NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) NO (11) **173676** (13) B

(51) Int Cl[5] H 01 L 43/06

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr 864350
(22) Inng. dag 30.10.86
(24) Løpedag 30.10.86
(41) Alm. tilgj. 02.05.88
(44) Utlegningsdato 04.10.93

(86) Int. inng. dag og søknadsnummer
(85) Videreføringsdag
(30) Prioritet Ingen

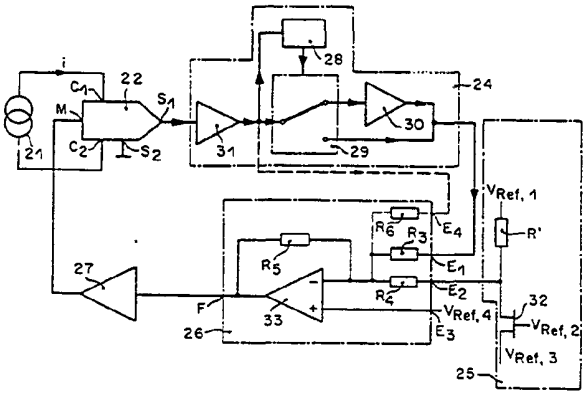
(71) Patentsøker LGZ Landis & Gyr Zug AG, CH-6301 Zug, CH
(72) Oppfinner Radivoje Popovic, Zug, CH
(74) Fullmektig Onsagers Patentkontor AS, Oslo

(54) Benevnelse **Integrerbart hallelement**

(56) Anførte publikasjoner EP A2 162165, US 4516144, 4578692.

(57) Sammendrag

Hallelementet (22) er utført som en overflatekomponent. En innretning består av en strømgenerator (21), Hallelementet (22) og en kontrollkrets (24,25,26,27) for å holde tykkelsen av et sperresjikt i Hallelementet (22) konstant for å sikre langtidsstabilitet, temperaturstabilitet og linearitet av Hallelementet. Sperresjiktet dekker den aktive sone i Hallelementet (22) i det minste oventil. Kontrollkretsen (24,25,26,27) består av en er-verdi-prosessor (24), en bør-verdigiver (25) og en bør-verdi/er-verdi-differansialgiver (26,27), som på sin side består av en kaskadekobling av en differensialforsterker (26) og en inverterende forsterker (27). Er-verdi-prosessoren (24) er en absoluttverdigenerator og inneholder en kontrollanordning (28), en vender (29), en ytterligere inverterende forsterker (30) og en spenningsfølger (31).



Oppfinnelsen angår en innretning med et hallelement som er integrerbart i en integrert krets i henhold til innledningen av krav 1.

Slike innretninger blir f.eks. anvendt i effektmålere eller elektrisitetsmålere til måling av en elektrisk strøm i_N eller til dannelse av et spennings/strømprodukt $u_N \cdot i_N$, hvor u_N betegner nettspenningen i et elektrisk forsyningsnett og i_N den elektriske energi av en av en bruker forbrukt elektrisk strøm. Da strømmen i_N er proporsjonal med et av den dannet magnetfelt H_N, måler hallelementet indirekte strømmen i_N når det bestemmer magnetfeltet H_N. Da utgangsspenningen V_H fra hallelementet er proporsjonal med produktet $i \cdot H_N$, idet i betegner matestrømmen for hallelementet, danner hallelementet også spennings/strøm-produktet $u_N \cdot i_N$, når matestrømmen i i hallelementet ved hjelp av en motstand velges proporsjonal med nettspenningen u_N. I dette tilfelle må hallelementet arbeide som en firekvadrant-multiplikator, da u_N og i_N respektive i og H_N er sinusformige, og således har både positive og negative verdier.

Et integrerbart, vertikalt hallelement i henhold til innledningen av krav 1 er kjent fra skriftet "The vertical hall-effect device", R.S. Popovic, IEEE Electron Device Letters, Vol. EDL-5, nr. 9, september 1984, sidene 357-358. Vertikale, integrerbare hallelementer er hallelementer som måler magnetfelter H_N som virker parallelt til overflaten av det integrerte hallelement.

Et integrerbart horisontalt hallelement i henhold til innledningen av krav 1 er kjent fra US-PS 4253107. Horisontale, integrerbare hallelementer er hallelementer som måler magnetfelter H_N som virker loddrett til overflaten av det integrerte hallelement.

Angående stabiliteten og spesielt angående langtidsstabiliteten av hallelementer er bare lite og kun prinsippielle forhold kjent, hvilket f.eks. fremgår av skriftet "Hall effect probes and their use in a fully automated magnetic measuring system",

M.W. Poole and R.P. Walker, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. MAG-17, nr. 5, september 1981, side 2132.

Fra EP 0 162 165 A er det kjent et av N-materiale fremstilt hallelement som på overflaten er dekket av et halvledersjikt av P-materiale for å danne stabile "offset"-spenninger.

Fra US-PS 4 578 692 er det kjent et hallelement som er dekket med et isolerende passiveringssjikt og for isolasjonsformål omgitt av minst et ringformet halvlederområde, fortrinnsvis imidlertid av to konsentrisk ringformede halvlederområder.

Fra US-PS 4 516 144 er det kjent et hallelement som er forsynt med et middel til generering av en buntet, sentral stråle av elektriske bærerpartikler, idet hallelementet selv er utsatt for et ved hjelp av en magnet generert magnetfelt.

Hensikten med oppfinnelsen er å gjøre integrerbare hall-elementer langtidsstabile med bruk av en teknologi som muliggjør fremstilling av samtidig integrerbare hallelementer og integrerbare transistorer.

Den angitte hensikt løses i henhold til oppfinnelsen ved de i karakteristikken av krav 1 angitte trekk.

Ytterligere hensikter som løses ved trekkene i underkravene, er å gjøre integrerbare hallelementer temperaturstabile og deres karakteristikk $V_H = f(B)$ ved konstant, gitt matestrøm "i" lineær. Derved betegner V_H utgangsspenningen av hallelementet og $B = \mu H_N$ induksjonen av det magnetfelt H_N som skal måles.

Utførelseseksempler på oppfinnelsen er vist på tegningen og blir nærmere beskrevet i det etterfølgende.

Fig. 1 viser et grunnriss av et integrerbart, stabilt, vertikalt hallelement i CMOS-teknologi.
Fig. 2 viser et til fig. 1 hørende vertikalt snitt av det der viste hallelement.

Fig. 3 viser et grunnriss av et integrerbart, stabilt vertikalt hallelement i modifisert CMOS-teknologi.

Fig. 4 viser et til fig. 3 og 5 hørende vertikalt snitt hver av de der viste hallelementer.

Fig. 5 viser et horisontalt snitt av et integrerbart, stabilt vertikalt hallelement med sandwich-konstruksjon i modifisert CMOS-teknologi.

Fig. 6 viser et grunnriss av en første variant av et integrerbart, stabilt, vertikalt hallelement i modifisert bipolar MOS-teknologi.

Fig. 7 viser et til fig. 6 hørende vertikalt snitt av det der viste hallelement.

Fig. 8 viser en annen variant av et integrerbart, stabilt, vertikalt hallelement i modifisert bipolar MOS-teknologi.

Fig. 9 viser et til fig. 8 hørende vertikalt snitt av det der viste hallelement.

Fig. 10 viser et grunnriss av en bipolar transistor i modifisert bipolar MOS-teknologi.

Fig. 11 viser et til fig. 10 hørende vertikalt snitt av den der viste bipolare transistor.

Fig. 12 viser et grunnriss av et integrerbart, stabilt, horisontalt hallelement i bipolar MOS-teknologi.

Fig. 13 viser et til fig. 12 hørende vertikalt snitt av det der viste hallelement.

Fig. 14 viser et grunnriss av et integrerbart, stabilt hallelement i modifisert bipolar MOS-teknologi.

Fig. 15 viser et til fig. 14 hørende vertikalt snitt av det der viste hallelement.

Fig. 16 viser et forbindelseskretsdiagram av et integrerbart vertikalt hallelement med fem forbindelser.

Fig. 17 viser et blokkdiagram av en innretning med et hallelement.

Fig. 18 viser en karakteristikk $V_H = f(B)$ for utgangsspenningen V_H fra et hallelement som funksjon av en målt induksjon B ved gitt matestrøm i.

Fig. 19 viser karakteristikker for likeparede ikke-lineariteter $\varepsilon(B)$.

Fig. 20 viser karakteristikker for ulikeparede ikke-lineariteter $\varepsilon(B)$.
Fig. 21 viser et grunnriss av en forbedret variant av det på fig. 1 og 2 viste hallelement.
Fig. 22 viser et til fig. 21 hørende vertikalt snitt gjennom det der viste hallelement.
Fig. 23 viser et grunnriss av en forbedret variant av det på fig. 3 og 4 viste hallelement.
Fig. 24 viser et til fig. 23 hørende vertikalt snitt av det der viste hallelement.
Fig. 25 er et ekvivalentkretsdiagram med koblingen av det på fig. 21-24 viste hallelement.

Like henvisningstall betegner på samtlige figurer av tegningen de samme deler. De på tegningen viste hallelementer er alle overflatekomponenter, dvs. de befinner seg alle på overflaten eller umiddelbart under overflaten av et halvledermateriale.

De på fig. 1-15 viste hallelementer 1, respektive sperresjikt-felteffekttransistorer er fremstilt av silisium- eller av gallium/arsenid (GaAs)-materiale. De består som regel av sjikt av et av disse to materialer. Alle disse sjikt er enten av materiale av P-typen eller av det motsatte materiale av N-typen. Betegnelsene N^+ og P^+ antyder at det tilsvarende N-, respektive P-materiale er sterkt dopet med fremmedatomer, det vil si at de minst har en konsentrasjon på tilnærmet 10^{20} ioner pr. cm^3. Omvendt antyder betegnelsene N^- og P^- at det tilsvarende N- respektive P-materiale er svakt dopet med fremmedatomer.

De på fig. 1-15 viste hallelementer, respektive transistorer kan i utgangspunktet fremstilles av såvel P- som N-materiale, hvilket ikke har noen innvirkning på deres funksjon under den betingelse at polaritetene for de tilhørende matespenninger, respektive matestrømmer velges tilsvarende korrekt. På tegningen blir det for enkelhets skyld antatt at hallelementene i utgangspuntket alltid er fremstilt av N-materiale, hvilket ikke skal utgjøre noen begrensning for oppfinnelsens gjenstand.

På fig. 1-15 blir for enkelhets skyld de elektriske forbindelser C_1, C_2, C'_2, C''_2, S_1, S_2, R og SUB på hallelementet, respektive B,E og C på transistorene i regelen vist som tråder. I praksis har de naturligvis form av metalliseringer, som er anbragt som tynne strømløp på overflatene av det integrerte hallelement, respektive den tilhørende integrerte krets.

Alle på fig. 12-15 viste hallelementer har to strømforbindelser C_1 og C_2 såvel som to sensorforbindelser S_1 og S_2. Alle på fig. 1-9 viste hallelementer har tre strømforbindelser C_1, C'_2 og C''_2 samt to sensorforbindelser S_1 og S_2. I dette tilfelle skal hallelementet med de fem strøm-, respektive sensorforbindelser C_1, C'_2, C''_2, S_1 og S_2 alltid kobles eksternt, som vist på fig. 16. På fig. 17 blir for enkelhets skyld antatt forekomsten av et hallelement med fire strøm-, respektive sensorforbindelser C_1, C_2, S_1 og S_2, noe som ikke skal utgjøre en begrensning til en variant med fire forbindelser.

I alle varianter går f.eks. en av de to sensorforbindelser S_1 respektive S_2 til gods eller jord og den andre sensorforbindelse S_2, respektive S_1 utgjør utgangen fra hallelementet 1. På tegningen blir det antatt at den første sensorforbindelse S_1 danner utgangen fra hallelementet 1 og at den annen sensorforbindelse S_2 går til jord.

De elektriske forbindelser C_1, C'_2, respektive C''_2, S_1 og S_2 til hallelementet har hver en forbindelseskontakt 1, 2, 3, 4, respektive 5.

På fig. 1-9 er det anordnet fem forbindelseskontakter 1, 2, 3, 4 og 5 på overflaten i det vertikale hallelement. Forbindelseskontaktene 1-5 er alle anordnet tilnærmet på rett linje ved siden av hverandre, idet den første strømforbindelseskontakt 1 ligger i midten og de to sensorforbindelseskontakter 4 og 5 på den ene side og de to andre strømforbindelseskontakter 2 og 3 på den andre side er symmetrisk anordnet til den første strømforbindelseskontakt 1 på den tilnærmede rette linje. Hver

sensorforbindelseskontakt 4, respektive 5 ligger således mellom den første strømforbindelseskontakt 1 og en av de to andre strømforbindelseskontakter 2 respektive 3.

På fig. 12-15 er det vist horisontale hallelementer som istedenfor de tre strømforbindelser C_1, C'_2 og C''_2 på det vertikale hallelement nå bare har to strømforbindelser C_1 og C_2, idet de to sensorforbindelser S_1 og S_2 på den ene side og de to strømforbindelser C_1 og C_2 på den annen side er anordnet i kryss til hverandre, dvs. at forbindelseslinjene mellom midtpunktene av de to til sensorforbindelsene S_1 og S_2 tilhørende forbindelseskontakter 4 og 5 og forbindelseslinjen mellom midtpunktene av de to til strømforbindelsene C_1 og C_2 tilhørende forbindelseskontakter 1 og 2 strekker seg tilnærmet loddrett på hverandre (se fig. 12 og fig. 14).

I alle tilfeller er forbindelseskontaktene 1-5, respektive 1, 2, 4 og 5 f.eks. alle like store og har f.eks. alle en lik firkantform med avrundede kanter. Under de på overflaten i hallelementet anordnede fem respektive fire forbindelseskontakter 1-5, respektive 1, 2, 4 og 5 befinner seg f.eks.hallelementets aktive sone 7 i et substrat 6. Med andre ord: det integrerbare hallelement har to sensorforbindelseskontakter 4 og 5, samt minst to strømforbindelseskontakter 1 og 2 som er anordnet i overflaten av hallelementet. Alle forbindelseskontakter 1-5 og den aktive sone 7 av hallelementet består av materialer av samme ledningstype som utgangsmaterialet som hallelementet er fremstilt av. Alle forbindelseskontakter 1-5 er dessuten sterkt dopet med fremmedatomer. Da hallelementet i utgangspunktet er antatt å være fremstilt av N-materiale, består alle strøm- og sensorforbindelseskontakter 1-5 av N^+-materiale og den aktive sone 7 av hallelementet av N- respektive N^--materiale.

Den aktive sone 7 av hallelementet er f.eks. langs siden omgitt av en ring 8, idet ringen 8 har en ringforbindelse R. I alle tilfeller er ringen 8 av motsatt materialtype av den aktive

sone 7 og sensor- og strømforbindelseskontaktene 1-5 i hallelementet. Den består i vårt eksempel også av P-materiale.

Fig. 1 og 2 viser grunnrisset og et vertikalt snitt av et i CMOS-teknologi fremstilt vertikalt hallelement. Forbindelseskontaktene 1-5 er anordnet på overflaten i substratet 6. Forbindelseskontaktene 1-5 og substratet 6 består av samme materiale, f.eks. N-materiale. Under de fem forbindelseskontakter 1-5 befinner hallelementets aktive sone 7 seg i substratet 6. Den aktive sone 7 er innenfor substratet 6 langs siden omgitt av den f.eks. firkantformede ring 8, som er anordnet på overflaten i substratet 6 og betydelig dypere enn dybden av forbindelseskontaktene 1-5. Ringen 8 er, som allerede omtalt, av motsatt materialtype av substratet 6 og består av P-materiale. På overflaten av substratet 6 befinner det seg et oksydsjikt 9 av SiO_2-materiale, som på sin side i det minste delvis er dekket av et portsjikt 10 av elektrisk ledende materiale, f.eks. av aluminium eller polysilisium. Ringen 8 har ringforbindelsen R og portsjiktet 10 en portforbindelse G.

Bortsett fra gjennomføringer for forbindelsene C_1, C'_2, C''_2, S_1 og S_2 dekker portsjiktet 10 fullstendig den aktive sone av hallelementet oventil. Påtrykkes nå portforbindelsen G en negativ elektrisk spenning, danner det seg ved elektrostatisk influens på overflaten i substratet 6 rundt forbindelseskontaktene 1-5 en på figuren ved plusstegn antydet P-kanal og under denne en utarmingssone (depletion layer) langs overgangsflaten mellom både substratet 6 og ringen 8. Utarmingssonen, som på fig. 2 er vist strekpunktert, danner et sperresjikt 11. Med andre ord: et sperresjikt 11 blir dannet på grunn av utarmingssonen som frembringes av elektrostatisk influens ved hjelp av en elektrisk spenning som ligger over portforbindelsen G på det elektrisk ledende portsjikt 10. Portsjiktet 10 er dessuten adskilt ved oksidsjiktet 9 som er anordnet slik på overflaten av hallelementet at det, og dermed også utarmingssonen, mest mulig fullstendig dekker den aktive sone 7 av hallelementet oventil.

Figurene 3 og 4 viser grunnrisset og et vertikalt snitt av et i modifisert CMOS-teknologi fremstilt vertikalt hallelement som er utført på samme måte som det på fig. 1 og 2 viste vertikale hallelement, bare at her mangler portsjiktet 10 med sin portforbindelse G, og oksidsjiktet 9. Derfor er det rundt forbindelseskontaktene 1-5 på overflaten i substratet 6 anordnet et sjikt 12 som bortsett fra gjennomføringer for forbindelseskontaktene 1-5 dekker hallelementets aktive sone 7 mest mulig fullstendig oventil. Sjiktet 12 er av motsatt materialtype av den aktive sone 7 i hallelementet og består således av P-materiale. Grensesjiktet mellom den aktive sone 7 i hallelementet og sjiktet 12 danner et sperresjikt 12;7, som likeledes dekker hallelementets aktive sone 7 nesten fullstendig oventil. På grunn av den enklere fremstilling, dekker sjiktet 12 også den øvre del av ringen 8, hvilket ikke er noen ulempe, da sjiktet 12 og ringen 8 er av samme materialtype P. Derved dannes en elektrisk kontakt fra sjiktet 12 til ringen 8 og til dennes ringforbindelse R. Finnes ikke ringen 8, er sjiktet 12 selv forsynt med en ringforbindelse R.

Det på fig. 5 fremstilte vertikale hallelement i modifisert CMOS-teknologi er en forbedret variant av det på fig. 3 og 4 viste vertikale hallelement. Fig. 4 hører til fig. 5 som annen gjengivelse. Fig. 5 viser et parallelt til overflaten av hallelementet gående snitt av hallelementet og som strekker seg like under sjiktet 12 (se fig. 4).

Fig. 4 og 5 viser et horisontalt og et vertikalt snitt av et i sandwich-konstruksjon fremstilt vertikalt hallelement. Det på fig. 5 viste hallelement skiller seg fra det som er vist på fig. 3 ved at alle strøm- og sensorforbindelseskontakter 1-5 i hallelementet er avlange i samme retning og at ringen ved mellomtrinn 13 og 14 som strekker seg tilnærmet loddrett på lengderetningen av strøm- og sensorforbindelseskontaktene 1-5, er oppdelt i underringer I, II og III som ligger ved siden av hverandre og som alle har en tilnærmet lik bredde loddrett på lengderetningen av strøm- og sensorforbindelseskontaktene 1-5 og er anordnet over hverandre i denne lengderetning uten

gjensidig forskyvning, idet to nærliggende underringer hver har et felles mellomtrinn 13 respektive 14. m mellomtrinn danner således (m+1) underringer. Med m = 1 oppstår således et av to underringer bestående firkantformig åttetall. Antallet (m+1) underringer kan velges vilkårlig stort. På fig. 5 blir tilstedeværelsen av tre underringer I, II og III antatt. Det oppnås således en sandwich-konstruksjon av hallelementet, da P- og N-sjiktene, som vist på fig. 5 ovenfra og ned, i nærheten av strøm- og sensorforbindelseskontaktene 1-5 alternerer gjensidig. Alle strøm- og sensorforbindelseskontakter 1-5 bør være tilstrekkelig lange til å spenne over alle N-sjikt som er omgitt av underringer. Tykkelsen av disse N-sjikt er på fig. 5 betegnet med t_1, t_2 og t_3, idet $t_1 \approx t_2 \approx t_3$. Alle disse N-sjikt er koblet i elektrisk parallell. Denne sandwich-konstruksjon har den fordel at følsomheten til tykkelsen av den aktive sone 7 med hensyn til en på ringforbindelsen R påtrykket elektrisk spenning er større med en faktor m enn ved anvendelse av et hallelement med en ring 8 uten mellomtrinn.

Fig. 6 og 7 viser grunnrisset og et vertikalt snitt av en første variant av et i modifisert bipolar MOS-teknologi fremstilt vertikalt hallelement. Dette hallelement er utført på samme måte som det på fig. 3 og 4 viste hallelement, med den viktige forskjell at ringen 8 nå har en bunnplate 15 som består av samme materiale P som den egentlige ring 8. Kombinasjonen av ringen 8 og bunnplaten 10 omgir nå den aktive sone 7 ikke bare langs siden, men også nedentil. På grenseflaten mellom bunnplaten 15 og den aktive sone av hallelementet befinner seg dessuten også et begravet sjikt 16 (buried layer) av materiale av samme type N som substratet 6 og sterkt dopet med fremmed-atomer. Substratet 6 har en forbindelseskontakt 17 av materiale sterkt dopet med fremmedatomer og som er innebygget på overflaten av hallelementet i substratet 6 og forbundet med en ytre forbindelse SUB. Forbindelseskontakten 17 er av samme ledningstype N som substratet 6.

Fig. 8 og 9 viser grunnrisset og et vertikalt snitt av en annen variant av et i modifisert bipolar MOS-teknologi fremstilt

vertikalt hallelement. Dette hallelement er utført på samme måte som det på fig. 6 og 7 viste hallelement, med den forskjell at den til ringen 8 tilhørende bunnplate 15 samtidig tjener som mekanisk bærer for hallelementet og således erstatter substratet 6, og at de to ytre strømforbindelseskontakter 2 og 3 er forlenget i dybden til de kommer i kontakt med det begravede sjikt 16. Også substratet 6 med den med sin tilhørende forbindelseskontakt 17 mangler. For å forenkle tegningen er ringen 8 på fig. 9 i motsetning til den på fig. 7 viste ring 8, fremstilt med firkantformet tverrsnitt, hvilket ikke har noen innvirkning på funksjonen. Ringen 8 er dessuten sterkt dopet med fremmedatomer.

Fig. 10 og 11 viser grunnrisset og et vertikalt snitt av en i modifisert bipolar MOS-teknologi fremstilt bipolar transistor. Dens utførelse er hva angår substratet 6, ringen 8, bunnplaten 15, det begravede sjikt 16 og forbindelseskontakten 17 nøyaktig den samme som ved det på fig. 6 og 7 viste hallelement. Bipolartransistoren har riktignok bare tre istedenfor fem forbindelser, nemlig en kollektorforbindelse C, en emitterforbindelse E og en basisforbindelse B. Basisforbindelsen B er forbundet med et basistrau 18, som består av motsatt materialtype av substratet 6, det vil si av P-materiale. Kollektorforbindelsen C og emitterforbindelsen E har hver en forbindelseskontakt 19 respektive 20 av materiale sterkt dopet med fremmedatomer. Forbindelseskontakten 19 er anordnet på overflaten i substratet 6 og forbindelseskontakten 20 på overflaten i basistrauet 18. Begge forbindelseskontakter 19 og 20 er av samme materialtype som substratet 6, det vil si at de består av N-materiale. Ringen 8 omgir forbindelseskontakten 19 og basistrauet 18 langs sidene nøyaktig slik den omgir forbindelseskontaktene 1-5 på fig. 7. Et sjikt 12 av P-materiale forekommer ikke her. Som en sammenligning med fig. 6 og 7 på den ene side og fig. 10 og 11 på den annen side viser, er de der fremviste komponenter utført på samme måte, slik at det uten videre er mulig å bygge begge komponenttyper inn i en eneste integrert krets med samme teknologi for å realisere den på fig. 17 viste krets.

De på fig. 1-9 viste hallelementer med fem strøm-, respektive sensorforbindelser C_1, C'_2, C''_2, S_1 og S_2 må, som allerede omtalt, kobles eksternt, som vist på fig. 16. Et magnetfelt H_N som skal måles, virker parallelt til overflaten av en integrert krets som inneholder et hallelement. En pol V_{DD} for en matespenning $V_{DD};V_{SS}$ er forbundet over en strømgenerator 21 med den sentrale strømforbindelse C_1 på et hallelement 22, mens den andre pol V_{SS} av matespenningen $V_{DD};V_{SS}$ er ført over hver av en motstand R_1 respektive R_2 til de to andre strømforbindelser C'_2 respektive C''_2 på hallelementet 22 (se fig. 16). Den av strøm-generatoren 21 til hallelementet 22 leverte matetrøm "i" halverer seg i hallelementet 22 til to strømmer i/2 som hver forlater hallelementet 22 som strøm i/2 over henholdsvis de to motstander R_1 og R_2.

Figurene 12 og 13 viser grunnrisset og et vertikalt snitt av et i bipolar MOS-teknologi fremstilt horisontalt hallelement, som, bare bortsett fra den kryssvise anordning av forbindelseskon-taktene 1, 2, 4 og 5, er utført på samme måte som det på fig. 1 og 2 viste vertikale hallelement, med den forskjell at ringen 8 har en bunnplate 15 som er av samme materialtype som ringen 8, det vil si at den også består av P-materiale. Betinget av tilstedeværelsen av bunnplaten 15, omgir utarmingssonen 11 nå hallelementets aktive sone, ikke bare langs siden og oventil, men også nedentil. På fig. 13 ble det antatt at denne bunnplate tjener som mekanisk bærer for hele hallelementet.

Figurene 14 og 15 viser grunnrisset og et vertikalt snitt av et i modifisert bipolar MOS-teknologi fremstilt horisontalt hallelement som, bare bortsett fra den kryssvise anordning av forbindelseskontaktene 1, 2, 4 og 5, er utført på samme måte som det på fig. 6 og 7 viste hallelement, idet bare det begravede sjikt 16 mangler ved det horisontale hallelement. På fig. 14 og 15 kan også sees hvordan det oppstår en felt-effekttransistor når de to forbindelseskontakter 4 og 5 med sine sensorforbindelser S_1 og S_2 fjernes fra det der viste hallelement - en felteffekttransistor fremstilt i samme

teknologi som det tilhørende hallelement. Felteffekt-transistorer, f.eks. den på fig. 17 viste felteffektortransistor 32, og hallelementer kan således bygges inn i en eneste integrert krets med samme teknologi.

Den på fig. 17 viste innretning rommer, ved siden av et hallelement 22 og strømgeneratoren 21, også en kontrollkrets 24;25;26;27. På fig. 17 ble det antatt at hallelementet er et av de på fig. 12-15 viste hallelementer som alle ved siden av ringforbindelsen R bare har fire strøm- respektive sensorforbindelser C_1, C_2, S_1 og S_2. I dette tilfelle er de to strømforbindelser C_1 og C_2 hver forbundet med en pol på strømgeneratoren 21. Er derimot det på fig. 17 anvendte hallelement 22 et av de på fig. 1-9 viste hallelementer, som alle ved siden av ringforbindelsen R dessuten har fem strøm- respektive sensorforbindelser C_1, C'_2, C''_2, S_1 og S_2, må som allerede omtalt, den på fig. 16 viste kobling av hallelementet anvendes. I begge tilfeller går en av de to sensorforbindelser, f.eks. den annen sensorforbindelse S_2 til jord, mens den første sensorforbindelse danner utgangen S_1 fra hallelementet 22.

Portforbindelsen G med sitt portsjikt 10 forekommer bare ved anvendelse av et av de på fig. 1 og 2 eller 12 og 13 viste hallelementer. I disse tilfeller skal portforbindelsen G legges på en gitt, fast spenning. I alle tilfeller, dvs. ved anvendelse av et på fig. 1-9 eller 12-15 vist hallelement, er ringforbindelsen R kontrollinngangen M på hallelementet 22. I alle tilfeller er et sperresjikt 11 respektive 12;7 anordnet i det minste mellom den aktive sone 7 og overflaten av hallelementet 22 og dekker, som allerede omtalt, den aktive sone 7 i hallelementet 22 mest mulig fullstendig oventil.

Sperresjiktet 11 respektive 12;7 isolerer og beskytter fullstendig den aktive sone 7 i hallelementet 22, slik at tilstedeværelsen av et isolasjonssjikt av silisiumoksid, som står i umiddelbar direkte kontakt med den aktive sone 7 i hallelementet 22, blir overflødig. Det alltid i slike isolasjonssjikt av silisiumoksid tilstedeværende variable antall av

ladningsbærere forekommer derfor ikke her og kan således ikke negativt påvirke langtidsstabiliteten av hallelementet 22. De på fig. 1, 2, 12 og 13 viste oksidsjikt 9 av silisiumdioksid har bare en sekundær funksjon og ingen umiddelbar direkte kontakt med den aktive sone 7 i hallelementet 22, men er derimot skilt fra denne aktive sone 7 ved sperresjiktet 11. Den beskyttende virkning av sperresjiktet 11 respektive 12;7 er kraftigere jo mer fullstendig det omgir den aktive sone 7 i hallelementet 1 mest mulig i alle retninger og avhenger også av dets dybde. Denne dybde skal til tross for tilstedeværelsen av mulige støypåvirkninger, f.eks. av foranderlige temperaturpåvirkninger, alltid være konstant. For å oppnå dette må hallelementet 22, som vist på fig. 17, forsynes med en kontrollkrets 24;25;26;27 som regulerer dybden av sperresjiktet 11 respektive 12;7 til en konstant verdi.

På fig. 17 er utgangen S_1 på hallelementet 22 forbundet med kontrollinngangen M på hallelementet 22 over kontrollkretsen 24;25;26;27. Kontrollkretsen 24;25;26;27 består minst av en er-verdiprosessor 24, en bør-verdigiver 25 og en bør-verdi/er-verdi-differensialgiver 26;27. Utgangen S_1 på hallelementet 22 er forbundet over er-verdiprosessoren 24 med en inngang E_1 på bør/er-verdi-differansialgiveren 26;27, og utgangen fra bør-verdigiveren 25 er forbundet direkte med dens annen inngang E_2. Utgangen av bør-verdi/er-verdi-differensialgiveren 26;27 er ledet til kontrollinngangen M på hallelementet 22. Er-verdi-prosessoren 24 er i det enkleste tilfelle en absoluttverdigenerator, f.eks. en likeretter, hvis utgangsspenning alltid er lik absoluttverdien av dens inngangsspenning.

På fig. 17 består absoluttverdigeneratoren og dermed også er-verdiprosessoren 24 minst av en av et kontrollorgan 28 styrt vender 29 og av en inverterende forsterker 30. På fig. 17 har er-verdiprosessoren 24 ytterligere en spenningsfølger 31 for avkobling og hvis forekomst er valgfri. Innenfor er-verdiprosessoren 24 er dens inngang forbundet direkte eller over spenningsfølgeren 31 gjennom venderen 29 enten med inngangen eller med utgangen på den inverterende forsterker 30 alt etter

stillingen av venderen 29. Utgangen på den inverterende forsterker 30 danner utgangen på er-verdiprosessoren 24 og er følgelig ført til den første inngang E_1 på bør-verdi/er-verdi-differensialgiveren 26;27. Inngangen på er-verdiprosessoren 24 er dessuten forbundet direkte eller over spenningsfølgeren 31 med inngangen på kontrollorganet 28, hvis utgang er ført til kontrollinngangen på venderen 29. Kontrollorganet 28 består f.eks. av bare en komparator og detekterer polariteten av inngangsspenningen til er-verdiprosessoren 24 og dermed også polariteten av utgangsspenningen V_H fra hallelementet 22. Alt etter polariteten av denne utgangsspenning V_H forbikobler eller setter venderen 29 den inverterende forsterker 30 i drift. Med andre ord: Er utgangsspenningen V_H fra hallelementet 22 positiv, blir den ledet videre uten fortegnsinvertering til den første inngang E_1 på bør-verdi/er-verdi-differensialgiveren 26;27, og er den negativ, leveres den videre gjennom den første inverterende forsterker 30 med fortegnsinvertering til den samme inngang.

Bør-verdigiveren 25 består f.eks. av seriekoblingen av en formotstand R' og "kilde-d-elektrode"-området av en felteffekt-transistor 32, hvis felles pol danner utgangen av bør-verdi-giveren 25 og således er forbundet med den annen inngang E_2 på bør-verdi/er-verdidifferensialgiveren 26;27. Den andre pol på formotstanden R' ligger på den første referansespenning $V_{Ref,1}$, portforbindelsen på felteffekttransistoren 32 på en annen referansespenning $V_{Ref,2}$ og den andre pol hos "kilde-d-"elektrodeområdet av felteffekttransistoren 32 på en tredje referansespenning $V_{Ref,3}$.

Bør-verdi/er-verdidifferansegiveren 26;27 består av minst en differensialforsterker 26, som f.eks. kan være utført på kjent måte ved hjelp av en operasjonsforsterker 33. I dette tilfelle er den inverterende inngang på operasjonsforsterkeren 33 forbundet over en første inngangsmotstand R_3 med den første inngang E_1, over en annen inngangsmotstand R_4 med den annen inngang E_2 og over en tilbakekoblingsmotstand R_5 med utgangen F på hver forekommende differensialforsterker 26. Utgangen F er

samtidig også utgangen på operasjonsforsterkeren 33. Den ikke-inverterende inngang på operasjonsforsterkeren 33 går over en tredje inngang E_3 på differensialforsterkeren 26 til en fjerde referansespenning $V_{Ref,4}$. Differensialforsterkeren 26 er altså koblet som en inverterende forsterker. Den har en ytterligere forsterker 27 etterkoblet i kaskade, f.eks. for å tilbakestille den av differensialforsterkeren 26 forårsakede invertering. De to forsterkerne 27 og 30 har f.eks. hver en vinning -1 og er f.eks. likeledes hver på kjent måte utført med en operasjonsforsterker.

Felteffekttransistoren 32 tjener som temperaturfølsomt element, hvis strupestrøm (pinch-off current) er omvendt proporsjonal med kvadratet av den omgivende temperatur for felteffekttransistoren 32 og også hallelementet 22, da de to komponenter på grunn av deres innebygging i en integrert krets ligger i romlig nærhet av hverandre. Dette viser igjen hvor viktig det er at både hallelementet 22 og transistorene, som f.eks. felteffekttransistorene 32, er integrerbare i samme halvlederkrystall ved hjelp av den samme teknologi.

Kontrollkretsen 24;25;26;27 regulerer tykkelsen av sperresjiktet 11 respektive 12;7 ved at den sammenligner utgangsspenningen av hallelementet 22 som er-verdi med den av børverdigiveren 25 leverte bør-verdi, og gir en således funnet bør-verdi/er-verdidifferanse forsterket til kontrollinngangen M på hallelementet 22. Da felteffekttransistoren 32 er en temperaturfølsom komponent, er også bør-verdien temperaturavhengig. Kontrollkretsen 24;25;26;27 lykkes i å regulere denne, i dette tilfelle tykkelsen av sperresjiktet 11 respektive 12;7, til en verdi som muliggjør at magnetfeltfølsomheten til hallelementet 22 blir uavhengig av temperaturen. Er hallelementet 22 i seg selv tilstrekkelig temperaturstabilt, er felteffekttransistoren 32 overflødig og kan utelates.

Venderen 29 er vist på fig. 17 som relékontakt. I praksis er

den dog i regelen en styrbar halvledervender, som f.eks. er fremstilt i CMOS-teknologi.

Den på fig. 17 viste krets har dessuten også den fordel at den lineariserer karakteristikken $V_H = f(B)$ for hallelementet 22 ved gitt matestrøm i, idet både likeparede så vel som ulikeparede ikke-linearitet oppheves. Definisjonen av ikke-linearitet kan ses på fig. 18, hvor en ikke-lineær karakteristikk $V_H = f(B)$ for en gitt matestrøm i er vist. Den lineariserte karakteristikk er gjengitt strekpunktert på fig. 19. Ved en bestemt verdi $B = B_1$ av induksjonen B har den ikke-lineære karakteristikk for hallspenningen V_H et arbeidspunkt X, hvis ordinat er lik $V_H(B_1)$, mens det tilsvarende arbeidspunkt Y på den lineære karakteristikk har ordinaten $\left[\frac{\partial V_H}{\partial B}\right]_{B=0} \cdot B_1$, hvor faktoren $\left[\frac{\partial V_H}{\partial B}\right]_{B=0}$ gjengir både stigningen av den ikke-lineære såvel som stigningen av den lineære karakteristikk i nullpunktet $B = 0$. Ikke-linearitet $\varepsilon(B_1)$ med verdien $B = B_1$ er definert som differansen av de to ordinatene for arbeispunktene Y og X. Det vil si:

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

Ikke-linearitet er av likeparet art når:

$\varepsilon(B_1) = \varepsilon(-B_1)$ (se fig. 19).

Ikke-linearitet er av ulikeparet art når:

$\varepsilon(B_1) = -\varepsilon(-B_1)$ (se fig. 20).

Den på fig. 18 viste ikke-linearitet er av den ulikeparede type.

Hvorvidt ikke-lineariteten av et gitt hallelement 22 er av den likeparede eller av den ulikeparede type må bestemmes før innebygging av hallelementet i den på fig. 17 viste krets, f.eks. ved hjelp av en måling. Den etterfølgende funksjonsbeskrivelse gjelder under den antagelse at de positive verdier av induksjonen B også tilsvarer positive verdier av utgangsspenningen V_H til hallelementet 22, og at de negative verdier av induksjonen B også tilsvarer negative verdier av utgangsspenningen V_H (se fig. 18).

Ved et hallelement av likeparet art, er i regelen ikke-lineariteten $\varepsilon(B)$ i funksjonen av induksjonen B enten alltid positiv, som vist ved den upunkterte karakteristikk på fig. 19, eller alltid negativ, som vist ved den punkterte karakteristikk på fig. 19.

Ved et hallelement 22 av ulikeparet type er i regelen ikke-lineariteten $\varepsilon(B)$ i funksjonen av induksjonen B enten som vist ved den på fig. 20 upunkterte karakteristikk, positiv for positive verdier av B og negativ for negative verdier av B, eller omvendt, som vist ved den punkterte karakteristikk på fig. 20, negativ for positive verdier av B og positive for negative verdier av B.

Er hallelementet 22 på ideell måte av likeparet art, blir den fjerde inngang E_4 på differensialforsterkeren 26 ikke benyttet, dvs. at den på fig. 17 punktert tegnede valgfrie forbindelse mellom utgangen på spenningsfølgeren 31 og den fjerde inngang E_4 på differensialforsterkeren 26 faller bort og bare absoluttverdien av utgangsspenningen V_H til hallelementet 22 når den første inngang E_1 på differensialforsterkeren 26 over erverdiprosessoren 24.

Har i dette tilfelle hallelementet 22 en tilsvarende karakteristikk som den samme som er fremstilt upunktert på fig. 19 og under den forutsetning at spenningsfølgeren 31 har en positiv vinning +1, må forsterkeren 27 være en inverterende forsterker slik at kaskadekretsen 24;26;27 ikke forårsaker noen spennings-

inversjon. Har hallelementet 22 derimot en lignende karakteristikk som den samme som er vist punktert på fig. 19, må forsterkeren 27 under samme forutsetninger være en ikke-inverterende forsterker, slik at kaskadekretsen 24;26;27 forårsaker en spenningsinversjon. Er hallelementet 22 på ideell måte av ulikeparet art, kan kontrollorganet 28, venderen 29 og den inverterende forsterker 30 utelates, det vil si at det dannes ingen absoluttverdi av utgangsspenningen V_H til hallelementet 22, og denne utgangsspenning V_H tilføres en fjerde inngang E_4 på differensialforsterkeren 26. I den siste er den fjerde inngang E_4 forbundet over en tredje inngangsmotstand R_6 med den inverterende inngang på operasjonsforsterkeren 33.

Har i dette tilfelle hallelementet 22 en tilsvarende karakteristikk som den samme som er vist upunktert på fig. 20 og igjen under den forutsetning at spenningsfølgeren 31 har en positiv vinning +1, må forsterkeren 27 være en inverterende forsterker, slik at kaskadekretsen 31;26;27 ikke forårsaker noen spenningsinversjon. Har hallelementet 22 derimot en tilsvarende karakteristikk som den samme som er vist punktert på fig. 20, må forsterkeren 27 under tilsvarende forutsetninger være en ikke-inverterende forsterker, slik at kaskadekretsen 31;26;27 forårsaker en spenningsinversjon.

De på fig. 19 og 20 fremstilte karakteristikker er ideelle karakteristikker. I praksis er disse karakteristikker ikke så symmetrisk anordnet om $\mathcal{E}(B)$-aksen, respektive nullpunktet, det vil si at i praksis er i regelen en blanding av likeparethet og ulikeparethet til stede. I dette tilfelle må utgangsspenningen V_H til hallelementet 22 nå både den første inngang E_1 over erverdiprosessoren 24 og den fjerde inngang E_4 over spenningsfølgeren 31. Da usymmetrien ved likeparede og ulikeparede ikkelineariteter ikke ubetinget er like store, kan de ved valg av forskjellige verdier av inngangsmotstandene R_3 og R_6 korrigeres i ulike sterk grad. Den første og den fjerde inngang E_1 og E_4 på differensialforsterkeren 26 danner således hver av to erverdi-innganger. Ved den fjerde inngang E_4 forekommer alltid

utgangsspenningen V_H til hallelementet 22 med sitt virkelige fortegn, mens absoluttverdien av denne utgangsspenning alltid er tilstede på den første inngang E_1 av differensialforsterkeren 26. Summen av de to spenningene på de to inngangene E_1 og E_2 av differensialforsterkeren 26 danner her er-verdien for kontrollkretsen 24;25;26;27.

Kort sammenfattet kan virkemåten for den på fig. 17 viste krets beskrives som i det følgende: Referansespenningene $V_{Ref,1}$, $V_{Ref,2}$, $V_{Ref,3}$ og $V_{Ref,4}$ velges slik at det på inngangen av forsterkeren 27 fås en positiv bør-verdi, når forsterkeren 27 er inverterende, og omvendt oppstår en negativ bør-verdi når forsterkeren 27 er ikke-inverterende, slik at i begge tilfeller fås en negativ grunnspenning som bør-verdi på kontrollinngangen M av hallelementet 22. Er det ved hjelp av hallelementet 22 målte magnetfelt f.eks. et sinusformet vekselfelt, er utgangsspenningen V_H fra hallelementet 22 en sinusformig vekselspenning. Ved hallelementet 22 med ideelt ulikeparede ikke-lineariteter blir denne sinusformige vekselspenning V_H ført uforandret til den fjerde inngang E_4 på differensialforsterkeren 26 som er-verdi, og deretter, alt etter positiv eller negativ vinning i forsterkeren 27, overlagret den konstante bør-verdi med eller uten inversjon slik at den negative spenning på kontrollinngangen M av hallelementet 22 i den riktige retning blir mindre respektive mere negativ, idet totalspenningen på kontrollinngangen i hvert tilfelle må bli negativ.

Ved et hallelement 22 med ideelt likeparede ikke-lineariteter skjer det samme, bare at denne gang blir de negative halvbølger av utgangsspenningen V_H fra hallelementet 22 likerettet ved hjelp av venderen 29 og den inverterende forsterker 30, og den således likerettede utgangsspenning V_H tilført den første inngang E_1 på differensialforsterkeren 26 som er-verdi. Er vinningen til den inverterende forsterker lik -1, er de likerettede negative halvbølger like store som de positive halvbølger, men forøvrig ikke like store. Ved et hallelement 22 med usymmetriske ikke-lineariteter, dvs. når det forekommer en

kombinasjon av likeparede og ulikeparede ikke-lineariteter, må også er-verdien være en kombinasjon av de begge ovennevnte er-verdier, dvs. en uforandret utgangsspenning V_H må samtidig tilføres inngangen E_4 og den likerettede utgangsspenning V_H må samtidig tilføres inngangen E_1. I dette tilfelle blir summen av den veiede utgangsspenning V_H og den veiede likerettede utgangsspenning V_H effektiv som total er-verdi, idet verdiene av inngangsmotstandene R_6 respektive R_3 hver danner vekt-faktoren.

Da følsomheten og dermed også utgangsspenningen V_H til hallelementet 22 er tilnærmet omvendt proporsjonal med sperresjiktets tykkelse ved et gitt magnetfelt, og denne tykkelse på den annen side er proporsjonal med spenningen som forekommer på kontroll-inngangen M, blir ikke-lineariteten i utgangsspenningen V_H korrigert når spenningen på kontrollinngangen M av hall-elementet 22 kontrollteknisk forandres i den riktige retning.

Fig. 21 tilsvarer tilnærmet fig. 1 og fig. 22 tilnærmet fig. 2, med den eneste forskjell at på de to figurene 1 og 2 er det elektrisk ledende portsjikt 10 erstattet av tre parallelle og ved siden av hverandre og anordnede og fra hverandre skilte portsjikt 10a, 10b og 10c. Det midtre portsjikt 10b dekker den del av den aktive sone 7 som rommer forbindelseskontaktene 1, 4 og 5 fullstendig oventil og har en portforbindelse G. Det på figuren viste venstre portsjikt 10a dekker fullstendig oventil den del av den aktive sone 7 som rommer forbindelseskontakten 2 og har en portforbindelse OL. Den på tegningen viste høyre portsjikt dekker fullstendig oventil den del av den aktive sone 7 som rommer forbindelseskontakten 3, og har en portforbindelse OR.

Fig. 23 tilsvarer tilnærmet fig. 3 og fig. 24 tilnærmet fig. 4, med den forskjell at de to ytre strømforbindelseskontakter 2 og 3 er firkantringformede og hver omgir siden av et kontaktområde 2a, respektive 3a av en portforbindelse OL respektive OR, idet de to kontaktområder 2a og 3a av portforbindelsene OL og OR er kraftig dopet med fremmedatomer og av motsatt ledningstype P av

forbindelseskontaktene 2 og 3, det vil si at de består av P^+-materiale, mens forbindelseskontaktene 2 og 3 består av N^+-materiale.

Det på fig. 21 og 22 respektive 23 og 24 fremviste hallelement må eksternt kobles på samme måte som hallelementet 22 på fig. 16, da det nå bare forekommer to ekstra portforbindelser OL og OR som tjener til kompensasjon av nullspenningen (offset-spenningen) i hallelementet. Ekvivalentkretsdiagrammet for hallelementet består nå i overensstemmelse med fig. 25 av fire motstander R_7, R_8, R_9 og R_{10}, samt av to felteffekttransistorer 34 og 35, hvis portforbindelser hver utgjør portforbindelsen OL respektive OR på hallelementet. Motstanden R_7, kilde-d-elektrode-området i felteffekttransistoren 34 og motstanden 9 er koblet i serie i den angitte rekkefølge og motstanden R_8, kilde-d-elektrode-området av felteffektortransistoren 35 og motstanden R_{10} på lignende vis. De to frie ender av motstandene R_7 og R_8 er forbundet med hverandre og danner forbindelseskontakten E1 på hallelementet, som mates med strømmen "i" fra den eksterne strømgenerator nøyaktig som på fig. 16. Den frie forbindelse av motstanden R_9 danner forbindelseskontakten 2 og den frie forbindelse av motstanden R_{10} forbindelseskontakten 3 på hallelementet. De to forbindelseskontakter 2 og 3 er, nøyaktig som på fig. 16, forbundet eksternt over hver av en motstand R_1, respektive R_2, med polen V_{SS} til matespenningen $V_{DD};V_{SS}$, mens en annen pol på strømgeneratoren 21 er ført til dennes pol V_{DD}. Den felles forbindelse av motstanden R_7 og felteffekttransistoren 34 danner en første sensorforbindelse S_1 og den felles forbindelse av motstanden R_8 og felteffektor-transistoren 35 den annen sensorforbindelse S_2 av hall-elementet. Man har $R_1 = R_2$ og $R_7 = R_8$. Ved et ideelt hall-element uten nullspenning (offset-spenning) has dessuten $R_9 = R_{10}$ med $R_{10} = R_7$. Kilde-d-elektrodemotstandene til de to felteffektortransistorene 34 og 35 er likeledes de samme og betegnet med R_T, mens de to portforbindelser OL og OR står under samme elektriske spenning.

Ved ikke-ideelle hallelementer med gitt nullspenning (offset-spenning) gjelder f.eks. $R_9 = R_{10} + \Delta R$, dvs. at målebroen $R_7;34;R_9;R_1;R_2;R_{10};35;R_8$ er usymmetrisk, og det oppstår ved et fraværende magnetfelt en utgangsspenning forskjellig fra null ved utgangen $S_1;S_2$ på hallelementet. Denne kan kompenseres ved at spenningen på portforbindelsen OR til felteffektortransistoren 35 endres på en slik måte at dennes kilde-d-elektrode-området får en motstand $R_T + \Delta R$. Derved blir målebroen igjen symmetrisk, da ΔR av motstanden R_9 kompenseres ved ΔR i kilde-d-elektrode-området i felteffektortransistoren 35. Spenningen på utgangen $S_1;S_2$ av hallelementet blir således på korrekt måte igjen null ved manglende magnetfelt. Det vil si at null-spenningen til hallelementet kan kompenseres forekommende ved hjelp av de elektriske spenninger som forekommer på hall-elementets to portforbindelser OR og OL.

PATENTKRAV

1. Integrerbart hallelement (22) som har to sensor-forbindelseskontakter (4, 5) og minst to strøm-forbindelseskontakter (1, 2, 3), anordnet på overflaten av hallelementet (22), og minst ett sperresjikt (11 resp. 12; 7) anordnet mellom den aktive sone (7) i hallelementet (22) og overflaten av hallelementet (22), hvor sperresjiktet dekker den aktive sone (7) av hallelementet (22) oventil,
k a r a k t e r i s e r t v e d at sperresjiktet (11) er dannet av en utarmingssone, som genereres av elektrostatisk påvirkning ved hjelp av en elektrisk spenning som ligger over en portforbindelse (G) på et elektrisk ledende portsjikt (10), at portsjiktet (10), adskilt av et oksidsjikt, er anordnet på overflaten av hallelementet (22) slik at portsjiktet (10) og dermed også utarmingssonen dekker den aktive sone (7) i hallelementet (22) oventil.

2. Integrerbart hallelement i henhold til krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det elektrisk ledende portsjikt (10) er dannet av tre parallelle ved siden av hverandre anordnede og fra hverandre adskilte portsjikt (10a, 10b, 10c), idet det midterste portsjikt (10b) oventil dekker den del av den aktive sone (7) hvor tre midtre forbindelses-kontakter (1, 4, 5) på hallelementet finnes, at de to andre portsjiktene (10a, 10c) hver oventil dekker en del av den aktive sone (7) i hver av hvilke en ytterligere forbindelses-kontakt (2, 3) på hallelementet er inneholdt, og at alle tre portsjikt (10a, 10b, 10c) hver har en portforbindelse (G, OL, OR).

3. Anvendelse av det integrerbare hallelement i henhold til et av kravene 1 og 2, i en effektmåler eller en elektrisitets-teller for å måle en elektrisk strøm eller å danne et spenning-strøm-produkt.

Fig. 1

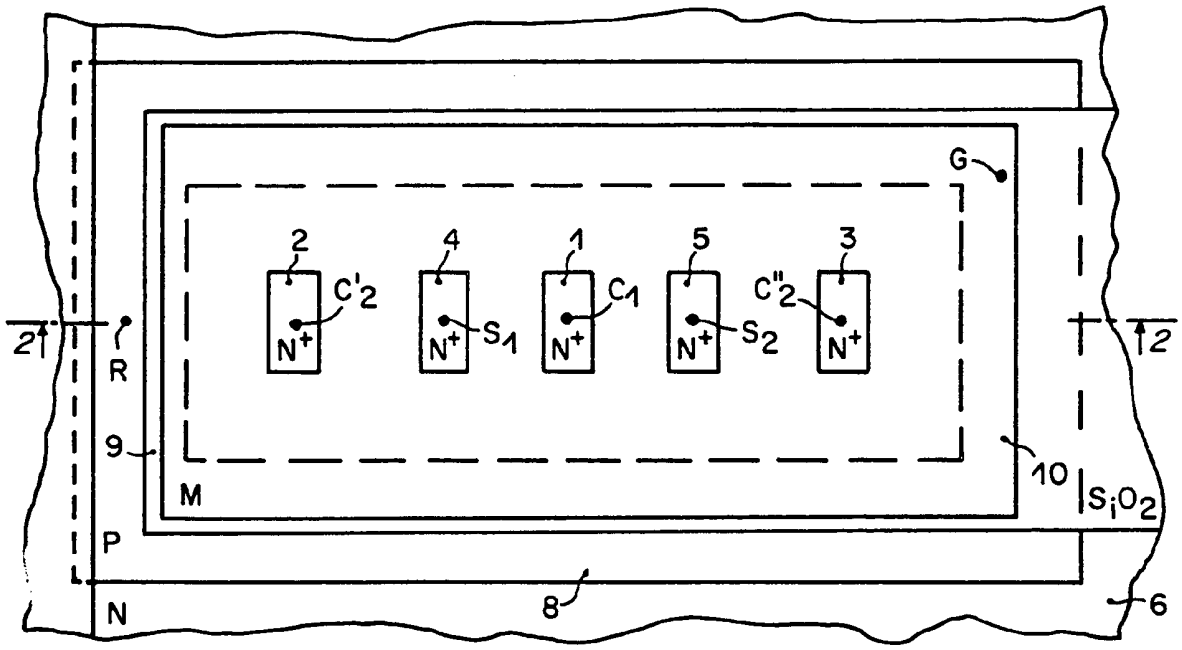

G
2
4
1
5
3
C'2
C1
C"2
S1
S2
N+
2
2
R
9
M
P
N
8
10
SiO2
6

Fig. 2

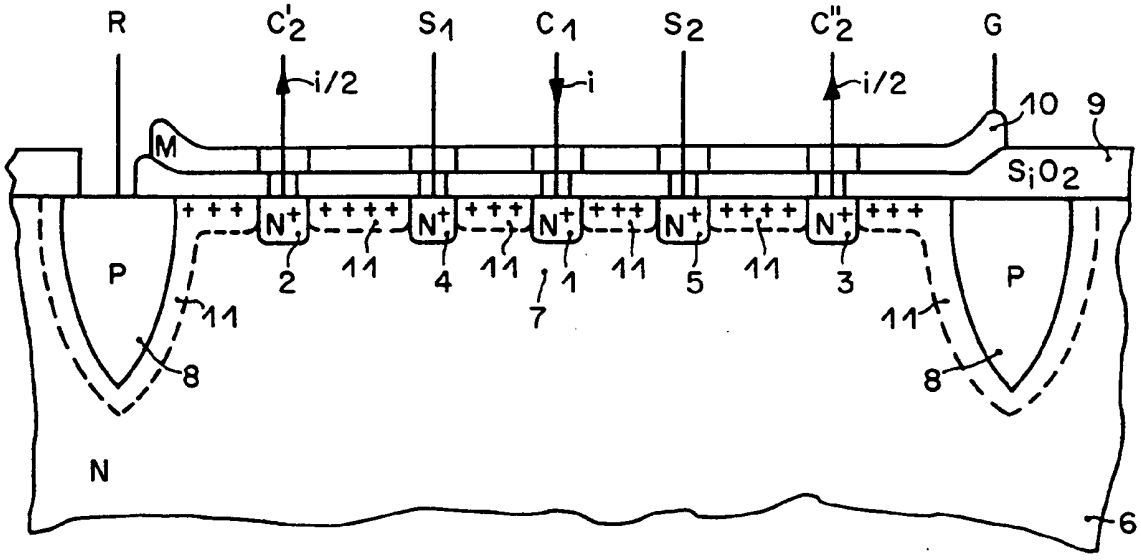

R
C'2
S1
C1
S2
C"2
G
i/2
i
i/2
10
9
M
SiO2
N+
2
11
4
11
7
1
11
5
11
3
P
P
11
11
8
8
N
6

Fig. 3

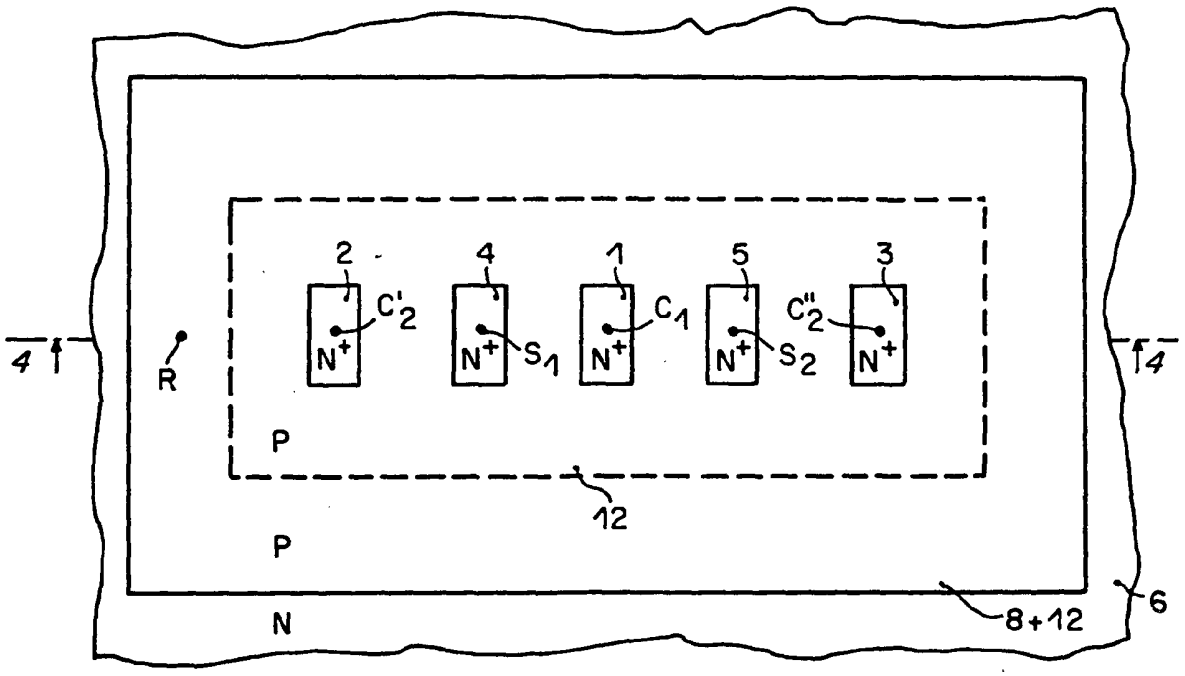

2
4
1
5
3
C'2
S1
C1
S2
C"2
N+
R
4
4
P
12
P
N
8+12
6

Fig. 4

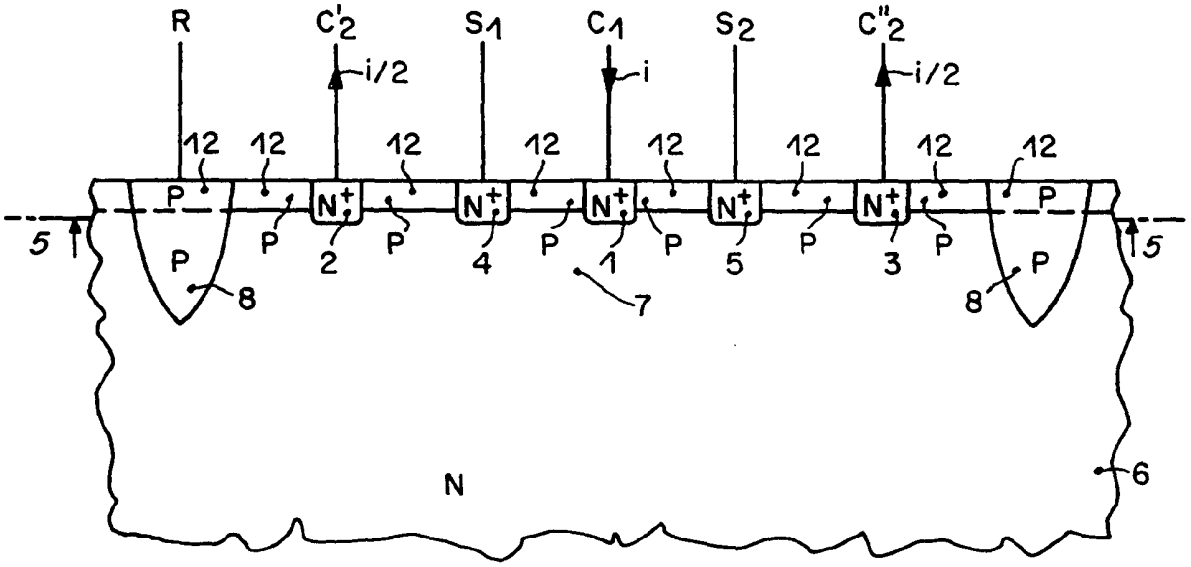

R
C'2
S1
C1
S2
C"2
i/2
i
i/2
12
P
N+
5
5
2
4
1
5
3
8
8
7
N
6

Fig. 5

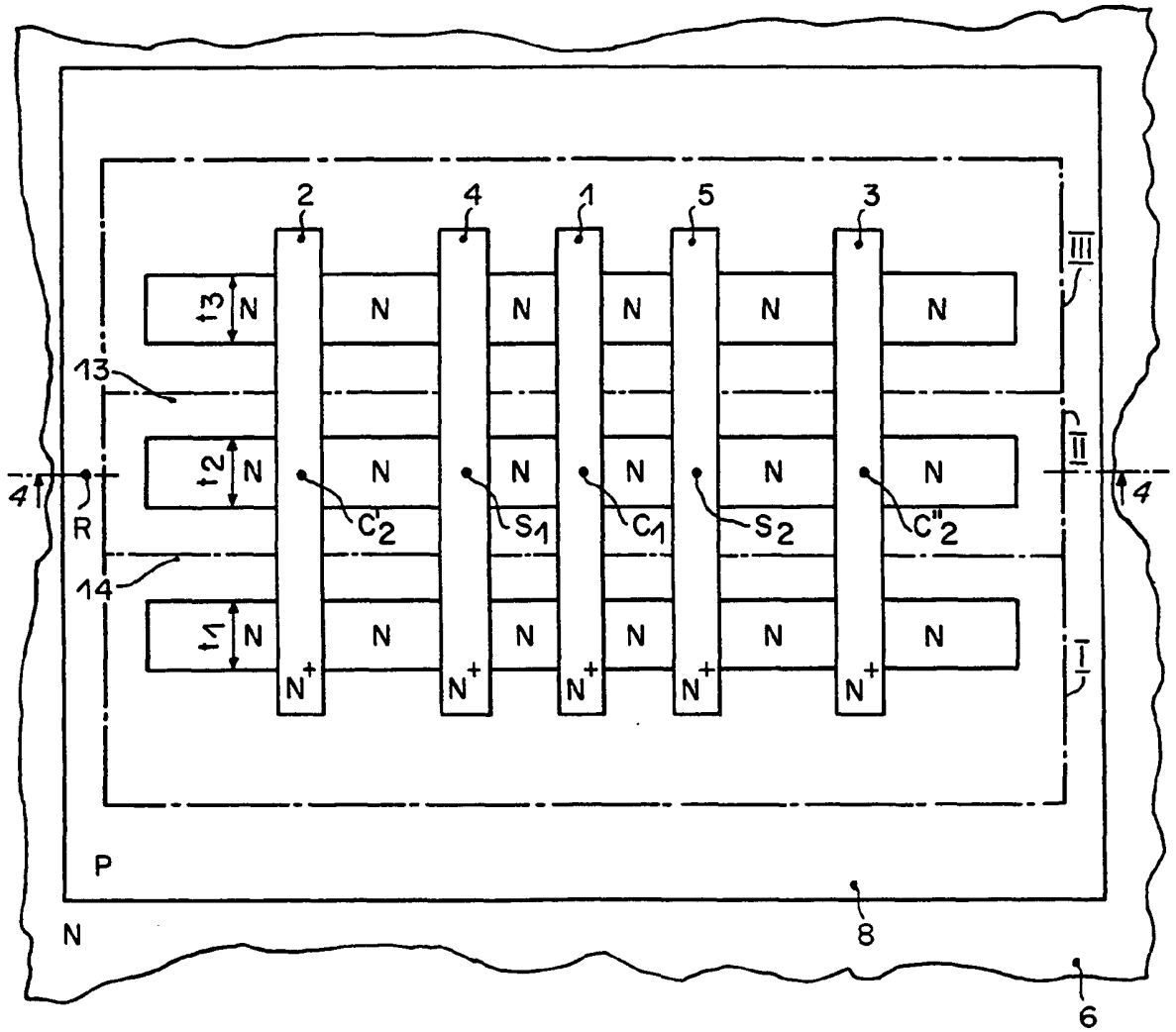


Fig. 6

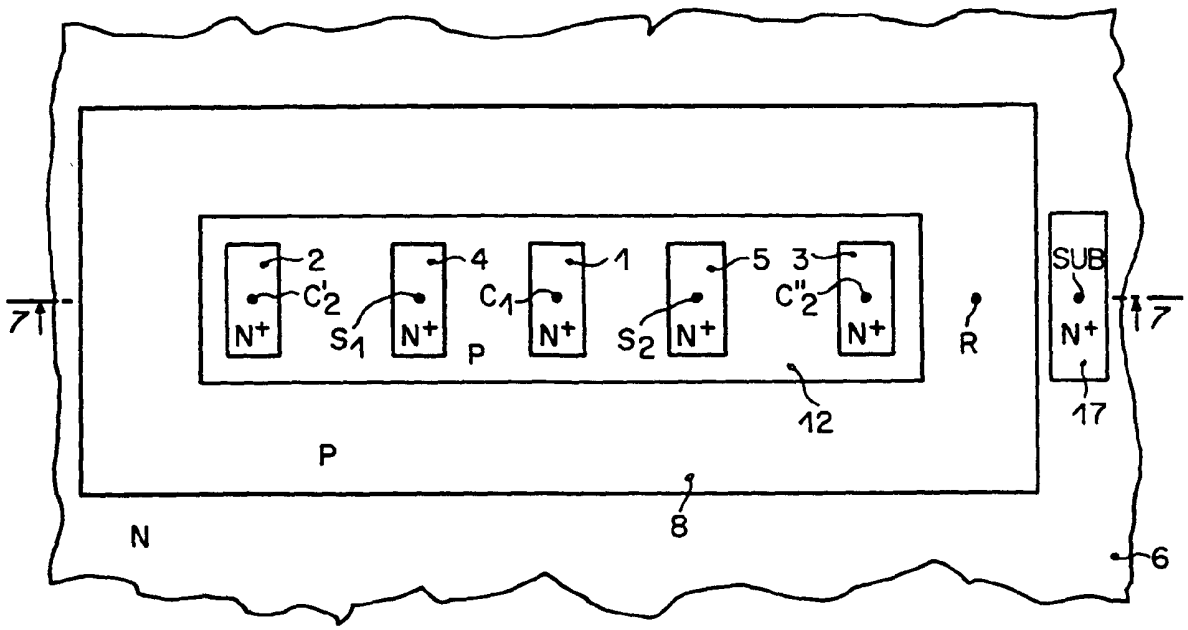

7
2
C'2
4
1
5
3
SUB
N+
S1
C1
S2
C"2
R
P
12
17
8
N
6

Fig. 7

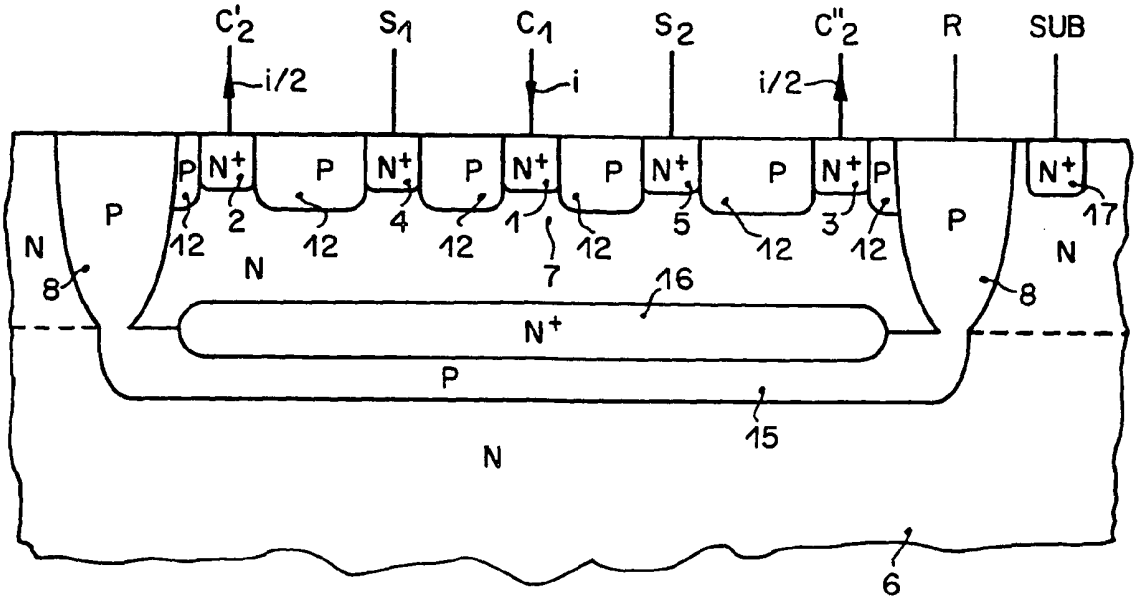

C'2
S1
C1
S2
C"2
R
SUB
i/2
i
P
N+
N
12
2
4
1
5
3
17
8
7
16
15
6

Fig. 8

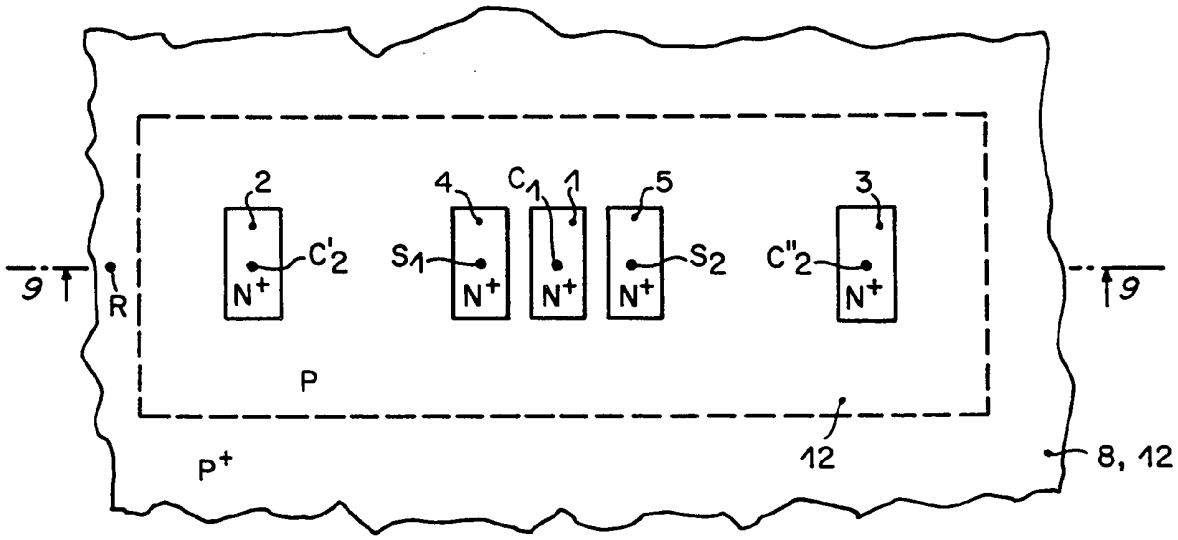

2
4
C1
1
5
3
C'2
S1
S2
C"2
N+
N+
N+
N+
N+
9
R
9
P
P+
12
8, 12

Fig. 9

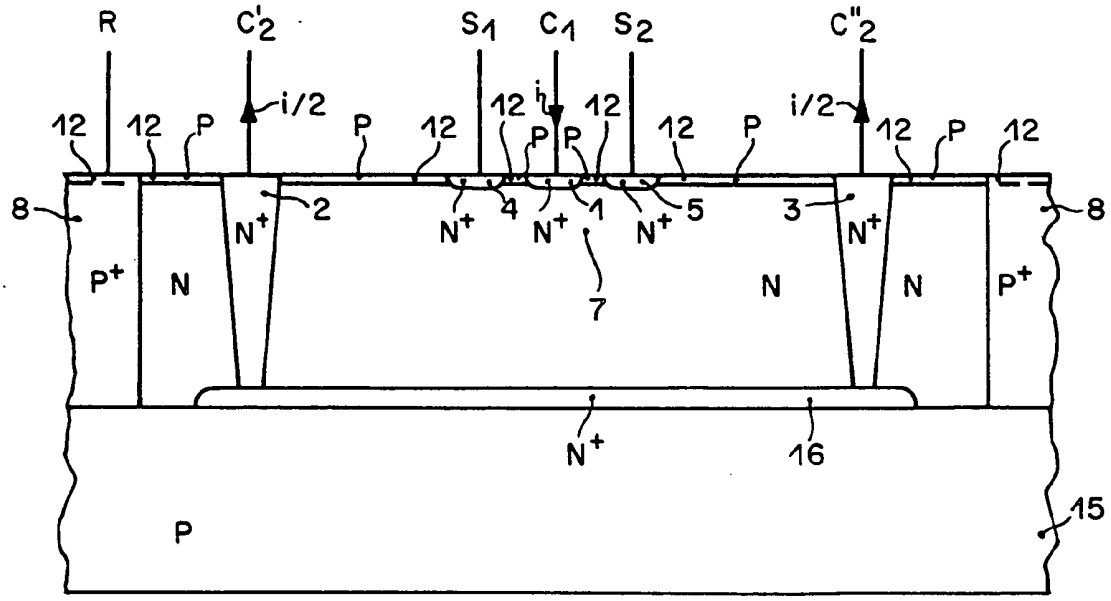

R
C'2
S1
C1
S2
C"2
i/2
i/2
i
12
P
N+
2
4
1
5
3
8
8
P+
N
N
N
P+
7
N+
16
15
P

Fig. 10

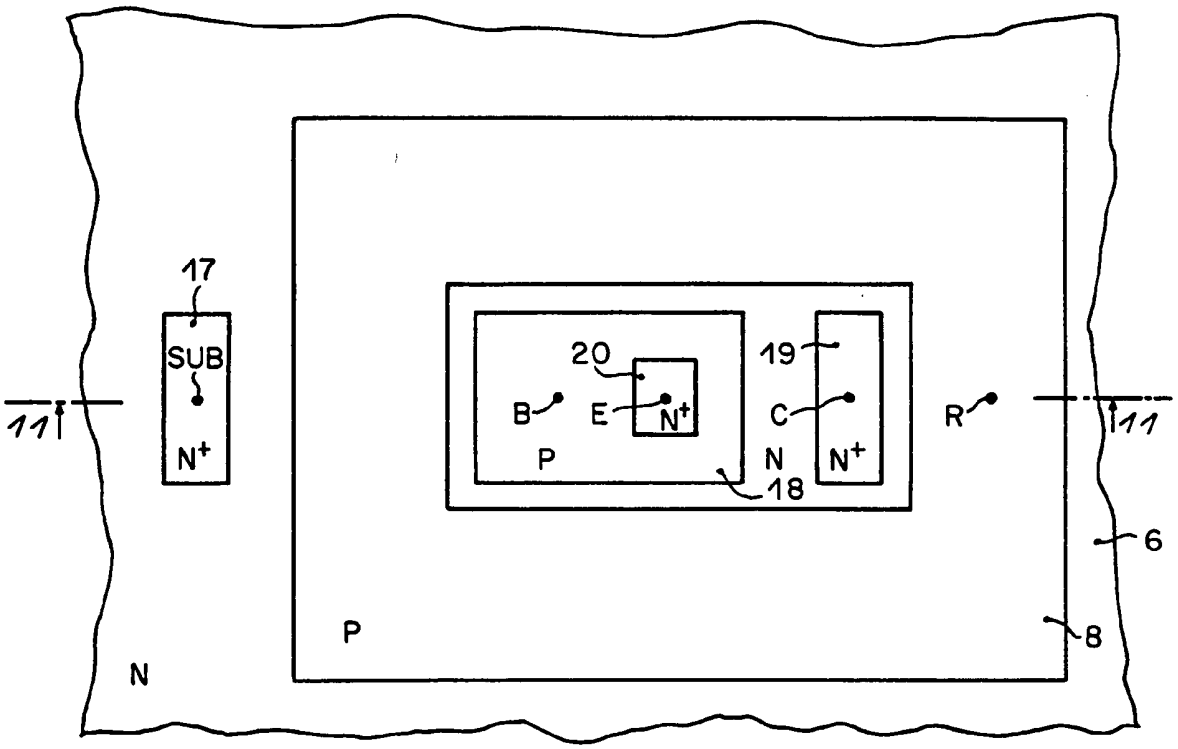

17
SUB
N+
11
11
20
19
B
E
N+
C
R
P
N
N+
18
6
P
8
N

Fig. 11

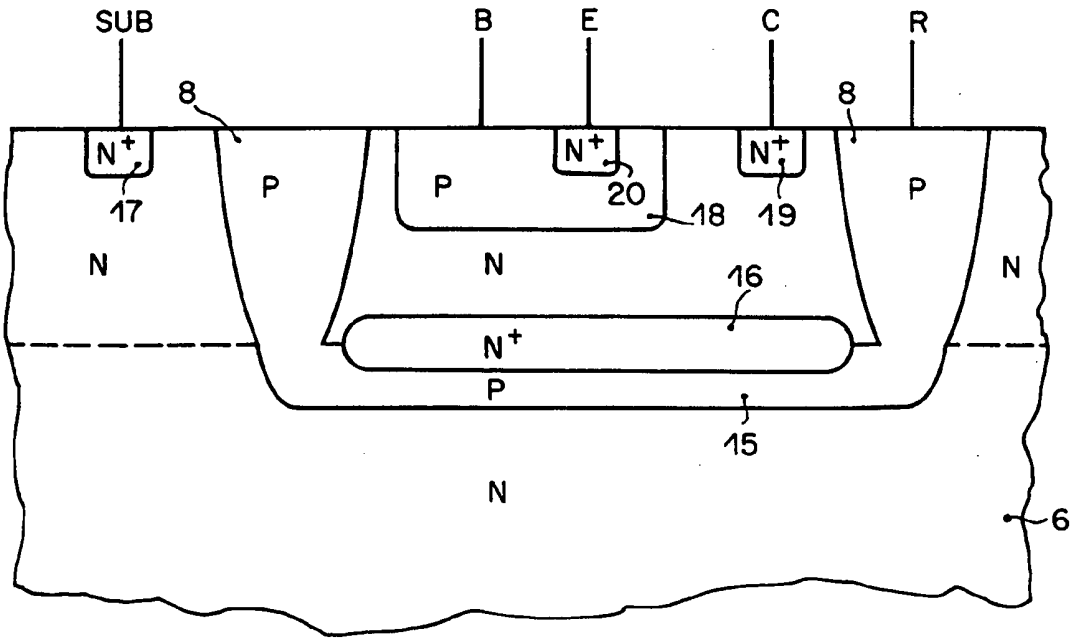

SUB
B
E
C
R
8
8
N+
N+
N+
17
P
P
P
20
18
19
N
N
N
16
N+
P
15
N
6

Fig. 12

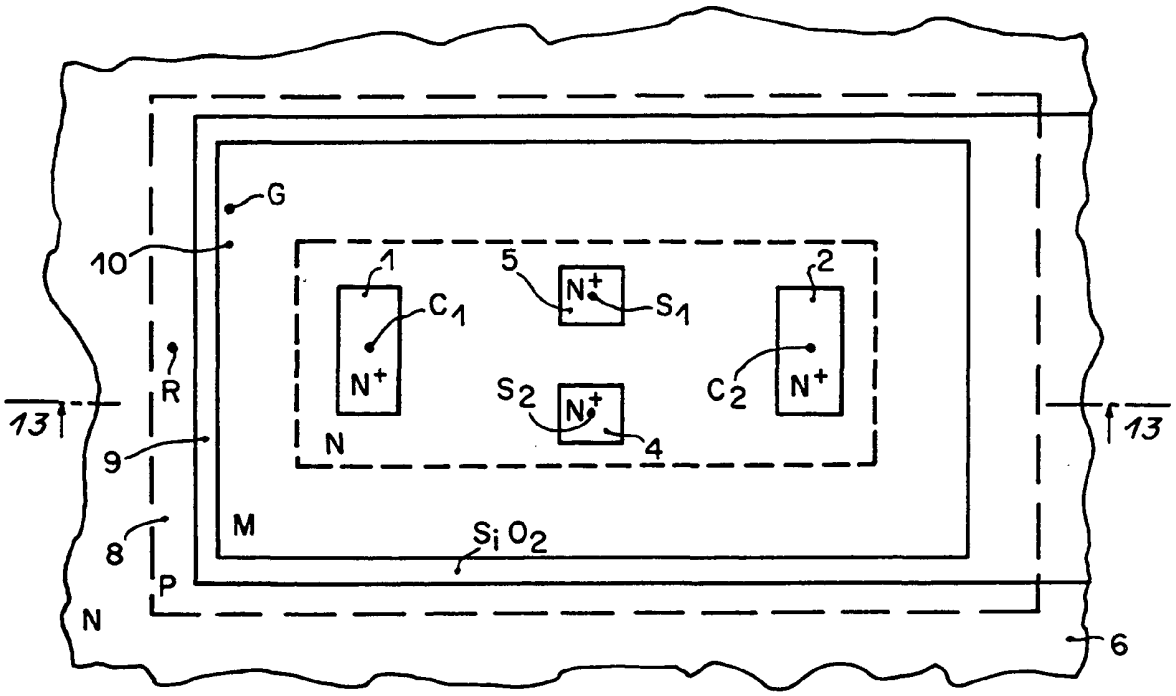

G
10
1
5
2
C1
N+
S1
N+
R
13
S2
N+
C2
N+
13
9
N
4
M
8
SiO2
P
N
6

Fig. 13

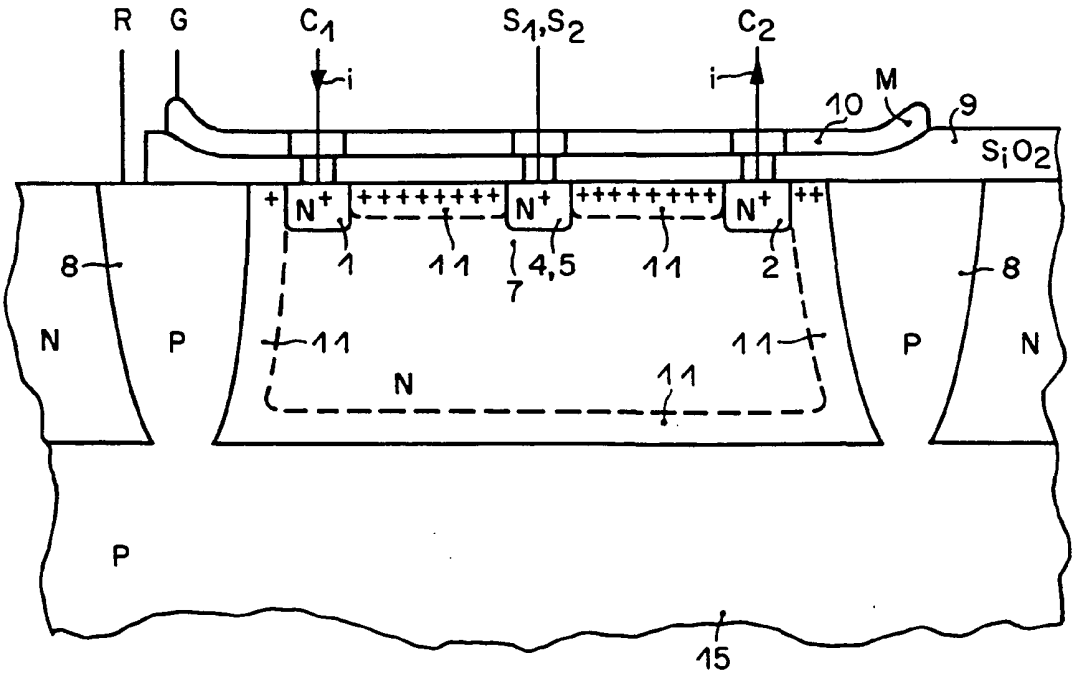

R
G
C1
S1,S2
C2
i
i
10
M
9
SiO2
N+
N+
N+
8
1
11
4,5
11
2
8
7
N
P
11
11
P
N
N
11
P
15

Fig. 14

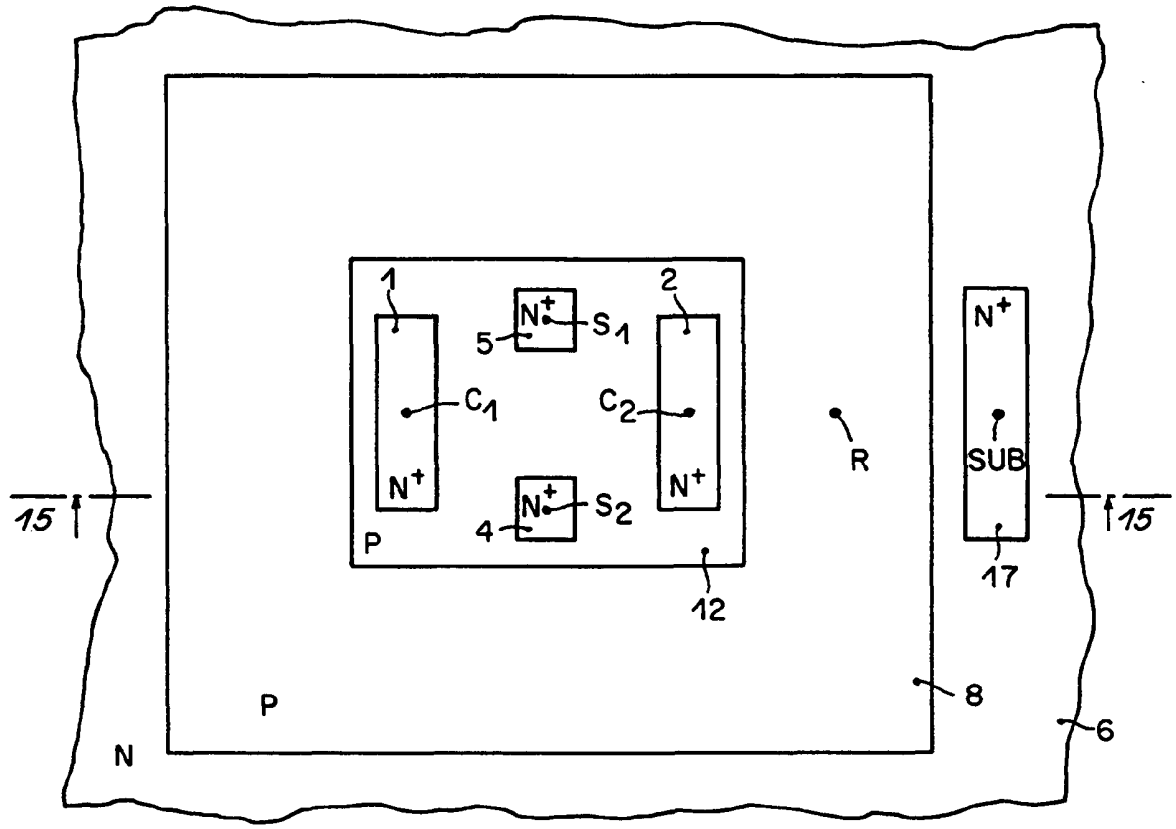

1
2
N+
S1
5
C1
C2
N+
N+
R
SUB
N+
15
15
N+
S2
4
P
17
12
8
P
6
N

Fig. 15

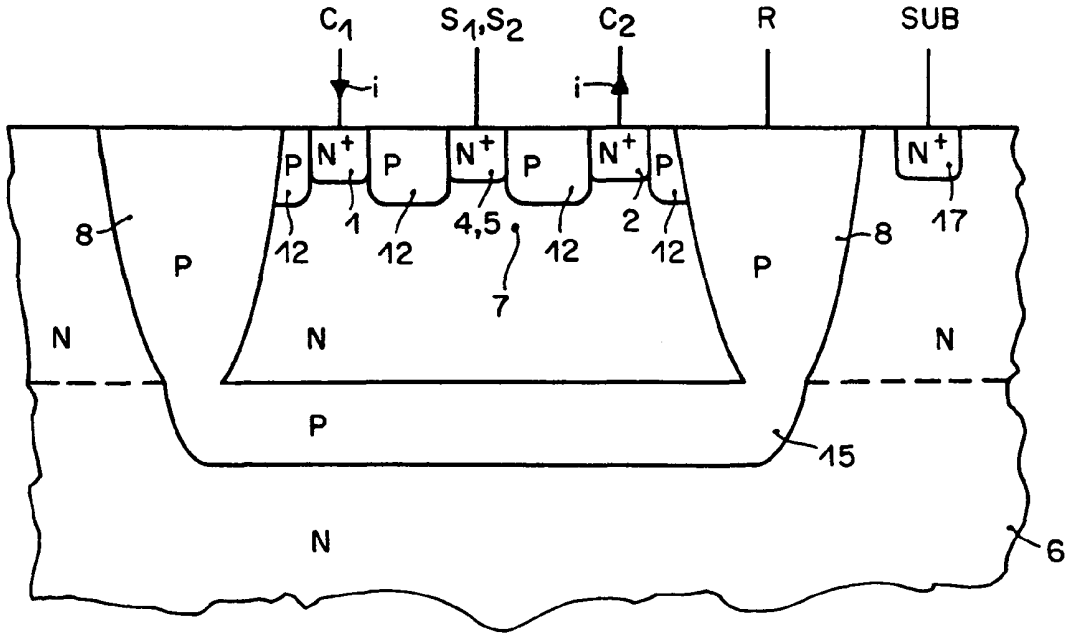

C1
S1,S2
C2
R
SUB
i
i
P
N+
P
N+
P
N+
P
N+
8
12
1
12
4,5
12
2
12
8
17
P
P
7
N
N
N
P
15
N
6

Fig. 16

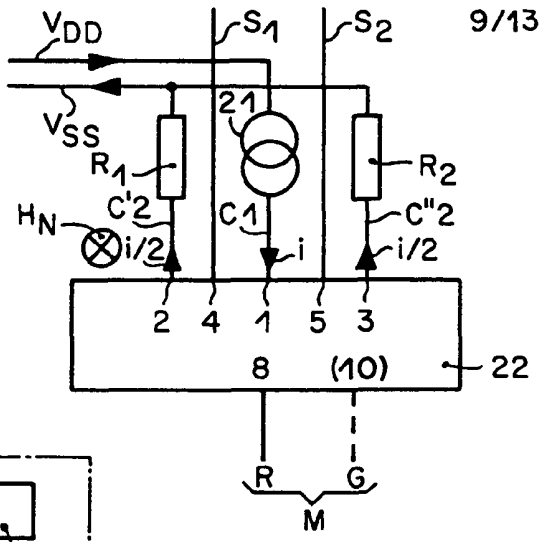


Fig. 17

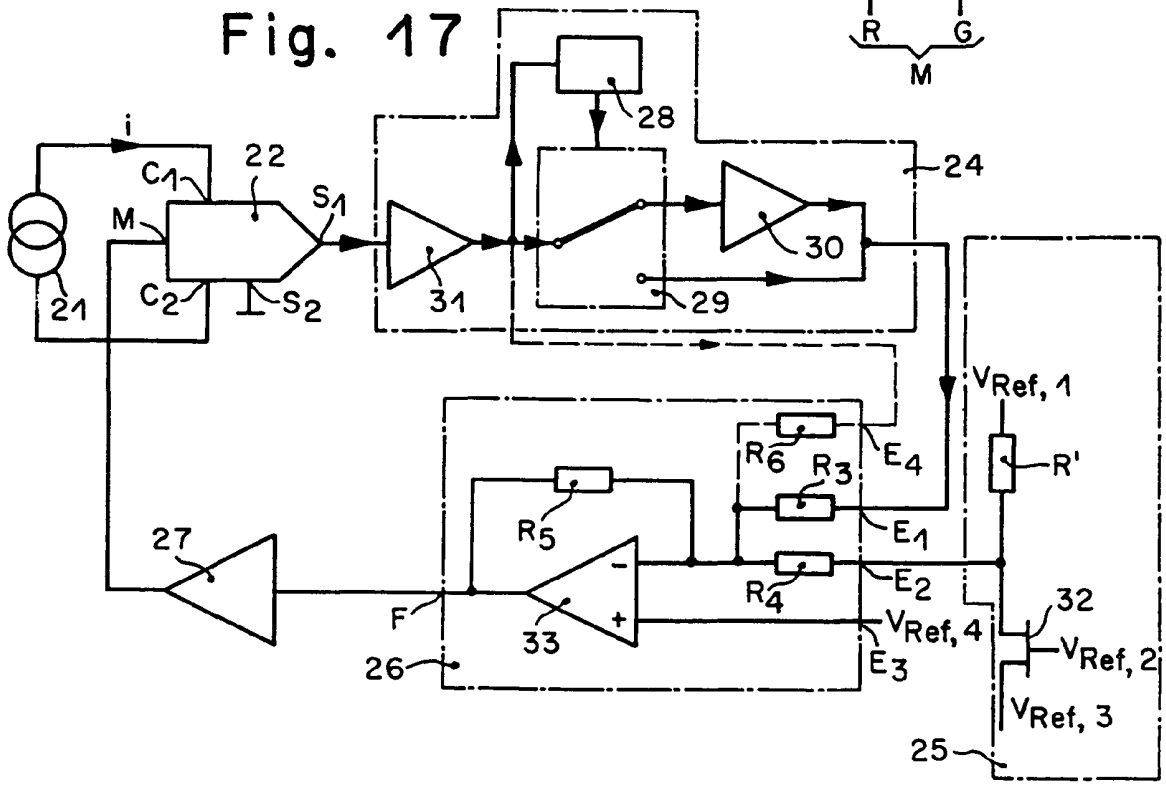


Fig. 18

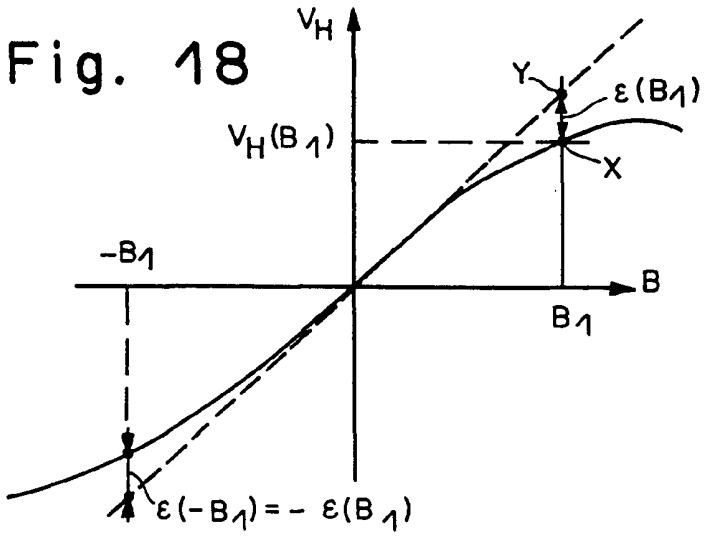


Fig. 19

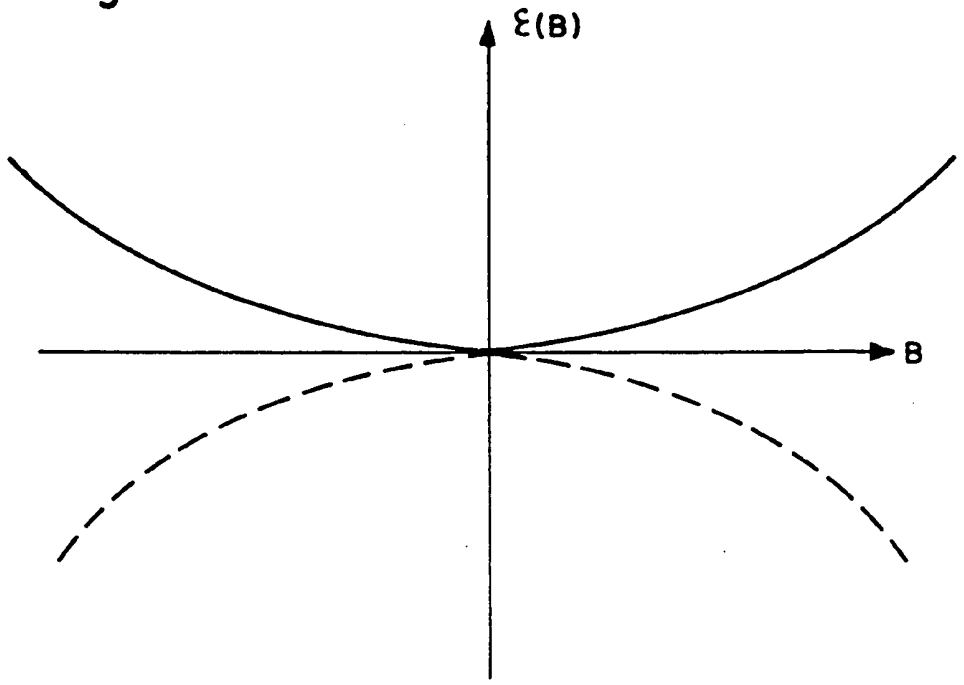


Fig. 20

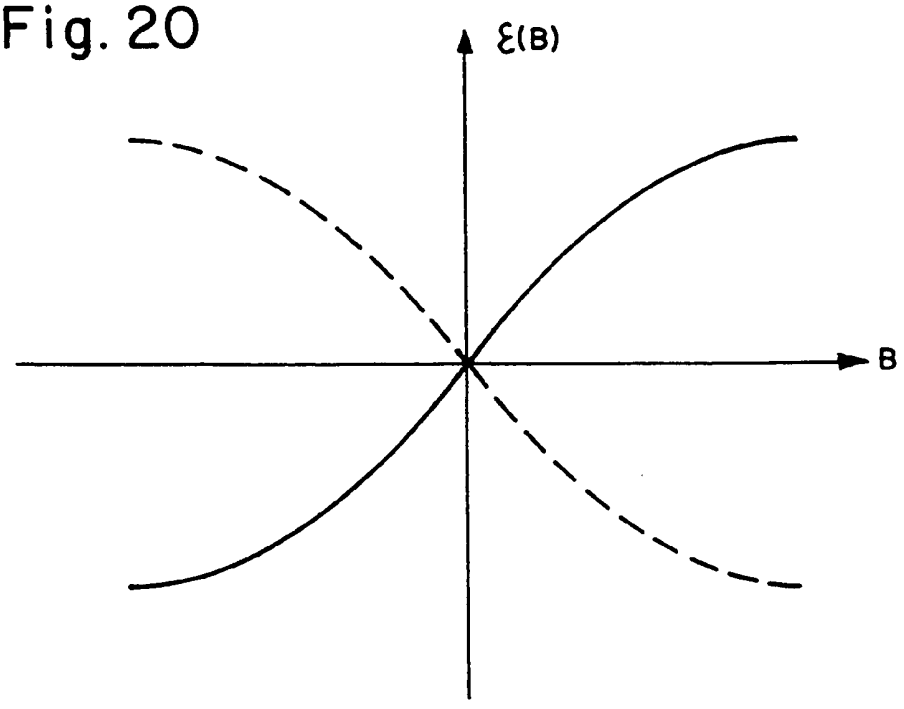


Fig.21

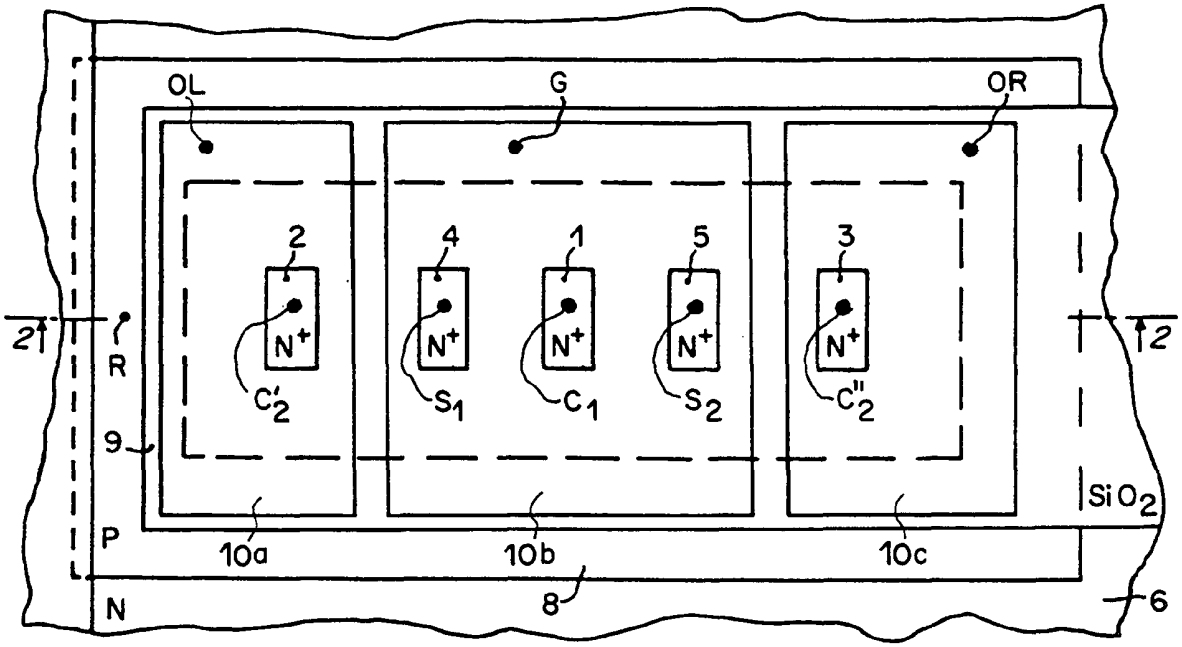

OL
G
OR
2
4
1
5
3
N+
C'2
S1
C1
S2
C"2
21
12
R
9
P
10a
10b
10c
SiO2
N
8
6

Fig. 22

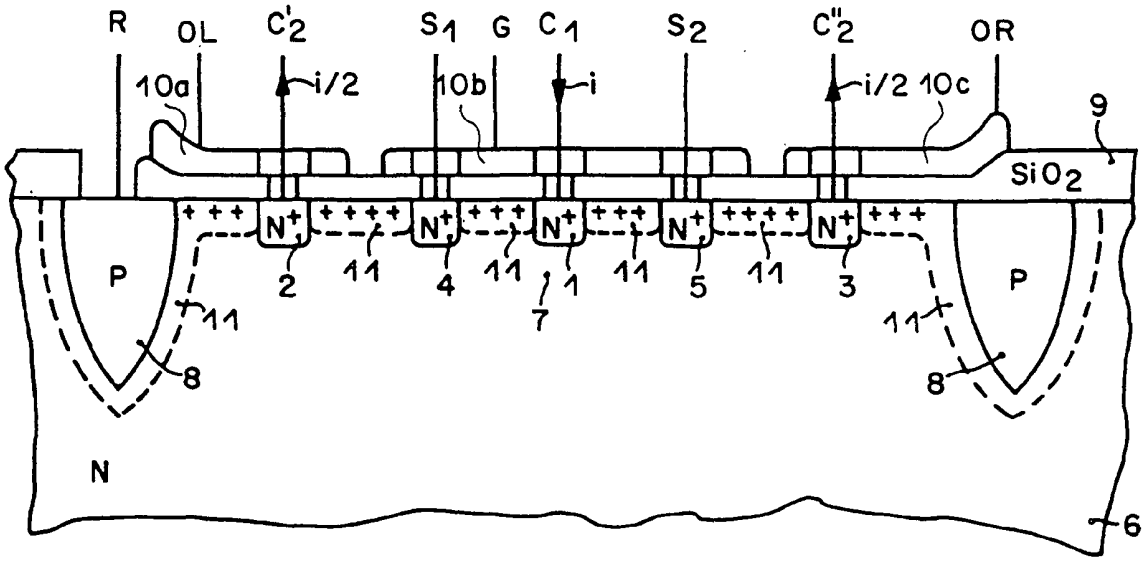

R
OL
C'2
S1
G
C1
S2
C"2
OR
10a
i/2
10b
i
i/2
10c
9
SiO2
N+
2
4
1
5
3
11
7
P
8
N
6

Fig. 23

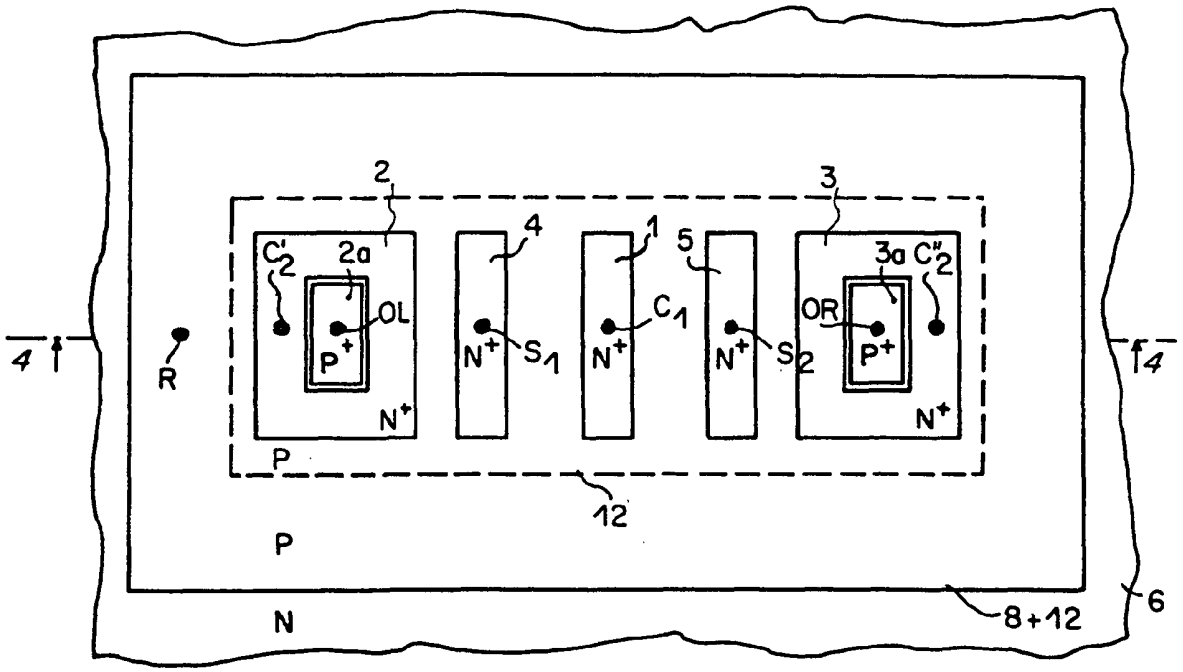

2
3
4
1
5
C'2
2a
OL
C1
3a
C"2
OR
R
4
4
P+
N+
S1
S2
N+
P
12
P
N
8+12
6

Fig. 24

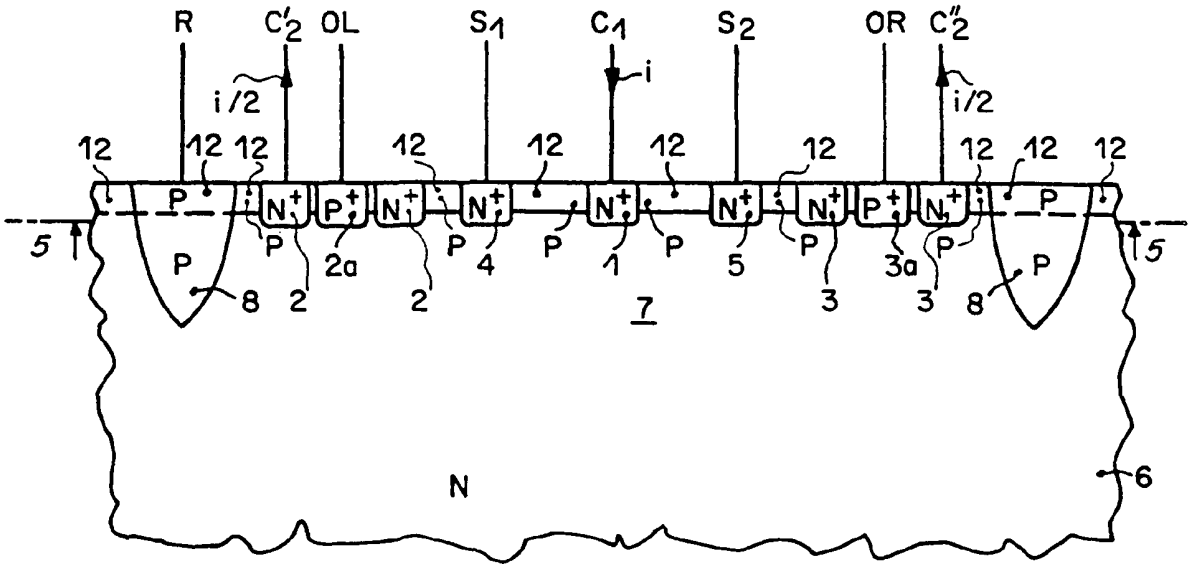
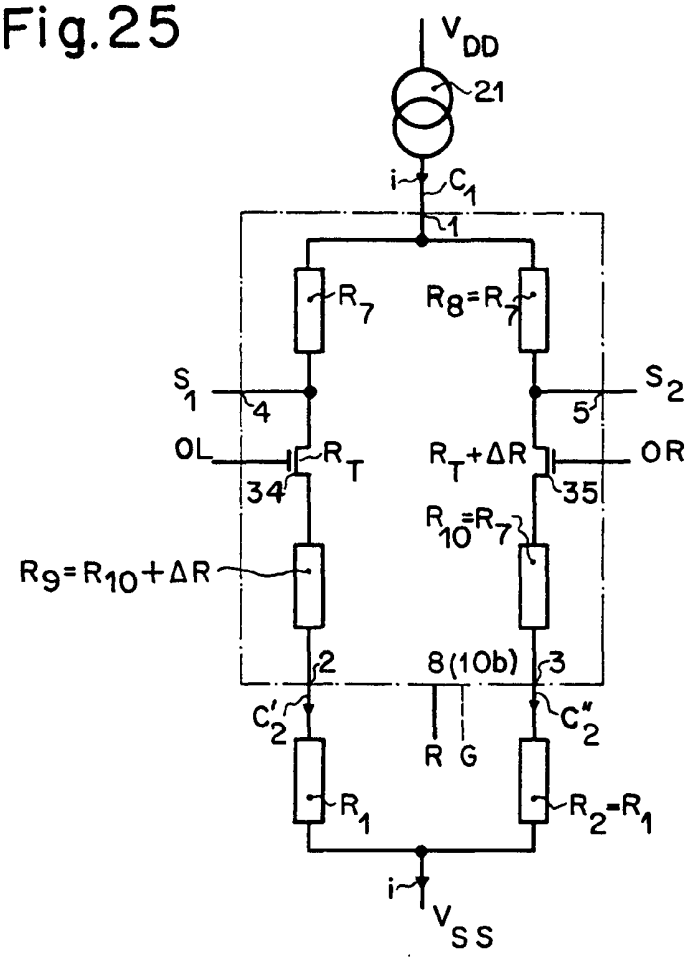

R
C'2
OL
S1
C1
S2
OR
C"2
i
i/2
i/2
12
P
N+
P+
2a
3a
4
1
5
3
2
8
7
6
5
N

Fig.25


V_{DD}
21
i
C_1
1
R_7
$R_8=R_7$
S_1
4
S_2
5
OL
R_T
$R_T+\Delta R$
OR
34
35
$R_{10}=R_7$
$R_9=R_{10}+\Delta R$
2
8(10b)
3
C'_2
C''_2
R
G
R_1
$R_2=R_1$
i
V_{SS}