realizzazione mostrata, la bobina 55 del primo substrato 50 si estende in senso antiorario a partire dall'esterno (prima regione di connessione 56) verso l'interno (prima via 53), mentre la bobina 65 del secondo substrato 60 si estende in senso orario a partire dall'esterno (terza via

passante 63) verso l'interno (terza regione di connessione 66), in modo tale che la corrente fluisca sempre nella stessa direzione, come sotto spiegato.

Quindi, il secondo substrato 60 viene sovrapposto al primo substrato 50, con la superficie 60B a contatto con la superficie 50A, in modo tale che la terza via 63 si sovrapponga e contatti elettricamente la prima regione di contatto 56 e la quarta via 64 si sovrapponga e contatti elettricamente la seconda via 54. Successivamente, un altro primo substrato 50 viene sovrapposto al secondo substrato 60 in modo che la prima via 53 si sovrapponga verticalmente alla terza regione di connessione 66 e la seconda via 54 si sovrapponga verticalmente alla quarta via 64. Anche in questo caso, il processo di sovrapposizione può essere eseguito tramite "fiducials" non mostrati, riferendo sempre ogni substrato 50, 60 aggiunto superiormente al substrato inferiore.

Il processo continua con la sovrapposizione alternata di primi e secondi substrati 50, 60, per ottenere un induttore integrato 70, mostrato in figura 12 e formato da una pila di substrati 50, 60, ad esempio dieci.

Durante la sovrapposizione, il substrato inferiore della pila, avente vantaggiosamente la configurazione del secondo substrato 60 della figura 11, può non essere forato preventivamente, e avere, invece della terza e della quarta

via 63, 64, corrispondenti regioni di contatto 67, 68 (fig. 12) fra loro connesse. Inoltre, il substrato superiore nella pila ha vantaggiosamente la configurazione del primo substrato 50 della figure 9, e può mancare della regione periferica 59. In questo caso, durante l'applicazione della colla conduttiva o pasta saldante, la prima regione di connessione 56 e la porzione superiore della terza via 54 possono essere sagomate in modo da formare piazzole per la connessione esterna.

Opzionalmente, prima di essere impilati, i substrati 50 e 60 possono essere sottoposti ad una fase di riscaldamento in forno, in modo da aumentare la consistenza delle regioni adesive conduttive, in particolare delle regioni periferiche 59. A tal scopo, il riscaldamento viene eseguito ad una temperatura inferiore a quella di polimerizzazione, ad esempio inferiore a 100°C per un tempo di circa 10 min.

Infine, al termine della sovrapposizione alternata dei substrati 50 e 60, questi vengono incollati reciprocamente, disponendo la pila di substrati 50, 60 in forno ad una temperatura compresa fra 120-170°C tipicamente circa 150°C, per 1-2 ore, in modo da ottenere la polimerizzazione della colla conduttiva o pasta saldante e quindi l'incollaggio delle regioni periferiche 59 di ciascun substrato 50, 60 al substrato ad esso superiore 60, 50, nonché delle prime e

seconde regioni di contatto 56, 66 alle rispettive vie metallizzate 63, 53, superiori o inferiori.

Nel caso che i substrati 50, 60 facciano parte ciascuno di un rispettivo pannello includente una pluralità di substrati 50 o 60, dopo l'incollaggio la pila viene sottoposta a singolazione, per la formazione dei singoli induttori 70.

In questo modo, nell'induttore integrato 70 di fig. 12, in cui la prima regione di contatto 56 rappresenta un ingresso per la corrente e l'estremità della seconda via 54 rappresenta un'uscita, la corrente percorre sempre una traiettoria in senso antiorario, entrando nella prima regione di contatto 56 del substrato 50 superiore e percorrendo la prima bobina 55 fino alla prima via 53 che è in contatto elettrico con la seconda regione di contatto 66 della seconda bobina 65 (fig. 11) del substrato 60 sottostante. Quindi la corrente percorre la seconda bobina 65 ancora in senso antiorario fino alla terza via di contatto 63 e di qui raggiunge la prima regione di contatto 56 di un primo substrato 50 sottostante. Dopo aver percorso tutte le bobine in senso antiorario, la corrente raggiunge le regioni di contatto 66, 67 e quindi attraversa le seconde e le quarte vie 54, 64 fra loro sovrapposte, fino alla seconda via 54 del substrato superiore, che rappresenta un terminale di uscita dell'induttore integrato

70.

La figura 15 mostra un dettaglio di una variante dell'induttore integrato di fig. 12, usante substrati 150, 160 di materiale ferromagnetico, ricoperti sulle due facce da strati isolanti 170. Una bobina 165 è formata su una delle facce (ad esempio quella superiore) dei substrati 150, 160. Come già indicato, vie 161 (corrispondenti alle vie 53-54, 63-64 sono isolate dal relativo substrato 150, 160 da un isolamento 162. Gli strati isolanti 170 possono essere serigrafati e regioni periferiche 159 (realizzate contemporaneamente alle bobine 165 e a regioni di contatto non mostrate, analoghe alle regione di contatto 56, 66) consentono l'incollaggio reciproco dei substrati 150, 160. In questo caso, si ottiene un ulteriore incremento del valore complessivo dell'induttanza, oltre ad un aumento della resistenza meccanica del modulo.

La figura 14 mostra un differente processo di realizzazione. Qui, vengono realizzati indipendentemente un primo pannello 80 ed un secondo pannello 81 integranti ciascuno bobine dirette in direzione opposta. I pannelli 80, 81 vengono sottoposti alle stesse fasi di fabbricazione sopra descritte per ottenere i moduli 2-5 delle figure 1-7, ad esempio i moduli 2 e 5, oppure i substrati 50, 60 delle figure 9 e 11. Quindi, secondo la nota tecnica di "pick and place", il primo pannello 80 viene tagliato, in modo da

formare una pluralità di singoli elementi 83 che vengono prelevati singolarmente e disposti al di sopra dei corrispondenti elementi del secondo pannello 81, su cui (per "dispensing" o serigrafia) è stato preventivamente applicato un adesivo conduttivo oppure una lega saldante e che è stato sottoposto ad una precottura , (nel caso di adesivo conduttivo). Dopo la disposizione di tutti i singoli elementi 83, questi vengono incollati al pannello 81, ad esempio tramite polimerizzazione della regione periferica 59.

Prima dell'incollaggio dei singoli elementi 83, è possibile anche sovrapporre diversi pannelli; oppure sovrapporre diversi moduli 83 fra loro sul pannello 81.

L'induttore integrato e il relativo processo di fabbricazione, come qui descritti, presentano numerosi vantaggi.

In particolare, il presente induttore integrato può essere realizzato del valore desiderato, anche dell'ordine di grandezza dei μH , con un semplice layout dei singoli strati e con costi di fabbricazione contenuti. Gli strati di dielettrico possono essere realizzati sottili, favorendo quindi l'effetto di accoppiamento fra le varie bobine sovrapposte.

La realizzazione dei substrati di materiale ferromagnetico isolato da dielettrici consente di aumentare

ulteriormente il valore dell'induttanza totale del modulo.

Le regioni adesive conduttive fra i diversi moduli sovrapposti sono realizzate in una stessa fase di fabbricazione e quindi sono dello stesso materiale e sono disposte su uno stesso livello (allineamento orizzontale). Ciò fornisce un'elevata robustezza delle connessioni sia a livello meccanico che elettrico, oltre ad una semplicità di produzione, che richiede costi ridotti.

La forma di realizzazione delle figure 8-13 è vantaggiosamente utilizzabile nel caso di substrato di materiale non convenzionale, quale vetro o plastica, qualora esistano esigenze particolari, quali una leggera flessibilità meccanica o altro.

Risulta infine chiaro che ai dispositivi e ai processi di fabbricazione qui descritti ed illustrati possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, come indicato, i substrati 50, 60 della forma di realizzazione delle figure 8-13 possono essere realizzati di carta o cartone, nel qual caso il materiale delle bobine e delle regioni adesive può essere un inchiostro conduttivo, quale ad esempio un inchiostro realizzato caricando un adeguato solvente con microparticelle di carbonio o argento in misura tale da

ottenere la viscosità adatta per la deposizione per dispensing o serigrafia.

I fori passanti 51, 52 e 61, 62 possono anche non essere metallizzati preventivamente alla realizzazione delle vie 53, 54, 63, 64, 161.

Nel caso che non sia necessario avere sia la connessione di ingresso che la connessione di uscita su uno stesso lato superiore dell'induttore integrato, è possibile fare a meno delle vie 33 o 54, 64 di connessione di uscita della corrente.

L'applicazione dell'adesivo conduttivo o della lega saldante nei fori passanti per la realizzazione delle connessioni elettriche attraverso i substrati può avvenire contemporaneamente oppure preventivamente alla realizzazione dell'induttanza, in funzione dal rapporto tra il diametro del foro e lo spessore del substrato ("aspect ratio").

Gli strati metallici 11, 13, 17, 19 della forma di realizzazione delle figure 1-7 possono essere sostituiti da strati conduttivi, ad esempio un composto organico.

Le regioni di contatto 35, 36; 56, 66 possono essere formate da porzioni delle rispettive bobine 55, 65, 165, senza essere distinte da queste.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo ad induttore integrato (1; 70), comprendente una pluralità di moduli (2-5; 50, 60; 150, 160) fra loro sovrapposti, ciascun modulo includendo almeno una bobina (25; 55, 65; 165) di materiale conduttore, coppie di bobine direttamente sovrapposte essendo avvolte in direzione opposta, moduli direttamente sovrapposti essendo collegati meccanicamente tramite prime regioni adesive conduttive (37; 59; 159) e le bobine dei moduli direttamente sovrapposti essendo collegate elettricamente fra loro tramite seconde regioni adesive conduttive (35, 36; 56, 66), le prime e le seconde regioni adesive conduttive colleganti moduli direttamente sovrapposti essendo realizzate dello stesso materiale ed essendo disposte ad uno stesso livello.

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui il materiale delle prime e le seconde regioni adesive conduttive (37, 35, 36; 59, 56, 66; 159) è scelto fra una colla adesiva, una pasta saldante, quale una pasta a base di stagno-argento o stagno-argento-rame, o pasta di altra lega senza piombo, un inchiostro conduttivo e un composto organico.

3. Dispositivo secondo la rivendicazione 1 o 2, comprendente una prima ed una seconda superficie e in cui ciascun modulo (2-5; 50, 60; 150, 160) è dotato di una via

di connessione diretta (33; 54, 64), le vie di connessione diretta essendo allineate verticalmente fra loro ed estendendosi fra la prima superficie del dispositivo (1; 70) ed una bobina (25; 65) formata in un modulo definente la seconda superficie del dispositivo.

4. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-3, in cui ciascun modulo (2-5) è formato da un substrato BGA/LGA comprendente una pluralità di livelli conduttivi (11, 13, 17, 19) separati da strati isolanti (10, 12, 15, 18, 20), ciascun livello formando una propria bobina(25), bobine direttamente sovrapposte in ciascun modulo essendo avvolte in direzione opposta ed essendo collegate reciprocamente tramite vie conduttive (30-32) attraversanti gli strati isolanti.

5. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, in cui ciascun modulo (2-5) presenta un primo ed un secondo strato superficiale isolante 10, (20) dotato di aperture (39), e le prime e le seconde regioni adesive conduttive (37, 35, 36) si estendono nelle aperture (39), le prime e seconde regioni adesive conduttive nel primo strato superficiale (10) di un primo modulo (3-5) di una coppia di moduli adiacenti essendo verticalmente allineate alle prime e seconde regioni adesive conduttive nel secondo strato superficiale (20) di un secondo modulo (2-5) della coppia di moduli.

6. Dispositivo secondo la rivendicazione 4 o 5, in cui ciascun modulo (2-5) è composto da quattro strati conduttivi (11, 13, 17, 19).

7. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-3, in cui ciascun modulo è formato da un substrato (50, 60; 150, 160) dotato di un primo lato (50A) portante una propria bobina (55, 65), la prima e la seconda regione adesiva conduttiva (59, 56, 66; 159), in cui la prima regione adesiva conduttiva (59; 159) comprende una regione periferica di collegamento meccanico e la seconda regione adesiva conduttiva 56, 66; comprende una regione di contatto collegata ad una prima estremità della propria bobina (55), il substrato essendo attraversato da una via (53, 63; 161) collegata ad una seconda estremità della propria bobina, in cui la via (53; 161) di un primo substrato (50; 150) è collegata direttamente alla regione di contatto (66) di un modulo direttamente sottostante (60; 160).

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, in cui la bobina (55, 65) è dello stesso materiale ed è disposta sullo stesso livello della prima e della seconda regione adesiva conduttiva (59, 56, 66; 159).

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 8, in cui la bobina (55, 65), la prima e la seconda regione adesiva conduttiva (59, 56, 66; 159) sono realizzate di un

materiale scelto fra colla conduttiva, pasta saldante, inchiostro conduttivo.

10. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 7-9, in cui il substrato (50, 60; 150, 160) è di materiale scelto fra ceramica, materiale ferromagnetico isolato da strati dielettrici (162, 170), materiale plastico quale PET e polycarbonato, vetro, carta, cartone e simili.

11. Processo di fabbricazione di un dispositivo ad induttore integrato, comprendente le fasi di:

realizzare una pluralità di moduli (2-5; 50, 60; 150, 160) includenti ciascuno almeno una bobina (25; 55, 65) di materiale conduttore ed aventi un primo lato,

formare contemporaneamente prime e seconde regioni adesive conduttive (37, 35, 36; 59, 56, 66; 159) almeno sul primo lato della pluralità di moduli, eventualmente ad eccezione di un primo modulo;

sovrapporre la pluralità di moduli in modo che le bobine siano allineate reciprocamente e coppie di bobine direttamente sovrapposte si avvolgano in direzione opposta,

incollare la pluralità di moduli in modo che moduli direttamente sovrapposti siano collegati meccanicamente tramite le prime regioni adesive conduttive (37; 59; 159) conduttive e le bobine di moduli direttamente sovrapposti siano collegate elettricamente fra loro tramite le seconde

regioni adesive conduttive (35, 36; 56, 66).

12. Processo secondo la rivendicazione 11, in cui la fase di incollare comprende eseguire un trattamento termico.

13. Processo secondo la rivendicazione 11 o 12, in cui realizzare una pluralità di moduli comprende realizzare una pluralità di substrati BGA/LGA (2-5) aventi una pluralità di strati conduttivi (11, 13, 17, 19) separati da strati isolanti (10, 12, 15, 18,), ciascuno strato conduttivo formando una propria bobina (25), bobine direttamente sovrapposte in ciascun modulo essendo avvolte in direzione opposte ed essendo collegate reciprocamente tramite vie conduttive (30-32) attraversanti gli strati isolanti.

14. Processo secondo la rivendicazione 13, in cui realizzare una pluralità di substrati BGA/LGA (2-5) comprende formare una pila includente uno strato isolante superiore (10) ed uno strato isolante inferiore (20) dotati entrambi di aperture (39) e la fase di formare prime e seconde regioni adesive conduttive (37, 35, 36; 59, 56, 66; 159) comprende riempire le aperture con materiale adesivo conduttivo, quale colla conduttiva o pasta saldante.

15. Processo secondo la rivendicazione 11 o 12, in cui la fase di realizzare una pluralità di moduli (50, 60; 150, 160) comprende le fasi di:

disporre una pluralità di substrati (50, 60; 150, 160), ciascuno dotato di un primo ed un secondo lato (50A,

50B);

forare la pluralità di substrati in modo da formare almeno un foro passante (51, 61);

per ogni substrato, stampare contemporaneamente la bobina (55, 65), la prima e la seconda regione adesiva conduttiva (59, 56, 66; 159) sul primo lato del substrato,

formare vie conduttive (53, 63) all'interno del foro passante;

sovrapporre la pluralità di substrati (50, 60; 150, 160) in modo che la prima regione adesiva conduttiva (59; 159) di un primo modulo (50; 150) della pluralità di moduli sia in contatto con il secondo lato (60B) di un secondo modulo (60; 160) immediatamente superiore e che la seconda regione adesiva conduttiva (56) del primo modulo sia in contatto elettrico con la via conduttiva (63; 161) del secondo modulo; e

incollare fra loro la pluralità di substrati mediante trattamento termico.

16. Processo secondo la rivendicazione 15, in cui la fase di stampare comprende applicare una colla conduttiva, una pasta saldante o un inchiostro conduttivo.

17. Processo secondo la rivendicazione 15 o 16, in cui la fase di stampare comprende serigrafare materiale adesivo conduttivo in modo da formare contemporaneamente la bobina (55, 65), la prima regione adesiva conduttiva (59; 159), la

seconda regione adesiva conduttiva (56, 66) e la via conduttiva (53, 63; 161).

18. Processo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10-17, con lavorazione a livello di pannello, comprendente:

realizzare una pluralità di pannelli (75) ciascuno dotato di una pluralità di moduli (2-5; 50, 60; 150, 160) fra loro uguali, ciascun modulo includendo almeno una bobina (25; 55, 65) di materiale conduttore, una prima regione adesiva conduttiva (37; 59; 159) e una seconda regione adesiva conduttiva (35, 36; 56, 66), le prime e seconde regioni adesive conduttive estendendosi su almeno una prima superficie della pluralità di pannelli, eventualmente ad eccezione di un primo pannello, con uno stesso materiale e ad uno stesso livello;

sovrapporre la pluralità di pannelli in modo da sovrapporre le bobine e che bobine direttamente sovrapposte si avvolgano in direzione opposta,

incollare la pluralità di pannelli in modo che moduli direttamente sovrapposti siano collegati meccanicamente tramite le prime regioni adesive conduttive e le bobine di moduli direttamente sovrapposti siano collegate elettricamente fra loro tramite le seconde regioni adesive conduttive; e

tagliare i pannelli in modo da formare una pluralità

di induttori integrati.

19. Processo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10-17, con lavorazione a livello di pannello, comprendente:

realizzare almeno due pannelli (80, 81) ciascuno includente una pluralità di moduli (2-5; 50, 60; 150, 160) fra loro uguali, ciascun modulo comprendendo almeno una bobina (25; 55, 65) di materiale conduttore, una prima regione adesiva conduttiva (37; 59; 159) e una seconda regione adesiva conduttiva (35, 36; 56, 66), le prime e seconde regioni adesive conduttive estendendosi su almeno una prima superficie della pluralità di pannelli, eventualmente ad eccezione di un primo pannello, con uno stesso materiale e ad uno stesso livello;

tagliare il secondo pannello (81) per ottenere una pluralità di moduli tagliati (83) fra loro uguali;

sovrapporre ciascun modulo tagliato (83) ad un rispettivo modulo del primo pannello (80) in modo da sovrapporre le bobine e che le bobine direttamente sovrapposte si avvolgano in direzione opposta,

incollare la pluralità di moduli tagliati al primo pannello in modo che moduli direttamente sovrapposti siano collegati meccanicamente tramite le prime regioni adesive conduttive e le bobine di moduli direttamente sovrapposti siano collegate elettricamente fra loro tramite le seconde regioni adesive conduttive; e

tagliare il primo pannello in modo da formare una pluralità di induttori integrati.

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

Elena CERBARO

CLAIMS

1. An integrated inductor device (1; 70), comprising a plurality of modules (2-5; 50, 60; 150, 160) overlaid to each other, each module including at least one coil (25; 55, 65; 165) of conducting material, pairs of coils that are directly overlaid being coiled in opposite directions, directly overlaid modules being mechanically connected through first adhesive conductive regions (37; 59; 159) and the coils of the directly overlaid modules being electrically connected each other through second adhesive conductive regions (35, 36; 56, 66), the first and the second adhesive conductive regions connecting directly overlaid modules being formed of the same material and being arranged at a same level.

2. A device according to claim 1, wherein the material of the first and the second adhesive conductive regions (37, 35, 36; 59, 56, 66; 159) is selected among an adhesive glue, a solder paste, such as a tin-silver or tin-silver-copper paste, or another lead-free paste, a conductive ink and an organic compound.

3. A device according to claim 1 or 2, comprising a first and a second surfaces and wherein each module (2-5; 50, 60; 150, 160) has a direct connection via (33; 54, 64), the direct connection vias being vertically aligned to each

other and extending between the first surface of the device (1; 70) and a coil (25; 65) formed in a module defining the second surface of the device.

4. A device according to any of claims 1-3, wherein each module (2-5) is formed by an BGA/LGA substrate comprising a plurality of conductive levels (11, 13, 17, 19) separated by insulating layers (10, 12, 15, 18, 20), each level forming an own coil(25), directly overlaid coils in each module being wound in opposite directions and being mutually connected by conductive vias (30-32) passing through the insulating layers.

5. A device according to claim 4, wherein each module (2-5) has a first and a second insulating superficial layer 10, (20) having openings (39), and the first and second adhesive conductive regions (37, 35, 36) extend in the openings (39), the first and second adhesive conductive regions in the first superficial layer (10) of a first module (3-5) of a pair of adjacent modules being vertically aligned to the first and second adhesive conductive regions in the second superficial layer (20) of a second module (2-5) of the pair of modules.

6. A device according to claim 4 or 5, wherein each module (2-5) includes four conductive layers (11, 13, 17, 19).

7. A device according to any of claims 1-3, wherein each module is formed by a substrate (50, 60; 150, 160) having a first side (50A) carrying an own coil (55, 65), the first and the second adhesive conductive regions (59, 56, 66; 159), wherein the first adhesive conductive region (59) comprises a mechanical connection peripheral region and the second adhesive conductive region (56, 66); comprises a contact region connected at a first end of the own coil (55), a via (53, 63; 161) extending through the substrate and being connected to a second end of the own coil, wherein the via (53; 161) of a first substrate (50; 150) is directly connected to the contact region (66) of a directly underlying module (60; 160).

8. A device according to claim 7, wherein the coil (55, 65) has the same material and is arranged at the same level of the first and the second adhesive conductive regions (59, 56, 66; 159).

9. A device according to claim 8, wherein the coil (55, 65), the first and the second adhesive conductive regions (59, 56, 66; 159) are formed of a material selected among conductive glue, solder paste, conductive ink.

10. A device according to any of claims 7-9, wherein the substrate (50, 60; 150, 160) has a material selected among ceramic, ferromagnetic material insulated by a

dielectric (162, 170), plastics such as PET and polycarbonate, glass, paper, cardboard and the like.

11. A process for manufacturing an integrated inductor device, comprising the steps of:

providing a plurality of modules (2-5; 50, 60; 150, 160) each including at least one coil (25; 55, 65) of conducting material and having a first side,

simultaneously forming first and second adhesive conductive regions (37, 35, 36; 59, 56, 66; 159) at least on the first side of the plurality of modules, in case except a first module;

superimposing the plurality of modules so that the coils are mutually aligned and pairs of directly overlaid coils wind in opposite directions,

attaching the plurality of modules so that directly overlaid modules are mechanically connected by the first adhesive conductive regions (37; ; 159) and the coils of directly overlaid modules are electrically connected to each other by the second adhesive conductive regions (35, 36; 56, 66).

12. A process according to claim 11, wherein attaching comprises performing a thermal treatment.

13. A process according to claim 11 or 12, wherein forming a plurality of modules comprises forming a

plurality of BGA/LGA substrates (2-5) having a plurality of conductive layers (11, 13, 17, 19) separated by insulating layers (10, 12, 15, 18,), each conductive layer forming an own coil (25), directly overlaid coils in each module being wound in opposite directions and being mutually connected through conductive vias (30-32) extending through the insulating layers.

14. A process according to claim 13, wherein forming a plurality of substrates BGA/LGA (2-5) comprises forming a stack including an upper insulating layer (10) and a lower insulating layer (20) both having of openings (39) and forming first and second adhesive conductive regions (37, 35, 36; 59, 56, 66; 159) comprises filling the openings with an adhesive conductive material, such as conductive flue or solder paste.

15. A process according to claim 11 or 12, wherein forming a plurality of modules (50, 60; 150, 160) comprises the steps of:

providing a plurality of substrates (50, 60; 150, 160), each substrate having a first and a second sides (50A, 50B);

drilling the plurality of substrates so as to form at least one through hole (51, 61);

for each substrate, simultaneously printing the coil

(55, 65), the first and the second adhesive conductive regions (59, 56, 66; 159) on the first side of the substrate,

forming conductive vias (53, 63; 161) within the through hole;

superimposing the plurality of substrates (50, 60; 150, 160) so that the first adhesive conductive region (; 159) of a first module (50; 150) of the plurality of modules is in contact with the second side (60B) of an immediately overlying second module (60; 160) and that the second adhesive conductive region (56) of the first module is in electric contact con the conductive via (63; 161) of the second module; and

attaching the plurality of substrates to each other through a thermal treatment.

16. A process according to claim 15, wherein printing comprises applying a conductive glue, a solder paste or a conductive ink.

17. A process according to claim 15 or 16, wherein printing comprises screening an adhesive conductive material so as to simultaneously form the coil (55, 65), the first adhesive conductive region (; 159), the second adhesive conductive region (56, 66) and the conductive via 63; 161).

18. A process according to any of claims 10-17, with a board-level working, comprising:

forming a plurality of boards (75), each board having a plurality of modules (2-5; 50, 60; 150, 160) that are the same to each other, each module comprising at least one coil (25; 55, 65) of conducting material, a first adhesive conductive region (37; ; 159) and a second adhesive conductive region (35, 36; 56, 66), the first and second adhesive conductive regions extending on at least one first surface of the plurality of boards, in case except a first board, with a same material and at a same level;

superimposing the plurality of boards so as to superimpose the coils and so that directly overlaid coils wind in opposite directions,

attaching the plurality of boards so that directly overlaid modules are mechanically connected by the first adhesive conductive regions and the coils of directly overlaid modules are electrically connected to each other by the second adhesive conductive regions; and

singulating the boards so as to form a plurality of integrated inductors.

19. A process according to any of claims 10-17, with a board-level working, comprising:

forming at least two boards (80, 81), each board

including a plurality of modules (2-5; 50, 60; 150, 160) which are the same to each other, each module including at least one coil (25; 55, 65) of conducting material, a first adhesive conductive region (37; ; 159) and a second adhesive conductive region (35, 36; 56, 66), the first and second adhesive conductive regions extending on at least one first surface of the plurality of boards, in case except a first board, with a same material and at a same level;

singulating the second board (81) to obtain a plurality of singulated modules (83) that are the same to each other;

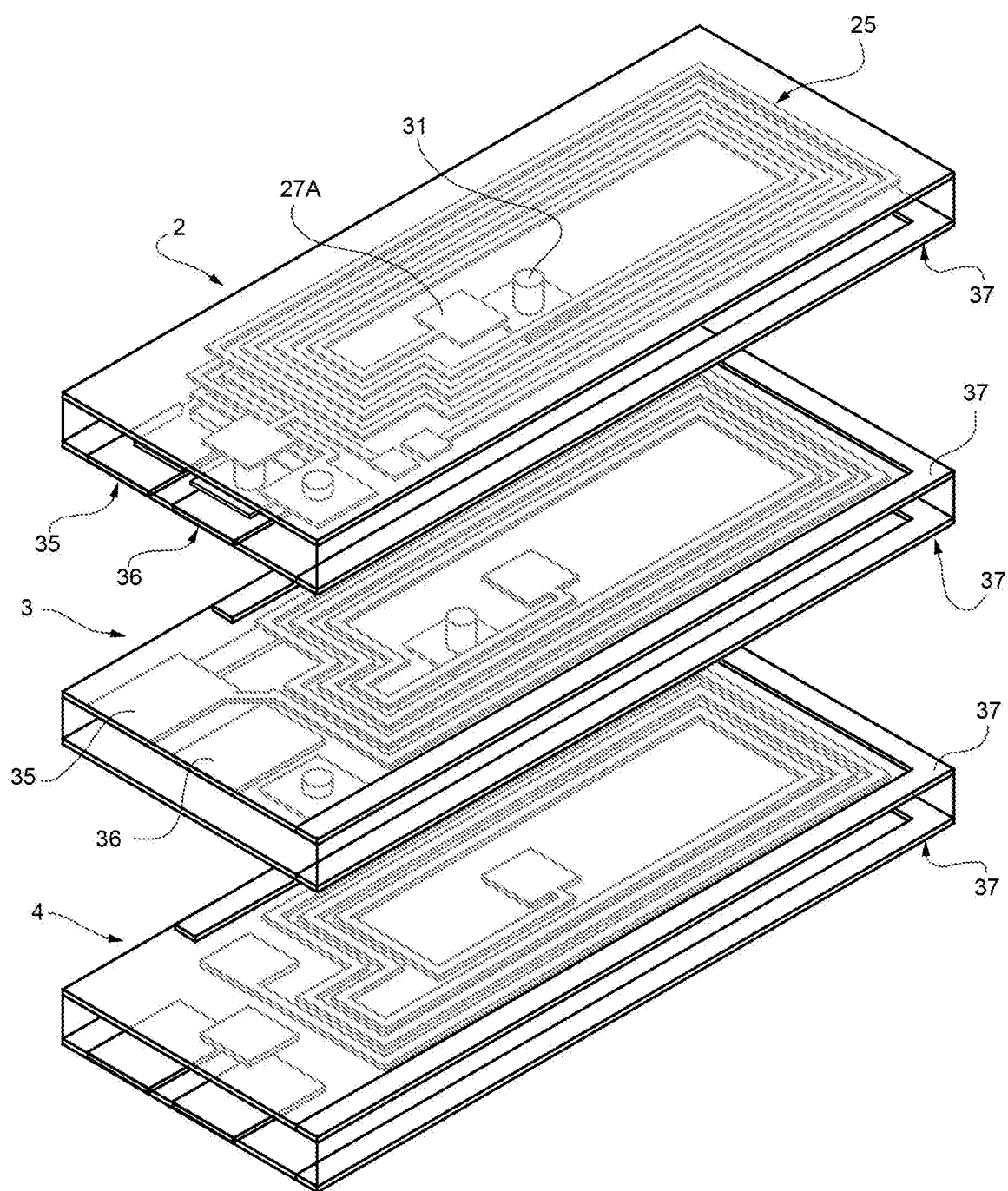
superimposing each singulated module (83) to a respective module of the first board (80) so as to superimpose the coils and so that the directly overlaid coils wind in opposite directions,

attaching the plurality of singulated modules to the first board so that directly overlaid modules are mechanically connected by the first adhesive conductive regions and the coils of directly overlaid modules are electrically connected to each other by the second adhesive conductive regions; and

singulating the first board so as to form a plurality of integrated inductors.

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

FIG. 2



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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

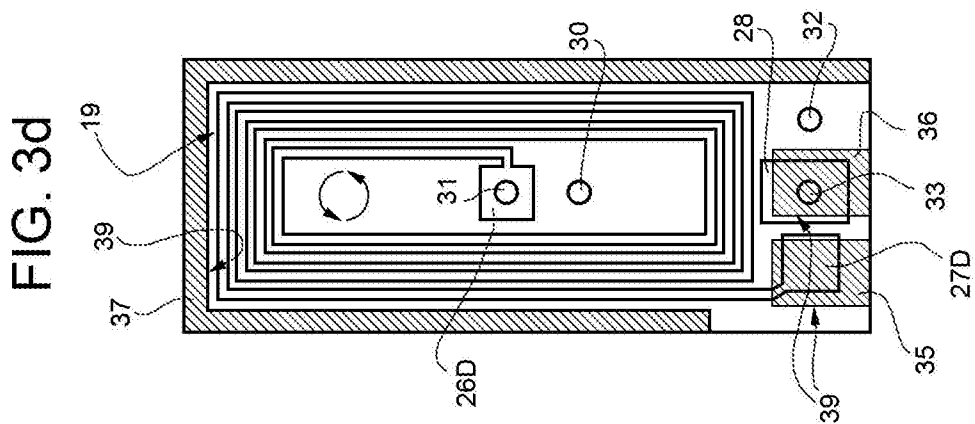
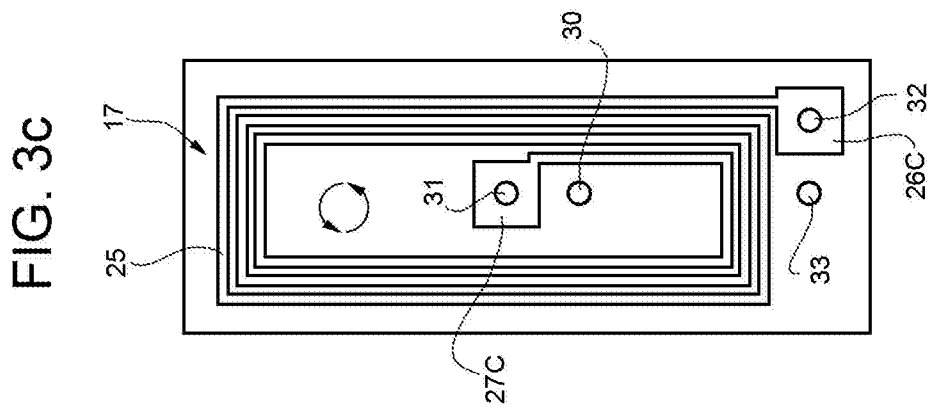
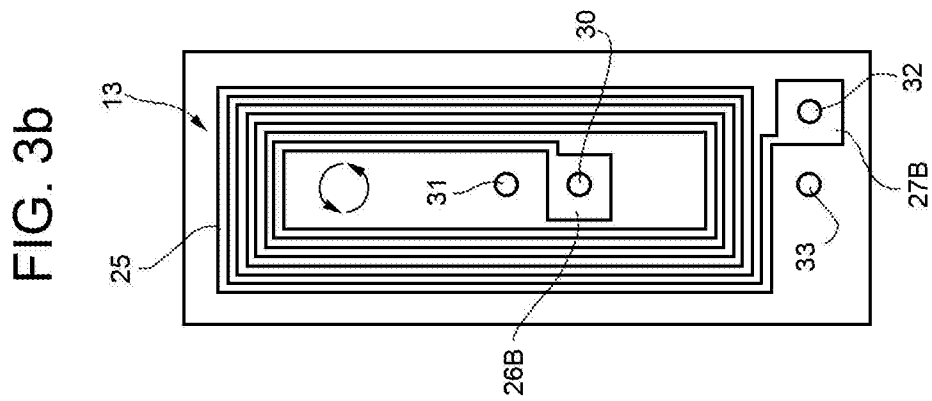
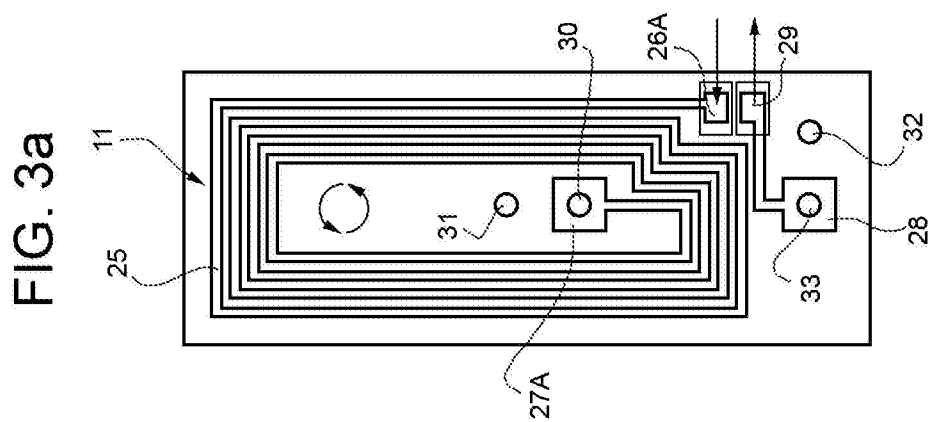


FIG. 4a

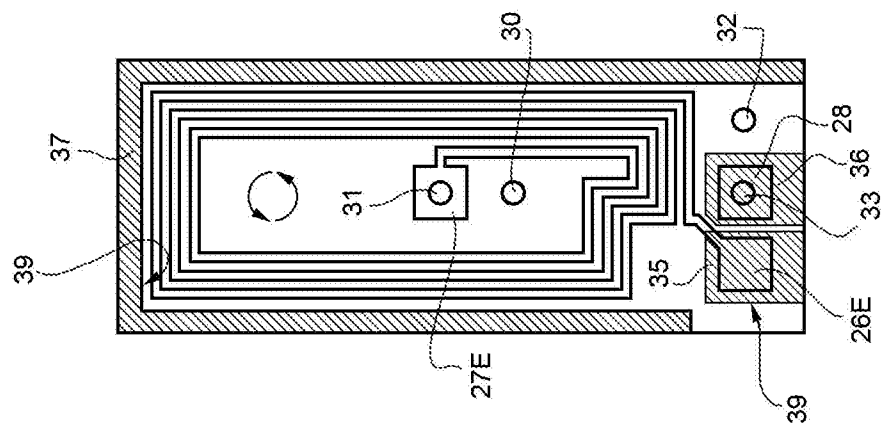


FIG. 4b

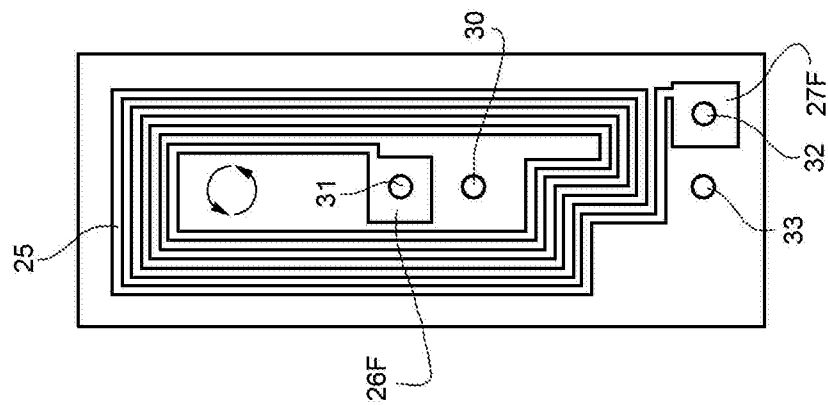


FIG. 4c

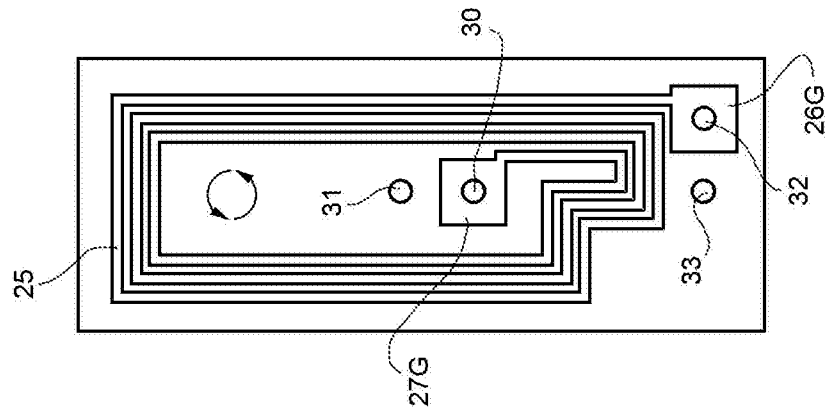


FIG. 4d

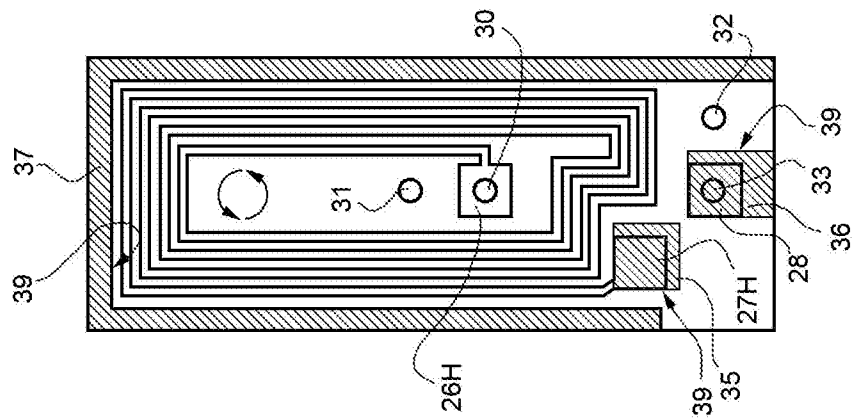


FIG. 5a

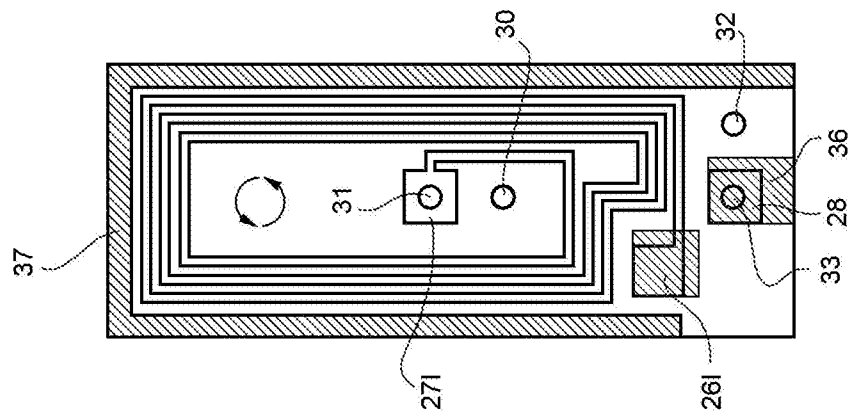


FIG. 5b

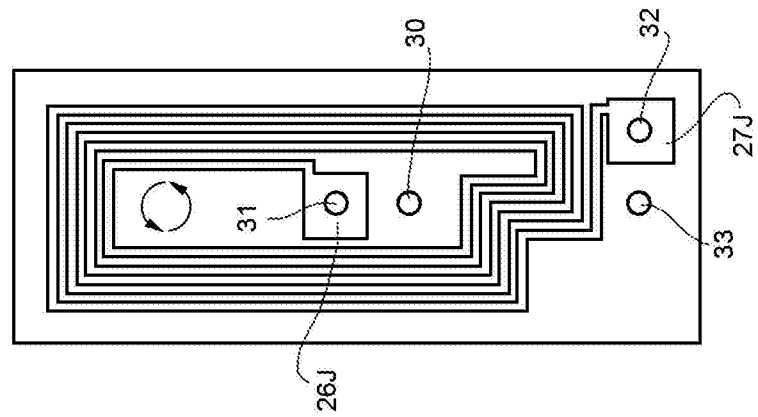


FIG. 5c

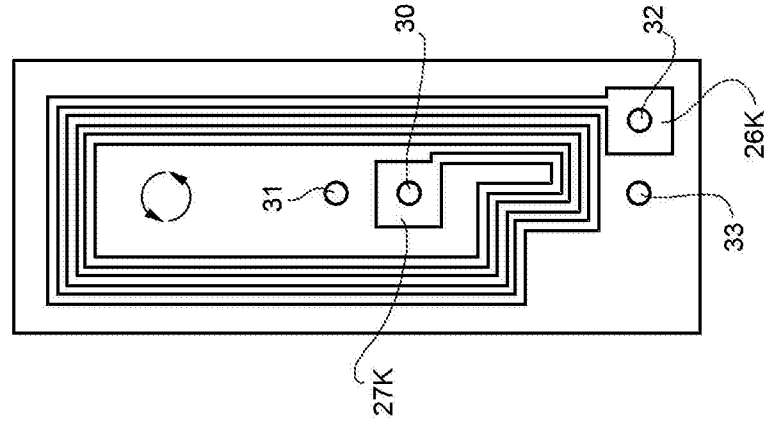


FIG. 5d

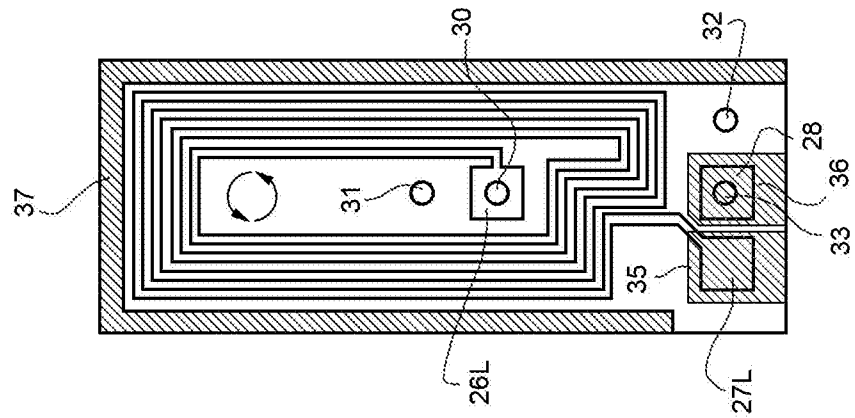


FIG. 6a

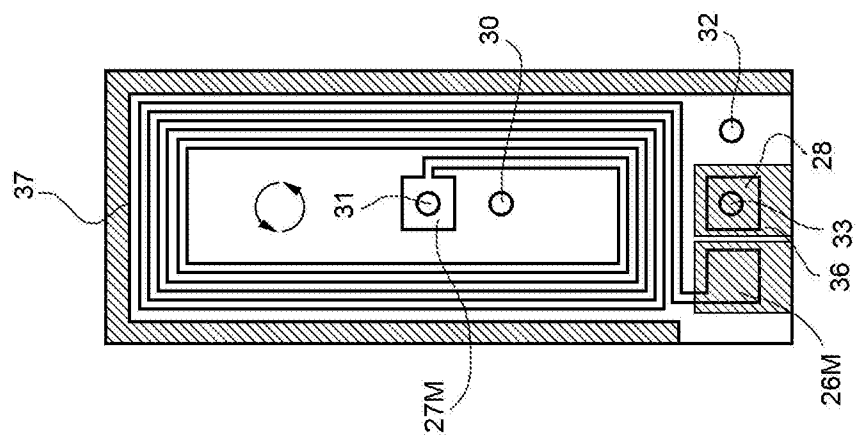


FIG. 6b

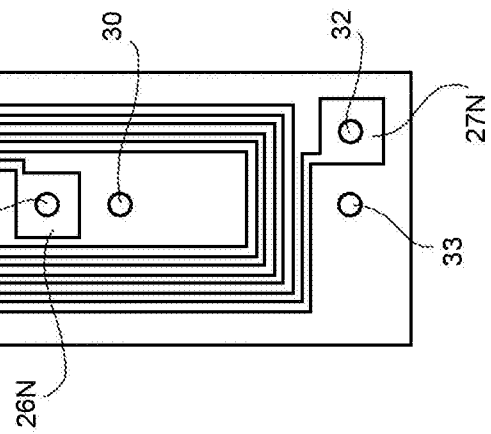


FIG. 6c

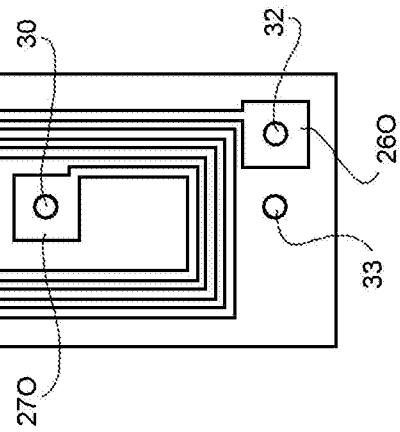


FIG. 6d

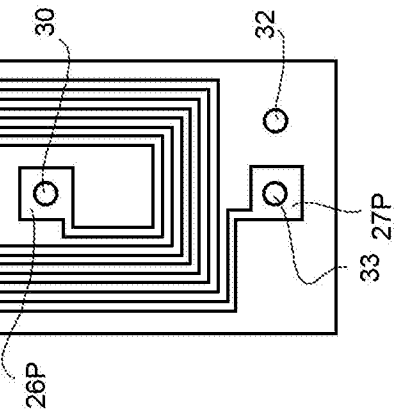


FIG. 7

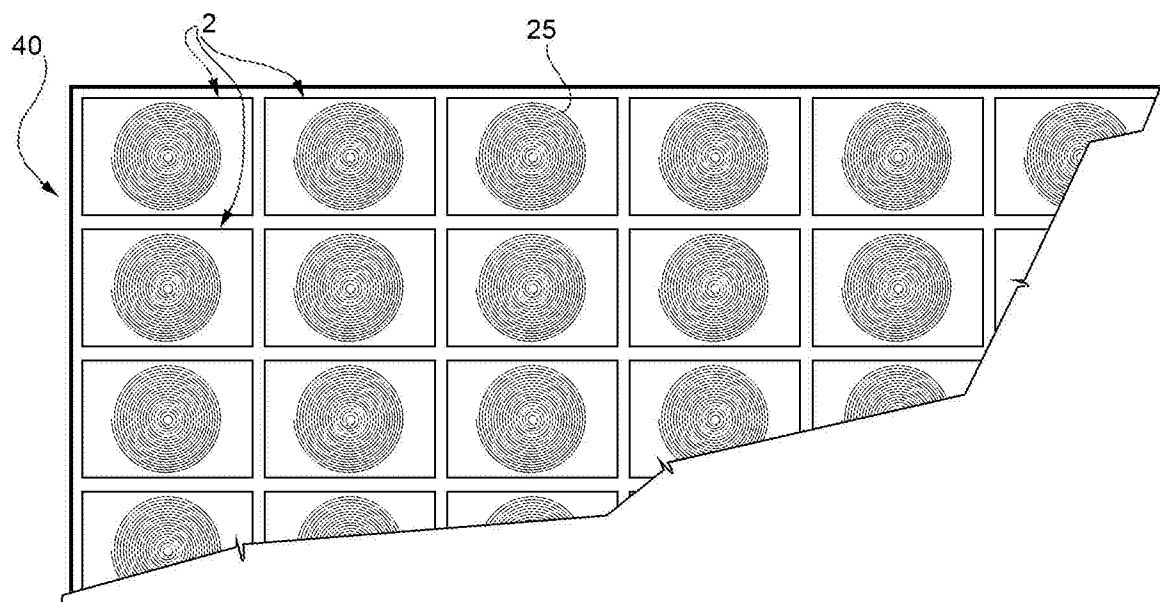


FIG. 8

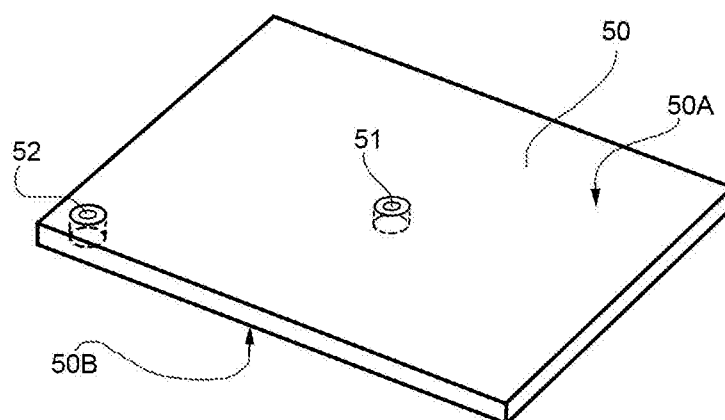


FIG. 9

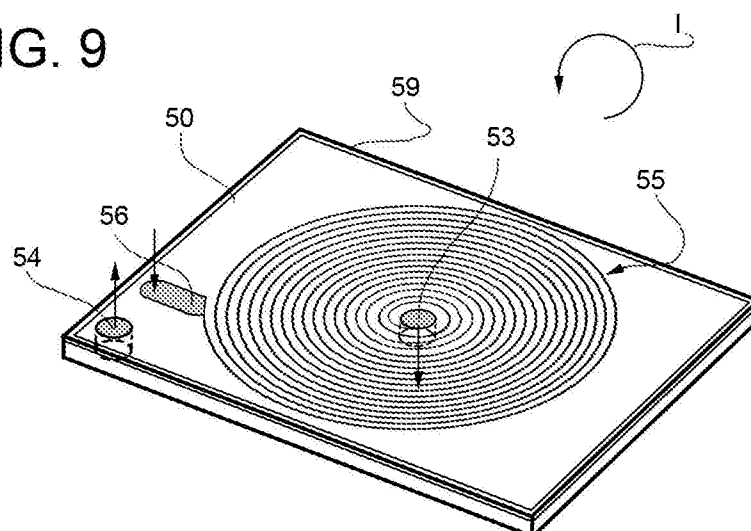


FIG. 10

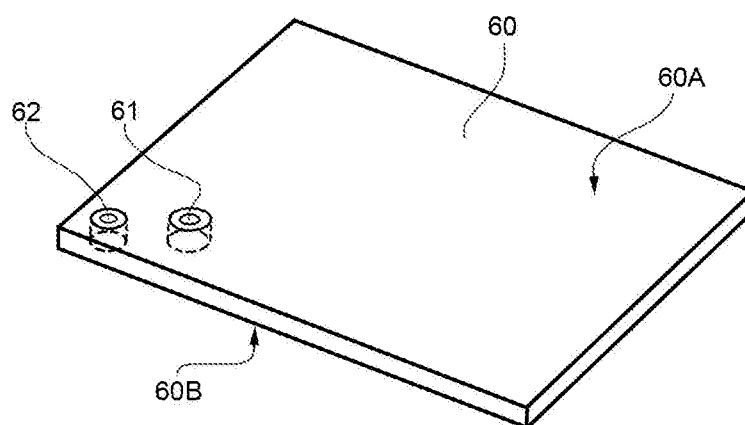


FIG. 11

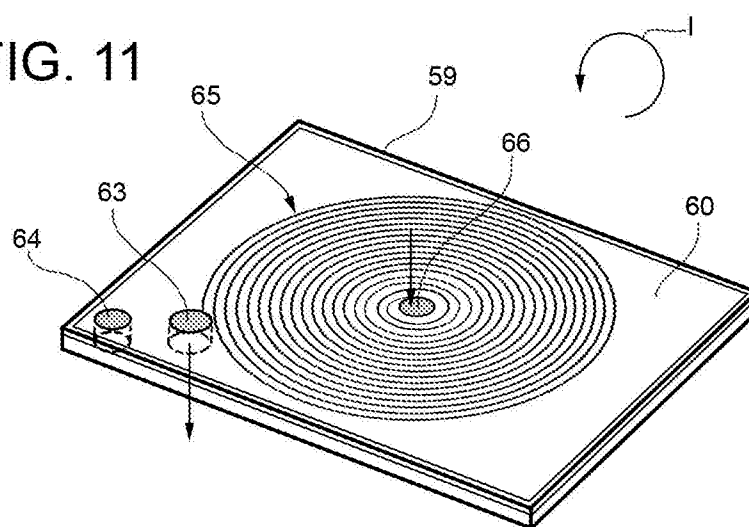
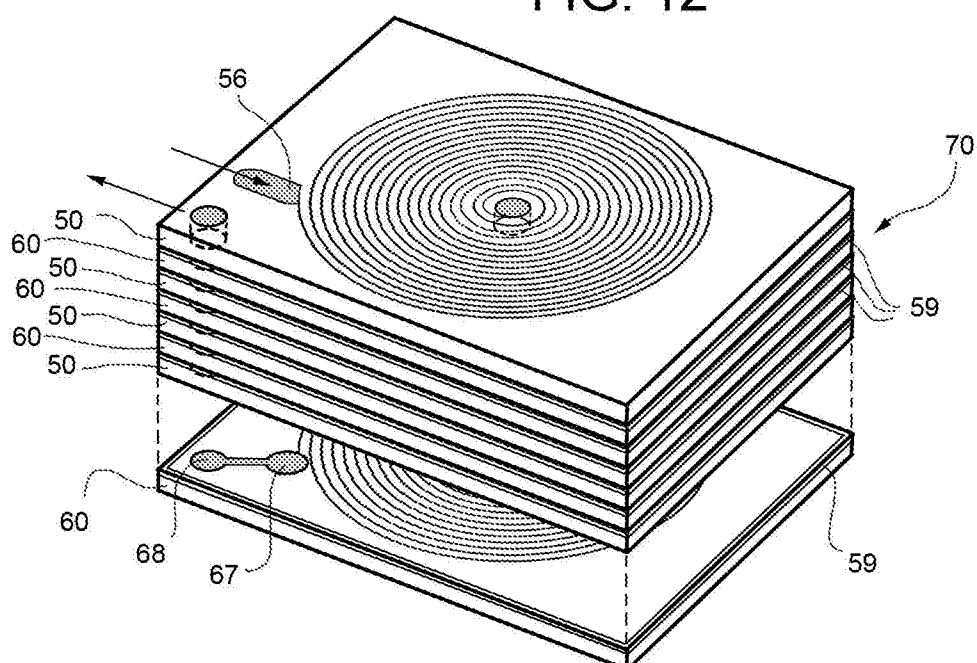


FIG. 12



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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

FIG. 13

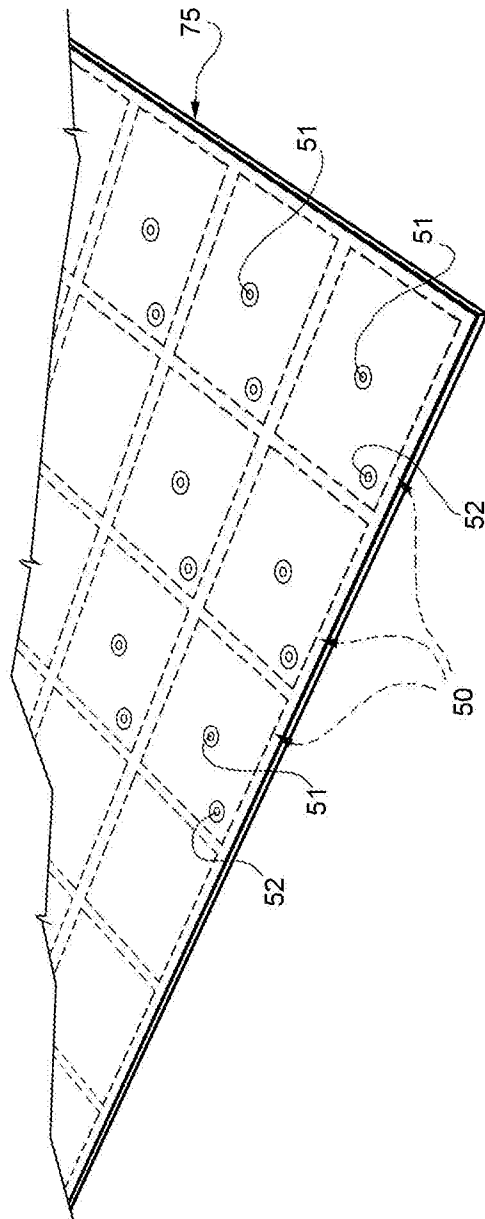
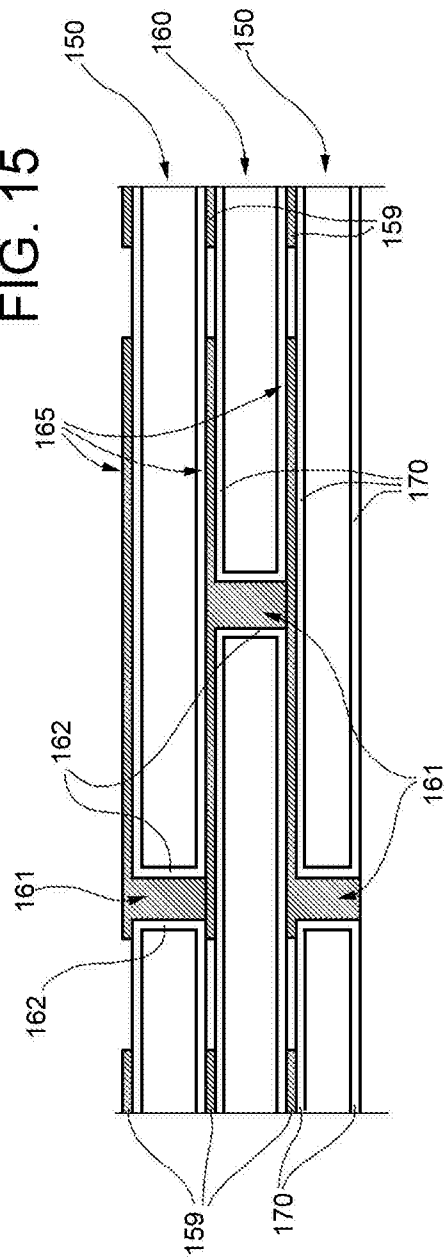
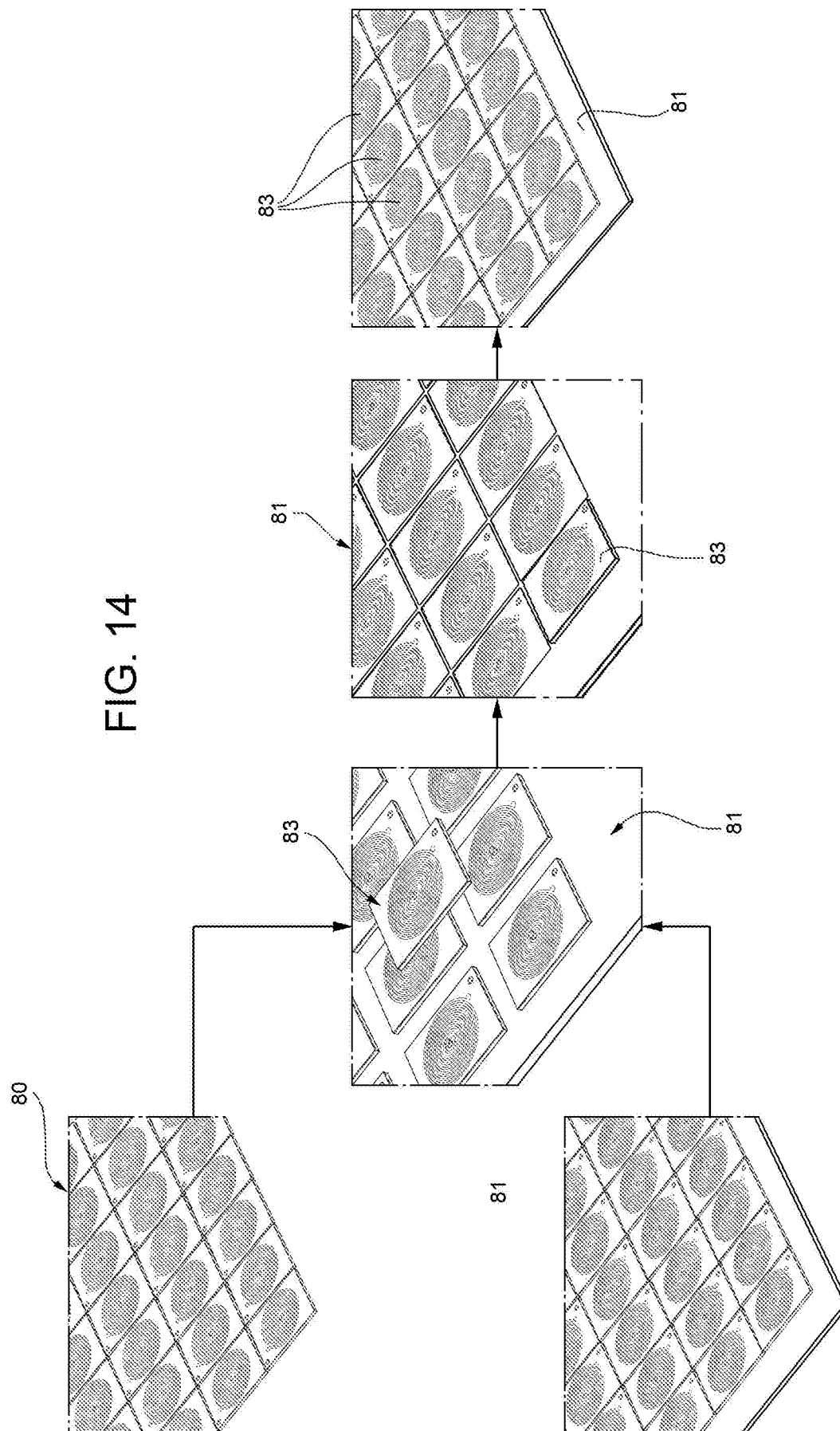


FIG. 15



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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)



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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)