



NORGE

[NO]

[B] (11) UTLEGNINGSSKRIFT Nr. 133820

(51) Int. Cl.² H 01 L 21/265

**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

(21) Patentsøknad nr. 4622/72

(22) Inngitt 14.12.72

(23) Løpedag 14.12.72

(41) Alment tilgjengelig fra 17.06.74

(44) Søknaden utlagt, utlegningsskrift utgitt 22.03.76

(30) Prioritet begjært Ingen.

(54) Oppfinnelsens benevnelse Fremgangsmåte for dannelsen av en isolerende amorf struktur i et monokrystallinsk legeme.

(71)(73) Søker/Patenthaver INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION,
Armonk, N.Y. 10504, USA.
(a Corporation of New York.)

(72) Oppfinner BRACK, KARL, Fishkill, N.Y.,
GOREY, EDWARD FRANCIS, Beacon, N.Y.,
SCHWUTTKE, GUENTER HELMUT, Poughkeepsie, N.Y.,
USA.

(74) Fullmektig Bryns Patentkontor A/S, Oslo.

(56) Anførte publikasjoner Ingen.

Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte for dannelselse av en isolerende amorf struktur i et monokrystallinsk legeme av silicium eller germanium.

I U.S. patent nr. 3.622.382 er det vist en fremgangsmåte for å fremstille et isolerende sjikt i et monokrystallinsk halvlederlegeme ved å bombardere legemet med ulike ioner, såsom nitrogen, oksygen og karbon, over et tidsrom tilstrekkelig til å frembringe et tett sjikt av innpodede ioner ved et energinivå tilstrekkelig til å medføre ioneinntrenging til den ønskede substratdybde. Legemet varmes deretter opp til en temperatur som er tilstrekkelig til at de innpodede ioner reagerer med ionene i halvlederlegemet for derved å danne et isolerende sjikt.

Likeledes er det i U.S. patent nr. 3.666.548, som er en videreutvikling av det foran nevnte patent, vist et monokrystallinsk halvlederlegeme med et enkelt kontinuerlig isolasjonssjikt som går fra overflaten og til en viss dybde og som omgir en sone i legemet for dielektrisk å isolere denne sone, hvis ene overflate utgjøres av legemets overflate, fra den øvrige del av legemet. Dette isolerende lag frembringes ved å bombardere legemet med ioner som reagerer med atomer i legemet når dette varmes opp til en viss temperatur. Ionene ledes til en åpning i en maske, og en skrånende overflate av masken omgir åpningen. Den skrånende flate styrer inntrengingen av ioner fra legemets overflate og inn i et substratum. Når legemet oppvarmes til en viss temperatur, vil de innpodede ioner reagere med atomene i legemet og derved danne det isolerende lag og dielektrisk isolere sonen som omgis av det enkle kontinuerlige lag fra den øvrige del av legemet.

Ved fremstillingen av monolitiske integrerte kretser dannes forskjellige aktive elementer, såsom transistorer og dioder, samt et antall passive elementer, såsom motstander og kon-

densatorer, i eller på det samme monokrystallinske halvlederlegeme. Disse aktive og passive elementer er innbyrdes forbundet til en krets ved hjelp av et metalliseringsmønster i en isolerende film som dekker halvlederlegemet overflate. Det uønskede elektriske samvirke mellom elementene forhindres ved internt å isolere de aktive og passive elementer i kretsen fra hverandre.

Det er foreslått en rekke strukturer og teknikker for å frembringe slik isolasjon. Det har vært dannet PN-overgangssjikt i halvlederlegemet mellom de aktive og passive elementer. Dette kalles vanligvis "overgangssjiktisolasjon". Det er en rekke ulemper forbundet med denne type isolasjon ettersom eksistensen av et PN-overgangssjikt og de felter som derved dannes innfører en parasitt-kapasitet som normalt er uønsket, særlig i hurtige halvlederkretser. En annen ulempe som særlig har betydning i kretser som benyttes for militære formål og også i det ytre rom, er at overgangsflatene er følsomme for stråling. Deres overgangsflatene utsettes for nevneverdige mengder av stråling, nedbrytes isolasjonen og kretsens operasjonsdyktighet ødelegges. En annen fremgangsmåte for å isolere de forskjellige elementer i en monolitisk integrert krets er å omgi hvert element med et lag isolerende materiale. Dette kalles vanligvis "dielektrisk isolering". Det finnes forskjellige fremgangsmåter for å isolere et element på denne måte, f. eks. ved å etse kanaler i en halvlederskive som adskiller de forskjellige soner i elementet. Deretter dannes et isolasjonslag over elementets toppflate, hvorefter elementet inverteres og resten av skiven fjernes ned til kanalenes bunn. Dette etterlater frilagte segmenter på skiven, som omgis av isolasjonsmaterialet som også fungerer som en underlagsstruktur. Slike fremstillingsteknikker er imidlertid tidskrevende, omstendelige og krever stor nøyaktighet og blir derfor gjerne kostbare.

Hittil, når isolasjonslag ble dannet, såsom siliconnitrid, siliconkarbid og siliconoksyd, har de podede ioner vært andre ioner enn de ioner som utgjør atomstrukturen i det monokrystallinske halvlederlegeme. Dersom et siliconnitridlag var ønsket, ble nitrogenatomer podet som det første trinn ved dannelsen av et isolerende siliconnitridsjikt i halvlederlegemet. Etter bombardement av denne type vil legemet vanligvis bli oppvarmet i området på ca. 1100°C over en tid som er tilstrekkelig til at de innpodede ioner reagerer med ioner i legemet. Denne

fremgangsmåte muliggjør at et isolerende sjikt kan dannes i det monokrystallinske legeme.

Hensikten med foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe en fremgangsmåte for å danne en dielektrisk isolert sone i et monokrystallinsk halvlederlegeme.

Denne hensikt oppnås ved en fremgangsmåte som er kjennetegnet ved at det monokrystallinske legeme bombarderes med identiske ioner og at bombardementet opprettholdes ved et energinivå som er tilstrekkelig til å resultere i en ioneinntrengning til den ønskede dybde under overflaten.

Fortrinnsvis benyttes en ioneopdningsstråleenergi som er større enn 5 KEV.

Ifølge et videre trekk ved oppfinnelsen innpodes en ionedose på 1×10^{15} ioner pr. cm^2 eller mer.

Det kan dessuten være fordelaktig i visse tilfeller å avmaskere en del av det monokrystallinske legeme.

Oppfinnelsen skal i det følgende forklares nærmere ved hjelp av utførelseseksempler som er fremstilt på tegningen, som viser:

fig. 1 skjematisk fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen for å danne en dielektrisk isolert sone under overflaten i et monokrystallinsk legeme,

fig. 2 et skjematisk riss av et apparat for ioneopding for gjennomføring av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen,

fig. 3 et kjent kvalitativt diagram som viser forskjøvnede atomer eller skader i en silicon-krystall-gitterstruktur på grunn av siliconioneopding som funksjon av dybde, tilsvarende en siliconionedose på 6×10^{15} ioner pr. cm^2 ,

fig. 4 et nytt kvalitativt diagram som viser forskjøvnede atomer eller skader i en krystallgitterstruktur på grunn av ioneopding som funksjon av inntrengningsdybde, tilsvarende en siliconionedose på 1×10^{16} ioner pr. cm^2 og basert på eksperimentelle observasjoner,

fig. 5 et diagram tilsvarende fig. 3 og 4, som følge av en siliconionedose på 6×10^{16} ioner pr. cm^2 , og basert på eksperimentelle observasjoner,

fig. 6 et optisk fotomikrobilde som viser det amorfte lag under overflaten i en posisjon som vist ved profilen på fig. 3,

fig. 7 et lignende fotomikrobilde som viser det amorfte lag i en posisjon som vist ved profilen på fig. 4,

fig. 8 et tilsvarende fotomikrobilde som viser det amorfe lag i den posisjon som er gitt ved profilen på fig. 5.

I den prosess hvorved det dannes et innpodet sjikt i et monokrystallinsk legeme, podes ioner inn i legemet i en veldefinert sone som er generelt vist på fig. 1. Den foreliggende oppfinnelse tar særlig sikte på innpoding av siliconioner i et monokrystallinsk siliconsubstrat. Apparatet for innpoding av ioner er vist skjematisk på fig. 2. Dette apparat eller tilsvarende utstyr muliggjør at et atom av et eller annet grunnstoff kan ioniseres ved ionekilden 30 og akselereres ved en potensialgradient gjennom akseleratoren 32 til et energinivå som er tilstrekkelig til at ionene kan innpodes i et mål 10 i målkammeret 34. Ettersom partikkelstrålen 36 er ladet, påvirkes denne av magneter og elektriske felter og kan derfor fokuseres og avbøyes i kammeret 38 eller ved hjelp av en masse med separate magneter.

Den dybde hvortil ionene i strålen 36 innpodes i målet 10 er en funksjon av ionestråleenergien og innfallsvinkelen for strålen i forhold til målet 10. Innfallsvinkelen kan reguleres f. eks. ved å dreie målet 10 om en akse 40. Vanligvis vil en ionestråle med energi på mellom 5 KEV til 3 MEV være tilstrekkelig for å pode ioner inn i et krystallinsk substrat 10. Flere metoder kan benyttes for å regulere podesonen. Ved at ionene påvirkes av magnetiske og elektriske felter, kan de fokuseres og avbøyes elektrostatisk på en slik måte at de definerer den sone som skal podes. En annen metode kan være å anordne en maske i banen til strålen 36, som selektivt avstenger visse partier, slik at det dannes podesoner på målobjektet 10.

En tredje fremgangsmåte for å regulere podesonene er å avmaske substratets overflate med et passende maskemateriale. Normalt vil maskeringsfilmene avsettes og tildannes slik at de frilegger de ønskede partier av legemet ved kjent fotolitografisk teknikk.

Ved utøvelsen av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen bombarderes et monokrystallinsk halvlederlegeme, fortrinnsvis silicon, med siliconatomer, slik som vist i trinn 1 på fig. 1. Bombardementet kan skje langs enhver retning i forhold til krystallaksen. Det er imidlertid hensiktsmessig at bombardementet skjer i en vinkel på 2° med en av hovedaksene. Krystallgitterets vinkel relativt bombardementsretningen vil influere på inntrengningsdybden når krystallaksen danner en liten vinkel med

bombardementsretningen. Det antas at en tettere sammenpakking av de innpodede ioner vil finne sted. Bombardementssonen kan reguleres ved enhver av de ovennevnte metoder. Som vist på fig. 1 avmaskes overflaten 11 med et maskeringslag 12. Dette forhindrer at ioner trenger inn i legemet 10 i den avmaskede sone. Maskeringslaget 12 kan være ethvert passende metall eller isolasjonsmateriale. Typiske slike materialer omfatter molybden, wolfram, platina, gull, sølv, silocondioksyd, siloconnitrid og lignende. Normalt vil maskeringslaget bare ha en tykkelse på et par tusen ångstrøm og kan tildannes ved kjent fotolitografisk teknikk.

Som vist i trinn 2 dannes en sone eller et lag 14 i halvlederlegemet 10 under de ubeskyttede eller umaskerte områder av legemet 10. I sonen 14 er det en høy konsentrasjon av innpodede siliconioner, mens området over det podede område 14 forblir som en upåvirket monokrystallinsk struktur. Dybden av sonen 14 i legemet vil avhenge av energien i bombardementet. Vanligvis benyttes energier i området 500 KEV til 3 MEV avhengig av den ønskede inntrengningsdybde. Fig. 3 viser tverrsnittsprofilen av den skadede sone som vist i trinn 2 på fig. 1. Konsentrasjonen av innpodede ioner i sonen 14 er 10^{18} til 10^{22} ioner pr. cm^3 . Som indikert i trinn 2 podes ionene inn i legemet 10 og danner et amorf siliconlag 14. Dette siliconlag har en motstand i overkant av 1000 ohm cm, og motstanden påvirkes ikke ved oppvarming til 550°C i en time.

Legemet 10, forsynt med det innfelte isolasjonssjikt 14, kan deretter behandles for å danne en isolasjonsstruktur, som indikert i trinn 3 og 4 på fig. 1. Laget 14 danner et effektivt isolasjonsbasislag for bunnflaten av en isolasjonsstruktur. Størrelsen av et aktivt eller passivt element i en integrert krets kan isoleres i henhold til foreliggende oppfinnelse ved enhver passende teknikk. F. eks. kan det tilveiebringes et maskelag 12, som vist i trinn 3 på fig. 1. Isolasjonsgrensene 16 dannes idet ionebombardementet fortsetter uten forandring i podningsenergien.

Energinivået opprettholdes på samme nivå gjennom hele prosessen. Derved unngår man justering eller regulering av apparatet. De innpodede grenser 16 er amorf silicon med en spesiell motstand i overkant av 1000 ohm cm og påvirkes ikke ved oppvarming til 550°C i en time. Den dielektrisk isolerte sone

18 er egnet for dannelse av distinkte eller integrerte elementer i henhold til velkjent teknikk, såsom diffusjonsteknikk eller ytterligere ionepodingsteknikk. Skjønt figuren viser dannelse av et enkelt isolasjonslag, kan man gjennom kjent maskeringsteknikk tilveiebringe dannelse av multiple strukturer samtidig.

En typisk isolasjonssone er vist i trinn 4 på fig. 1 hvor basiselementet 14 og sideveggelementene 16 er amorfe dielektriske isolasjonsgrenser rundt den monokrystallinske sone 18 og danner en skillevegg mellom de respektive monokrystallinske soner 18 og 19. For å danne et effektivt kontinuerlig isolasjonslag, må konsentrasjonen av innpodede silikonioner vanligvis være 10^{15} eller større, og fortrinnsvis 10^{20} til 10^{22} ioner pr. cm^2 .

Eksempel I

En P-type silicon halvlederskive med overflate som skråner ca. 2° til "111" gitterplanets orientering og med en spesifikk motstand på 1 ohm cm og med lavt oksygeninnhold ble innpodet med Si^+ atomer ved benyttelse av en total energi på en million elektron volt. Den strøm som ble benyttet var 2,3 mikro amp., ionestrålestrøm, og det innpodede område var 4 cm^2 med en strømtetthet på 0,58 mikro amp. pr. cm^2 , tilsvarende en fluks på $3,6 \times 10^{12}$ ioner pr. cm^2 sekund. Bombardementstiden var 28 minutter for en total dose på 6×10^{15} ioner pr. cm^2 . Fig. 3 viser profilet av innpodingsskaden i henhold til ovennevnte betingelser og i henhold til alment kjente forhold og bekreftes ytterligere av det optiske fotomikrobilde av skiven på fig. 6.

Eksempel II

En annen P-type silicon halvlederskive ble bombardert med Si^+ ioner i henhold til betingelsene i eksempel I og med samme energinivå på 1 MEV, som vist i eksempel I, over et tidsrom på 46 minutter, hvilket gir en total dose på 1×10^{16} ioner pr. cm^2 . Fig. 4 viser den fortsatte amorfe vekst mot overflaten og bekreftes ytterligere ved det optiske fotomikrobilde av skiven på fig. 7.

Eksempel III

En annen P-type silicon halvlederskive ble bombardert med Si^+ ioner i henhold til betingelsene gitt under eksempel I og med samme energinivå på 1 MEV som gitt i eksempel I, over et tidsrom på 280 minutter, hvilket gir en total dose på 6×10^{16} ioner pr. cm^2 . Fig. 5 viser den fortsatte amorfe vekst mot over-

flaten, og dette bekreftes ytterligere av det optiske fotomikrobilde av skiven, som er gitt på fig. 8.

Av det som ovenfor er anført fremgår det at veksten av amorf silicon i et silicon-krystallinsk halvlederlegeme i henhold til oppfinnelsen er homogen og ikke lagdelt eller delt som følge av en seriemessig reduksjon i energinivået, som innebærer en redusert inntrengningsdybde i et forsøk på å frembringe amorfe strukturer under overflaten og en utvidelse derav opp mot skivens overflate.

Et lignende resultat oppnås når germaniumioner innpodes eller bombarderes inn i et monokrystallinsk germaniumlegeme. Inntrengningsdybden vil være forskjellig for forskjellige energinivåer. Disse inntrengningsnivåer er velkjent og finnes i litteraturen. Likeledes vil den amorfe germaniummotstand motstå en temperatur på ca. 400°C før rekrystallisering finner sted.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for dannelselse av en isolerende amorf struktur i et monokrystallinsk legeme av silicon eller germanium, k a r a k t e r i s e r t v e d at det monokrystallinske legeme bombarderes med identiske ioner og at bombardementet opprettholdes ved et energinivå som er tilstrekkelig til å resultere i en ioneinntrengning til den ønskede dybde under overflaten.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det benyttes en ioneinnpodingsstråleenergi som er større enn 5 KEV.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at det innpodes en ionedose på 1×10^{15} ioner pr. cm^2 eller mer.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at en del av det monokrystallinske legeme avmaskeres.

133820

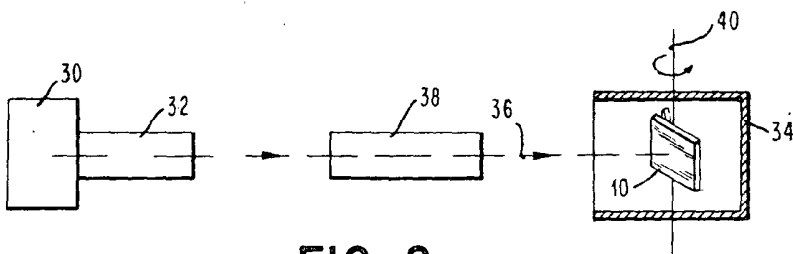
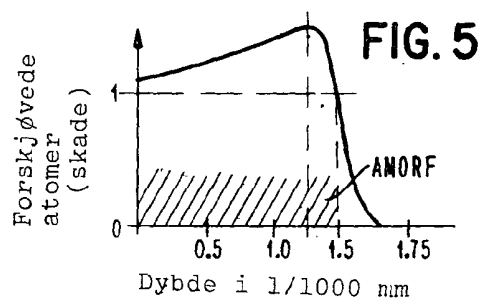
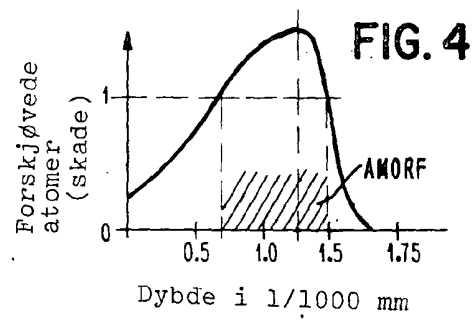
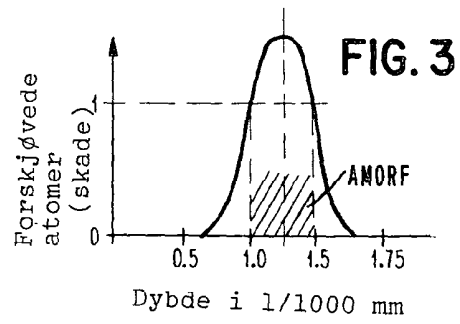
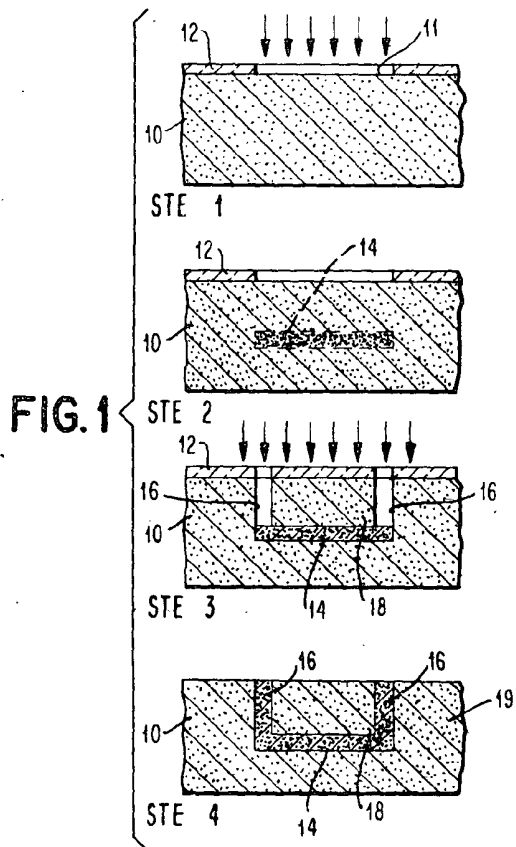


FIG. 2

133820

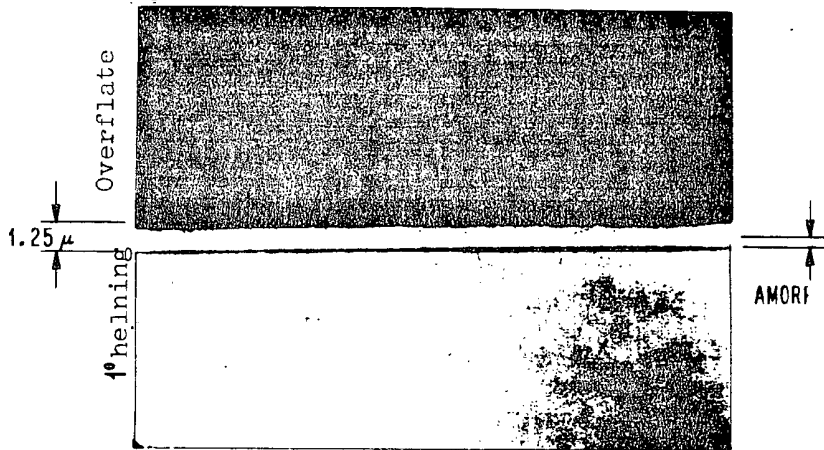


FIG. 6

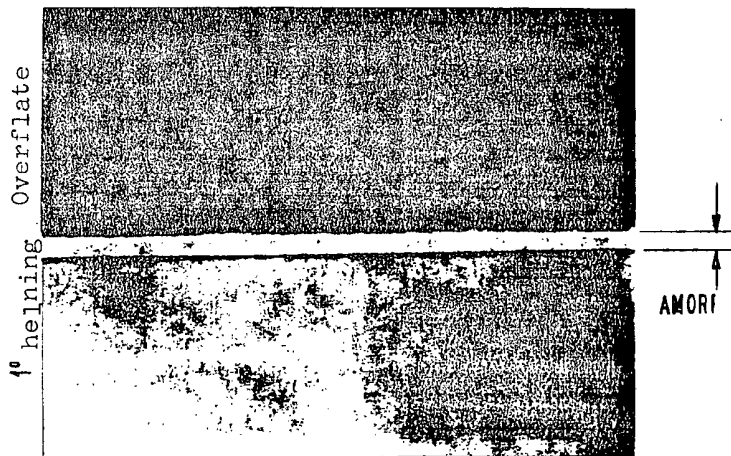


FIG. 7

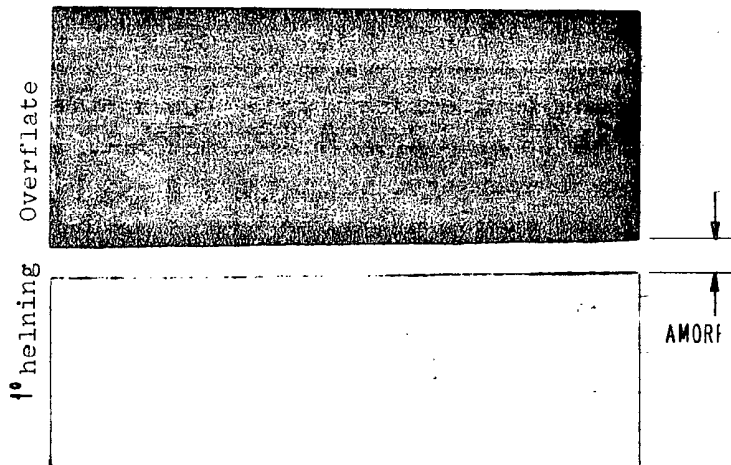


FIG. 8