

LGZ LANDIS & GYR ZUG AG

CH-6301 ZUG

SUIÇA



"INSTALAÇÃO COM UM ELEMENTO HALL INTEGRÁVEL
NUMA LIGAÇÃO INTEGRADA"

D E S C R I Ç Ã O

A invenção diz respeito a uma instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada conforme o conceito descrito na reivindicação 1.

Instalações deste género são utilizadas, por exemplo, em Wattímetros e contadores de electricidade para medição da corrente eléctrica i_N ou para formação dum produto tensão/corrente $u_N \cdot i_N$. Assim, u_N indica a tensão na rede de consumo de energia eléctrica, e i_N a corrente gasta pelo utente da rede de consumo. Como a corrente i_N é proporcional a um campo magnético H_N produzido por ela, o elemento Hall indirectamente mede a corrente i_N no momento em que detecta o campo magnético H_N . Como a tensão de saída V_H do elemento Hall é proporcional ao produto $i \cdot H_N$, em que i representa a corrente que alimenta o elemento Hall, o elemento Hall também forma o produto tensão/corrente $u_N \cdot i_N$, quando a corrente i que alimenta o elemento Hall por meio de uma



-2-

resistência é escolhida proporcionalmente à tensão da rede. Neste caso, o elemento Hall tem de actuar como quarto quadrante-multiplicador, porque tanto u_N e i_N como i e H_N são de forma sinusoidal e assim possuem valores positivos e negativos.

Um elemento Hall vertical integrável conforme o conceito da reivindicação 1 é conhecido do fascículo "The Vertical hall-effect device", R. S. Popovic, IEEE Electron Device Letters, Vol. EDL-5 Nº. 9, Set. 84, páginas 357-358. Elementos Hall verticais integráveis são elementos Hall que medem campos magnéticos H_N , eficazes em paralelo à superfície do elemento Hall integrado.

Um elemento Hall integrável segundo o conceito da reivindicação 1, é conhecido da US-PS 4 253 107.

Elementos Hall horizontais integráveis são elementos Hall que medem campos magnéticos H_N , os quais actuam verticalmente em relação à superfície do elemento Hall integrado.

Relativo à estabilidade e principalmente à estabilidade e longa duração de elementos Hall, pouco e apenas questões de princípio são conhecidos, como se pode ver no fascículo "Hall effect probes and their use in a fully automated magnetic measuring system", M. W. Poole e R. P. Walker, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. MAG.17, Nº. 5, Set. 81, página 2132.



A invenção basicamente tem como objectivo, conseguir a estabilidade e longa duração dos elementos Hall integráveis, usando uma tecnologia que permita fabricar elementos Hall integráveis e transistores integráveis ao mesmo tempo.

Na invenção esta tarefa é conseguida segundo as indicações descritas na reivindicação 1.

Mais tarefas, segundo indicações nas reivindicações secundárias são: conseguir a estabilidade dos elementos Hall integráveis relativa à temperatura e linearisar a sua curva característica $V_H = f(B)$ com uma dada corrente de alimentação constante i . Aqui, V_H designa a tensão de saída do elemento Hall e $B = \mu H_N$ a indução do campo magnético H_N a medir.

Exemplos de execução da invenção são representados no desenho e descritos em seguida mais pormenorizadamente.

FIG. 1 - Vista geral de um elemento Hall vertical integrável estável em tecnologia CMOS,

FIG. 2 - Corte transversal-vertical do elemento Hall representado na FIG. 1,

FIG. 3 - Vista geral de um elemento Hall vertical integrável estável em tecnologia CMOS alterada,



-4-

FIG. 4 - Corte transversal-vertical dos elementos Hall representados nas FIG. 3 e 5 respectivamente,

FIG. 5 - Corte transversal-horizontal de um elemento Hall vertical integrável estável em construção "Sandwich" em tecnologia CMOS alterada,

FIG. 6 - Vista geral de uma primeira variante de um elemento Hall vertical integrável estável em tecnologia Bi MOS alterada,

FIG. 7 - Corte transversal-vertical do elemento Hall representado na FIG. 6,

FIG. 8 - Vista geral de uma segunda variante de um elemento Hall integrável estável em tecnologia Bi MOS alterada,

FIG. 9 - Corte transversal-vertical do elemento Hall representado na FIG. 8,

FIG. 10 - Vista geral de um transistor bipolar em tecnologia Bi MOS alterada,

FIG. 11 - Corte transversal-vertical do transistor bipolar representado na FIG. 10,

FIG. 12 - Vista geral de um elemento Hall horizontal integrável



estável em tecnologia Bi MOS,

FIG. 13 - Corte transversal-vertical do elemento Hall representado na FIG. 12,

FIG. 14 - Vista geral de um elemento Hall horizontal integrável estável em tecnologia Bi MOS alterada,

FIG. 15 - Corte transversal-vertical do elemento Hall representado na FIG. 14,

FIG. 16 - Esquema de ligação de um elemento Hall vertical integrável com cinco ligações,

FIG. 17 - Esquema de ligação em bloco de uma instalação com um elemento Hall,

FIG. 18 - Curva característica $V_H = f(B)$ da tensão de saída V_H de um elemento Hall, em função de uma indução B medida com uma dada corrente i de alimentação,

FIG. 19 - Curvas características de não-linearidades $\mathcal{E}(B)$ pares,

FIG. 20 - Curvas características de não-linearidades $\mathcal{E}(B)$ ímpares,

FIG. 21 Vista geral de uma variante melhorada do elemento Hall



representado nas FIG. 1 e 2,

FIG. 22 - Corte transversal-vertical do elemento Hall representado na FIG. 21,

FIG. 23 - Vista geral de uma variante melhorada do elemento Hall representado nas FIG. 3 e 4,

FIG. 24 - Corte transversal-vertical do elemento Hall representado na FIG. 23,

FIG. 25 - Esquema alternativo com as ligações do elemento Hall representado nas FIG. 21-24.

Números de referência iguais designam em todas as Figuras do desenho peças iguais. Os elementos Hall representados no desenho são todos elementos de construção de superfície, quer dizer, eles encontram-se todos na superfície ou imediatamente abaixo da superfície de um material semi-condutor.

Os elementos Hall representados nas FIG. 1-15, como também os transistores, são fabricados de silício ou gálio/arsenito (GaAs). Regra geral, eles são feitos de camadas de um destes dois materiais. Todas estas camadas são do tipo P de capacidade condutora de material ou do tipo oposto N de capacidade condutora de material. As designações N^+ e P^+ dão a entender que o material N e P respectivamente, é dotado



fortemente de átomos estranhos, quer isto dizer que possui no mínimo uma concentração de aproximadamente 10^{20} iões por cm^3 . Ao contrário, as designações N^- e P^- dão a entender que o material N e P respectivamente, é dotado fracamente de átomos estranhos.

Os elementos Hall representados nas FIG. 1-15, como também os transistores, podem ser fabricados tanto de material P como de material N, facto que não tem influência na sua função, na condição de se escolherem as correspondentes polaridades exactas das tensões de alimentação ou respectivamente das correntes de alimentação. No desenho, por ser mais simples, foi suposto que os elementos Hall são sempre fabricados de material N, o que não deve representar uma restrição do objecto da invenção.

Por ser mais simples, nas FIG. 1-15, as ligações eléctricas $C_1, C_2, C'_2, C''_2, S_1, S_2, R$ e SUB do elemento Hall como B, E e C dos transistores foram representados em regra como fios. Naturalmente, na prática, eles têm a forma de metalizações que são aplicadas como bandas condutoras respectivamente na superfície do elemento Hall integrável ou no contacto integrado correspondente.

Todos os elementos Hall representados nas FIG. 12-15 possuem duas ligações à corrente C_1 e C_2 e duas ligações aos sensores S_1 e S_2 . Todos os elementos Hall representados nas FIG. 1-9 possuem três ligações à corrente C_1, C'_2 e C''_2 e duas ligações aos sensores S_1 e S_2 . Neste caso, o elemento Hall com as cinco ligações à corrente e aos



sensores $C_1, C'_2, C''_2, S_1, S_2$ respectivamente tem de ser comandado sempre pelo exterior, como mostra a FIG. 16. Na FIG. 17, por ser mais simples, foi suposto a existência de um elemento Hall com quatro ligações à corrente e aos sensores respectivamente, o que não deve constituir um limite a uma "variante de quatro ligações".

Em todas as variantes, uma das duas ligações aos sensores S_1 e S_2 respectivamente, encontra-se, por exemplo, à massa e a outra ligação aos sensores S_2 e S_1 respectivamente, dá origem ao elemento Hall. No desenho foi suposto que a primeira ligação ao sensor S_1 dá origem ao elemento Hall, enquanto a segunda ligação ao sensor S_2 se encontra à massa.

As ligações eléctricas $C_1, C_2, C'_2, C''_2, S_1$ e S_2 respectivamente, do elemento Hall possuem um contacto de ligação cada (1,2,3,4,5 respectivamente).

Nas FIG. 1-9, cinco contactos de ligação (1,2,3,4,5), encontram-se à superfície do elemento Hall vertical. Os contactos de ligação (1-5) são todos ordenados numa linha aproximadamente recta, um ao lado do outro, em que o primeiro contacto de ligação à corrente (1) está no meio, e os dois contactos de ligação aos sensores (4,5) de um lado e os outros dois contactos de ligação à corrente (2,3) do outro lado, em simetria ao primeiro contacto de ligação (1), numa linha aproximadamente recta. Cada contacto de ligação aos sensores (4 e 5 respectivamente) está aqui entre o primeiro contacto de ligação à corrente



(1) e um dos outros dois contactos de ligação à corrente (2 e 3 respectivamente).

Nas FIG. 12-15 são representados os elementos Hall horizontais que possuem apenas mais duas ligações à corrente C_1 e C_2 do que os elementos Hall verticais, os quais por sua vez possuem três ligações à corrente C_1, C'_2 e C''_2 , em que as duas ligações aos sensores S_1 e S_2 de um lado e as duas ligações à corrente C_1 e C_2 se encontram em cruz, quer dizer que a linha de ligação entre os centros dos contactos de ligação (4,5), pertencentes às ligações aos sensores S_1 e S_2 , e a linha de ligação entre os centros dos contactos de ligação (1,2), pertencentes às ligações à corrente C_1 e C_2 , decorrem aproximadamente na vertical uma em relação à outra (ver FIG. 12 e 14).

Em todos os casos, os contactos de ligação (1-5), (1,2,4 e 5 respectivamente) têm, por exemplo, todos o mesmo tamanho e uma forma rectangular com vértices arredondados. Por baixo dos cinco ou quatro contactos de ligação (1-5), (1,2,4 e 5 respectivamente), ordenados à superfície no elemento Hall, encontra-se sempre, por exemplo, num substrato (6), a zona activa (7) do elemento Hall. Por outras palavras: o elemento Hall integrável possui duas ligações aos sensores (4,5) e no mínimo dois contactos de ligação à corrente (1,2) que se encontram à superfície no elemento Hall. Todos os contactos de ligação (1-5) e a zona activa (7) do elemento Hall são de um material de um tipo igual de capacidade condutora de material como o material base do qual é feito o elemento Hall. Além disso, todos os contactos de ligação (1-5) são dotados fortemente de átomos estranhos. Como foi suposto o elemento



Hall ter sido fabricado a partir de material N, todos os contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5) são de material N^+ e a zona activa (7) do elemento Hall, respectivamente de material N e N^- .

A zona activa (7) do elemento Hall é, por exemplo, rodeada lateralmente por um anel (8), em que o anel (8) possui uma ligação de anel R. Em todo o caso, o anel (8) é do tipo oposto de capacidade condutora de material de que a zona activa (7) e os contactos de ligação aos sensores e à corrente (1-5) do elemento Hall. No nosso exemplo, ele é portanto de material P.

As FIG. 1 e 2 mostram a vista geral e um corte transversal de um elemento Hall fabricado em tecnologia CMOS. Os contactos de ligação (1-5) encontram-se à superfície no substrato (6). Os contactos de ligação (1-5) e o substrato (6) são do mesmo material, por exemplo, N. Por baixo dos cinco contactos de ligação (1-5), no substrato (6), encontra-se a zona activa (7) do elemento Hall. Dentro do substrato (6), e lateralmente, a zona activa (7) é rodeada, por exemplo, por um anel rectangular (8), que se encontra no substrato (6) à superfície, e que é bastante mais fundo do que a profundidade dos contactos de ligação (1-5). O anel (8) é, como já mencionado, do tipo oposto de capacidade condutora de material do que o substrato (6), ele é de material P. Na superfície do substrato (6) encontra-se uma camada de óxido (9) de material SiO_2 , a qual por sua vez é tapada, pelo menos em parte, com uma camada Gate (10) de material eléctrico condutor, por exemplo, de alumínio ou polisilício. O anel (8) possui a ligação



de anel R, e a camada Gate (10) uma ligação Gate (G).

Excepto as condutas para as ligações C_1, C'_2, C''_2, S_1 e S_2 , a camada Gate (10) tapa completamente a zona activa (7) do elemento Hall para cima. Se houver agora na ligação Gate uma tensão eléctrica negativa, forma-se por influência electrostática à superfície no substrato (6) à volta dos contactos de ligação (1-5), um canal (P), indicado no desenho por sinais "mais", e por baixo deste, como também ao longo da área de passagem entre o substrato (6) e o anel (8), aparece uma zona desfalcada ("depletion layer"). A zona desfalcada, que na FIG. 2 é representada com traço não contínuo, representa uma camada de bloqueio (11). Por outras palavras: uma camada de bloqueio é formada pela zona desfalcada, a qual é produzida por influência electrostática por meio de uma tensão eléctrica que se encontra na camada Gate eléctrica condutora (10), através da ligação Gate (G). A camada Gate (10), separada pela camada de óxido (9), está disposta à superfície do elemento Hall de tal modo que ela, e com ela também a zona desfalcada, tapa para cima o mais completo possível a zona activa (7) do elemento Hall.

As FIG. 3 e 4, mostram uma vista geral e um corte transversal-vertical de um elemento Hall vertical, fabricado através da tecnologia CMOS alterada, cuja construção é semelhante àquela do elemento Hall representado nas FIG. 1 e 2, apenas faltam aqui a camada Gate (10) com a sua ligação Gate (G) e a camada de óxido (9). Em compensação há à volta dos contactos de ligação (1-5), à superfície no substrato (6),



uma camada (12), a qual tapa por completo a zona activa (7) do elemento Hall para cima, excepto as condutas para os contactos de ligação (1-5). A camada (12) é do tipo oposto de capacidade condutora de material de que a zona activa (7) do elemento Hall, e portanto consiste em material P. A camada de passagem, entre a zona activa (7) do elemento Hall e a camada (12), forma uma camada de bloqueio (12,7), que também tapa por completo a zona activa (7) do elemento Hall para cima. Pela razão de a fabricação ser mais simples, a camada (12) tapa também a parte superior do anel (8), facto que não constitui desvantagem porque a camada (12) e o anel (8) são do mesmo tipo de capacidade condutora de material P. Assim, forma-se um contacto eléctrico da camada (12) até ao anel (8) e à ligação de anel (R). No caso de não existir o anel (8), a própria camada (12) tem de ser equipada com uma ligação de anel (R).

O elemento Hall vertical representado na FIG. 5, fabricado através da tecnologia CMOS alterada, é uma variante melhorada do elemento Hall vertical representado nas FIG. 3 e 4. A FIG. 4 pertence à FIG. 5. A FIG. 5 representa um corte transversal do elemento Hall em paralelo à superfície do elemento Hall, decorrendo imediatamente abaixo da camada (12) (ver FIG. 4).

As FIG. 5 e 4, mostram um corte transversal-horizontal e vertical de um elemento Hall vertical construído em "Sandwich". O elemento Hall representado na FIG. 5 difere do elemento Hall representado na FIG. 3, pelo facto de que todos os contactos de ligação à corrente e aos



sensores (1-5) do elemento Hall são alongados na mesma direcção, e que o anel (8) é dividido por carreiras intermédias (13,14), os quais decorrem aproximadamente na vertical em relação à direcção longitudinal dos contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5), em subaneis contíguos (I,II;III), os quais têm todos, verticalmente em relação à direcção longitudinal dos contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5), aproximadamente a mesma largura, e que estão todos, nessa mesma direcção longitudinal, sem deslocamento mútuo, ordenados um por cima do outro, e em que sempre dois subaneis contíguos possuem uma carreira intermédia (13,14 respectivamente) comum. Assim, m carreiras intermédias formam $(m + 1)$ subaneis. Por conseguinte, com $m=1$, forma-se um oito rectangular, composto de 1 ou dois subaneis. Pode ser escolhida qualquer quantidade $(m + 1)$ de subaneis. Na FIG. 5 foi suposta a existência de três subaneis (I,II,III). Assim, consegue-se uma construção "Sandwich" do elemento Hall porque de acordo com a FIG. 5, de cima para baixo, as camadas (P) e (N) estão dispostas alternadamente nas proximidades dos contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5). Todos os contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5) têm de ter comprimento suficiente para ultrapassar todas as camadas (N) rodeadas de subaneis. As espessuras destas camadas (N) na FIG. 5 são designadas com (t_1, t_2, t_3) , em que $t_1 \approx t_2 \approx t_3$. Todas estas camadas (N) são ligadas electricamente em paralelo. Esta construção "Sandwich" tem a vantagem de que a sensibilidade da espessura da zona activa (7), dependente de uma tensão eléctrica junto à ligação de anel (R), é maior pelo factor m , do que na aplicação de um elemento Hall com um anel (8) sem carreiras intermédias.

As FIG. 6 e 7, mostram a vista geral e um corte transversal-vertical de uma primeira variante de um elemento Hall, fabricado através da tecnologia Bi MOS alterada. A construção deste elemento Hall é semelhante àquela do elemento Hall representado nas FIG. 3 e 4, com a diferença importante de que o anel (8) agora também possui uma placa base (15) que é do mesmo material P como o próprio anel (8). A combinação de anel (8) e placa base (15) rodeia a zona activa (7) agora não só lateralmente, mas também para baixo. Na área de passagem entre a placa base (15) e a zona activa (7) do elemento Hall encontra-se, além disso, ainda uma camada enterrada (16) ("burried layer") de material fortemente dotado de átomos estranhos do mesmo tipo de capacidade condutora de material N como o substrato (6). O substrato (6) possui um contacto de ligação (17) de material fortemente dotado de átomos estranhos, o qual está integrado à superfície do elemento Hall no substrato (6) e ligado a uma ligação exterior SUB. O contacto de ligação (17) é do mesmo tipo de capacidade condutora de material N como o substrato (6).

As FIG. 8 e 9, mostram a vista geral e um corte transversal-vertical de uma segunda variante de um elemento Hall, fabricado através da tecnologia Bi MOS alterada. A construção deste elemento Hall é semelhante àquela do elemento Hall representado nas FIG. 6 e 7, com a diferença de que a placa base (15), pertencente ao anel (8), serve de portador mecânico ao elemento Hall e substitui, assim, o substrato (6), e de que os dois contactos de ligação à corrente (2,3) exteriores estão alongados no fundo até ao seu contacto com a camada enterrada



(16). Também falta o substrato (6) com o correspondente contacto de ligação (17). Por razões de ser mais simples a representação no desenho, na FIG. 9 o anel (8) é representado em corte transversal rectangular, ao contrário do que acontece ao anel (8) na FIG. 7, facto que não tem influência na função. Além disso, o anel (8) é fortemente dotado de átomos estranhos.

As FIG. 10 e 11, mostram a vista geral e um corte transversal-vertical de um transistor bipolar, fabricado através da tecnologia Bi MOS alterada. No que respeita ao substrato (6), ao anel (8), à placa base (15), à camada enterrada (16) e ao contacto de ligação (17), a sua construção é exactamente igual àquela do elemento Hall representado nas FIG. 6 e 7. Porém, o transistor bipolar possui apenas três, em vez de cinco, ligações, uma ligação de colector (C), uma ligação de emissor (E) e uma ligação de base (B). A ligação de base (B) é ligada ao leito da base (18), que é do tipo oposto de capacidade condutora de material do que o substrato (6), portanto de material P. A ligação de colector (C) e a ligação de emissor (E) possuem um contacto de ligação (19,20 respectivamente), de material fortemente dotado de átomos estranhos. O contacto de ligação (19) encontra-se à superfície no substrato (6) e o contacto de ligação (20) à superfície do leito da base (18). Ambos os contactos de ligação (19,20) são do mesmo tipo de capacidade condutora de material como o substrato (6), isto é de material N. O anel (8) rodeia lateralmente o contacto de ligação (19) e o leito da base (18) exactamente assim como rodeia os contactos de ligação (1-5) na FIG. 7. Uma camada (12) de material P não existe



aquí. Como demonstra uma comparação das FIG. 6 e 7 de um lado e das FIG. 10 e 11 do outro lado, a estrutura dos elementos de construção ali representados é semelhante, de modo que é possível sem mais nem menos, através da mesma tecnologia, encaixar ambos os elementos de construção numa única ligação integrada, com o fim de realizar a ligação representada na FIG. 17.

Os elementos Hall representados nas FIG. 1-9 com cinco ligações à corrente e aos sensores C_1, C'_2, C''_2, S_1 e S_2 respectivamente, são, como já mencionado, comandados pelo exterior, como demonstrado na FIG. 16. Um campo magnético a medir H_N actua em paralelo à superfície de uma ligação integrada, a qual contém um elemento Hall. Um polo V_{DD} de uma tensão de alimentação $V_{DD}; V_{SS}$ é ligado, através de um gerador de corrente (21), à ligação central de corrente C_1 de um elemento Hall (22), enquanto o outro polo V_{SS} da tensão de alimentação $V_{DD}; V_{SS}$ é conduzido, através de duas resistências (R_1) e (R_2) respectivamente, às outras duas ligações de corrente C_2, C''_2 respectivamente, do elemento Hall (22) (ver FIG. 16). A corrente de alimentação i do elemento Hall (22), fornecida pelo gerador de corrente (21), divide-se dentro do elemento Hall (22) e sai do elemento Hall (22) através das duas resistências (R_1) e (R_2) respectivamente, como corrente $i/2$.

As FIG. 12 e 13, mostram a vista geral e um corte transversal-vertical de um elemento Hall horizontal, fabricado através da tecnologia Bi MOS, cuja construção é, excepto a disposição em cruz dos contactos de ligação (1,2,4,5), semelhante àquela do elemento Hall vertical repre-



sentado nas FIG. 1 e 2, com a diferença de que o anel (8) possui uma placa base (15), a qual é do mesmo tipo de capacidade condutora de material como o anel (8), quer dizer portanto, de material P. Condi-
cionado pela existência da placa base (15), a zona desfalcada (11) rodeia agora a zona activa (7) do elemento Hall não apenas lateralmen-
te e para cima, mas também para baixo. Na FIG. 13 foi suposto que a placa base (15) serve de suporte mecânico a todo o elemento Hall.

As FIG. 14 e 15 mostram a vista geral e um corte transversal-vertical de um elemento Hall horizontal, fabricado através da tecnologia Bi MOS, cuja construção é, excepto a disposição em cruz dos contactos de ligação (1,2,4,5) semelhante àquela do elemento Hall vertical repre-
sentado nas FIG. 6 e 7. No elemento Hall horizontal falta apenas a camada enterrada (16). Das FIG. 14 e 15 também é deduzível que se forma um transistor de efeito de campo, fabricado através da mesma tecnologia como o elemento Hall correspondente, no caso de que no elemento Hall ali representado serem suprimidos os dois contactos de ligação (4,5) com as suas ligações aos sensores S_1 e S_2 . Assim, tran-
sistores de efeito de campo, por exemplo, o transistor de efeito de campo (32) representado na FIG. 17, e elementos Hall podem ser encai-
xados numa única ligação integrada através da mesma tecnologia.

A instalação representada na FIG. 17, além de um elemento Hall (22) e do gerador de corrente (21), ainda contém uma ligação reguladora (24,25,26,27). Na FIG. 17, foi suposto que o elemento Hall (22) é um dos elementos Hall representados nas FIG. 12-15, os quais além da

ligação de anel (R) possuem apenas quatro ligações à corrente e aos sensores C_1, C_2, S_1 e S_2 respectivamente. Neste caso, as duas ligações à corrente C_1 e C_2 são ligadas cada uma a um polo do gerador de corrente (21).

Se, ao contrário, o elemento Hall (22) representado na FIG. 17 for um dos elementos Hall representados nas FIG. 1-9, os quais todos além da ligação de anel (R) ainda possuem cinco ligações à corrente e aos sensores C_1, C'_2, C''_2, S_1 e S_2 respectivamente, então é, como já mencionado, de empregar a ligação do elemento Hall representado na FIG. 16. Em ambos os casos, uma das duas ligações aos sensores, por exemplo, a segunda ligação ao sensor S_2 , está à massa, enquanto a outra primeira ligação ao sensor S_1 forma a saída do elemento Hall (22).

A ligação Gate (G) com a sua camada Gate (10) existe apenas na aplicação de um elemento Hall representado nas FIG. 1 e 2 ou 12 e 13. Nestes casos, a ligação Gate (G) tem de ser colocada a uma dada tensão fixa. Em todos os casos, quer dizer na aplicação de um elemento Hall representado nas FIG. 1-9 ou 12-15, a ligação de anel (R) é a entrada de comando (M) do elemento Hall (22). Em todos os casos encontra-se uma camada de bloqueio (11, 12, 7 respectivamente) no mínimo entre a zona activa (7) e a superfície do elemento Hall (22) e tapa, como já mencionado, a zona activa (7) do elemento Hall (22) o mais completo possível para cima.

A camada de bloqueio (11, 12, 7 respectivamente) isola e protege a zona activa (7) do elemento Hall (22), de modo que se torna supérflua a



existência de uma camada isoladora de óxido de silício, a qual tem contacto directo e imediato com a zona activa (7) do elemento Hall (22). A quantidade variável de portadores de carga, sempre presentes numa tal camada isoladora de óxido de silício, portanto aqui não existe e não pode por isso influenciar negativamente a estabilidade e longa duração do elemento Hall (22). A camada de óxido (9) de SiO_2 representada nas FIG. 1,2,12 e 13, tem apenas uma função secundária e não tem contacto directo e imediato com a zona activa (7) do elemento Hall (22), mas sim está separada desta zona activa (7) pela camada de bloqueio (11). O efeito protector da camada de bloqueio (11,12,7 respectivamente) é tanto mais forte quanto mais completo, em todas as direcções possíveis, for o seu rodeio à zona activa (7) do elemento Hall (22), e além disso, depende da sua fundura. Esta fundura devia ser sempre constante, apesar da existência de possíveis influências perturbadoras, como por exemplo, temperaturas variáveis. Para conseguir isto, como representado na FIG. 17, o elemento Hall (22) é de equipar com uma ligação reguladora (24,25,26,27), a qual regula a fundura da camada de bloqueio (11,12,7 respectivamente) para um valor constante.

Na FIG. 17 a saída (S_1) do elemento Hall (22) é ligada à entrada de comando (M) do elemento Hall (22) através da ligação reguladora (24, 25,26,27). A ligação reguladora (24,25,26,27) consiste no mínimo num detector do valor real (24), num dador do valor teórico (25) e num dador de diferencial valor teórico/valor real (26,27). A saída (S_1) do elemento Hall (22), através do detector do valor real (24), é



ligada a uma entrada (E_1) do dador do diferencial valor teórico/valor real (26,27), e a saída do dador de valor teórico (25) é ligada directamente à sua segunda entrada (E_2). A saída do dador do diferencial valor teórico/valor real (26,27) é conduzida para a entrada de comando (M) do elemento Hall (22). O detector do valor real (24), no caso mais simples, é um formador de valor absoluto, por exemplo, um rectificador, cuja tensão de saída é sempre igual ao valor absoluto da sua tensão de entrada.

Na FIG. 17 o formador de valor absoluto, e com ele também o detector do valor real (24), consiste num comutador (29), comandado por um dispositivo de comando (28), e num amplificador de inversão (30). Na FIG. 17, o detector do valor real (24) ainda possui facultativamente um seguidor da tensão (31) para desacoplamento. Dentro do detector do valor real (24), a sua entrada é ligada directamente ou através do seguidor da tensão (31), conforme a posição do comutador (29), pelo comutador (29), ou à saída ou à entrada do amplificador de inversão (30). A saída do amplificador de inversão (30) forma a saída do detector do valor real (24) e, por conseguinte, é conduzida à entrada (E_1) do dador do diferencial valor teórico/valor real (26,27). A entrada do detector do valor real (24), além disso, ainda é ligada directamente ou através do seguidor de tensão (31) à entrada do dispositivo de comando (28), cuja saída é conduzida à entrada de comando do comutador (29). O dispositivo de comando (28) consiste, por exemplo, apenas num comparador e detecta a polaridade da tensão de entrada do detector do valor real (24) e, com isso, também a polaridade da tensão de saída



V_H do elemento Hall (22). Conforme a polaridade desta tensão de saída V_H , o comutador (29) ou ultrapassa ou põe a funcionar o amplificador de inversão (30). Por outras palavras: se a tensão de saída V_H do elemento Hall (22) for positiva, ela é conduzida directamente sem inversão do sinal prévio, se for negativa, ela é conduzida através do primeiro amplificador de inversão (30), com inversão do sinal prévio, à primeira entrada (E_1) do dador do diferencial valor teórico/valor real (26,27).

O dador do valor teórico (25) consiste, por exemplo, na ligação em série de uma resistência prévia (R') e do trajecto "Source-Drain" de um transistor de efeito de campo (32), cujo polo comum forma a saída do dador do valor teórico (25) e, assim, é ligado à segunda entrada (E_2) do dador do diferencial valor teórico/valor real (26,27). O outro polo da resistência prévia (R') está junto de uma primeira tensão de referência $V_{Ref,1}$, a ligação Gate do transistor de efeito de campo (32) junto de uma segunda tensão de referência $V_{Ref,2}$, e o outro polo do trajecto "Source-Drain" do transistor de efeito de campo (32) junto de uma terceira tensão de referência $V_{Ref,3}$.

O dador do diferencial valor teórico/valor real (26,27) consiste no mínimo num amplificador do diferencial (26), o qual é construído, por exemplo, de uma forma conhecida por meio de um amplificador operacional (33). Neste caso, a entrada de inversão do amplificador operacional (33) é ligada através de uma primeira resistência de entrada (R_3) à primeira entrada (E_1), através de uma segunda resistência de entra-



da (R_4) à segunda entrada (E_2) e através de uma resistência de realimentação (R_5) à saída (F) do amplificador do diferencial (26). A saída (F) é, ao mesmo tempo, também a saída do amplificador operacional (33). A entrada de não-inversão do amplificador operacional (33) encontra-se por cima de uma terceira entrada (E_3) do amplificador do diferencial (26) junto a uma quarta tensão de referência $V_{Ref,4}$. O amplificador do diferencial (26) é ligado, por exemplo, como amplificador de inversão. Neste caso é preciso ligar um outro amplificador em cascata, por exemplo, com o fim de anular a inversão causada pelo amplificador do diferencial (26). Cada um dos dois amplificadores (27,30) possui, por exemplo, um factor de amplificação -1 e é, por exemplo, construído também de modo conhecido, com um amplificador operacional cada.

O transistor de efeito de campo (32) serve como elemento sensível à temperatura, cuja corrente de saturação ("Pinch off") é inversamente proporcional ao quadrado da temperatura de ambiente do transistor de efeito de campo (32) e também do elemento Hall (22), porque estes dois elementos de construção se encontram muito perto um do outro, graças ao seu encaixe numa ligação integrada. Isto, por sua vez mostra, como é importante que tanto o elemento Hall (22) como os transistores, como por exemplo, o transistor de efeito de campo (32), são integráveis no mesmo cristal semiconductor por meio da mesma tecnologia.

A ligação reguladora (24,25,26,27) regula a espessura da camada de

bloqueio (11,12,7 respectivamente), na medida em que compara a tensão de saída do elemento Hall (22) como valor real com o valor teórico, fornecido pelo dador de valor teórico (25), e deposita amplifiadamente a assim obtida diferença entre valor teórico e valor real na entrada de comando (M) do elemento Hall (22). Como o transistor de efeito de campo (32) é um elemento de construção sensível à temperatura, também o valor teórico depende da temperatura. Este facto permite à ligação reguladora (24,25,26,27), regular neste caso a espessura da camada de bloqueio (11,12,7 respectivamente) para um valor que possibilita a independência da sensibilidade do campo magnético do elemento Hall (22) em relação à temperatura. Se o elemento Hall (22) já por si é suficientemente estável à temperatura, o transistor de efeito de campo se torna supérfluo e pode ser suprimido.

O comutador (29), na FIG. 17, é representado como contacto de relé. Na prática no entanto, ele é, regra geral, um comutador semiconductor comandável que é fabricado, por exemplo, através da tecnologia CMOS.

A ligação representada na FIG. 17, além disso, tem a vantagem, dada a corrente de alimentação, de linearisar a curva característica $V_H=f(B)$ do elemento Hall (22), onde são eliminadas as não-linearidades tanto pares como ímpares. A definição da não linearidade é visível na FIG. 18, onde é representada uma curva característica não-linear $V_H=f(B)$ para uma dada corrente de alimentação i . A curva característica linearisada é reproduzida na FIG. 18 a traço não contínuo. A um certo valor $B = B_1$ da indução B , a curva característica não-linear da tensão



de saída Hall V_H possui um ponto de actuação X , cuja ordenada é igual a $V_H(B_1)$, enquanto o ponto de actuação Y correspondente na curva característica tem a ordenada

$$\left[\frac{\partial V_H}{\partial B} \right]_{B=0} \cdot B_1,$$

onde o factor

$$\left[\frac{\partial V_H}{\partial B} \right]_{B=0}$$

representa tanto a subida da curva característica não-linear, como também a subida da curva característica linear no ponto zero $B = 0$. A não-linearidade $\mathcal{E}(B_1)$ é definida pelo valor $B = B_1$, como diferença das duas ordenadas dos pontos de actuação Y e X . Isto quer dizer:

$$\mathcal{E}(B_1) = \left[\frac{\partial V_H}{\partial B} \right]_{B=0} \cdot B_1 - V_H(B_1)$$

A não-linearidade é do tipo par, se:

$$\mathcal{E}(B_1) = \mathcal{E}(-B_1) \quad (\text{ver FIG. 19})$$

A não-linearidade é do tipo ímpar, se:

$$\mathcal{E}(B_1) = -\mathcal{E}(-B_1) \quad (\text{ver FIG. 20})$$



A não-linearidade representada na FIG. 18 é do tipo ímpar.

Se a não-linearidade de um dado elemento Hall (22) é do tipo par ou ímpar, é preciso averiguar, por exemplo, através de uma medição, antes do encaixe do elemento Hall (22) na ligação representada na FIG. 17. A seguinte descrição de funcionamento é válida na suposição de que aos valores positivos da indução B correspondem também valores positivos da tensão de saída V_H do elemento Hall (22) e, de que aos valores negativos da indução B correspondem também valores negativos da tensão de saída V_H (ver FIG. 18).

Num elemento Hall do tipo par, regra geral, a não-linearidade $\mathcal{E}(B)$ em função da indução B ou é sempre positiva, como demonstra a curva característica de traço contínuo na FIG. 19, ou é sempre negativa, como demonstra a linha de traço não contínuo na FIG. 19.

Num elemento Hall do tipo ímpar, regra geral, a não-linearidade $\mathcal{E}(B)$ em função da indução B é, como demonstrado na FIG. 20 por uma curva característica de traço contínuo, positiva para valores positivos de B e é negativa para valores negativos de B ou, ao contrário, é, como demonstrado na FIG. 20 por uma curva característica de traço não contínuo, negativa para valores positivos de B e é positiva para valores negativos de B.

Se, de modo ideal, o elemento Hall (22) é do tipo par, então a quarta entrada (E_4) do amplificador do diferencial (26) não é utilizada,



quer dizer, a ligação facultativa desenhada na FIG. 17 com traço não contínuo, entre a saída do seguidor da tensão (31) e a quarta entrada (E_4) do amplificador do diferencial (26), não se realiza, e apenas o valor absoluto da tensão de saída V_H do elemento Hall (22) alcança a primeira entrada (E_1) do amplificador do diferencial (26) através do detector do valor real (24).

Se, neste caso, o elemento Hall (22) possuir uma curva característica semelhante àquela que é representada na FIG. 19 com traço contínuo, e na condição de que o seguidor da tensão (31) possui um factor de amplificação positivo +1, o amplificador (27) tem de ser um amplificador de inversão, de modo que a ligação em cascata (24,26,27) não cause uma inversão de tensão. Se, ao contrário, o elemento Hall (22) possuir uma curva característica semelhante àquela que é representada na FIG. 19 com traço não contínuo, nas mesmas condições, o amplificador (27) tem de ser um amplificador de não inversão, de modo que a ligação em cascata (24,26,27) cause uma inversão de tensão. Se, de modo ideal, o elemento Hall (22) é do tipo par, o dispositivo de comando (28), o comutador (29) e o amplificador de inversão (30) podem ser suprimidos, quer dizer que não se forma um valor absoluto de tensão de saída V_H do elemento Hall (22), e esta tensão de saída V_H alcança uma quarta entrada (E_4) do amplificador do diferencial (26) através do seguidor da tensão (31) e de uma ligação facultativa, representada na FIG. 17 com traço não contínuo. No amplificador do diferencial (26), a quarta entrada é ligada à entrada de inversão do amplificador operacional (33) através de uma terceira resistência de



entrada (R_6).

Se, neste caso, o elemento Hall (22) possuir uma curva característica semelhante àquela que é representada na FIG. 20 com traço contínuo, e mais uma vez na condição de que o seguidor da tensão (31) possuir um factor de amplificação positivo +1, o amplificador (27) tem de ser um amplificador de inversão, de modo que a ligação em cascata (31,26,27) não cause uma inversão de tensão. Se, ao contrário, o elemento Hall (22) possuir uma curva característica semelhante àquela que é representada na FIG. 20 com traço não contínuo, o amplificador (27), nas mesmas condições, tem de ser um amplificador de não-inversão, de modo que a ligação em cascata (31,26,27) cause uma inversão de tensão.

As curvas características representadas nas FIG. 19 e 20 são curvas características ideais. Na prática, estas curvas não decorrem tão simetricamente em relação ao eixo $\mathcal{E}(B)$ e ao ponto zero, respectivamente, quer dizer, na prática, regra geral, há sempre uma mistura de paridade e imparidade. Neste caso, a tensão de saída V_H do elemento Hall (22) tem de alcançar tanto a primeira entrada (E_1) através do detector do valor real (24), como a quarta entrada (E_4) através do seguidor da tensão (31). Como as assimetrias não são forçosamente iguais nas não-linearidades pares e ímpares, eles podem ser corrigidos para mais ou menos pela escolha de valores diferentes das resistências de entrada (R_3, R_6). A primeira e quarta entrada (E_1) e (E_4) do amplificador do diferencial (26) formam assim, cada uma, uma de duas entradas de valor real. Na quarta entrada (E_4) aparece sempre a tensão de



saída V_H do elemento Hall (22) com o seu sinal prévio real, enquanto na primeira entrada (E_1) do amplificador do diferencial (26) existe sempre o valor absoluto desta tensão de saída. A soma das duas tensões situadas nas duas entradas (E_1) e (E_4) do amplificador do diferencial (26) forma aqui o valor real da ligação reguladora (24,25,26,27).

Resumindo brevemente, o modo de actuação da ligação na FIG. 17 pode ser descrito pelo seguinte: As tensões de referência $V_{Ref,1}$, $V_{Ref,2}$, $V_{Ref,3}$, $V_{Ref,4}$, são escolhidas de modo que na entrada do amplificador (27) existe um valor teórico positivo no caso do amplificador (27) ser de inversão e, ao contrário, um valor teórico negativo no caso de o amplificador (27) não ser de inversão, na medida que nos dois casos, junto da entrada de comando (M) do elemento Hall (22), existe uma tensão base como valor teórico. Se, por exemplo, o campo magnético, medido por meio do elemento Hall (22), for um campo magnético alternado de forma sinusoidal, a tensão de saída V_H do elemento Hall (22) é uma tensão alternada de forma sinusoidal. Num elemento Hall (22) com não-linearidade ideal ímpar, esta tensão alternada V_H de forma sinusoidal é conduzida sem alterações como valor real à quarta entrada (E_4) do amplificador do diferencial (26) e, a seguir, conforme o factor de amplificação positivo ou negativo do amplificador (27), sobreposta ao valor teórico constante com ou sem inversão, de modo que a tensão negativa na entrada de comando (M) do elemento Hall (22), e na direcção certa se torna mais ou menos negativa, actuação em que a tensão total à entrada de comando (M) em todo o caso tem de ficar negativa.



Com um elemento Hall (22) com não-linearidade ideal par acontece o mesmo, só que desta vez as meias ondas negativas da tensão de saída V_H do elemento Hall (22) têm de ser rectificadas, e, através do comutador (29) e do amplificador de inversão (30), a tensão de saída V_H rectificada é conduzida como valor real à primeira entrada (E_1) do amplificador do diferencial (26). Se o factor de amplificação do amplificador de inversão (30) for igual a -1, as meias ondas negativas rectificadas têm o mesmo tamanho das meias ondas positivas, caso contrário, são de tamanho diferente. Num elemento Hall (22) com não-linearidades assimétricas, quer dizer, se existe uma combinação de não-linearidades pares e ímpares, também o valor real tem de ser uma combinação dos dois valores acima mencionados, quer dizer: ao mesmo tempo a tensão de saída V_H não alternada tem de ser conduzida à entrada (E_4) e a tensão de saída V_H rectificada à entrada (E_1). Neste caso, a soma da tensão de saída V_H e da tensão de saída V_H rectificada torna-se eficaz como valor real total, em que os valores das resistências de entrada (R_6 e R_3 respectivamente) formam o respectivo factor de medida.

Como num dado campo magnético a sensibilidade e com ela também a tensão de saída V_H do elemento Hall (22) é aproximadamente inversamente proporcional em relação à espessura da camada de bloqueio, e por outro lado, esta espessura é proporcional à tensão que se forma na entrada de comando (M), a não-linearidade da tensão de saída V_H é corrigida, se a tensão na entrada de comando (M) do elemento Hall (22) é regulada na direcção certa.



A FIG. 21 corresponde aproximadamente à FIG. 1 e a FIG. 22 à FIG. 2, com a única diferença que nas duas FIG. 1 e 2 a camada Gate eléctrica condutora (10) é substituída por três camadas Gate (10a,10b,10c), dispostas em paralelo uma ao lado da outra, mas separadas uma da outra. A camada Gate do meio (10b) tapa completamente para cima aquela parte da zona activa (7) que contém os contactos de ligação (1,4,5) e possui uma ligação Gate (G). A camada Gate (10a), representada no desenho à esquerda, tapa completamente para cima aquela parte da zona activa (7) que contém o contacto de ligação (2) e possui uma ligação Gate (OL). A camada Gate (10c), representada no desenho à direita, tapa completamente para cima aquela parte da zona activa (7), que contém o contacto de ligação (3) e possui uma ligação Gate (OR).

A FIG. 23, corresponde aproximadamente à FIG. 3 e a FIG. 24 à FIG. 4, com a diferença de que os dois contactos de ligação à corrente exteriores (2,3) são de forma anelar rectangular e rodeiam cada um lateralmente uma região de contacto (2a,3a, respectivamente) de uma ligação Gate (OL,OR, respectivamente), em que as duas regiões de contacto (2a,3a) das ligações Gate (OL,OR) são fortemente dotadas de átomos estranhos e do tipo oposto de capacidade condutora de material P de que os contactos de ligação (2,3), quer dizer, elas são de material P^+ , no caso de os contactos de ligação (2,3) serem de material N^+ .

O elemento Hall representado nas FIG. 21, 22, 23 e 24 respectivamente é comandado pelo exterior à semelhança do elemento Hall (22) na FIG. 16, só que agora ainda existem mais duas ligações Gate (OL) e (OR)



que servem à compensação da tensão zero ("Offset") do elemento Hall. O esquema alternativo do elemento Hall consiste agora, segundo a FIG. 25, em quatro resistências (R_7, R_8, R_9, R_{10}) como em dois transistores de efeito de campo (34,35), cuja ligação Gate é sempre a ligação Gate (OL) e (OR) respectivamente do elemento Hall. A resistência (R_7), o trajecto "Source-Drain" do transistor de efeito de campo (34) e a resistência (R_9) são ligadas em série, na ordem mencionada, como também a resistência (R_8), o trajecto "Source-Drain" do transistor de efeito de campo (35) e a resistência (R_{10}). As duas pontas livres das resistências (R_7) e (R_8) são interligadas e formam o contacto de ligação (1) do elemento Hall, o qual é alimentado pelo gerador de corrente (21) com a corrente i , exactamente como demonstrado na FIG. 16. A ligação livre da resistência (R_9) forma o contacto de ligação (2) e a ligação livre da resistência (R_{10}) o contacto de ligação (3) do elemento Hall. Os dois contactos de ligação (2,3) são, exactamente como na FIG. 16, através das resistências (R_1) e (R_2) respectivamente, ligados exteriormente ao polo V_{SS} da tensão de alimentação $V_{DD}; V_{SS}$, enquanto um segundo polo do gerador de corrente (21) é conduzido ao polo V_{DD} . A ligação comum da resistência (R_7) e do transistor de efeito de campo (34) forma a primeira ligação ao sensor S_1 , e a ligação comum da resistência (R_8) e do transistor de efeito de campo (35) forma a segunda ligação ao sensor S_2 do elemento Hall.

E válido: $R_1 = R_2$ e $R_7 = R_8$.

Num elemento Hall ideal sem tensão nula (tensão Offset), ainda é



válido: $R_9 = R_{10}$ com $R_{10} = R_7$. As resistências "Source-Drain" dos dois transistores de efeito de campo (34,35) também são iguais e denominados com R_T , no caso de se formar uma tensão eléctrica igual nas duas ligações Gate (OL,OR).

Em elementos Hall não ideais, nos quais existe uma tensão nula (tensão Offset), é válido, por exemplo: $R_9 = R_{10} + \Delta R$, isto é, a ponte de medida $R_7;34;R_9;R_1;R_2;R_{10};35;R_8$ é assimétrica, e na saída $S_1;S_2$ do elemento Hall, com campo magnético ausente, forma-se uma tensão de saída diferente de nulo. Esta pode ser compensada pelo facto de que se altera a tensão na ligação Gate (OR) do transistor de efeito de campo (35), de tal modo que o seu trajecto "Source-Drain" adopta uma resistência $R_T + \Delta R$. Assim, a ponte de medida torna-se outra vez simétrica, porque o ΔR da resistência (R_9) é compensada pelo ΔR do trajecto "Source-Drain" do transistor de efeito de campo (35). A tensão à saída $S_1;S_2$ do elemento Hall certamente se torna nula outra vez com o campo magnético ausente. Quer dizer, a tensão nula do elemento Hall pode ser compensada por meio das duas tensões eléctricas nas ligações Gate (OR,OL).



REIVINDICAÇÕES

1ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada que possui dois contactos de ligação a sensores e pelo menos dois contactos de ligação à corrente que se encontram numa superfície no elemento Hall, caracterizado pelo facto de existir entre a zona activa (7) do elemento Hall (22) e a superfície do elemento Hall (22) uma camada de bloqueio (11,12,7, respectivamente) que tapa a zona activa (7) do elemento Hall (22) para cima.

2ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de a saída (S_1) do elemento Hall (22), através duma ligação reguladora (24,25,26,27), ser ligada a uma entrada de comando (M) do elemento Hall (22), o qual regula a espessura da camada de bloqueio (11,12,7, respectivamente).

3ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 2, caracterizado pelo facto de a ligação reguladora (24,25,26,27) consistir no mínimo num detector do valor real (24), num emissor de valor teórico (25) e num emissor de diferencial valor teórico/valor real (26,27).

4ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 3, caracterizado pelo facto de o detector do valor real (24) ser um formador de valor absoluto.



5ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 4, caracterizado pelo facto de o detector do valor real (24) consistir no mínimo num comutador (29), comandado por um dispositivo de comando (28), e num amplificador de inversão (30).

6ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 5, caracterizado pelo facto de o dispositivo de comando (28) consistir num comparador.

7ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 4, caracterizado pelo facto de o detector do valor real (24) consistir num rectificador.

8ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo uma das reivindicações 3 a 7, caracterizado pelo facto de o emissor do valor teórico (25) consistir na ligação em série duma resistência prévia (R') e no trajecto "Source-Drain" dum transistor de efeito de campo (32).

9ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo uma das reivindicações 3 a 8, caracterizado pelo facto de o emissor do diferencial valor teórico/valor real (26,27) consistir no mínimo num amplificador do diferencial (26).

10ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação inte-



grada, segundo a reivindicação 9, caracterizado pelo facto de o amplificador do diferencial (26) ser ligado como amplificador de inversão seguido de um outro amplificador de inversão, ligado em cascata.

11ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo as reivindicações 9 ou 10, caracterizado pelo facto de o amplificador do diferencial (26) possuir duas entradas de valor real (E_1, E_4), das quais a primeira (E_1) é ligada à saída e a outra (E_4) à entrada do detector do valor real (24).

12ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo as reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo facto de a camada de bloqueio (11) ser formada por uma zona empobrecida, produzida por influência electrostática por meio de uma tensão eléctrica que se encontra ligada a uma camada Gate eléctrica condutora (10) através duma ligação Gate (G); de a camada Gate (10), separada por uma camada de óxido (9), estar situada na superfície do elemento Hall (22), de modo que a camada Gate (10), e com ela também a zona empobrecida, tapam a zona activa (7) do elemento Hall (22) para cima; e de existir uma ligação em anel (R) de um anel (8), que cerca a zona activa (7) do elemento Hall (22), no mínimo lateralmente, e que é do tipo oposto de capacidade condutora de material tal como a zona activa (7) do elemento Hall (22), que forma uma entrada de comando (M) do elemento Hall (22).



13ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo as reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo facto de a camada de bloqueio (12,7) ser formada pela camada de passagem da zona activa (7) do elemento Hall (22), a uma camada (12) situada na superfície no elemento Hall (22), que é do tipo oposto de capacidade condutora (P) tal como a zona activa (7) do elemento Hall (22) e que tapa esta zona activa (7) para cima; e de a camada (12) ter contacto eléctrico com uma ligação de anel (R), que forma uma entrada de comando (M) do elemento Hall (22).

14ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 13, caracterizado pelo facto de todos os contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5) do elemento Hall (22) serem alongados na mesma direcção; de existir um anel (8) com uma ligação de anel (R) que cerca a zona activa (7) do elemento Hall (22) no mínimo lateralmente e que é do tipo oposto de capacidade condutora de material tal como a zona activa (7) do elemento Hall (22), e que, através de carreiras intermédias (13,14) que se formam aproximadamente na vertical em relação à direcção longitudinal dos contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5), é dividido em subaneis (I,II e III), os quais todos, verticalmente em relação à direcção longitudinal dos contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5), possuem uma largura aproximadamente igual e todos, nessa mesma direcção longitudinal, sem deslocamento mútuo, estão ordenados um por cima do outro, de modo que dois subaneis contíguos (I e II, II



e III respectivamente) possuem uma carreira intermédia (13,14 respectivamente) comum; e de todos os contactos de ligação à corrente e aos sensores (1-5) serem suficientemente compridos para ultrapassar todas as camadas rodeadas por subaneis (I,II,III).

15ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 12, caracterizado pelo facto de a camada Gate eléctrica condutora (10) ser formada por três camadas Gate (10a,10b,10c), as quais estão ordenadas em paralelo uma ao lado da outra, mas separadas uma da outra, em que a camada Gate (10b) do meio tapa aquela parte da zona activa (7) que contém os três contactos de ligação do meio (1,4,5) do elemento Hall, e cada uma das outras duas camadas Gate (10a,10c) tapar para cima uma parte da zona activa (7) tendo, cada uma, mais um contacto de ligação (2,3) do elemento Hall; e todas as três camadas Gate (10a,10b,10c) possuem uma ligação Gate (G,OL,OR) cada.

16ª.- Instalação com um elemento Hall integrável numa ligação integrada, segundo a reivindicação 13, caracterizado pelo facto de os dois contactos exteriores de ligação (2,3) serem de forma anelar e cercarem cada um lateralmente uma região de contacto (2a,3a respectivamente) duma ligação Gate (OL,OR respectivamente), em que as regiões de contacto (2a,3a) das ligações Gate (OL,OR) são dotados fortemente de átomos estranhos e do tipo oposto de capacidade condutora de



-38-

material (P) tal como os dois contactos exteriores de ligação (2,3).

LISBOA, 28 de OUTUBRO de 1986

Fig. 1

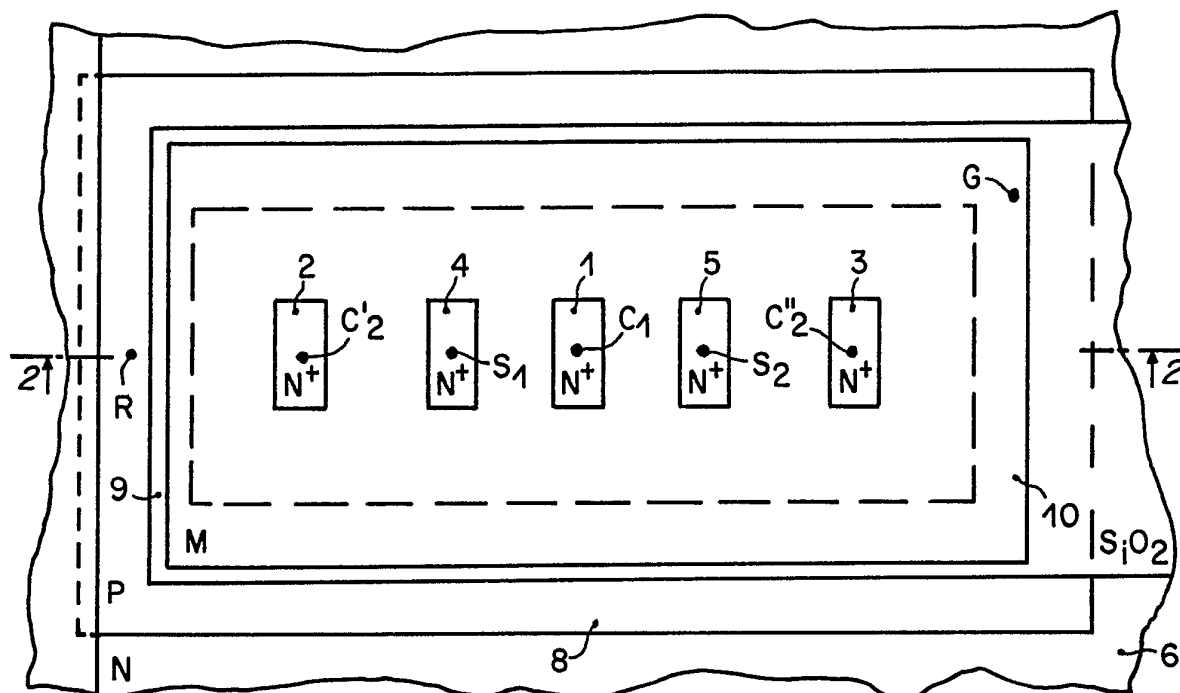


Fig. 2

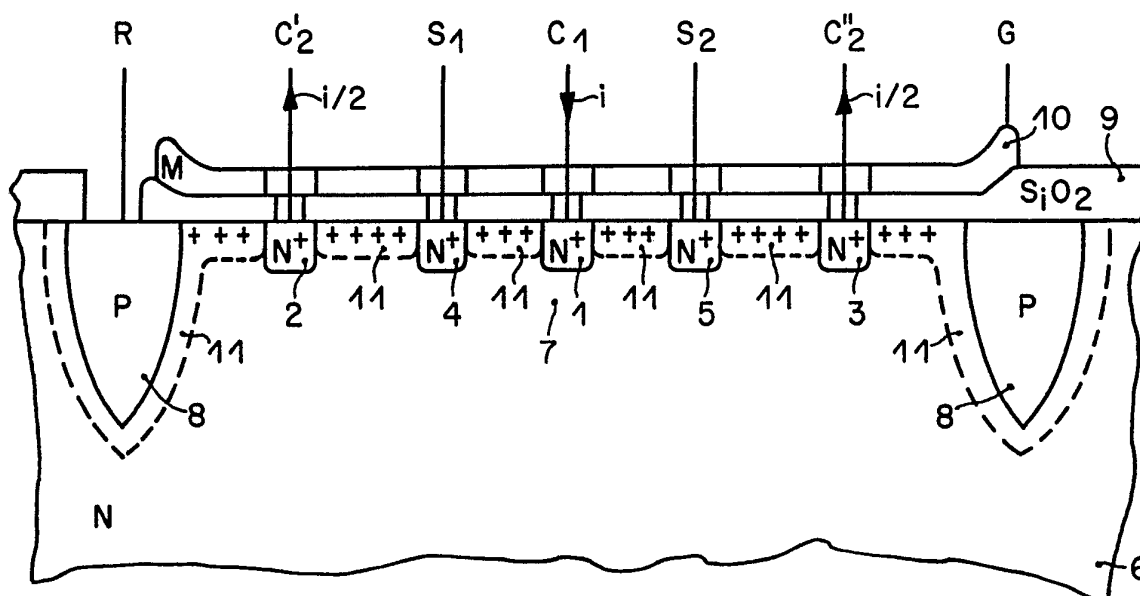


Fig. 3

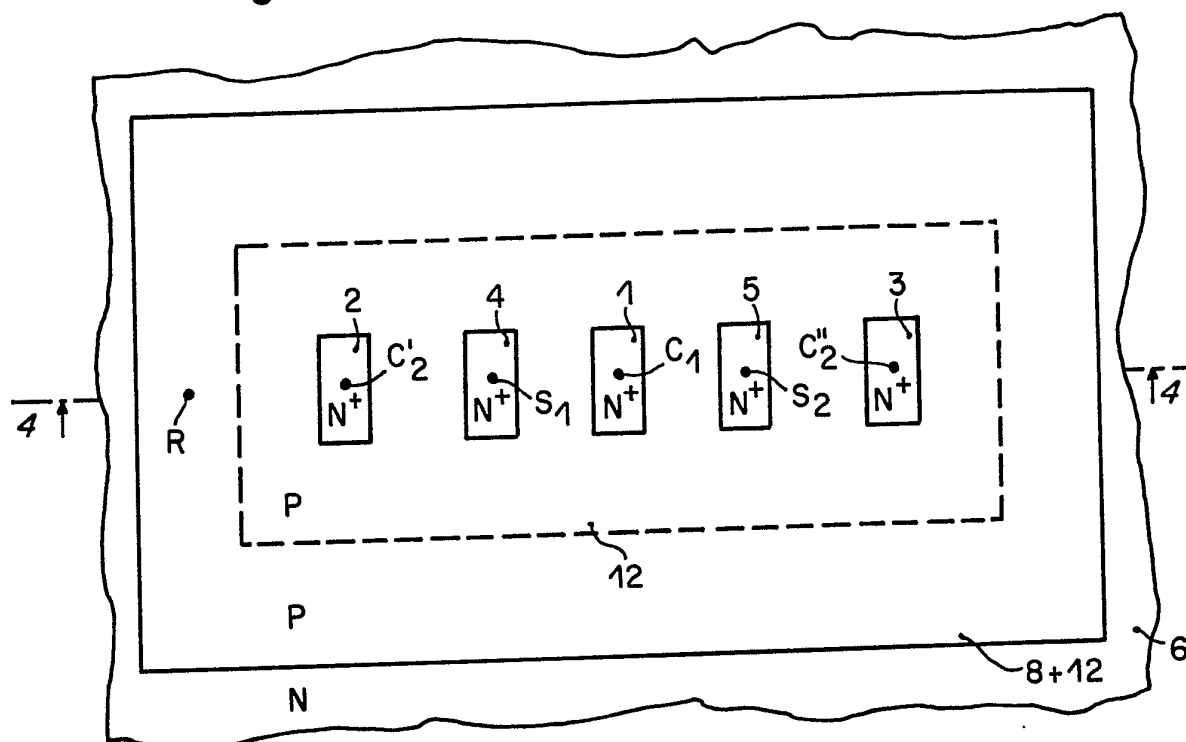


Fig. 4

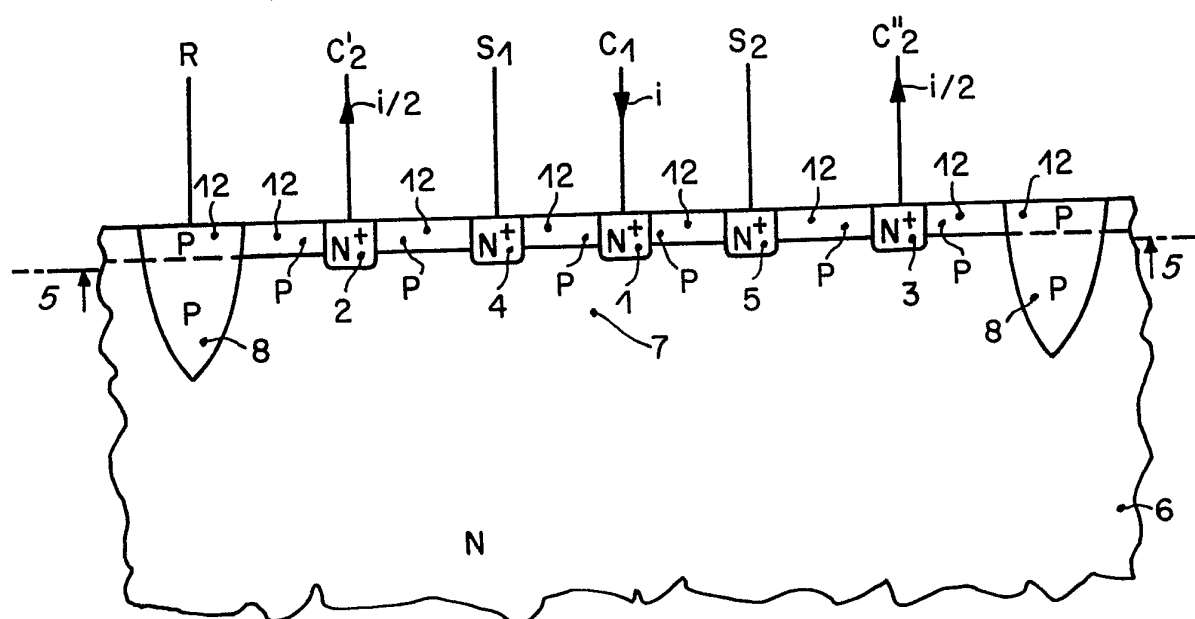


Fig. 5

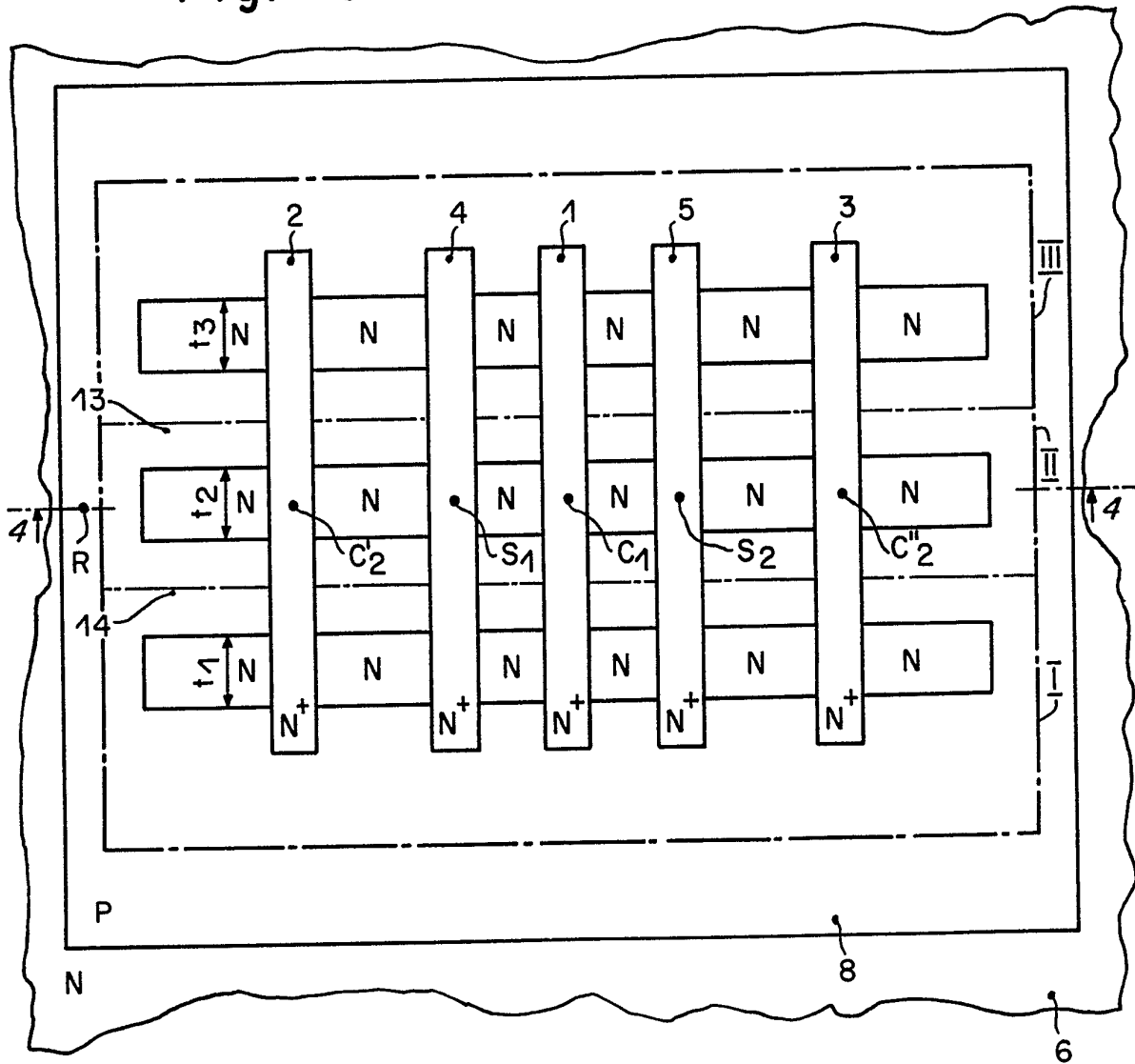


Fig. 6

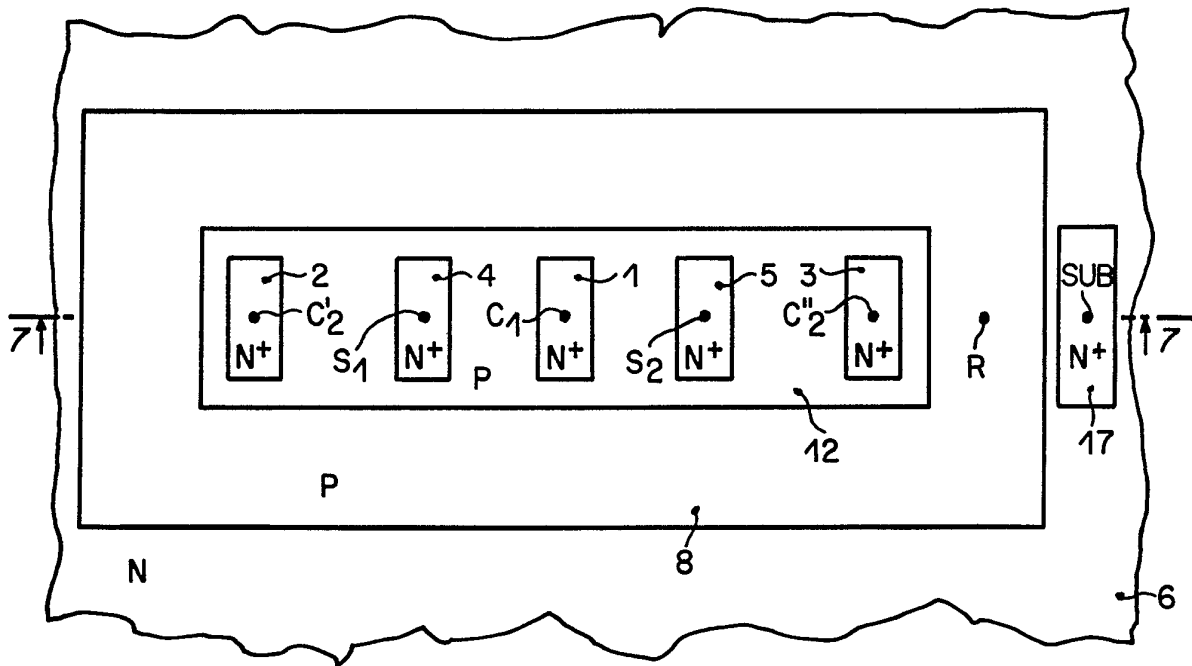
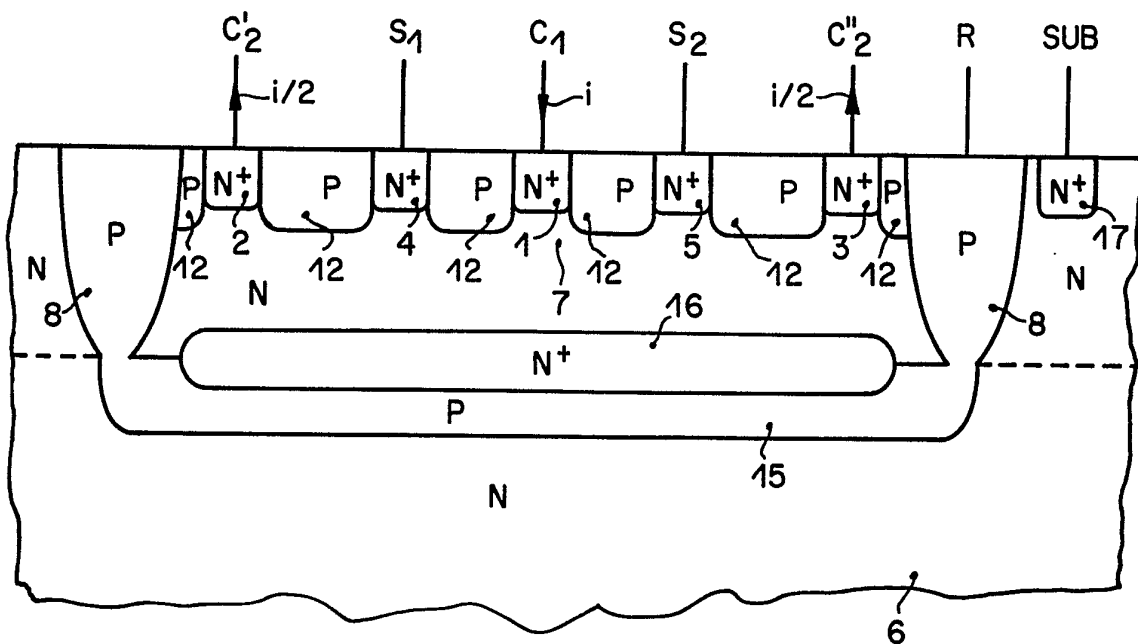


Fig. 7



es

The diagram shows a cross-sectional view of a semiconductor device. A central region is labeled 'P' and is enclosed by a dashed line. This region is flanked by two 'N+' regions, each containing a dot labeled 'C'2'. Below the 'P' region is a 'P+' region. The entire structure is bounded by a solid line. Various components are labeled with numbers and letters: '1' and '2' are dots in the 'P' region; '3' is a dot in the right 'N+' region; '4' is a dot in the left 'N+' region; '5' is a dot in the 'P' region; 'S1' and 'S2' are dots in the 'P' region; 'C1' is a dot in the left 'N+' region; 'C'2' is a dot in the right 'N+' region; 'R' is a dot in the 'P+' region; '8, 12' is a dot in the 'P+' region; and '12' is a label for the dashed line boundary.

[illegible]



Fig. 10

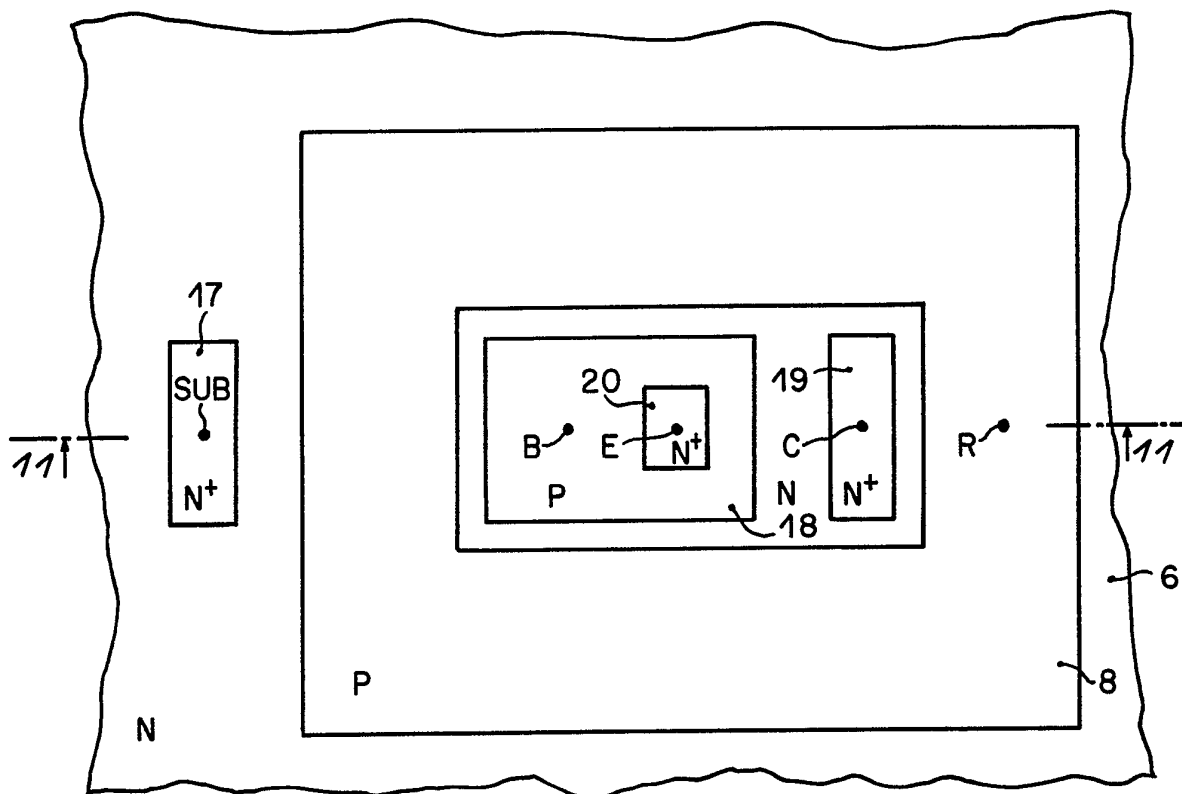


Fig. 11

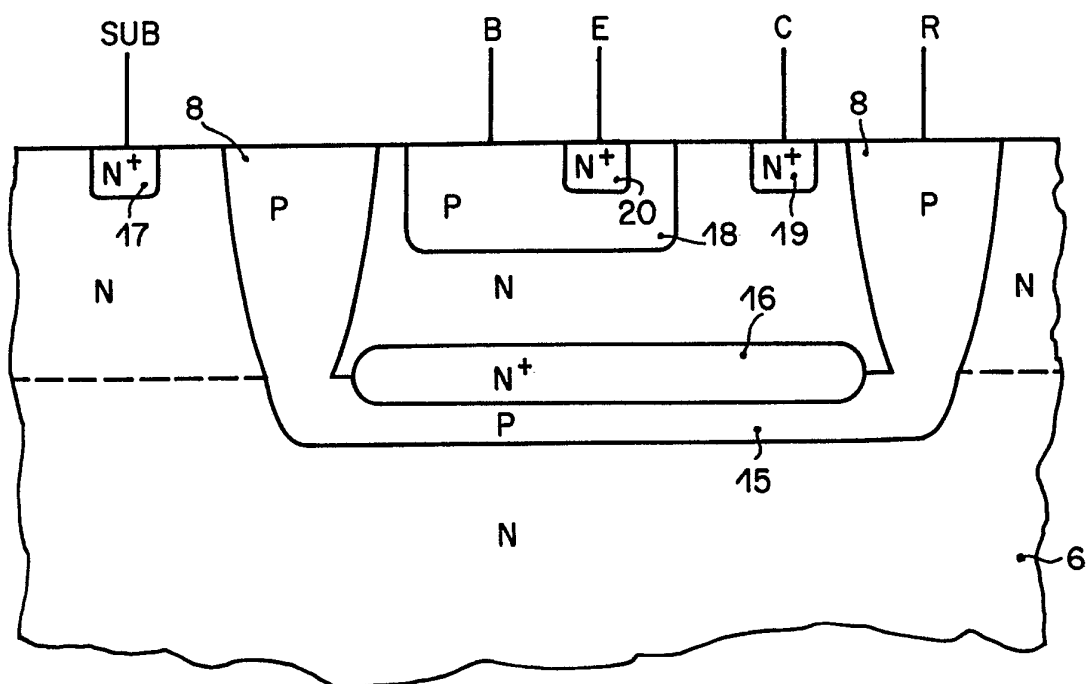


Fig. 12

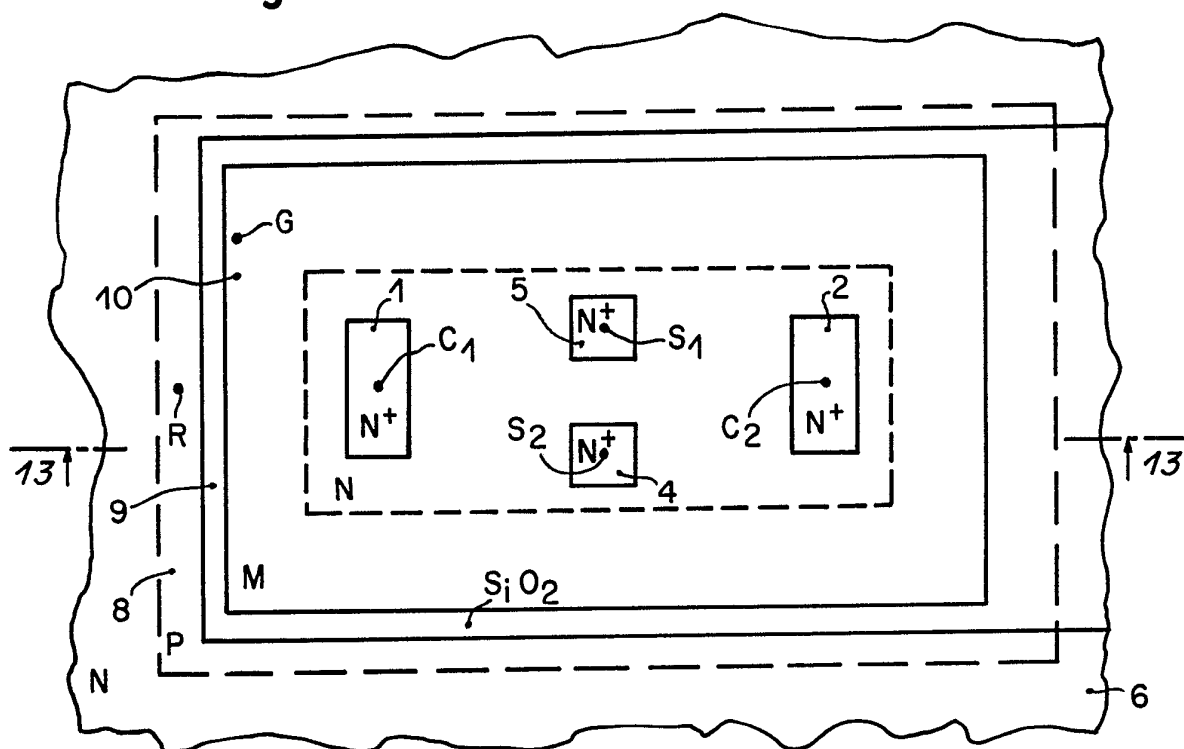


Fig. 13

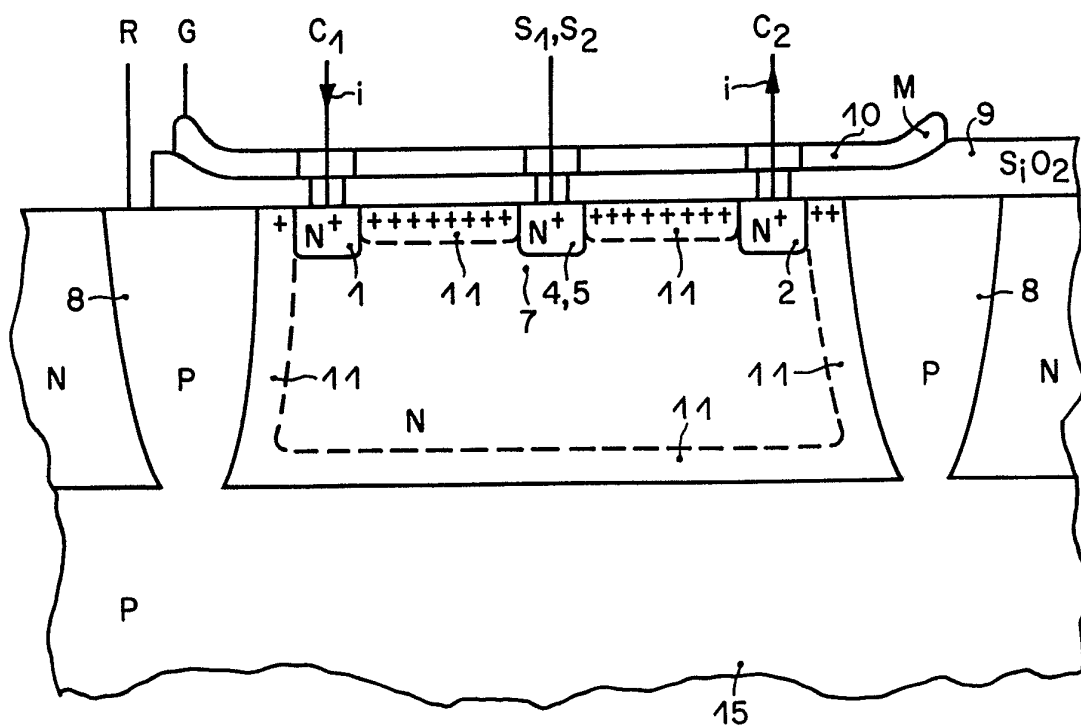


Fig. 14

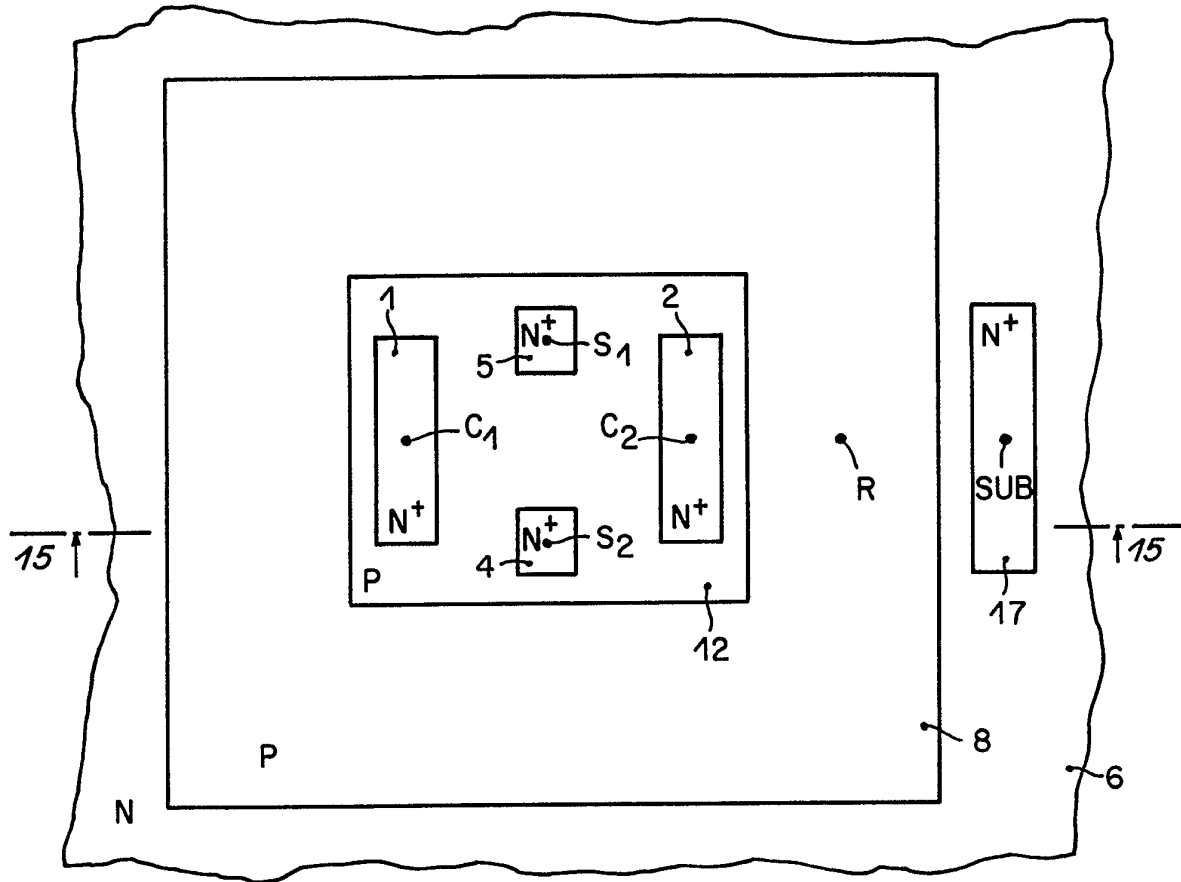
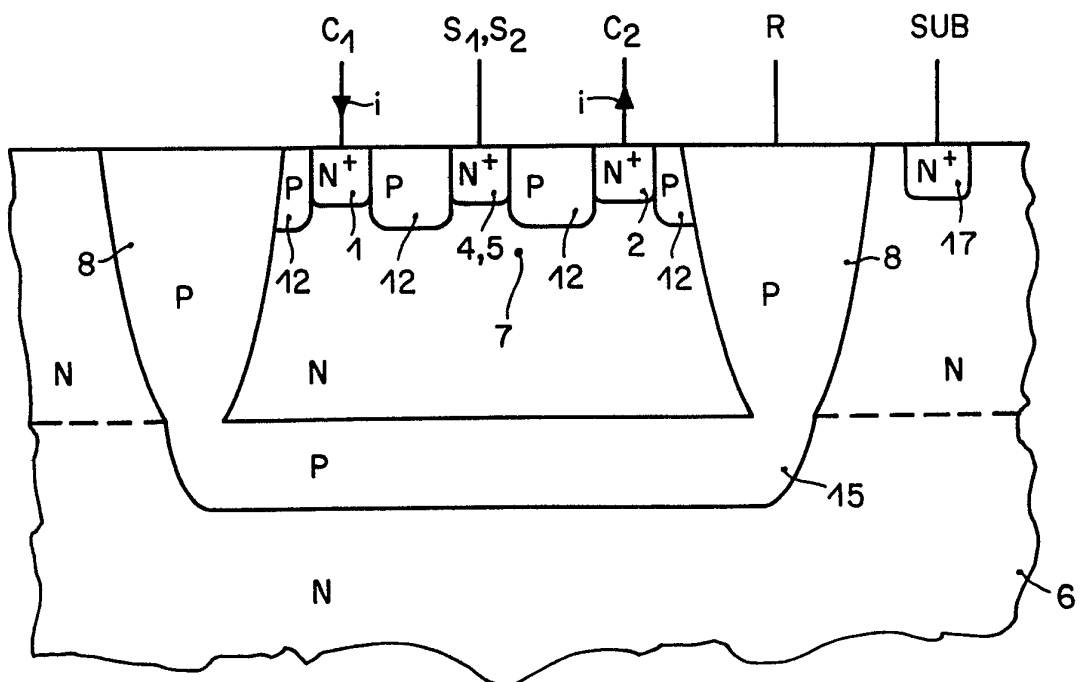


Fig. 15



9/13

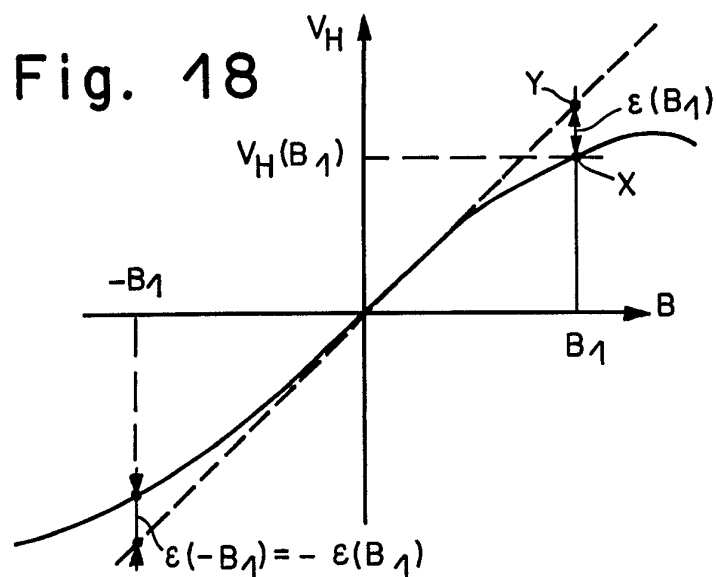


Fig. 19

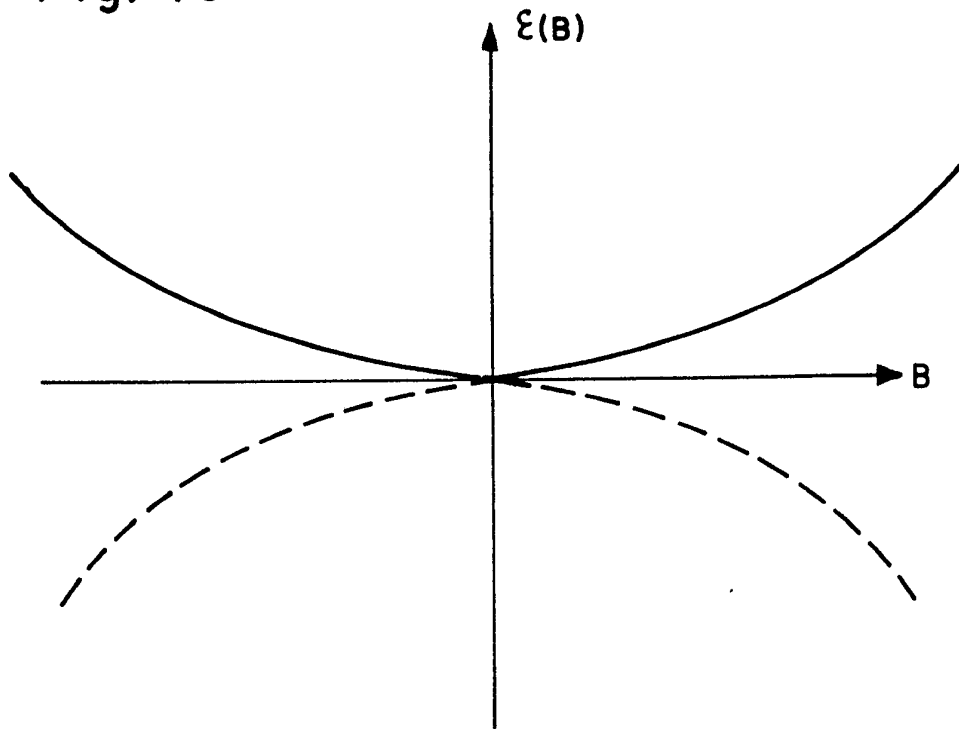
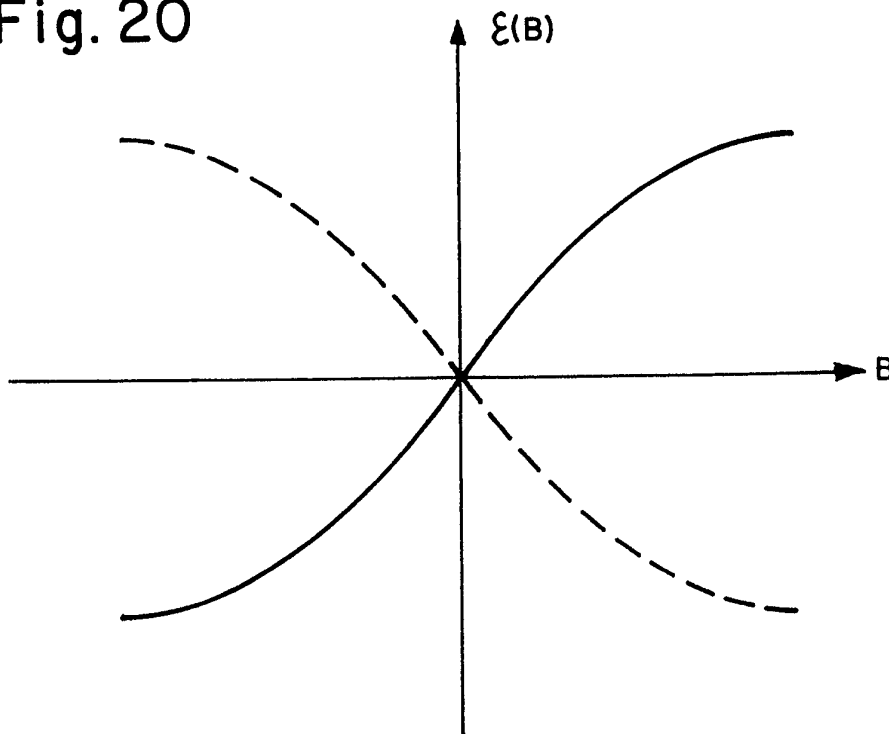


Fig. 20



es

Fig.21

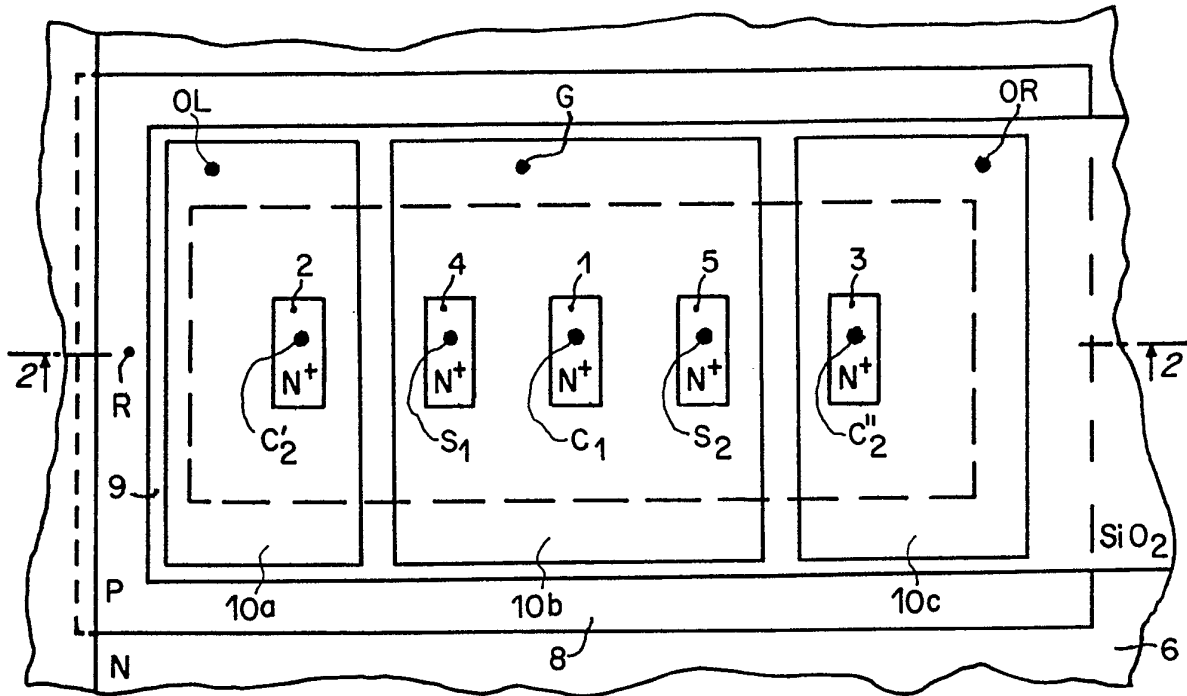


Fig. 22

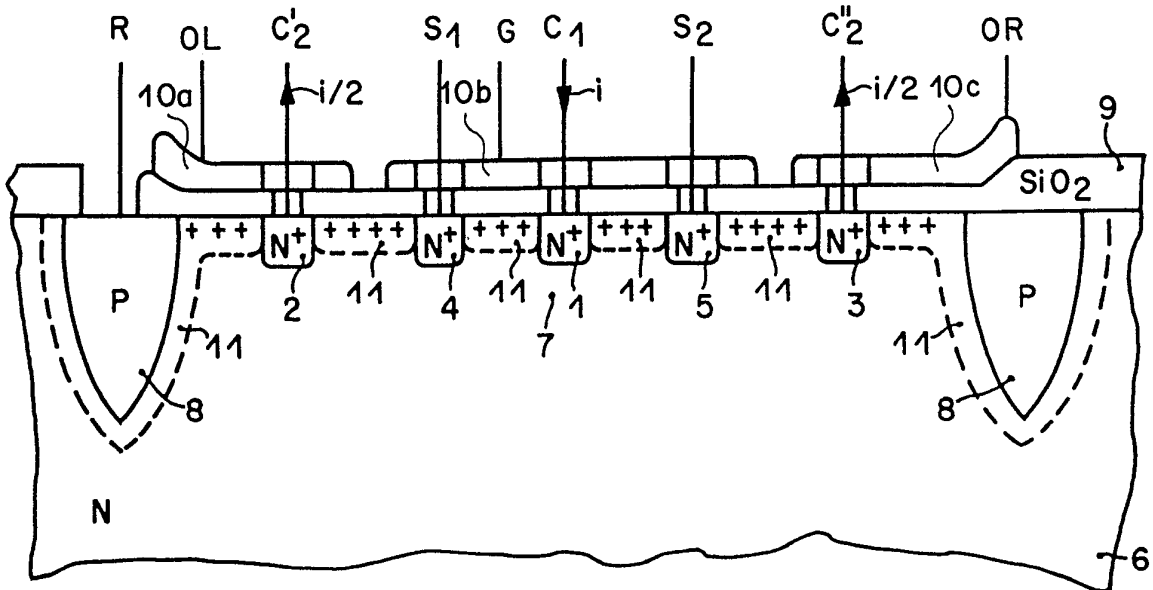


Fig. 23

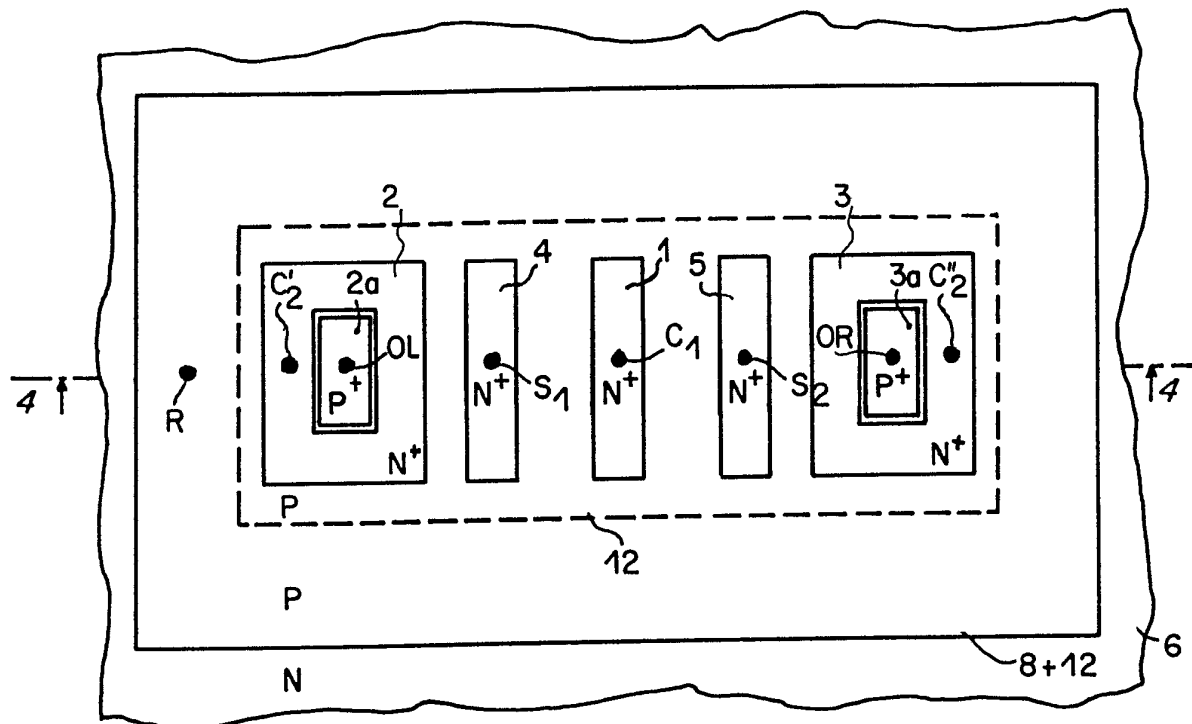


Fig. 24

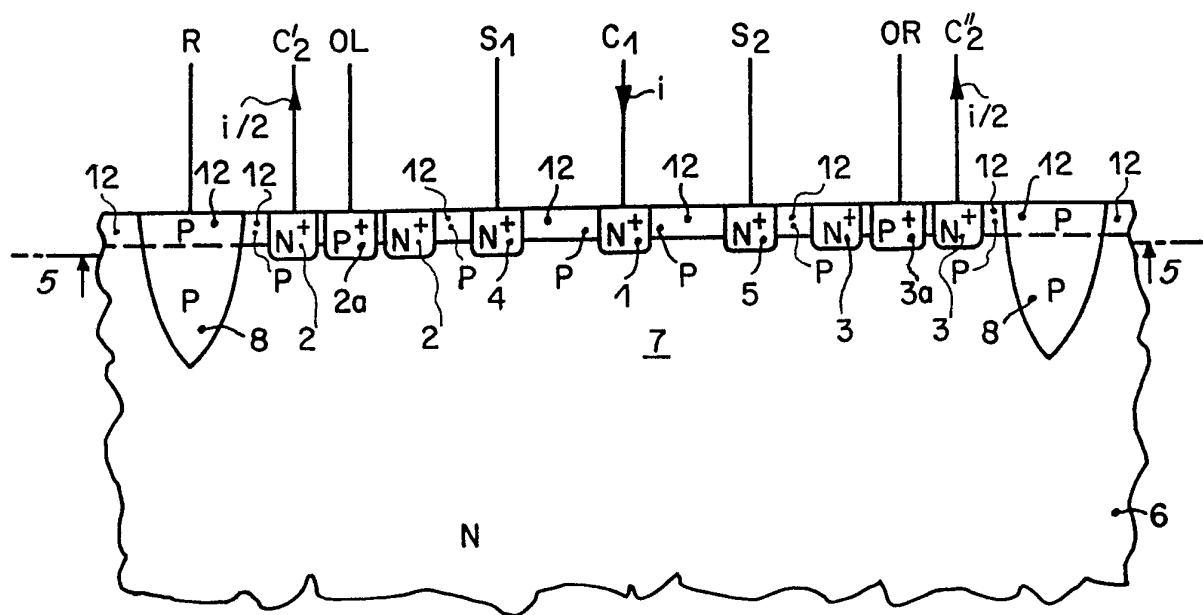


Fig.25

