



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

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| <b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b> | <b>102009901797360</b> |
| <b>Data Deposito</b>                | <b>30/12/2009</b>      |
| <b>Data Pubblicazione</b>           | <b>30/06/2011</b>      |

Classifiche IPC

Titolo

|                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CELLA DI COMUNICAZIONE PER UN CIRCUITO INTEGRATO, PIASTRINA ELETTRONICA<br>COMPREDENTE TALE CELLA DI COMUNICAZIONE, SISTEMA ELETTRONICO INCLUDENTE<br>TALE PIASTRINA E APPARECCHIATURA DI TEST |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"CELLA DI COMUNICAZIONE PER UN CIRCUITO INTEGRATO,  
PIASTRINA ELETTRONICA COMPRENDENTE TALE CELLA DI  
COMUNICAZIONE, SISTEMA ELETTRONICO INCLUDENTE TALE  
PIASTRINA E APPARECCHIATURA DI TEST"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MI)

Inventori: CANEGALLO Roberto, CARDU Roberto, SCANDIUZZO  
Mauro, CANI Salvatore Valerio

\* \* \*

La presente invenzione è relativa ad una cella di comunicazione per un circuito integrato, ad una piastrina elettronica ("chip") comprendente tale cella di comunicazione, ad un sistema elettronico includente tale piastrina e ad una apparecchiatura di test.

Come noto, un dispositivo integrato o un generico circuito elettronico comprende in genere una pluralità di celle di comunicazione ingresso/uscita, aventi la funzione di mezzi di interfaccia di comunicazione e realizzati sotto forma di piazzole metalliche (note come "pad") collegate ad un relativo circuito configurato per consentire una comunicazione bidirezionale (o, in alternativa, solo in

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

ricezione o invio di dati) dal dispositivo integrato verso l'esterno e viceversa. Nel seguito della descrizione il termine cella di comunicazione fa riferimento alla piazzola metallica (pad) ed al circuito di comunicazione unidirezionale (ingresso o uscita) o bidirezionale (ingresso e uscita) accoppiato a tale piazzola metallica.

Celle di comunicazione di tipo noto possono essere utilizzate, ad esempio, per collegare componenti di un dispositivo integrato o di un generico circuito elettronico con elementi esterni al circuito stesso (ad esempio per fornire al dispositivo integrato o al circuito elettronico segnali di controllo).

La figura 1 mostra, in forma schematica, una rappresentazione circuitale di una cella di comunicazione 1, di tipo digitale, secondo la tecnica nota. La cella di comunicazione 1 è di tipo ingresso/uscita ("input/output" - I/O), cioè può funzionare sia in modalità ingresso (in questo caso riceve un segnale fornitogli dall'esterno) che in modalità uscita (fornisce in uscita un segnale, ad esempio di risposta al segnale di ingresso).

In maggior dettaglio, la cella di comunicazione 1 comprende un circuito di ingresso 6, includente un circuito di stabilizzazione segnale 8, ad esempio un trigger di Schmitt, collegato con un nodo di interfaccia esterna 4 (la piazzola metallica o pad) da cui riceve un segnale di

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

ingresso, e un circuito di buffer 10, collegato tra il circuito di stabilizzazione segnale 8 e una porta di uscita 11 dalla cella di comunicazione 1. Tramite la porta di uscita 11 il circuito di buffer 10 si interfaccia con un generico circuito elettronico o con un dispositivo integrato (non mostrati).

La cella di comunicazione 1 comprende inoltre un circuito di pilotaggio del carico ("load driving circuit") 2, ad esempio includente un buffer, configurato per ricevere, tramite una porta di ingresso 3 alla cella di comunicazione 20, un segnale proveniente dal generico circuito elettronico o dispositivo integrato.

La cella di comunicazione 1 di figura 1 può essere, ad esempio, una cella di comunicazione di test, configurata per essere utilizzata durante una fase di test del circuito elettronico. Tecniche note per eseguire il test di un circuito elettronico prevedono l'utilizzo di sonde ("probe") di tipo meccanico, configurate per contattare rispettive piazzole metalliche della cella di comunicazione di test 1. Tali sonde meccaniche vengono poste in contatto ohmico diretto con l'interfaccia esterna 4 di rispettive celle di comunicazione di test 1 del circuito elettronico o dispositivo integrato da testare, per fornire segnali di test al circuito elettronico o dispositivo integrato e acquisire segnali di risposta dal circuito o dispositivo

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

integrato stesso, identificativi della funzionalità di tale circuito o dispositivo integrato. L'accesso alle celle di comunicazione di test 1 mediante sonde meccaniche può tuttavia essere causa di un danneggiamento della piazzola metallica delle celle di comunicazione di test 1 stesse, a causa del contatto fisico che si instaura tra la sonda e la relativa piazzola metallica. Inoltre, l'utilizzo di sonde a contatto non consente di analizzare il funzionamento reale del circuito sotto test quando tale circuito funziona ad alta frequenza (ad esempio nel caso di dispositivi RFID, dispositivi funzionanti a radiofrequenza, ecc.).

Scopo della presente invenzione è fornire una cella di comunicazione per un circuito integrato, una piastrina elettronica comprendente tale cella di comunicazione, un sistema elettronico includente tale piastrina e una apparecchiatura di test in grado di superare i problemi dell'arte nota.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati una cella di comunicazione per un circuito integrato, una piastrina elettronica comprendente tale cella di comunicazione, un sistema elettronico includente tale piastrina e una apparecchiatura di test come definito nelle rivendicazioni 1, 11, 12 e 13.

Per una migliore comprensione della presente invenzione viene ora descritta una forma di realizzazione

**Fabio D'ANGELO**  
*(Iscrizione Albo nr. 846/B)*

preferita, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra uno schema circuitale di una cella di comunicazione di tipo noto;

- la figura 2 mostra uno schema circuitale di una cella di comunicazione secondo la presente invenzione;

- la figura 3 mostra uno schema a blocchi di un dispositivo ricevitore della cella di comunicazione di figura 2;

- la figura 4 mostra uno schema circuitale del dispositivo ricevitore di figura 3;

- la figura 5 mostra, secondo una rappresentazione schematica, un dispositivo trasmettitore ed un dispositivo ricevitore accoppiati capacitivamente;

- la figura 6a mostra un invertitore utilizzabile nel dispositivo ricevitore di figura 4;

- la figura 6b mostra secondo uno schema di circuito equivalente, l'invertitore di figura 6a durante l'uso;

- la figura 7 mostra un dispositivo di test per un circuito integrato comprendente una pluralità di celle di comunicazione di figura 2;

- la figura 8 mostra una pluralità di piastrine ("chip") ed un substrato accoppiati tra loro e aventi contatti ohmici mancanti ("ohmic contact failure");

- la figura 9 mostra una pluralità di piastrine

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

comprendenti una rispettiva pluralità di celle di comunicazione di figura 2 accoppiate tra loro mediante tali celle di comunicazione consentendo una integrazione 3D di tali piastrine; e

- la figura 10 mostra, in vista dall'alto, una piastrina comprendente una pluralità di celle di comunicazione disposte in una porzione centrale di tale piastrina.

La figura 2 mostra una cella di comunicazione 20 secondo una forma di realizzazione della presente invenzione. In particolare, la cella di comunicazione 20 è di tipo ingresso/uscita (I/O). Elementi della cella di comunicazione 20 analoghi a rispettivi elementi della cella di comunicazione 1 di figura 1 non sono ulteriormente descritti e sono indicati in figura 2 con gli stessi numeri di riferimento.

La cella di comunicazione 20 estende le funzionalità della cella di comunicazione 1 ed è configurata per consentire due modalità di accoppiamento con un nodo esterno (distinto dalla cella di comunicazione 20): una modalità a contatto diretto (contatto ohmico) e una modalità senza contatto o wireless. In particolare, la modalità senza contatto consente un accoppiamento di tipo capacitivo tra il nodo di interfaccia esterna 4 della cella di comunicazione 20 (realizzato, esempio come detto,

**Fabio D'ANGELO**  
*(Iscrizione Albo nr. 846/B)*

mediante una piazzola metallica) e generici mezzi di accesso alla cella di comunicazione 20 (questi ultimi provvisti, ad esempio, di una propria piazzola metallica atta a consentire un accoppiamento capacitivo con la piazzola metallica della cella di comunicazione 20).

Per consentire il funzionamento in modalità senza contatto, in particolare per acquisire segnali in ingresso alla cella di comunicazione 20 quando funzionante in modalità senza contatto, la cella di comunicazione 20 comprende un dispositivo ricevitore 22. Il dispositivo ricevitore 22 include una porta di ingresso 22a collegata con il nodo di interfaccia esterna 4, da cui riceve un segnale di ingresso  $S_{IN}$  (ad esempio un segnale di tensione), di tipo digitale; un primo ingresso di controllo 22b, per ricevere un segnale di controllo SEL configurato in modo da abilitare o disabilitare il funzionamento del dispositivo ricevitore 22; una porta di uscita 22c, configurata per fornire in uscita dal dispositivo ricevitore 22 un segnale intermedio  $S_C$ , di tipo digitale, correlato al segnale di ingresso  $S_{IN}$  (come meglio spiegato in seguito); e un secondo ingresso di controllo 22d, per ricevere un segnale di inizializzazione  $S_{RESET}$  configurato per inizializzare il segnale intermedio  $S_C$  ad un valore predefinito (ad esempio un valore logico basso o alto). Il segnale di controllo SEL è generato da una opportuna logica

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

di controllo, non mostrata, esterna al cella di comunicazione 20 ed interfacciata con la cella di comunicazione 20 tramite una porta di ingresso 23 della cella di comunicazione 20. Il segnale di controllo SEL può essere, ad esempio, un segnale digitale binario, avente un primo valore logico atto ad abilitare il funzionamento del dispositivo ricevitore 22 ed un secondo valore logico atto a disabilitare il funzionamento del dispositivo ricevitore 22. Il segnale di controllo SEL, potrebbe essere generato da una logica integrata, oppure potrebbe essere impostato in fase di progettazione ad un valore fisso, a seconda che si desideri utilizzare la cella di comunicazione 20 in sola modalità a contatto o solo senza contatto.

La cella di comunicazione 20 comprende inoltre un dispositivo selettore ("multiplexer" o "mux") 24, includente un primo ingresso 24a collegato con il nodo di interfaccia esterna 4 per ricevere il segnale di ingresso  $S_{IN}$ ; un secondo ingresso 24b, collegato con la porta di uscita 22c del dispositivo ricevitore 22 per ricevere il segnale intermedio  $S_C$ ; una porta di controllo 24c, collegata con la porta di ingresso 23 per ricevere il segnale di controllo SEL; e una porta di uscita 24d, configurata per fornire in uscita dal dispositivo selettore 24 alternativamente il segnale di ingresso  $S_{IN}$  ricevuto sul primo ingresso 24a o il segnale intermedio  $S_C$ , ricevuto sul

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

secondo ingresso 24b. Il segnale di ingresso  $S_{IN}$  o intermedio  $S_C$  in uscita dal dispositivo selettore 24 viene fornito in ingresso al circuito di stabilizzazione segnale 8 che a sua volta, tramite il circuito di buffer 10, lo fornisce alla porta di uscita 11 della cella di comunicazione 20.

La figura 3 mostra, mediante schema a blocchi, un dispositivo ricevitore 22 che può essere utilizzato nella cella di comunicazione 20 di figura 2 secondo la presente invenzione.

Il dispositivo ricevitore 22 di figura 3 comprende un blocco di ricezione 32, accoppiato al nodo di interfaccia 4 e configurato per ricevere il segnale di ingresso  $S_{IN}$  e amplificare i dati (valori digitali) trasportati dal segnale di ingresso  $S_{IN}$ , fornendo in uscita un segnale ricevuto  $S_{RX}$  correlato al segnale di ingresso  $S_{IN}$  (in particolare amplificato rispetto al segnale di ingresso  $S_{IN}$ ); un circuito di precarica 30, configurato per polarizzare il blocco di ricezione 32 al fine di consentire la rilevazione del segnale di ingresso  $S_{IN}$  da parte del blocco di ricezione 32 (nel caso in cui il segnale di ingresso  $S_{IN}$  sia un segnale digitale con dinamica non sufficiente ad essere rilevata dal blocco di ricezione 32); e, opzionalmente, un blocco di ripristino 34 del livello logico dei dati rilevati dal blocco di ricezione 32, per

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

ripristinare il livello logico del segnale ricevuto  $S_{RX}$  fornito in uscita dal blocco di ricezione 32 modellandone ("shaping") la forma d'onda digitale, ad esempio rendendo i fronti di salita e di discesa più ripidi, e generando in uscita 22c il segnale intermedio  $S_c$ .

Il circuito di precarica 30 comprende il primo ingresso di controllo 22b ricevente il segnale di controllo SEL, mentre il blocco di ripristino 34 comprende il secondo ingresso di controllo 22d ricevente il segnale di inizializzazione  $S_{RESET}$ .

Il blocco di ripristino 34 è inoltre collegato con il blocco di precarica 32, come meglio descritto in seguito.

Il nodo di interfaccia esterna 4 è collegato, secondo la rappresentazione di figura 3, tra il circuito di precarica 30 e il blocco di ricezione 32. Il condensatore di ingresso ("input capacitor") che, in uso, si forma tra il nodo di interfaccia esterna 4 della cella di comunicazione 20 (ad esempio, come detto, una piazzola metallica) e un generico dispositivo di accesso 40 (provvisto di una propria piazzola metallica) utilizzato per accedere alla cella di comunicazione 20 per accoppiamento capacitivo, è indicato con il numero di riferimento 41 e può avere un valore di capacità di accoppiamento  $C_c$  di pochi fF.

La figura 4 mostra una rappresentazione circuitale di

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

una forma di realizzazione dello schema a blocchi di figura 3. Il circuito di precarica 30 include un dispositivo di precarica 45, ad esempio un invertitore ("inverter") di tipo CMOS, configurato per ricevere su un proprio ingresso 45a il segnale di ingresso  $S_{IN}$  e generare su una propria uscita 45b un segnale di precarica  $S_{PC}$ . Il segnale di precarica  $S_{PC}$  è un segnale di tensione continua (DC). L'ingresso 45a del dispositivo di precarica 45 è, in uso, accoppiato con il condensatore di ingresso 41 ed è collegato in parallelo con un condensatore parassita 47, avente capacità parassita  $C_{RC}$ , che si forma tra il nodo di interfaccia esterna 4 e un terminale di riferimento di terra GND. Inoltre, l'ingresso 45a del dispositivo di precarica 45 è collegato con l'uscita 45b del dispositivo di precarica 45 stesso, in particolare mediante un collegamento diretto 31. Il dispositivo di precarica 45 comprende inoltre l'ingresso di controllo 22b, per ricevere il segnale di controllo SEL atto a abilitare o interdire le funzionalità del dispositivo di precarica 45. Nel caso di interdizione, il dispositivo di precarica 45 si comporta come un circuito aperto (è spento) e il nodo di interfaccia esterna 4 è collegato al blocco di ricezione 32 esclusivamente mediante il collegamento diretto 31, mentre in caso di abilitazione riprende il funzionamento che gli è proprio, e il nodo di interfaccia esterna 4 è collegato al

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

blocco di ricezione 32 mediante il dispositivo di precarica 45 ed collegamento diretto 31.

Il blocco di ricezione 32 comprende un dispositivo a soglia 33, ad esempio un invertitore di tipo CMOS, configurato per ricevere su un proprio ingresso 32a il segnale di precarica  $S_{PC}$  e generare su una propria uscita 32b un segnale ricevuto  $S_{RX}$ . Il blocco di ricezione 32 genera in uscita il segnale ricevuto  $S_{RX}$  solo quando il segnale che riceve in ingresso supera una certa soglia, in particolare la soglia di inversione dell'invertitore.

Il blocco di ripristino del livello logico 34 comprende uno o più dispositivi invertitori di tensione (due dispositivi invertitori 34' e 34'' sono mostrati in figura) collegati in cascata tra loro. Il dispositivo invertitore 34' è collegato con il blocco di ricezione 32 per ricevere in ingresso il segnale ricevuto  $S_{RX}$  e generare in uscita 34a' un segnale avente valore logico invertito e fronti di salita e discesa più ripidi rispetto a quelli del segnale ricevuto  $S_{RX}$ . Il dispositivo invertitore 34'', avente un proprio ingresso collegato all'uscita 34a' del dispositivo invertitore 34', opera in modo analogo, e fornisce in uscita 34a'' un segnale avente valore logico invertito e fronti di salita e discesa più ripidi rispetto al segnale generato in uscita dal dispositivo invertitore 34'. La richiedente ha verificato che due dispositivi

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

invertitori 34', 34'' sono sufficienti per ottenere il risultato di ripristino del livello logico desiderato. Tuttavia, se necessario, si possono collegare in cascata più di due dispositivi invertitori. L'uscita del dispositivo invertitore 34'' è il segnale intermedio  $S_c$  descritto con riferimento alla figura 2.

I segnali generati in uscita dal dispositivo invertitore 34' e 34'' sono utilizzati per comandare il funzionamento del blocco di ricezione 32 (ingressi indicati in figura con i simboli  $\alpha$  e  $\beta$ , prelevati sulle uscite 34a' e 34a''), come meglio spiegato in seguito con riferimento alle figure 6a e 6b.

L'importanza del circuito di precarica 30 è qui spiegato con riferimento alla figura 5.

La figura 5 mostra uno schema di principio relativo al funzionamento di un generico sistema di comunicazione per via capacitiva, il quale comprende un trasmettitore TX (il generico dispositivo di accesso 40) ed un ricevitore RX (il dispositivo ricevitore 22), accoppiati mediante il condensatore di ingresso 41. In generale, tra il terminale di riferimento di terra GND e le uscite del trasmettitore TX e del ricevitore RX, sono presenti rispettivi condensatori parassiti (solo il condensatore parassita 47 è mostrato in figura). Pertanto, il trasmettitore TX ed il ricevitore RX risultano collegati mediante una maglia di

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

condensatori comprendente il condensatore di ingresso 41 e il condensatore parassita 47. Come è noto, il valore di capacità  $C_{RC}$  del condensatore parassita 47 non è determinabile con precisione a priori. Pertanto, assumendo che il trasmettitore TX trasmetta sulla propria uscita un segnale  $S_{TX}$ , non è possibile determinare con precisione il segnale di ingresso  $S_{IN}$  che viene ricevuto dal ricevitore RX. In particolare, tale segnale  $S_{IN}$  dipende, oltre che dal segnale  $S_{TX}$ , anche da un partitore capacitivo H formato dal condensatore di ingresso 41 e dal condensatore parassita 47. Essendo  $C_C$  e  $C_{RC}$  rispettivamente i valori di capacità del condensatore di ingresso 41 e del condensatore parassita 47, il partitore capacitivo H è dato da  $H = C_C / (C_C + C_{RC})$ .

Il segnale di ingresso  $S_{IN}$  è pertanto dato da  $S_{TX} \cdot H$ . Poiché generalmente il valore di capacità  $C_{RC}$  è maggiore del valore di capacità  $C_C$  (ad esempio pari a 150 volte maggiore), il segnale di ingresso  $S_{IN}$  è un segnale con una dinamica ("swing") eccessivamente bassa per essere ricevuto ed interpretato senza ambiguità dal blocco di ricezione 32.

Tornando alla figura 4, il circuito di precarica 30 ha dunque la funzione di mantenere il livello di tensione sulla propria uscita 45b (collegata con l'ingresso dell'invertitore 32) ad un valore tale da consentire un corretto funzionamento del blocco di ricezione 32.

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

In particolare, la figura 6a mostra un invertitore 45 di tipo CMOS, comprendente un primo ramo includente un primo ed un secondo transistor P1 e P2, di tipo PMOS, collegati in parallelo tra loro e ad una tensione di alimentazione  $V_{max}$  tramite un rispettivo terminale di drain, e un secondo ramo includente un transistor N1, di tipo NMOS, collegato ad una tensione di alimentazione  $V_{min}$  tramite un proprio terminale di drain e collegato ai rispettivi terminali di source dei transistori P1 e P2 tramite un proprio terminale di source. Il transistor N1 ha inoltre il proprio terminale di gate collegato con l'uscita 45b dell'invertitore 45, mentre i rispettivi terminali di gate dei transistori P1 e P2 sono collegati rispettivamente alle uscite 34a' e 34a'' dei dispositivi invertitori 34' e 34'' (mostrati in figura 4). In uso, poiché i segnali sulle uscite 34a' e 34a'' hanno valori tra loro opposti, i transistori P1 e P2 sono comandati in conduzione e interdizione in modo alternato. Il controllo in conduzione e interdizione dei transistori P1 e P2 è schematizzato, in figura 6b, mediante un interruttore I. Inoltre, i transistori P1, P2 e N1 si comportano, figura 6b, come resistori aventi ciascuno un proprio valore di resistenza  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , rispettivamente, formando un partitore resistivo e generando in uscita 45b un segnale  $S_{PC}$  avente un valore di tensione  $V_L$  pari al valore medio tra

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

la tensione  $V_{max}$  che rappresenta il valore logico alto "1" e la tensione  $V_{min}$  che rappresenta il valore logico basso "0". Il valore di resistenza equivalente  $R_1$ ,  $R_2$  dei transistori  $P_1$  e  $P_2$  viene scelto opportunamente in modo che il valore di tensione  $V_L$  generato sull'uscita 45b sia circa uguale alla tensione di soglia del blocco di ricezione 32. Più in dettaglio, il valore di resistenza equivalente dei transistori  $P_1$  e  $P_2$  viene scelto in modo tale che, controllando i transistori  $P_1$  e  $P_2$  alternativamente in conduzione o interdizione, il segnale  $S_{PC}$  all'uscita 45b dell'invertitore 45 assuma alternativamente un valore  $V^+$  prossimo, in eccesso, alla tensione di soglia del blocco di ricezione 32 o ad un valore  $V^-$  prossimo, in difetto, alla tensione di soglia del blocco di ricezione 32. La differenza tra  $V^+$  e  $V^-$  determina la sensibilità del blocco di ricezione 32 e deve essere scelto come compromesso tra sensibilità e resistenza al rumore.

L'invertitore 45 fornisce sulla sua uscita 45b un segnale avente la funzione di caricare l'ingresso del blocco di ricezione 32 a valori di tensione tali da garantire che il blocco di ricezione 32 lavori in prossimità (o all'interno) della zona di alto guadagno, ottenendo così una maggior sensibilità al segnale di ingresso  $S_{IN}$ . In uso, si supponga, ad esempio, di aver ricevuto un valore logico basso "0"; il dato successivo che

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

ci aspettiamo di ricevere sarà di conseguenza un valore logico alto "1". Risulta quindi conveniente fare in modo che il blocco di ricezione 32 sia in una condizione ottimale per rilevare il dato atteso. Per questo motivo, ad un certo istante di tempo, l'ingresso del blocco di ricezione 32 viene caricato ad uno dei due valori di tensione  $V^+$  o  $V^-$  a seconda del valore logico del dato ricevuto all'istante di tempo precedente (e prelevato, come detto, dalle uscite 34a' e 34a'' dei dispositivi invertitori 34' e 34''). La scelta dei due valori di tensione  $V^+$  e  $V^-$  con cui caricare l'ingresso del blocco di ricezione 32 risulta strettamente legata alla sensibilità che si desidera ottenere.

Il segnale di controllo SEL può agire sull'invertitore 45 disabilitando l'ingresso 45a, ad esempio utilizzando un interruttore (ad esempio di tipo MOSFET) collegato all'ingresso 45a (non mostrato in figura) e configurato per essere comandato dal segnale di controllo SEL in conduzione o interdizione, e, se comandato in interdizione, collegare l'ingresso 45a ad un terminale ad alta impedenza.

Con riferimento nuovamente alla figura 2, durante l'uso della cella di comunicazione 20 in modalità senza contatto, il segnale di ingresso  $S_{IN}$ , ricevuto dalla cella di comunicazione 20 tramite il nodo di interfaccia esterna 4, è un segnale digitale di tensione. Il segnale di

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

ingresso  $S_{IN}$  viene fornito in ingresso al dispositivo ricevitore 22 e al dispositivo selettore 24. Il dispositivo ricevitore 22 opera come precedentemente descritto e fornisce sulla sua porta di uscita 22d il segnale intermedio  $S_C$ . Il segnale di controllo SEL comanda il dispositivo di precarica 45 in abilitazione e, contemporaneamente, comanda il dispositivo selettore 24 in modo tale che fornisca sulla sua uscita 24c il segnale intermedio  $S_C$  che riceve sul secondo ingresso 24b. Quindi, la cella di comunicazione 20 opera in modo noto, secondo le proprie caratteristiche di funzionamento standard.

Se, alternativamente, la cella di comunicazione 20 viene utilizzata in modalità a contatto, il segnale di controllo SEL comanda il dispositivo di precarica 45 in interdizione e, contemporaneamente, comanda il dispositivo selettore 24 in modo tale che fornisca sulla sua uscita 24c il segnale di ingresso  $S_{IN}$  che riceve sul secondo ingresso 24b. Quindi, anche in questo caso, la cella di comunicazione 20 opera in modo noto, secondo le proprie caratteristiche di funzionamento standard.

L'utilizzo della cella di comunicazione 20 in modalità uscita non richiede modifiche della cella di comunicazione 20 secondo l'invenzione rispetto al circuito di cella di comunicazione 1 di tipo noto mostrato in figura 1.

Celle di comunicazione 20 descritte con riferimento

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

alle figure 2-5 trovano una applicazione in sistemi elettronici di tipo integrato che devono essere sottoposti ad una fase di test per valutarne un funzionamento corretto. Sistemi elettronici che comprendono una pluralità di celle di comunicazione 20 possono interfacciarsi con sonde di test indifferentemente di tipo a contatto e senza contatto, a seconda delle necessità particolari e/o della strumentazione disponibile per eseguire il test.

La figura 7 mostra un sistema di test 99 per un dispositivo sotto test 100 ("device under test", ad esempio un circuito integrato). Il sistema di test 99 comprende una matrice di sonde 101 (nota come "probe card") comprendente una pluralità di sonde 102 configurate per operare in modalità wireless. In particolare, la matrice di sonde 101 comprende una pluralità di sonde 102 configurate per accoppiarsi capacitivamente con una rispettiva pluralità di celle di comunicazione 20 appartenenti al dispositivo sotto test 100. Alternativamente, le sonde 102 possono essere configurate per accoppiarsi con un rispettivo cella di comunicazione 20 sia in modalità a contatto che in modalità senza contatto. In questo ultimo caso, ad esempio, ciascuna sonda 102 comprende una porzione terminale 102' atta a contattare la piazzola metallica della cella di comunicazione 20 ma agente, se posta a distanza dalla piazzola metallica della cella di comunicazione 20, come un

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

piatto del condensatore 41.

Ciascuna sonda 102 comprende una cella di comunicazione 20 del tipo descritto con riferimento alla figura 2, al fine di poter comunicare in trasmissione e ricezione dati con una cella di comunicazione 20 del dispositivo sotto test 100 mediante accoppiamento capacitivo o ohmico (collegamento elettrico diretto).

Ciascuna sonda 102 è inoltre collegata con una stazione di test 106, da cui riceve segnali di test per il dispositivo sotto test 100 e a cui invia segnali di risposta del dispositivo sotto test 100 ai segnali di test, per essere analizzati.

La figura 8 mostra infine un'altra applicazione di celle di comunicazione 20 del tipo descritto con riferimento alle figure 2-5. È noto realizzare connessioni elettriche di tipo ohmico tra una pluralità di piastrine ("chip") e tra piastrine e un substrato. Tali connessioni prevedono la realizzazione di elementi conduttori, aventi un proprio spessore, estendentisi a partire da rispettive porzioni di piastrine e del substrato. Durante una fase di integrazione, tali connessioni elettriche vengono poste affacciate le une alle altre in contatto elettrico diretto tra loro. Tuttavia, a causa delle variazioni di processo, può capitare che lo spessore di tali elementi conduttori di connessione abbiano spessore non uniforme e/o, in seguito

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

alla fase di integrazione delle piastrine e del substrato, non siano perfettamente allineati con rispettivi elementi conduttori di altre piastrine e/o del substrato con cui devono garantire una connessione. In entrambi i casi, la connessione elettrica non si realizza.

La figura 8, mostra, secondo la presente invenzione, una prima piastrina 201 collegata ad una seconda piastrina 202 tramite una pluralità di elementi di connessione elettrica 204 (ad esempio "bump", "stub", "through-silicon-via", ecc.). La seconda piastrina 202 è quindi connessa ad un substrato 206 tramite una rispettiva pluralità di elementi di connessione elettrica 205. Inoltre, ciascun elemento di connessione elettrica 204, 205 è interfacciato con la rispettiva piastrina 201, 202 e con il substrato 206 tramite una cella di comunicazione 20 del tipo descritto con riferimento alle figure 2-5. In questo modo se, a causa delle variazioni di processo di fabbricazione o ossidazione uno o più elementi di connessione elettrica 204, 205 non dovesse avere spessore adeguato a consentire un collegamento ohmico con il rispettivo elemento di connessione elettrica 204, 205 a cui è affacciato (si vedano ad esempio, in figura 7, gli elementi di connessione elettrica 204, 205 a destra), la comunicazione in trasmissione e ricezione è comunque garantita in modalità senza contatto per accoppiamento capacitivo secondo quanto

**Fabio D'ANGELO**  
*(Iscrizione Albo nr. 846/B)*

già descritto con riferimento al cella di comunicazione 20. In questo modo, è evidente che l'affidabilità ("reliability") e il rendimento di produzione ("yield") sono notevolmente aumentati.

Infine, come mostrato in figura 9, celle di comunicazione 20 del tipo descritto con riferimento alle figure 2-5 trovano una ulteriore applicazione nell'integrazione 3D di piastrine ("chip"). Ad esempio, la figura 8 mostra una prima, una seconda e una terza piastrina 301, 302 e 303 capacitivamente accoppiate tra loro mediante una pluralità di celle di comunicazione 20 di tipo ingresso/uscita, provviste di un'interfaccia di accoppiamento capacitiva (ala piazzola metallica), configurate per inviare e ricevere segnali digitali. Le celle di comunicazione 20 delle piastrine 301, 302 e 303 possono indifferentemente essere celle di comunicazione di test o celle di comunicazione aventi altre finalità, configurate per consentire la comunicazione dati tra piastrine diverse tra loro (comunicazione "intra-chip"). Si supera in questo modo la necessità di utilizzare connessioni fisiche ad esempio bump, stub o TSV ("through-silicon-via"), rendendo l'integrazione 3D di chip di tipo particolarmente compatto.

Inoltre, la forma di realizzazione di figura 9 consente l'accesso a celle di comunicazione 20 di test

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

anche dopo la fase di integrazione 3D e/o "packaging". Infatti, è possibile stimolare con segnali di ingresso la sola piastrina 302 e prelevare rispettivi segnali di risposta dalla sola piastrina 303, analizzando anche il comportamento della piastrina 301, non stimolata direttamente.

Inoltre, come mostrato in figura 10, celle di comunicazione di test 20 possono essere disposte in qualunque zona delle piastrine 301-303. Ad esempio, la piastrina 301 (ma quanto detto risulta valido per tutte le piastrine 301-303) comprende una porzione centrale 401 circondata da una porzione periferica 402. In particolare, una o più delle di comunicazione 20 possono essere disposte all'interno della porzione centrale 401, ed essere comunque facilmente accessibili mediante connessione capacitiva. Questo risulta particolarmente vantaggioso in piastrine o circuiti integrati di tipo "pad-limited", in cui il numero di celle di comunicazione 20 realizzabili nella porzione periferica 402 della piastrina 301 è limitato.

Da un esame delle caratteristiche del trovato realizzato secondo la presente invenzione sono evidenti i vantaggi che essa consente di ottenere.

In particolare, pad secondo la presente invenzione consentono l'accesso a generici circuiti integrati senza l'ausilio di sonde di tipo meccanico, operanti a contatto

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

elettrico diretto. Inoltre, consentono la comunicazione intra-chip e l'integrazione 3D di chip in modo economicamente vantaggioso, compatto e privo di collegamenti elettrici a filo. Inoltre, il trasferimento di dati tra celle di comunicazione secondo l'invenzione è possibile anche ad alta frequenza, rendendo possibile la comunicazione, ad esempio tra chip diversi, ad alta velocità ("at-speed").

Inoltre, l'integrazione di un dispositivo ricevitore 22 e di un dispositivo selettore 24 come descritto con riferimento alla figura 2 in una cella di comunicazione di tipo noto (ad esempio del tipo mostrato in figura 1) non richiede modifiche alla struttura esistente del pad di tipo noto, rendendo così l'integrazione economicamente vantaggiosa.

Inoltre, la cella di comunicazione secondo la presente invenzione consente la ricezione e/o l'invio di dati sia in modalità digitale che in modalità analogica. In particolare, nel caso di modalità di funzionamento senza contatto l'invio e la ricezione di dati avvengono in digitale, mentre nel caso di modalità di funzionamento a contatto l'invio e la ricezione di dati avvengono in analogico.

Inoltre, è noto che la tecnologia di miniaturizzazione delle piazzole metalliche non segue lo stesso trend di

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

riduzione delle dimensioni dei circuiti integrati. Questo può essere causa di un notevole spreco di area per ciascuna piastrina. La mancata riduzione delle dimensioni delle piazzole metalliche con lo stesso trend dei circuiti integrati è causata dalla necessità di contattare tali piazzole in modalità a contatto diretto (tramite sonde o con fili). L'utilizzo di celle di comunicazione 20 del tipo descritto, operanti in modalità senza contatto, consente di realizzare piazzole metalliche di dimensioni ridotte fino a 6 micrometri, superando gli inconvenienti di spreco di area.

Un ulteriore vantaggio consiste nella possibilità di eliminare, o almeno ridurre, la presenza di dispositivi di protezione dalle scariche elettrostatiche, solitamente accoppiati a celle di comunicazione di tipo noto. Tali dispositivi sono particolarmente utili per limitare i danni dovuti a scariche elettrostatiche che si generano in seguito al contatto diretto tra, ad esempio, una sonda a contatto e una piazzola metallica di una cella di comunicazione. L'utilizzo di celle di comunicazione secondo l'invenzione, quando operate in modalità senza contatto, elimina tale inconveniente.

Risulta infine chiaro che al trovato qui descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della

**Fabio D'ANGELO**  
*(Iscrizione Albo nr. 846/B)*

presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, l'invertitore 45 avente il proprio ingresso accoppiato alla propria uscita, potrebbe essere sostituito da un partitore resistivo.

Inoltre, il dispositivo selettore 24, così come il segnale di controllo SEL, non sono necessari al mero funzionamento della cella di comunicazione 20 secondo la presente invenzione. Infatti, anche durante il funzionamento in modalità a contatto, il dispositivo ricevitore 22 secondo la forma di realizzazione di figura 4 è in grado di ricevere ed interpretare correttamente un segnale di ingresso  $V_{IN}$  di tipo digitale fornito al suo ingresso 22a. In questo caso tuttavia il funzionamento della cella di comunicazione 20 non è ottimale, in quanto il consumo di corrente è elevato e le prestazioni degradate.

Inoltre, risulta chiaro che la cella di comunicazione descritta può comprendere un circuito di ingresso 6 e di pilotaggio del carico 2 di tipo diverso da quanto mostrato e descritto. In particolare il dispositivo ricevitore 22, richiedendo uno spazio ridotto e non richiedendo modifiche aggiuntive ai circuiti di celle di comunicazione di tipo noto, può essere implementato in qualsiasi cella di comunicazione di tipo noto.

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

## RIVENDICAZIONI

1. Cella di comunicazione (20) per un circuito integrato, comprendente:

- uno stadio di ingresso (6), configurato per ricevere un segnale di ingresso ( $S_{IN}$ ;  $S_C$ );

- una piazzola metallica di contatto (4), ricevente un segnale di ingresso ( $S_{IN}$ ) e configurata per accoppiarsi capacitivamente ad un nodo esterno (40), distinto da detta cella di comunicazione (20), in una prima condizione operativa di detta cella di comunicazione (20), e accoppiarsi ohmicamente a detto nodo esterno (40) in una seconda condizione operativa di detta cella di comunicazione (20); e

- un dispositivo ricevitore (22) includente mezzi amplificatori di segnale (32, 34), collegati fra detta piazzola metallica di contatto e detto stadio di ingresso.

2. Cella di comunicazione secondo la rivendicazione 1, in cui lo stadio di ingresso (6) comprende un buffer (10).

3. Cella di comunicazione secondo la rivendicazione 1 o 2, comprendente inoltre mezzi di selezione segnale (24) avente un ingresso di comando configurato per ricevere un segnale di abilitazione (SEL), un primo ingresso di segnale collegato al dispositivo ricevitore (22) ed un secondo ingresso di segnale collegato direttamente alla piazzola metallica di contatto.

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

4. Cella di comunicazione secondo la rivendicazione 3, in cui il segnale di abilitazione (SEL) ha un primo livello operativo in detta prima condizione operativa di detta cella di comunicazione (20) ed un secondo livello operativo in detta seconda condizione operativa di detta cella di comunicazione (20).

5. Cella di comunicazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui i mezzi amplificatori di segnale (32, 34) comprendono un dispositivo di rilevamento soglia (32) configurato per rilevare un livello logico di detto segnale di ingresso ( $S_{IN}$ ) e generare in uscita un segnale amplificato ( $S_{RX}$ ).

6. Cella di comunicazione secondo la rivendicazione 5, in cui detti mezzi amplificatori di segnale (32, 34) comprendono inoltre una pluralità di dispositivi invertitori (34', 34'') connessi in cascata tra loro e collegati ad un 'uscita del dispositivo di rilevamento soglia (32).

7. Cella di comunicazione secondo la rivendicazione 6, in cui detti mezzi amplificatori di segnale (32, 34) comprendono un ingresso di regolazione (22d) configurato per ricevere un segnale di regolazione ( $S_{reset}$ ) atto a forzare l'uscita di detti mezzi di elaborazione segnale (32, 34) ad un valore logico predeterminato.

8. Cella di comunicazione secondo una qualsiasi delle

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

rivendicazioni 5-7, in cui detto il dispositivo di rilevamento soglia (32) presenta almeno una tensione di soglia e il dispositivo ricevitore (22) include inoltre:

un circuito di precarica (30) interposto fra la piazzola metallica di contatto (4) e i mezzi amplificatori di segnale (32, 34) e configurato per polarizzare detto dispositivo di rilevamento soglia (32) a detta almeno una tensione di soglia.

9. Cella di comunicazione secondo la rivendicazione 8, in cui detto circuito di precarica (30) comprende un dispositivo invertitore (45) avente una propria porta di uscita collegata ad una propria porta di ingresso, detto dispositivo invertitore comprendendo un ingresso di abilitazione (22b), configurato per ricevere un segnale di abilitazione (SEL) per attivare detto circuito di precarica durante detta prima condizione operativa e disattivare detto circuito di precarica durante detta seconda condizione operativa.

10. Cella di comunicazione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre uno stadio di uscita (2) includente un buffer di uscita collegato fra un nodo di connessione (3) e la piazzola metallica di contatto (4).

11. Piastrina elettronica comprendente un circuito integrato ed avente una superficie definente una regione

**Fabio D'ANGELO**  
*(Iscrizione Albo nr. 846/B)*

periferica (402) circondante una regione centrale (401), la regione centrale alloggiando una cella di comunicazione (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-10.

12. Apparecchiatura di test (99) per un circuito integrato includente una pluralità di celle di comunicazione (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-10, l'apparecchiatura comprendendo:

una stazione di test (106) comprendente mezzi generatori di segnali di test; e

una pluralità di sonde (102), collegate alla stazione di test (106), ciascuna sonda (102) includendo a sua volta una cella di comunicazione (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-10 configurata per accoppiarsi con una rispettiva cella di comunicazione (20) del circuito integrato.

13. Sistema elettronico, includente:

una prima piastrina (301), comprendente una rispettiva cella di comunicazione (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-10;

una seconda piastrina (302; 303), comprendente una rispettiva cella di comunicazione (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-10,

detta prima piastrina e detta seconda piastrina essendo comunicativamente accoppiate tra loro attraverso le rispettive celle di comunicazione (20).

**Fabio D'ANGELO**  
(Iscrizione Albo nr. 846/B)

14. Sistema elettronico secondo la rivendicazione 13, in cui dette celle di comunicazione (20) di detta prima (301) e detta seconda (302; 303) piastrina comprendono rispettive prime e seconde regioni sporgenti di connessione (204, 205), dette prime regioni sporgenti di connessione della prima e della seconda piastrina essendo accoppiate tra loro capacitivamente e dette seconde regioni sporgenti di connessione della prima e della seconda piastrina essendo accoppiate tra loro ohmicamente.

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

**Fabio D'ANGELO**

**Fabio D'ANGELO**  
*(Iscrizione Albo nr. 846/B)*

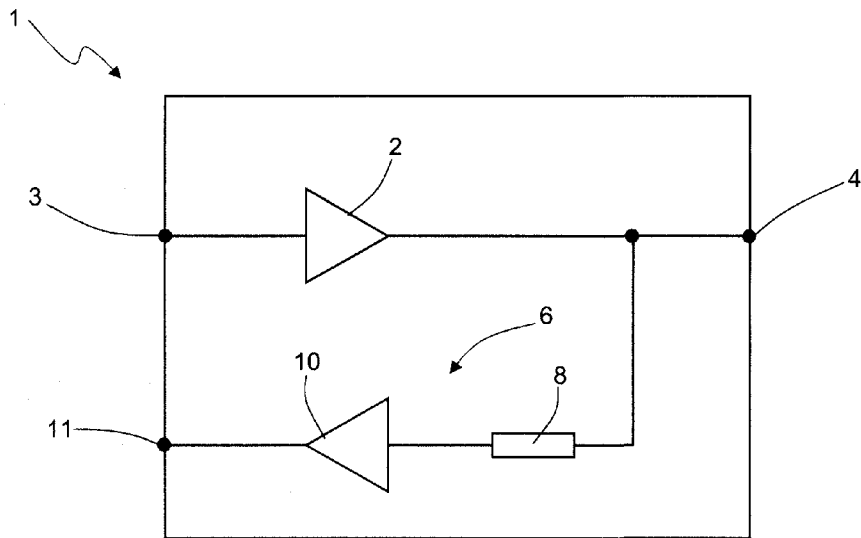


Fig.1

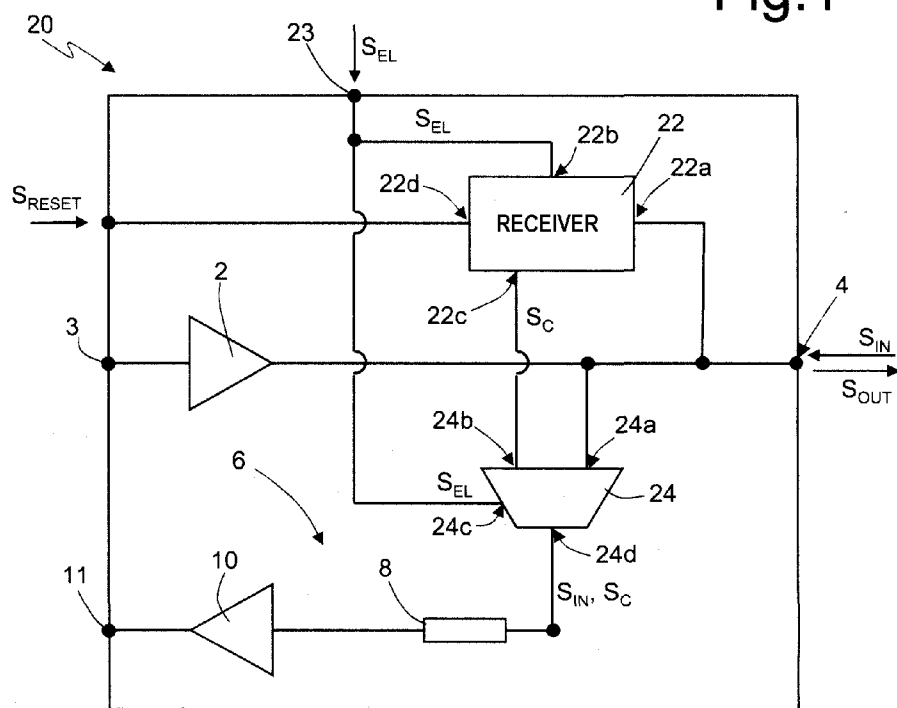


Fig.2

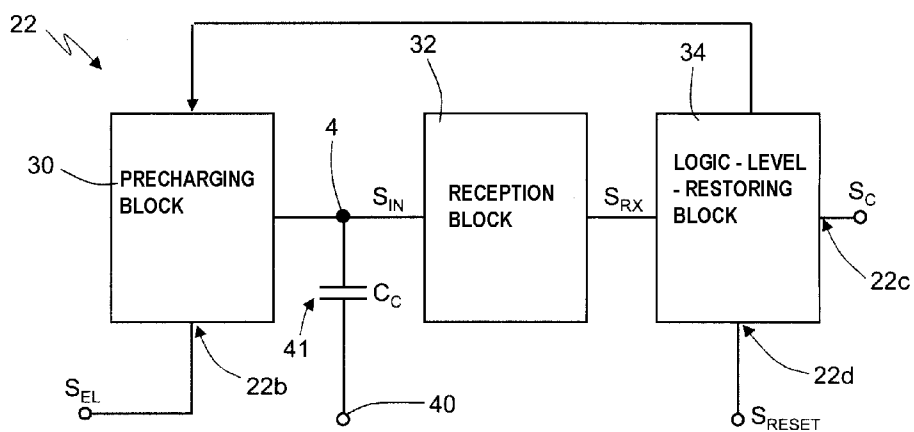


Fig.3

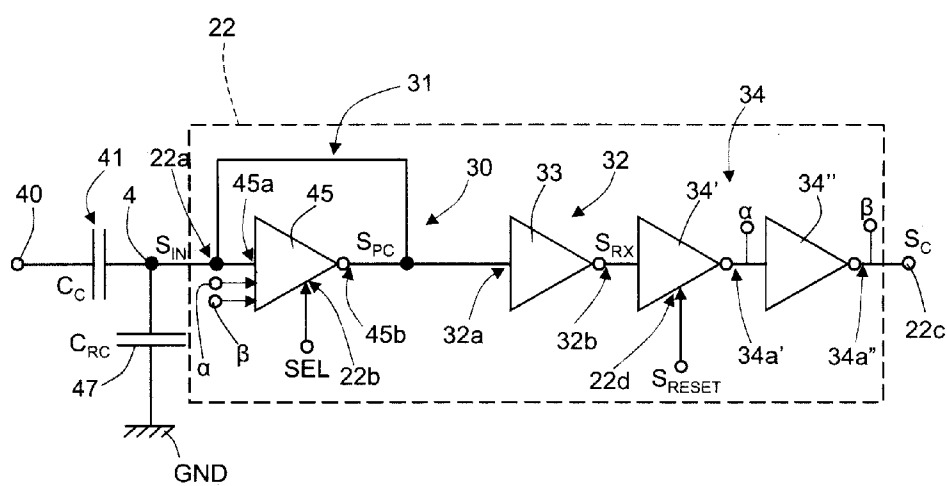


Fig.4

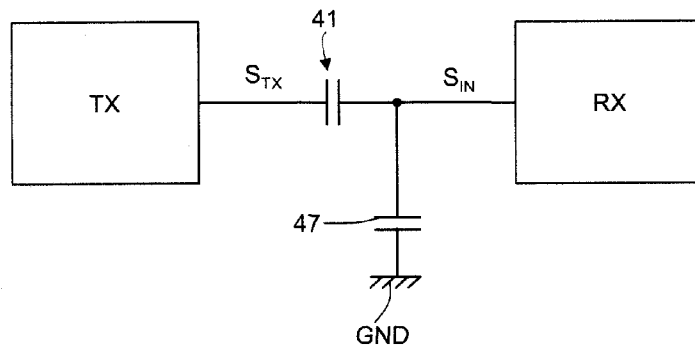


Fig.5

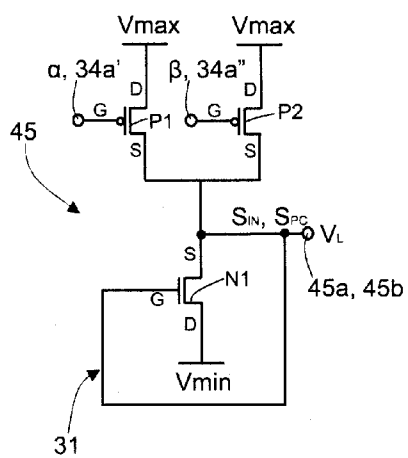


Fig.6a

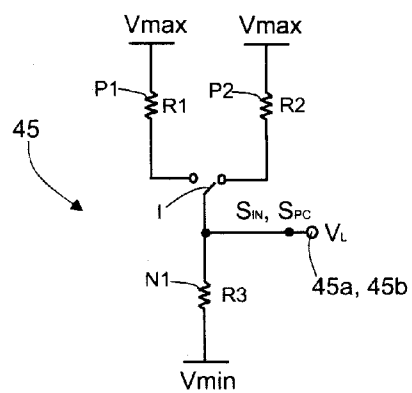


Fig.6b

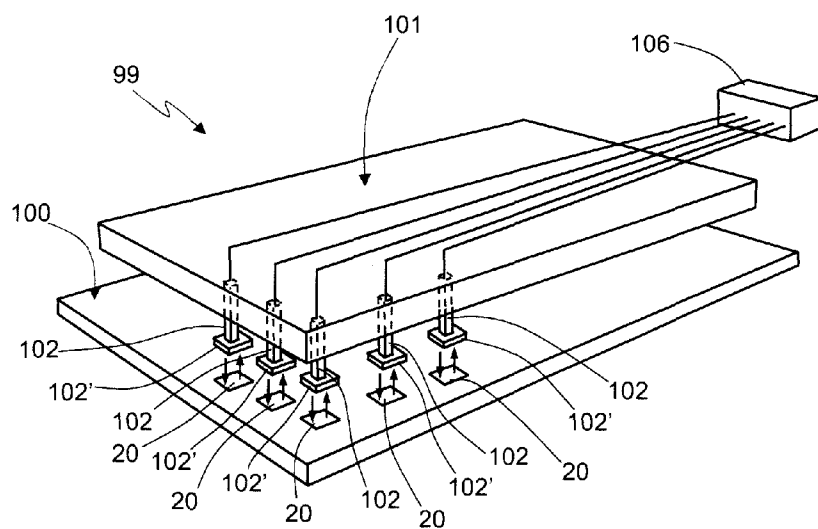


Fig.7

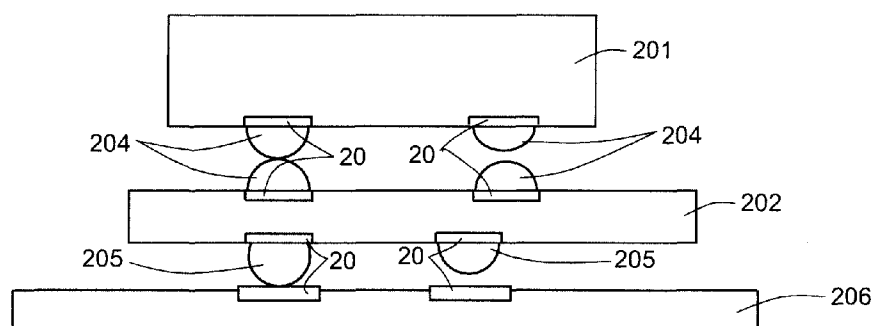


Fig.8

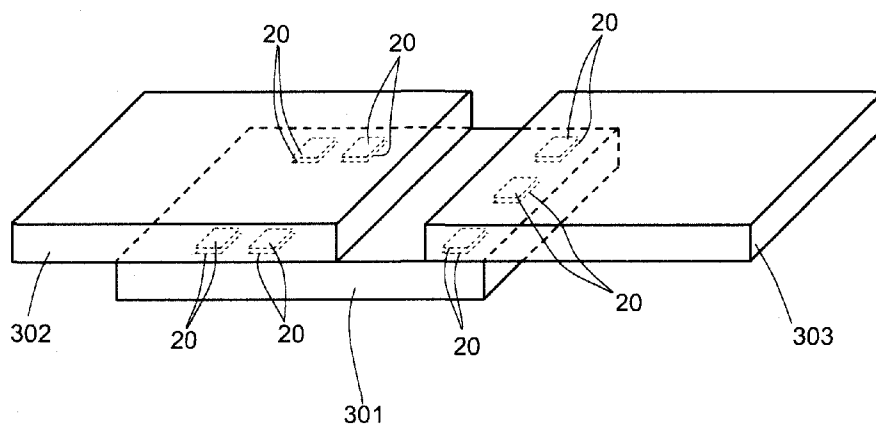


Fig.9

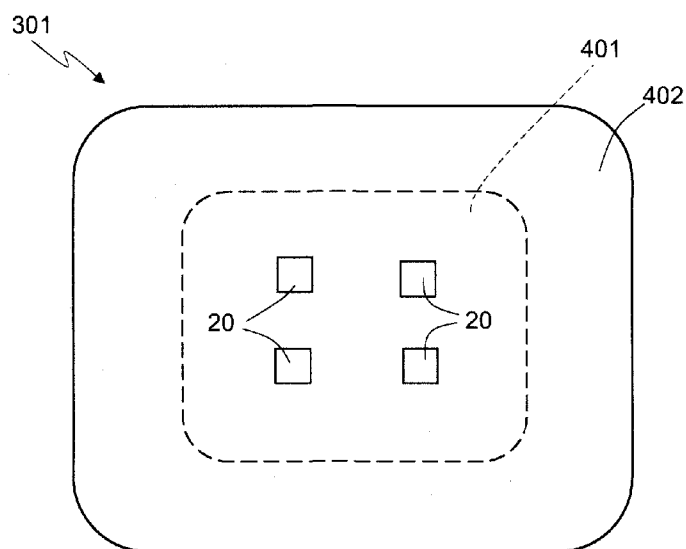


Fig.10