



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101999900797276
Data Deposito	29/10/1999
Data Pubblicazione	29/04/2001

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	05	K		

Titolo

METODO DI RIPROGRAMMAZIONE CONTROLLATA PER CELLE DI MEMORIA NON VOLATILE, IN PARTICOLARE DI TIPO FLASH EEPROM ED EPROM.

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana,

con sede a 20041 AGRATE BRIANZA (MILANO) - VIA C. OLIVETTI, 2

Inventori: DE SANDRE Guido, PASOTTI Marco, ROLANDI Pier

Luigi

099A 000942

*** **

La presente invenzione riguarda un metodo di riprogrammazione ("soft programming") controllata per celle di memoria non volatile, in particolare di tipo flash EEPROM ed EPROM.

Come è noto, generalmente, l'operazione di cancellazione delle celle flash avviene per "Fowler-Nordheim tunnelling", ed è effettuata in parallelo su tutte le celle flash appartenenti ad uno stesso settore di memoria.

A tale proposito, in figura 1 è mostrato un settore 2 di una memoria 1 di tipo flash, formato da una pluralità di celle 3 disposte su righe e colonne e collegate a rispettive linee di parola ("word lines") 4 e linee di bit ("bit lines") 5.

In dettaglio, le celle 3 disposte su una stessa riga hanno terminali di porta collegati ad una stessa linea di parola 4, a sua volta collegata ad un decodificatore di riga 8; le celle 3 disposte su una

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/EM

stessa colonna hanno terminali di pozzo collegati ad una stessa linea di bit 5, a sua volta collegata ad un decodificatore di colonna 9. Tutti i terminali di sorgente delle celle 3 sono collegati fra loro e disponibili all'esterno del settore 2 tramite una linea di sorgente comune 6, così come tutti i terminali di bulk delle celle 3 sono collegati fra loro e disponibili all'esterno del settore 2 tramite una linea di bulk comune 7.

Il decodificatore di riga 8 ed il decodificatore di colonna 9 indirizzano in modo di per sé noto le linee di parola 4 e le linee di bit 5 ad essi collegate.

Con riferimento alla figura 2a ed allo schema elettrico mostrato in figura 1, l'operazione di cancellazione per "Fowler-Nordheim tunnelling" del settore 2 avviene fornendo alle celle 3 uno o più impulsi di cancellazione. Più specificatamente, per un tempo prefissato, pari $10 \div 40 \text{ms}$, alla linea di bulk comune 7 è fornita una tensione V_B crescente non linearmente a partire da un potenziale minimo pari a 0V fino ad un potenziale massimo pari a 8V (figura 2a).

Contemporaneamente, mediante il decodificatore di riga 8, tutte le linee di parola 4 sono polarizzate ad una tensione negativa (-2V), mentre tutte le linee di

bit 5 e la linea di sorgente comune 6 sono lasciate flottanti.

In tal modo, al di sotto delle regioni di porta flottante 15 delle celle 3 viene creato un campo elettrico trasversale di intensità tale da permettere l'estrazione degli elettroni rimasti intrappolati in tale regione di porta flottante 15 in seguito ad una precedente operazione di programmazione. La tensione di soglia delle celle 3 è conseguentemente abbassata fino ad un primo valore di soglia prefissato.

Uno dei problemi che più frequentemente si incontrano nella cancellazione delle celle di memoria è che, dopo l'applicazione degli impulsi di cancellazione, alcune celle di memoria si cancellano eccessivamente fino ad avere una tensione di soglia troppo bassa o addirittura negativa. Queste celle vengono così a trovarsi in uno stato conduttivo, pur avendo le rispettive linee di parola polarizzate a massa (celle deplete).

È noto che in una memoria non volatile avente una configurazione di tipo NOR, la presenza di celle deplete può falsare la successiva operazione di lettura della memoria stessa. In memorie di questo tipo è quindi necessario fare seguire all'operazione di cancellazione una operazione di riprogrammazione ("soft programming") delle celle deplete.

Questa operazione di riprogrammazione consiste nel polarizzare un gruppo prescelto o, in alternativa, tutte le celle appartenenti ad un settore di memoria precedentemente cancellato in modo da produrre in esse un innalzamento della tensione di soglia al di sopra di un secondo valore di soglia prefissato. Più in dettaglio, all'interno della regione di porta flottante delle celle appartenenti al gruppo prescelto o al settore di memoria cancellato viene generato un flusso di elettroni caldi di intensità e durata tali da innalzare la tensione di soglia delle celle in modo che non siano più presenti celle deplete.

A tale scopo, il brevetto US 5,546,340 prevede di fornire uno o più impulsi di riprogrammazione ad un gruppo prescelto di celle (in seguito definito celle prescelte) appartenenti al settore di memoria precedentemente cancellato o a tutte le celle del settore. Più specificatamente, per un tempo prefissato di pochi μs , le linee di parola collegate ai terminali di porta delle celle prescelte sono polarizzate ad un potenziale positivo costante. Questo potenziale è tale da garantire che nessuna delle celle prescelte raggiunga una tensione di soglia superiore ad un valore di soglia massimo prefissato.

CERBARO Elena
(Iscrizione Albo nr 426/BMI)

Contemporaneamente, alle linee di bit collegate ai terminali di pozzo delle celle prescelte è applicato un potenziale positivo costante.

Le linee di sorgente comune e di bulk comune sono invece collegate, rispettivamente, a massa e ad un potenziale negativo costante prefissato.

Questa soluzione nota presenta tuttavia l'inconveniente che, durante la fase di riprogrammazione delle celle di memoria, la corrente di pozzo di tali celle presenta valori piuttosto elevati. In particolare, all'inizio della riprogrammazione, la corrente di pozzo presenta un picco molto elevato dovuto al fatto che la tensione di overdrive delle celle da programmare (definita come differenza fra la tensione porta-sorgente e la tensione di soglia) è piuttosto alta, dato il basso valore iniziale della tensione di soglia.

Per ovviare a questo inconveniente, secondo il brevetto EP-A-0 908 895, alle linee di parola collegate alle celle prescelte viene applicata una tensione a rampa crescente linearmente a partire da un potenziale minimo fino ad un potenziale massimo.

Pur vantaggiosa sotto vari aspetti, questa soluzione nota presenta tuttavia l'inconveniente che, per valori iniziali della tensione a rampa, il campo elettrico trasversale che si crea al di sotto della

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

regione di porta flottante delle celle prescelte è limitato. Di conseguenza, si ha scarsa efficienza nell'iniezione di elettroni caldi nella regione di porta flottante e quindi scarsa efficienza di riprogrammazione.

Il problema tecnico che sta alla base della presente invenzione è quello di superare le limitazioni e gli inconvenienti precedentemente indicati.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un metodo di riprogrammazione controllata per celle di memoria non volatili, come definito nella rivendicazione 1.

Le caratteristiche ed i vantaggi del metodo secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione, fatta qui di seguito, di un esempio di realizzazione dato a titolo indicativo e non limitativo con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- la figura 1 mostra uno schema elettrico semplificato di una memoria non volatile nota;

- la figura 2a mostra l'andamento di una grandezza elettrica utilizzata in fase di cancellazione della memoria di figura 1;

- la figura 3 mostra uno schema elettrico semplificato di una memoria non volatile secondo l'invenzione;

CERBARO Elena
[iscrizione Albo nr 426/BM]

- le figure 4a, 4b, 4c, e 4d mostrano l'andamento di grandezze elettriche utilizzate per implementare il metodo di riprogrammazione secondo l'invenzione della memoria di figura 3.

Il metodo di riprogrammazione secondo l'invenzione è applicato ad una memoria 10 mostrata in figura 3 e simile alla memoria 1 di figura 1 tranne per la presenza di un generatore di tensione a rampa negativa 11 collegato alla linea di bulk comune 7, per i motivi spiegati qui di seguito.

Con riferimento alle figure 4a, 4b, 4c e 4d, il metodo di riprogrammazione secondo l'invenzione prevede di applicare una tensione negativa a rampa crescente alla regione di bulk e contemporaneamente fornire uno o più impulsi di programmazione al terminale di porta di controllo delle celle da riprogrammare.

In dettaglio, le celle 3 da riprogrammare (in seguito definite celle prescelte) possono essere disposte lungo linee di parola 4 adiacenti; in alternativa, le celle 3 da riprogrammare possono costituire l'intero settore 2, nell'ipotesi che la corrente necessaria per programmarle sia sufficiente. Quindi, per un tempo prefissato T_1 , ad esempio pari a $200+400\mu s$, alle linee di parola 4 collegate ai terminali di porta delle celle prescelte 3 è fornita, tramite il

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BW

decodificatore di riga 8, una tensione di porta V_{CG} definente un impulso rettangolare, di ampiezza pari ad esempio a circa 1,5V (figura 4a), tale da garantire che nessuna delle celle prescelte 3 raggiunga una tensione di soglia superiore ad un valore di soglia massimo prefissato.

In alternativa (figura 4b), alle linee di parola 4 collegate ai terminali di porta delle celle prescelte 3, viene fornita una tensione di porta V_{CG} a forma di rampa crescente linearmente a partire da un valore negativo, ad esempio pari a circa -1V, fino ad un valore positivo, ad esempio pari a 2÷3V.

Contemporaneamente, a tutte le linee di bit 5 collegate ai terminali di pozzo delle celle prescelte 3 è applicato, mediante il decodificatore di colonna 9, un potenziale positivo, ad esempio pari a circa 4,5V.

In alternativa (figura 4c), alle linee di bit 5 viene fornita una tensione di pozzo V_D a forma di rampa crescente linearmente a partire da un valore minimo, ad esempio pari a circa 2V, fino ad un valore massimo, ad esempio pari a circa 4V.

La linea di sorgente comune 6 è invece polarizzata a massa (0V), mentre alla linea di bulk comune 7 è fornita una tensione di bulk V_B (figura 4d) a forma di rampa crescente linearmente a partire da un valore

minimo, ad esempio pari a circa -3V, fino ad un valore massimo, ad esempio pari a circa 0V.

Applicando inizialmente una tensione di bulk V_B negativa, si ottiene, per effetto body, un innalzamento delle tensioni di soglia delle celle prescelte 3, lasciando deplete solo quelle celle che presentano tensioni di soglia molto basse. Questo permette di iniziare a riprogrammare solo le celle prescelte 3 più deplete, evitando il picco iniziale della corrente di pozzo I_D . Quindi, aumentando gradualmente la tensione di bulk V_B , vengono riprogrammate anche le celle prescelte 3 deplete, ma con tensione di soglia minore (in valore assoluto) rispetto alle precedenti. Al termine, quando la tensione di bulk V_B ha raggiunto il valore massimo, tutte le celle prescelte 3 risultano riprogrammate, eliminando tuttavia il picco di corrente iniziale.

Allo stesso tempo, polarizzando negativamente la linea di bulk comune 7 e, al contempo, polarizzando positivamente le linee di parola 4 e le linee di bit 5 delle celle prescelte 3, è possibile aumentare il campo elettrico trasversale presente al di sotto della regione di porta flottante 15. In questo modo si ottiene di riprogrammare le celle prescelte 3, ma con migliorata efficienza rispetto alla soluzione nota dal brevetto EP-A-0 908 895.

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BNJ

Per di più, l'utilizzo della tensione a rampa V_D sul terminale di pozzo delle celle prescelte 3 permette di risolvere problemi legati all'uso di tecnologie che prevedono tensioni di rottura piuttosto basse della giunzione pozzo-bulk delle celle prescelte 3, ad esempio dell'ordine dei 5V. Infatti, fornendo la tensione di pozzo V_D alle linee di bit 5 collegate alle celle prescelte 3 e, contemporaneamente, fornendo la tensione di bulk V_B alla linea di bulk comune 7, si ottiene che in ogni momento, la caduta di tensione inversa sulla giunzione pozzo-bulk delle celle prescelte 3 non è mai superiore, in valore assoluto, alla tensione di rottura, anche nel caso delle tecnologie sopracitate.

Risulta infine chiaro che al metodo di riprogrammazione qui descritto ed illustrato possono essere apportate numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'ambito del concetto inventivo, come definito nelle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, benchè il metodo di riprogrammazione secondo l'invenzione faccia uso di tensioni di pozzo V_D e di di bulk V_B a rampa di tipo continuo, è anche possibile utilizzare rampe di tipo discreto (con gradini aventi ampiezza pari ad esempio a $40 \pm 100\text{mV}$).

Inoltre, le celle di memoria possono essere sia del tipo bilivello (e memorizzare un solo bit) sia del tipo multilivello (e memorizzare più bit).

Per di più, benchè l'invenzione sia stata descritta con particolare riferimento al caso di cella di memoria di tipo flash EEPROM, essa è parimenti applicabile al caso di cella di memoria di tipo EPROM.

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BMI)

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di riprogrammazione controllato di una pluralità di celle di memoria (3) non volatili aventi terminali di bulk collegati fra loro e ad una linea di bulk comune (7), caratterizzato dal fatto di comprendere la fase di applicare a detta linea di bulk comune (7) una tensione di bulk (V_B) a rampa negativa crescente.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta tensione di bulk (V_B) è una rampa di tipo continuo.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta tensione di bulk (V_B) è una rampa di tipo discreto.

4. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta tensione di bulk (V_B) è crescente da un valore minimo compreso fra -5V e -2V ad un valore massimo compreso fra -2V e 0V.

5. Metodo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detta pluralità (3) di celle di memoria (3) comprende terminali di pozzo collegati a linee di bit (5) e detto metodo comprende la fase di applicare a dette linee di bit (5) una tensione di pozzo (V_D).

CERBARO Elena
Iscrizione Albo nr 426/BMI

6. Metodo secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta tensione di pozzo (V_D) è una tensione a rampa positiva crescente fra un valore minimo compreso fra 1V e 3V ed un valore massimo compreso fra 3V e 5V.

7. Metodo secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta tensione di pozzo (V_D) è una tensione a rampa di tipo continuo.

8. Metodo secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta detta tensione di pozzo (V_D) è una tensione a rampa di tipo discreto.

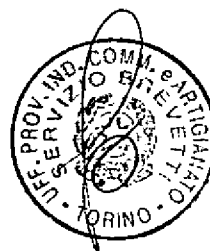
9. Metodo secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta tensione di pozzo (V_D) è una tensione costante.

10. Dispositivo di memoria non volatile (10), comprendente una pluralità di celle di memoria (3) aventi terminali di bulk collegati fra loro e ad una linea di bulk comune (7), ed un'unità di polarizzazione di bulk (11) collegata a detta linea di bulk comune (7), caratterizzato dal fatto che detta unità di polarizzazione di bulk comprende un generatore di tensione a rampa negativa crescente (11).

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

[Signature]
CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)

CERBARO Elena
(iscrizione Albo nr 426/BM)



Y099A 000062

Caso 99-AG-109

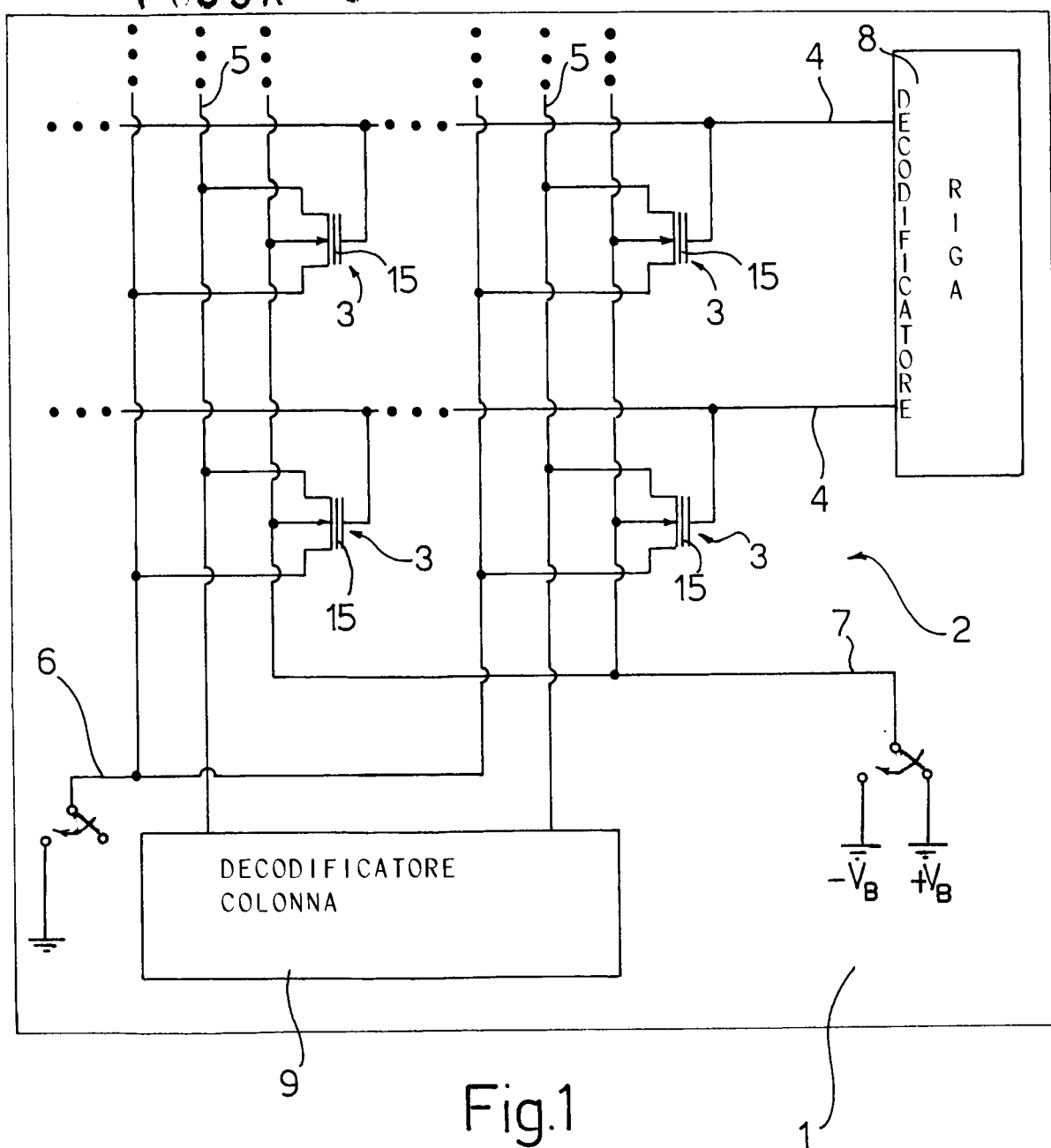
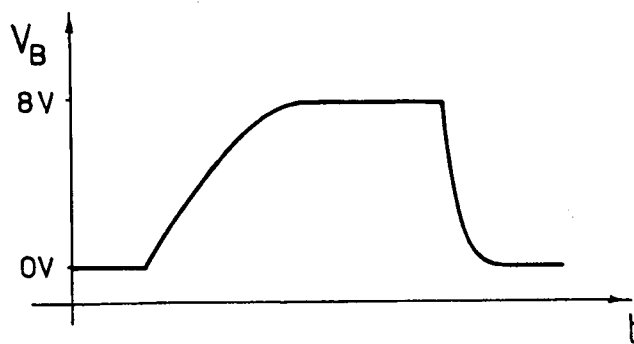


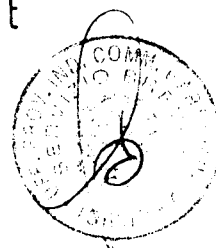
Fig.1

Fig.2a



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

Elena Cerbaro
CERBARO Elena
 (iscrizione Albo nr 426/BM)



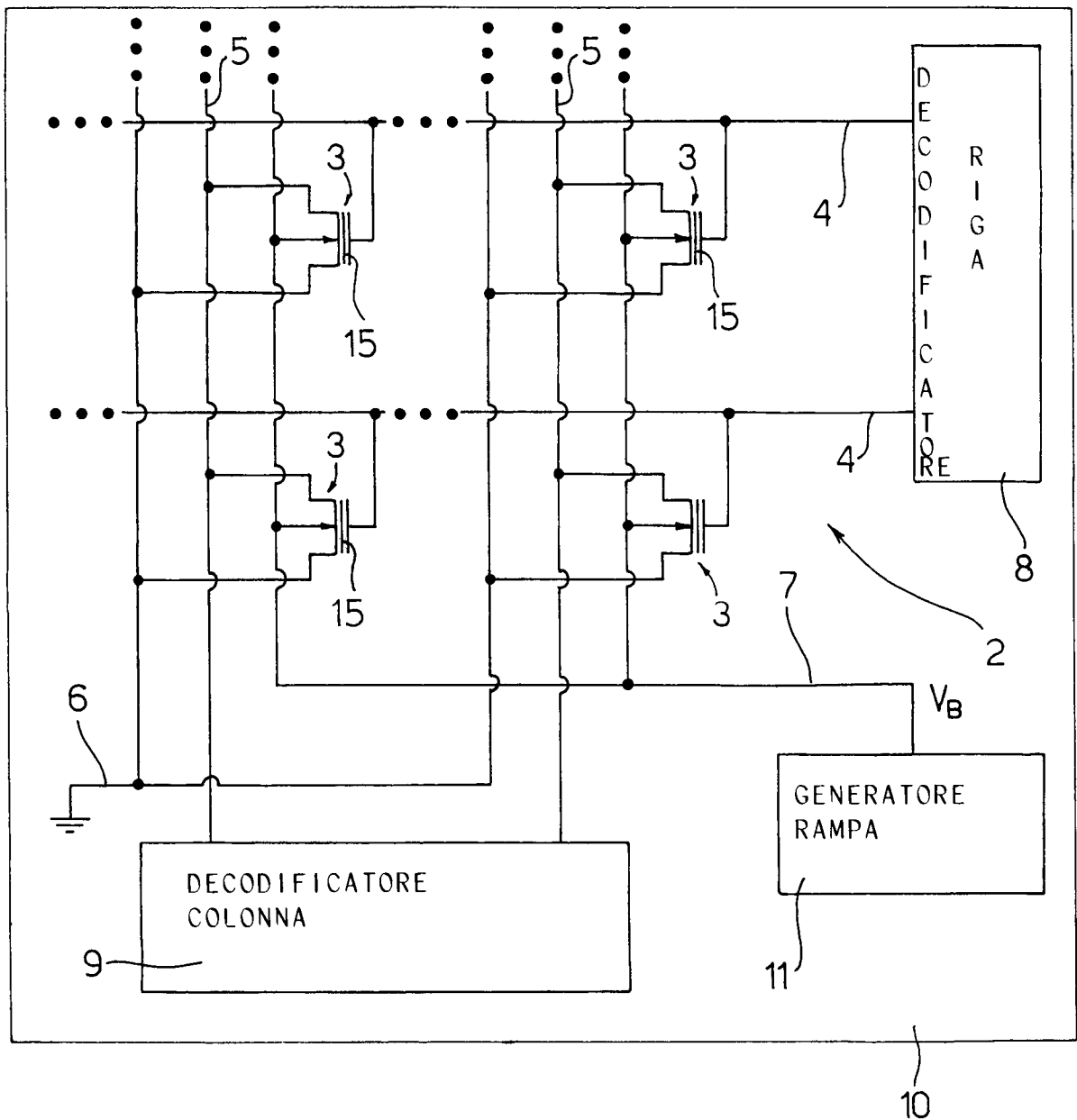
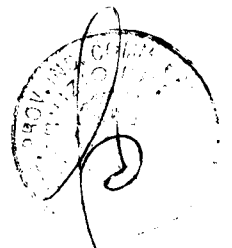
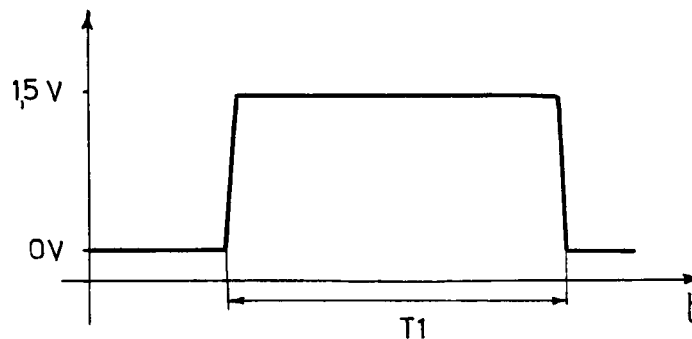


Fig.3

Fig.4a



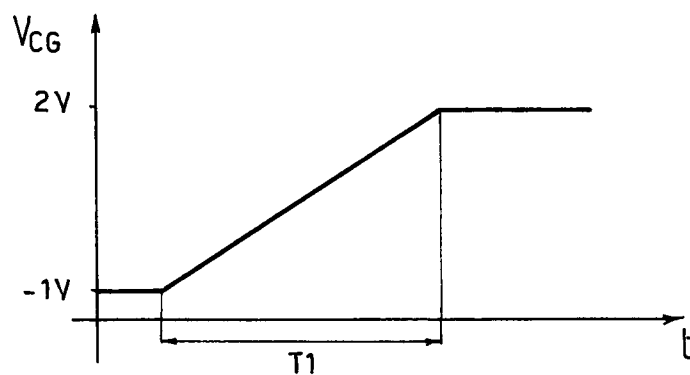


Fig.4b

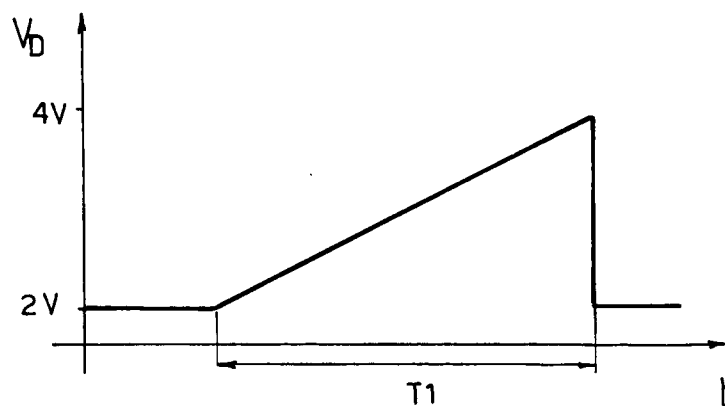


Fig.4c

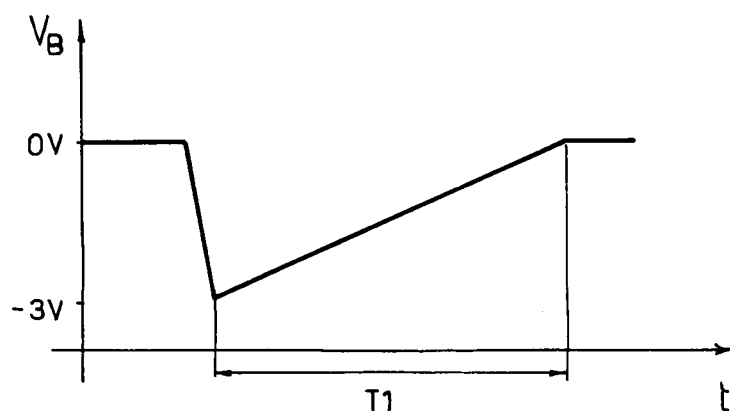


Fig.4d

