KONINKRIJK BELGIE

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

UITVINDINGSOCTROOI

PUBLIKATIENUMMER : 1009529A3

INDIENINGSNUMMER : 09500372

Internat. klassif. : G03F

Datum van verlening : 01 April 1997

De Minister van Economische Zaken,

Gelet op de wet van 28 Maart 1984 op de uitvindingsoctrooien inzonderheid artikel 22;
Gelet op het Koninklijk Besluit van 2 December 1986, betreffende het aanvragen, verlenen en in stand houden van uitvindingsoctrooien, inzonderheid artikel 28;

Gelet op het proces-verbaal opgesteld door de Dienst voor Industriële Eigendom op 21 April 1995 te 24u00

BESLUIT :

ARTIKEL 1.- Er wordt toegekend aan : SONY CORPORATION
7-35 Kitashinagawa 6-chome, Shinagawa-ku, TOKYO(JAPAN)

vertegenwoordigd door : LAND Addick, OCTROOIBUREAU ARNOLD & SIEDSMA B.V.B.A., Fazantenparklaan 39 - 1150 Brussel.

een uitvindingsoctrooi voor de duur van 20 jaar, onder voorbehoud van de betaling van de jaartaksen voor : PATROONPROJECTIEWERKWIJZE.

UITVINDER(S) : Ogawa Tohru, Kanagawa, p/a 7-35 Kitashinagawa 6-chome, Shinagawa-ku, Tokyo (JP)

ARTIKEL 2.- Dit octrooi is toegekend zonder voorafgaand onderzoek van zijn octrooieerbaarheid, zonder waarborg voor zijn waarde of van de juistheid van de beschrijving der uitvinding en op eigen risico van de aanvrager(s).

Brussel, 01 April 1997
BIJ SPECIALE MACHTIGING :

WUYTS L.
Directeur

PATROONPROJECTIEWERKWIJZE

De onderhavige uitvinding betreft een patroonprojectiewerkwijze die is ingericht voor het projecteren van een fijn circuit-patroon van een halfgeleiderelement op een substraat, en in het bijzonder een werkwijze voor het vermijden van achteruitgang van scherpte-diepte afhankelijk van het patroon en onregelmatigheid in belichting.

Bij vervaardiging van halfgeleiderelementen, wordt reeds gebruik gemaakt in lijnen van massaproduktie van het 16 MDRAM niveau waarbij gebruik wordt gemaakt van ontwerpregels voor een halve micron (0,5 μm). Bij onderzoek aan halfgeleiderelementen, zijn bewerking van het niveau onder een half-micron (tot aan 0,35 μm) dat vereist is voor de 64 MDRAM en het niveau van een kwart-micron (0,25 μm) dat vereist is voor de 256 MDRAM bestudeerd. Een essentiële techniek voor dergelijke fijne bewerking is fotolitografie. De resolutie van een belichtingsinrichting, in het bijzonder van een gereduceerde-projectie belichtingsinrichting (waaraan als een stepper wordt gerefereerd) die gebruikt wordt voor fotolitografie, beperkt de mogelijkheid van onderzoek, ontwikkeling en massaproduktie van de halfgeleiderelementen.

Op gebruikelijke wijze is de resolutie in fotolitografie verbeterd door het verkorten van de belichtingsgolflengte en het vergroten van de numerieke apparatuur van een projectielens van de stepper. Deze verbetering wordt duidelijk uit de relatie die wordt beschreven door de volgende vergelijking I, bekend als de formule van Rayleigh:

$$R = k_1 \times \lambda / NA \qquad \ldots \text{ vergelijking I}$$

waarin R de resolutie voorstelt, k_1 de bewerkingscoëfficiënt, λ de belichtingsgolflengte en NA de numerieke apparatuur van de projectielens van de stepper.

Bij het vervaardigen van een halfgeleiderelement, zijn de resolutie (R) en de scherpte-diepte (DOF) eveneens

belangrijke parameters voor de volgende redenen. Daar het substraatoppervlak waarop een patroon dient te worden geprojecteerd onregelmatigheden heeft, die daarin worden opgewekt door het vervormen van het patroon of het substraat (wafer), kan de fotolakbekledingsfilm niet worden belicht op hetzelfde enkele-brandpuntsvlak bij elke positie in het substraatoppervlak of in dezelfde chip. De scherpte-diepte wordt uitgedrukt door de volgende vergelijking II:

$$DOF = k_2 \times \lambda / (NA)^2 \quad \text{... vergelijking II}$$

waarin k_2 de procescoëfficiënt aangeeft.

Een scherpte-diepte (DOF) van ongeveer 1,5 μm heeft de voorkeur bij massaproduktie.

Uit de bovengenoemde vergelijking II is gevonden dat de resolutie (R) beperkt is tot aan ongeveer 0,35 μm om een DOF van 1,5 μm te bereiken, gebruikmakende van een KrF excimeerlaserbundel met een golflengte van λ = 2,48 μm. Anderzijds gezegd, hebben de vereiste resolutie en de scherpte-diepte een uitruilrelatie. Het is zodoende extreem moeilijk een lijnbreedte kleiner dan 0,35 μm te verkrijgen en tegelijkertijd een scherpte-diepte van niet minder dan 1,5 μm te bereiken.

Zodoende is recent gepoogd bovengenoemde moeilijkheid te ondervangen door het verbeteren van het optische systeem van de stepper. Voor het verbeteren van het optische systeem wordt een bekende techniek gebruikt waarbij het donker maken van het midden van een effectieve lichtbronvlak of een pupilvlak dat daaraan geconjugeerd is, van de projectielens een superresolutiefenomeen veroorzaakt, dat het contrast van een beeld verbetert. Deze techniek is effectief bij een gedeeltelijk coherent beeldvormend systeem zoals de stepper.

Een techniek voor het genereren van het superresolutiefenomeen is een schuine belichtingsmethode, of een gemodificeerde belichtingsmethode. Bij deze methode wordt een filter gemonteerd op een groothoeklens die is geplaatst tussen een belichtingslichtbron en een masker in het optische systeem van de stepper, zodat het masker schuin wordt belicht.

Bij de schuine belichtingsmethode, valt het belichtingslicht schuin in op het masker verwijderd van de optische as. Het invallende licht wordt verdeeld in brekingslicht van een 0de orde dat niet is gebroken door een Cr patroon aan het masker en rechtdoor loopt, brekingslicht van de ±1ste orde dat is gebroken door het Cr patroon en brekingslicht van hogere, ±nde orde. Wanneer het belichtingslicht op het masker vanuit een zodanige hoek wordt gestraald, dat het brekingslicht van een 0de orde over de buitenomtrek van de invalpupil passeert, vallen lichtcomponenten aan één zijde van brekingslicht dat symmetrisch is gegenereerd om het brekingslicht van de 0de orde, op de gereduceerde projectielens. Bij de gebruikelijke methode kan, daar het brekingslicht van de 0de orde verticaal invalt in de richting van de optische as, slechts brekingslicht met een brekingshoek van tot aan α invallen op de gereduceerde projectielens. Anderzijds kan bij de schuine belichtingsmethode, het brekingslicht met een brekingshoek van tot aan ongeveer 2α, alhoewel aan één zijde van het brekingslicht van de 0de orde, invallen op de gereduceerde projectielens. Zodoende wordt de steek van het interferentiepatroon verkleind, zodat de kritische resolutie kan worden verbeterd.

Onderwijl veroorzaakt bij de conventionele belichtingsmethode voor het verticaal belichten van het masker, afwijking van het substraat langs de optische as uit het brandpuntsvlak, dat wil zeggen defocusering, een optische wegverschil in het licht van de ±1ste orde waardoor de scherpte-diepte wordt beperkt. Bij de schuine belichtingsmethode echter kunnen indien de hoek van schuine belichting, dat wil zeggen de invalshoek van het brekingslicht van de 0de orde wordt geoptimaliseerd in reactie op de steek van het Cr patroon, hoeken die gemaakt worden door de middenlijn van de gereduceerde projectielens met het licht van de 0de orde respectievelijk van de ±1ste orde gelijk worden gemaakt. Zodoende kan het optische wegverschil worden geëlimineerd. Daar het licht van de 0de orde en de +1ste orde constant kunnen interfereren met dezelfde fase op het substraat, neemt de scherpte-diepte toe en kan een bevredigende

beeldvormingstoestand worden behoudens zelfs in geval van defocusering.

Belichtingslicht dat invalt in de richting langs de langsrichting van een cyclisch patroon verbetert echter niet de resolutie van het cyclische patroon. Zodoende wordt de effectieve lichtbron gevormd in een circulaire zonevorm teneinde de afhankelijkheid van de patroonrichting te verminderen, of in twee delen (linker- en rechterdelen) of in vier delen (bovenste linker- en rechter-, en onderste linker- en rechterdelen) verdeeld. De verdeling in vier delen verbetert de resolutie door het snijden van het verticaal invallende licht over lijnen en spaties in een bepaalde richting. Bijvoorbeeld is een methode beschreven voor het regelen van de vorm van de effectieve lichtbron onder gebruikmaking van een vier-gats filter 10 met een totaal van vier cirkelvormige openingen 2 gelocaliseerd in het eerste tot en met vierde kwadrant van een schijf 1, zoals getoond in fig. 1, in de Japanse octrooiaanvrage (KOKAI) publicatie nr. 4-267515.

Zoals boven beschreven, is de schuine belichtingsmethode in staat de kritische resolutie en de scherptediepte in vergelijking met de conventionele methode te verbeteren, alhoewel gebruik wordt gemaakt van het gebruikelijke dradenkruis. Deze brengt echter eveneens problemen met zich die voor praktisch gebruik dienen te worden opgelost.

Daar het aan de groothoeklens gemonteerde filter licht filtert, wordt belichting van het substraatoppervlak verminderd. Deze vermindering van belichting kan een veranderingsverschil van orde teweegbrengen aan het substraatoppervlak of hun aanzienlijke vermindering in doorloop wanneer een chemisch versterkingslak materiaal wordt gebruikt in excimeerlaserlitografie, waarbij een in hoge mate gevoelige fotolak nog niet is ontwikkeld.

De groothoeklens is van origine een optisch onderdeel voor het doorlaten van licht vanuit een enkele belichtingslichtbron via een groot aantal eenheidslenzen daarvan om de enkele belichtingslichtbron virtueel te transformeren in een groot aantal puntlichtbronnen teneinde de onregelma-

tigheid in belichting aan het masker te elimineren door middel van integratie van door de afzonderlijke eenheidslenzen doorgelaten licht. Bijgevolg neemt indien het filter is gemonteerd aan de groothoeklens, het aantal eenheidslenzen af dat dient om de onregelmatigheid in belichting te elimineren, en noodzakelijkerwijs neemt de onregelmatigheid toe. Voorts vergroot de kleine apparatuur van het filter het nabijheidseffect.

Voorts is de schuine belichtingsmethode niet effectief voor een geisoleerd patroon, zoals een eindpatroon van repetitiepatronen of een contactgat, alhoewel het effectief is voor het repetitiepatronen van lijnen en spaties die een beeld door middel van interferentie vormen. Vooruitlopend op afmetingsveranderingen is het om die reden noodzakelijk het patroon groter of kleiner te modificeren ten tijde van ontwerp van het masker. Bij het produceren van het element kan de toepassing van de ontwerpregel van niet meer dan 0,35 μm, is de modificatie echter extreem klein in schaal en legt dit in de praktijk een grote belasting op het maskerontwerp en de produktie.

Het is een doel van de onderhavige uitvinding een patroonprojectiewerkwijze te verschaffen, die in staat is het nabijheidseffect te verminderen alsmede achteruitgang en onregelmatigheid in belichting, zonder belasting op te leggen aan maskerontwerp, en die eveneens in staat is afhankelijkheid van de scherpte-diepte op het patroon weg te nemen.

Volgens de onderhavige uitvinding wordt een patroonprojectiewerkwijze verschaft omvattende de stappen volgens conclusie 1.

In meer detail wordt bij voorkeur teneinde de bovengenoemde lichtintensiteitsverdeling te verkrijgen, een werkwijze voor het verdelen van het belichtingslicht in eenheidsbundels van hetzelfde aantal als die van de gebieden met de maximale lichtintensiteit toegepast, waarbij randen van naburige eenheidsbundels worden gesuperponeerd. Indien ten minste één van de afmetingen van een korte zijde van de eenheidsbundel en de mate van superpositie van de eenheids-

bundels wordt veranderd, kan de lichtintensiteitverdeling worden veranderd. Het heeft bijzonder de voorkeur de vooraf-bepaalde lichtintensiteit in het centrale gebied binnen een bereik van 20-50% van de maximale lichtintensiteit te regelen.

Om elk gebied van het maskeroppervlak gelijkmatig te bestralen, heeft het de voorkeur de verscheidene gebieden met de maximale lichtintensiteit in rotatiesymmetrie ten opzichte van het centrale gebied van de pupil te verschaffen.

Op typerende wijze bedraagt het aantal eenheids-bundels vier.

De lichtintensiteitverdeling van de effectieve lichtbron die wordt gebruikt bij de patroonprojectiewerkwijze volgens de onderhavige uitvinding verschilt het meest van die van de conventionele schuine belichtingsmethode doordat het centrale gebied de voorafbepaalde lichtintensiteit heeft, terwijl de verscheidene gebieden met de maximale lichtintensiteit zijn aangebracht in de omtreksgebieden. Anders gezegd, kan de scherpte-diepte van een repetitiepatroon worden vergroot tot een mate gelijkwaardig aan of hoger dan die van de conventionele schuine belichtingsmethode, afhankelijk van het belichtingslicht dat wordt verschaft van het gebied met de maximale lichtintensiteit. Eveneens kan achteruitgang van scherpte-diepte worden vermeden bij een eindpatroon van een geisoleerd patroon of het repetitiepatroon, afhankelijk van het belichtingslicht dat wordt verschaft vanaf het centrale gebied met de voorafbepaalde lichtintensiteit. Zodoende kan de afhankelijkheid van de scherpte-diepte op het patroon worden verminderd.

Alhoewel een afschermfilter niet wordt gebruikt, wordt het aantal eenheidslenzen van de groothoeklens die dient voor belichting niet verminderd.

Bijgevolg verandert, indien ten minste een van de afmetingen van de korte zijde van de eenheidsbundel en de mate van superpositie wordt veranderd, de oppervlakteverhouding van elk gebied, zodat de lichtintensiteitsverdeling van de effectieve lichtbron kan worden veranderd.

Een excessief hoge lichtintensiteit in het centrale gebied vergroot de verticaal invallende component van het licht van de 0de orde, hetgeen achteruitgang van de resolutie en van de scherpte-diepte veroorzaakt. Zodoende is de belichting bij deze projectie meer zoals bij normale belichting. Anderzijds veroorzaakt een excessief lage lichtintensiteit dat de belichting meer is zoals bij de conventionele schuine belichting, waarbij achteruitgang van en toeneming in onregelmatigheid van belichting en een toeneming in nabijheidseffect kan worden veroorzaakt. De lichtintensiteit in het centrale gebied dat is beschreven in de onderhavige uitvinding is in het optimale bereik gevonden door simulatie. In dit optimale bereik kan bevredigende resolutie die minder afhankelijk is van het patroon worden bereikt.

Voorts veroorzaakt, doordat de lakbekledingsfilm wordt blootgesteld aan licht met een optische as onder een hoek in de schuine belichtingsmethode, de belichting in een richting dat het beeld zich in een stand bevindt die afwijkend is in de diepterichting. Echter door het aanbrengen van de gebieden met de maximale lichtintensiteit in rotatiesymmetrie ten opzichte van het centrale gebied, kan de afwijking of deviatie worden gecorrigeerd. Wanneer het aantal van eenheidsbundels vier bedraagt, en de gebieden met de maximale lichtintensiteit zijn aangebracht in posities die de hoekpunten van een vierkant dekken, wordt een beeld gesynthetiseerd door licht in vier richtingen teneinde een verticaal patroon te vormen.

Verdere voordelen, kenmerken en details van de onderhavige uitvinding worden verduidelijkt in de navolgende beschrijving van voorkeursuitvoeringsvormen daarvan met verwijzing naar de bijgevoegde tekening, waarin tonen:

Fig. 1 een bovenaanzicht dat een viergatsfilter toont dat wordt gebruikt in conventionele normale belichting,

Fig. 2 een aanzicht in perspectief dat een optisch systeem toont van een KrF excimeerlaserstepper,

Fig. 3A-3C bovenaanzichten voor het verklaren van de verdeling van een laserbundel en hernieuwde superpositie van gedeelde laserbundels bij de onderhavige uitvinding,

Fig. 4A en 4B aanzichten voor het verklaren van een voorbeeld van lichtintensiteitsverdeling van een effectieve lichtbron bij de onderhavige uitvinding waarbij fig. 4A een tweedimensionale kaart daarvan is en fig. 4B een driedimensionale kaart daarvan is,

Fig. 5 een bovenaanzicht dat een elementscheidingspatroon aan een masker toont, dat is gebruikt bij een uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding,

Fig. 6 een grafiek is die resolutie toont in een geval waarbij het elementscheidingspatroon van fig. 5 is geprojecteerd onder gebruikmaking van de onderhavige uitvinding,

Fig. 7 een bovenaanzicht dat een circuitpatroon aan een masker dat is gebruikt bij een andere uitvoeringvorm van de onderhavige uitvinding,

Fig. 8 een grafiek is die resolutie toont in een geval waarbij het elementscheidingspatroon van fig. 5 is geprojecteerd door normale belichting, en

Fig. 9 een grafiek die resolutie toont in een geval waarbij het elementscheidingspatroon van fig. 5 is geprojecteerd door schuine belichting onder gebruikmaking van een viergatsfilter.

Een eerste uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding is hieronder beschreven.

Bij de onderhavige uitvinding wordt een KrF excimeer laserbundel verdeeld in vier rechthoekige eenheidsbundels door een bundelsplitser. Vier eenheidsbundels worden opnieuw gesuperponeerd voor het vormen van een effectieve lichtbron die in staat is een intensiteit van 30-50% van de maximale lichtintensiteit in het centrale gebied van de pupil te bereiken. Door gebruik te maken van de resulterende effectieve lichtbron, wordt een patroon van lijn en spaties van 0,35 μm breedte geprojecteerd. Resolutie in dit geval wordt vervolgens bestudeerd.

Allereerst wordt een optisch systeem van de KrF excimeer laserstepper die gebruikt wordt bij de onderhavige uitvoeringsvorm beschreven met verwijzing naar fig. 2.

Het optische systeem leidt een laserbundel die wordt uitgezonden vanuit een KrF excimeer lasereenheid 4 via een uitgangsregelinrichting 12, een bundelvormend optisch systeem 13, een optisch schuifsysteem 14 en een optisch afgiftesysteem 15 naar een bundelsplitsingseenheid 16. De bundelsplitsingseenheid 16 verdeelt de laserbundel in vier eenheidsbundels B1-B4 onder gebruikmaking van de niet getoonde cilindrische lens. Nadat de vier eenheidsbundels B1-B4 opnieuw zijn gesuperponeerd door een prisma-eenheid 17, wordt de gesuperponeerde laserbundel vervolgens overgebracht door een overneemlens (relay lens) 20, een halfspiegel HM voor het afsplitsen van een gedeelte van de gesuperponeerde laserbundel naar een stralingshoeveelheid sensor 21, een maskerblad 22, een overneemlens 33 en een condensorlens 24 om een masker 25 te belichten. De overgedragen bundel van het masker 25 valt in op de pupil van een gereduceerde projectielens 26 teneinde een patroon op een substraat 27 te projecteren. De optische weg van de laserbundel in dit optische systeem wordt gebogen door spiegels M1-M5 die in voorkeurspositie zijn aangebracht voor het reduceren van de afmeting van de inrichting.

In dit optische systeem is het oppervlak van de groothoeklens 19, dat wil zeggen het vlak van de effectieve lichtbundel, geconjungeerd aan de gereduceerde projectielens 26. Het oppervlak van het masker 25 is geconjungeerd aan het oppervlak van het substraat 27. Dat wil zeggen dat een Fourier getransformeerd beeld aan het maskeroppervlak wordt gevormd aan het pupilvlak, en dat het invers getransformeerde beeld daarvan wordt gevormd aan het substraatoppervlak.

De werking van het verdelen van de laserbundel in vier eenheidsbundels door de bundelsplitsingseenheid 16 en het opnieuw superponeren van de gedeelde bundel door de prisma-eenheid 17 is op conventionele wijze toegepast voor het voorkomen van vlekken. De hernieuwde superpositie operatie verschaft een optisch wegverschil dat niet kleiner is

dan de coherentie-afstand, teneinde de coherentie van de laserbundel te reduceren. Bij de gebruikelijke operatie kan, daar de eenheidsbundels die in vier richtingen zijn verdeeld, worden gesuperponeerd zonder spleten daartussen, de uniforme lichtintensiteitsverdeling van de effectieve lichtbron worden verschaft.

Bij de onderhavige uitvinding daarentegen, wordt een bijzondere lichtintensiteitsverdeling aan de groothoeklens verkregen door het regelen van superpositie van de gedeelde eenheidsbundels. De superpositiemethode wordt verklaard met verwijzing naar fig. 3A tot 3C.

Fig. 3A toont de locatie van de vier rechthoekeenheidsbundels B1-B4 die gevormd zijn door een cilindrische lens die is aangebracht in de bundelsplitsingseenheid 16. De afmeting W van de korte zijde van elke bundel kan worden veranderd volgens de kromming van de cilindrische lens. De afstand D tussen de bundels kan worden veranderd door het regelen van de positie van de wigvormige prisma-eenheid 17 bij de opvolgende stap.

Fig. 3B toont de toestand waarbij de vier eenheidsbundels B1-B4 zijn gesuperponeerd zodat randen van de eenheidsbundels zijn gesuperponeerd binnen het effectieve lichtbronvlak van de groothoeklens 19. In deze toestand zijn gebieden M van maximale lichtintensiteit waarin twee eenheidbundels zijn gesuperponeerd, aangebracht bij vier hoeken van het vierkant, en hebben gebieden die de gebieden M met maximale lichtintensiteit verbinden, een voorafbepaalde lichtintensiteit in reactie op de oorspronkelijke lichtintensiteit van de eenheidsbundels B1-B4 en de mate van superpositie. Voorts wordt volgens de karakteristieken van de lichtintensiteitsverdeling bij de onderhavige uitvinding een voorafbepaalde lichtintensiteit lager dan de maximale intensiteit dankzij licht dat lekt vanuit de eenheidsbundels B1-B4, verschaft in een centraal gebied C dat niet direkt wordt bestraald met de bundel.

Als modificatie hierop kunnen de eenheidsbundels B1-B4 zijn gesuperponeerd waarbij hun randen enigszins uitsteken, zoals getoond in fig. 3C. Zodoende kan de ge-

biedsverhouding van de gebieden met maximale intensiteit M ten opzichte van het centrale gebied C dat het effectieve lichtbronvlak 19a dekt, op geschikte wijze worden veranderd.

Fig. 4A en 4B tonen een voorbeeld waarin de mate van bundelsuperpositie is geoptimaliseerd door middel van simulatie. Fig. 4A is een kaart waarin gedeelten met dezelfde lichtintensiteit zijn gegroepeerd door lijnen. De numerieke waarde die is toegevoegd aan elke lijn drukt de mate van lichtintensiteit uit, waarbij de maximale lichtintensiteit van het gebied M wordt uitgedrukt door 1,0. Fig. 4B toont de bovenbeschreven kaart op driedimensionale wijze.

Zodoende geven fig. 4A en 4B aan dat de lichtintensiteitsverdeling van de effectieve lichtbron die van een geval waarin de viergatsfilter zoals getoond in fig. 1 wordt gebruikt, wordt benaderd, alhoewel een dergelijk filter niet gebruikt wordt bij de onderhavige uitvinding.

Door gebruik te maken van de effectieve lichtbron met in fig. 4A en fig. 4B getoonde lichtintensiteitsverdeling, wordt een patroon van lijnen en spaties van 0,35 μm in breedte geprojecteerd, en wordt de resolutie in dit geval bestudeerd. Het in dit geval gebruikte patroon heeft een 5-bar kaart waarin 5 lijnen met elk een breedte van 0,35 μm achter elkaar zijn gezet, verticaal en schuin onder een hoek van $\pm 45°$, met tussenafstanden van 0,35 μm van elkaar, en geïsoleerde verticale en schuine patronen van 0,35 μm breedte.

De scherpte-diepte van het centrale patroon van de verticale 5-bar kaart, de scherpte-diepte van de centrale patronen en eindpatronen van de verticale en schuine 5-bar kaart, de scherpte-diepte van de verticale en schuine geïsoleerde patronen en de gemeenschappelijke scherpte-diepte zijn bestudeerd. De gemeenschappelijke diepte, dat de voor alle gemeenschappelijke scherpte-diepte is, representeert een significante waarde voor het produceren van het daadwerkelijke element waarin patronen met verscheidene vormen, dichtheden en oriëntaties op gemengde wijze aanwezig zijn.

De resultaten zijn getoond in tabel 1, waarin eveneens resultaten van normale belichting, schuine belich-

ting met een viergatsfilter en zonale belichting ter vergelijking zijn getoond.

TABEL

	scherpte-diepte van centraal patroon van verticale 5-bar kaart	scherpte-diepte van centrale en eindpatronen van verticale en schuine 5-bar kaart	scherpte-diepte van verticale en schuine geïsoleerde patronen	gemeenschappelijke diepte
uitvoeringsvorm 1	2,25	1,80	1,35	1,35
normale belichting	1,35	1,30	0,98	0,98
schuine belichting	3,83	1,75	0,92	0,92
zonale belichting	2,20	1,80	1,16	1,13

De gebruikelijke belichtingsmethodes zijn eerst bestudeerd. Bij de schuine belichting en de zonale belichting, zijn de scherpte-diepte van het centrale patroon van de 5-bar kaart veel beter dan de scherpte-diepte bij de normale belichting. De schuine belichting en de zonale belichting zijn echter ineffectief voor het verbeteren van de gemeenschappelijke diepte die alle patronen omvat, vanwege het lagere nabijheidseffect en het lage effect voor het geïsoleerde patroon.

Bij de onderhavige uitvinding daarentegen kan verbetering in de scherpte-diepte van de 5-bar kaart gelijker aan of groter dan de scherpte-diepte met de zonale belichting worden bereikt. Voorts wordt, daar de verbetering eveneens in het geïsoleerde patroon is geobserveerd, de gemeenschappelijke diepte verbeterd met ongeveer 38% in vergelijking met de gemeenschappelijke diepte met de normale belichting. De reden hiervoor is dat het centrale gebied van de effectieve lichtbron eveneens een bepaalde mate van lichtintensiteit heeft.

Vervolgens zijn belichting en onregelmatigheid in belichting bestudeerd. De resultaten zijn getoond in tabel 2.

TABEL 2

	belichting [mW/cm^2] * haakjes representeren waarden die zijn gestandaardiseerd bij normale belichting	onregelmatigheid in belichting [%]
uitvoeringsvorm 1	200 (0,91)	1,5
normale belichting	220 (1,0)	1,4
schuine belichting	62 (0,28)	6,6
zonale belichting	64 (0,29)	5,7

In tabel 2 zijn belichtingswaarden die zijn gestandaardiseerd door gebruik te maken van waarden voor normale belichting eveneens tussen haakjes getoond. Zoals getoond in tabel 2, veroorzaken de schuine belichting en de

zonale belichting een produktie in belichting met ongeveer 30% en achteruitgang van onregelmatigheid in belichting met niet minder dan 5% in vergelijking met normale belichting. Dergelijke onregelmatigheid in belichting veroorzaakt grote onregelmatigheid in lijnbreedte met het oog op de relatief lage gevoeligheid van het onderhavige fotolak (fotoresist) materiaal.

Daarentegen wordt bij de onderhavige uitvoeringsvorm de belichting slechts met ongeveer 10% verlaagd vergeleken met de belichting bij normale belichting, en wordt onregelmatigheid in belichting (illuminantie) gehouden op een niveau gelijkwaardig aan dat bij normale belichting.

Een tweede uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding zal nu worden beschreven.

Bij de onderhavige uitvoeringsvorm is, door gebruik te maken van de effectieve lichtbron getoond in fig. 4A en 4B een eliminatiescheidingspatroon van een daadwerkelijk halfgeleiderelement gebaseerd op de ontwerpregel van 0,28 μm geprojecteerd. De resolutie in dit geval is bestudeerd.

Fig. 5 toont het elementscheidingspatroon. Dit elementscheidingspatroon is een patroon voor het definiëren van het oxydatiegebied in de LOCOS methode in een geheugencel 30 van SRAM. De gearceerde gebieden representeren lijnen van Cr afgeschermde films op een masker 25 dat correspondeert met het elementscheidingsgebied, terwijl de witte (lichtdoorlatende) gebieden spaties weergeven.

Teneinde de invloed van het nabijheidseffect vanwege dichtheid van het patroon te vinden, zijn celmiddenlijn L_c, een celmiddenspatielijn S_c en een celeindlijn L_E genoteerd, en zijn veranderingen in kritische afmeting voor een geval waarbij de brandpuntspositie is veranderd, gemeten. De resultaten zijn getoond in fig. 6. In dit geval is een toelaatbaar bereik van veranderingen in kritische afmeting gedefinieerd om een maximale waarde van de lijnbreedte aan het fotolakoppervlak als bovenlimiet te hebben en om een waarde gereduceerd met 0,056 μm te hebben die correspondeert met $\pm$10% van de ontwerpregel van 0,28 μm als onderlimiet.

Het bereik van brandpuntspositie (dat wil zeggen de diepte van het resistoppervlak) dat in staat is om het toelaatbare bereik te verkrijgen, wordt gevonden als de scherpte-diepte DOF.

In vergelijking zijn de meetresultaten met de normale belichting en die met de schuine belichting onder gebruikmaking van een viergatsfilter getoond in fig. 8 resp. 9.

De scherpte-diepte DOF in de onderhavige uitvoeringsvorm is 1,18 μm en de DOF bij de normale belichting is 0,94 μm, terwijl de DOF met de schuine belichting 1,02 μm bedraagt. Kort gezegd, wordt de scherpte-diepte DOF bij de onderhavige uitvoeringsvorm verbeterd met ongeveer met ongeveer 26% in vergelijking met het geval van normale belichting.

Een derde uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding zal nu worden beschreven.

Bij de onderhavige uitvoeringsvorm is, door gebruik te maken van effectieve lichtbron als getoond in fig. 4A en 4B, een circuitpatroon van een daadwerkelijk halfgeleiderelement gebaseerd op de ontwerpregel van 0,28 μm geprojecteerd. De resolutie in dit geval is bestudeerd.

Fig. 7 toont het circuitpatroon. De gearceerde gebieden representeren lijnen L_1, L_2 van Cr afschermfilms op het masker 15 corresponderend met het circuitpatroon, en het witte (lichtdoorlatende) gebied representeert een spatie. Onder gebruikmaking van dit circuitpatroon, wordt een meting gelijkaardig aan die van de tweede uitvoeringsvorm uitgevoerd. In vergelijking is eveneens een meting met de normale belichting en de schuine belichting onder gebruikmaking van het viergatsfilter uitgevoerd.

De scherpte-diepte DOF bij de onderhavige uitvoeringsvorm bedraagt 1,50 μm en de DOF bij de normale belichting is 0,90 μm terwijl de DOF bij de schuine belichting 1,15 μm bedraagt. Kort gezegd, is de scherpte-diepte bij de onderhavige uitvoeringsvorm verbeterd met ongeveer 60% vergeleken met die bij normale belichting. De resulterende

scherpte-diepte is op een niveau dat bevredigend is voor massaproduktie.

De onderhavige uitvinding is beschreven op basis van de bovenstaande drie uitvoeringsvormen. Het mag echter duidelijk zijn dat de onderhavige uitvinding niet beperkt is tot deze uitvoeringsvormen en dat het aantal en de vorm van gebieden van maximale lichtintensiteit, de type en ontwerpregels van het projectiepatroon als numerieke waarde van lichtintensiteit en belichtingsgolflengte op geschikte wijze kunnen worden veranderd.

Zoals duidelijk is uit bovengaande beschrijving kunnen bij de onderhavige uitvinding de afhankelijkheid van resolutie op het patroon, onvoldoende belichting en onregelmatigheid in belichting bij de gebruikelijke schuine belichting worden verbeterd. De verbetering legt geen belasting op het ontwerp en produktie van het masker, en is in extreme mate voordelig qua kosten.

Zodoende draagt de onderhavige uitvinding in hoge mate bij aan het vervaardigen van halfgeleiderelementen van integratie op grote schaal (LSI) en goede eigenschappen die zijn ontworpen op basis van fijne ontwerpregels.

CONCLUSIES

1. Patroonprojectiewerkwijze omvattende de stappen van het met belichtingslicht belichten van een masker met een daarin gevormd fijn patroon, waarbij doorgelaten licht van het masker invalt op een pupil van een optisch projectiesysteem voor het projecteren van een beeld van het fijne patroon op een substraat,

waarbij de belichtingsstap een effectieve lichtbron gebruikt die in staat is een dergelijke lichtintensiteitverdeling te bereiken dat een voorafbepaalde lichtintensiteit in een centraal gebied van de pupil wordt verschaft, een maximale lichtintensiteit in verscheidene omtreksgebieden rond het centrale gebied wordt verschaft en een lichtintensiteit lager dan de maximale lichtintensiteit in een gebied dat de verscheidene gebieden verbindt, wordt verschaft.

2. Patroonprojectiewerkwijze volgens conclusie 1, waarbij de lichtintensiteitverdeling wordt bereikt door het verdelen van het belichtingslicht in eenheidsbundels van hetzelfde aantal als het aantal gebieden met een maximale lichtintensiteit, waarbij randen van naburige eenheidsbundels zijn gesuperponeerd.

3. Patroonprojectiewerkwijze volgens conclusie 1 of 2, waarbij de lichtintensiteitsverdeling wordt geregeld door het veranderen van ten minste één van de afmeting van een korte zijde van de eenheidsbundel en de mate van superpositie van de eenheidsbundels.

4. Patroonprojectiewerkwijze volgens conclusie 1, waarbij de voorafbepaalde lichtintensiteit in het centrale gebied van de pupil wordt geregeld in een gebied van 20 tot 50% van de maximale lichtintensiteit.

5. Patroonprojectiewerkwijze volgens conclusie 1, waarbij de verscheidene gebieden met de maximale lichtintensiteit rotatiesymmetrisch ten opzichte van het centrale gebied van de pupil zijn gelocaliseerd.

6. Patroonprojectiewerkwijze volgens conclusie 1, waarbij het aantal van de eenheidsbundels vier bedraagt.

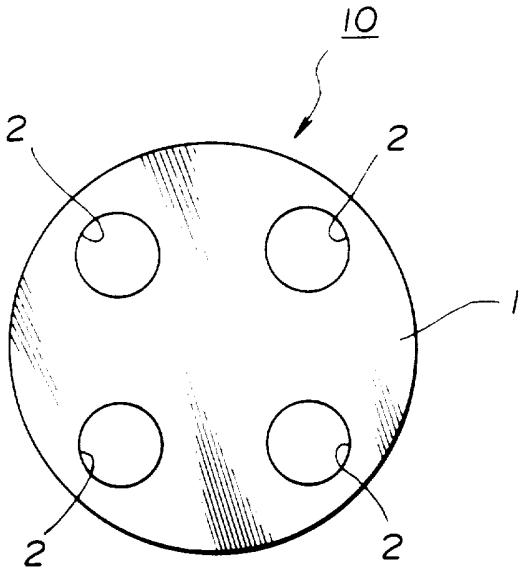


FIG.1

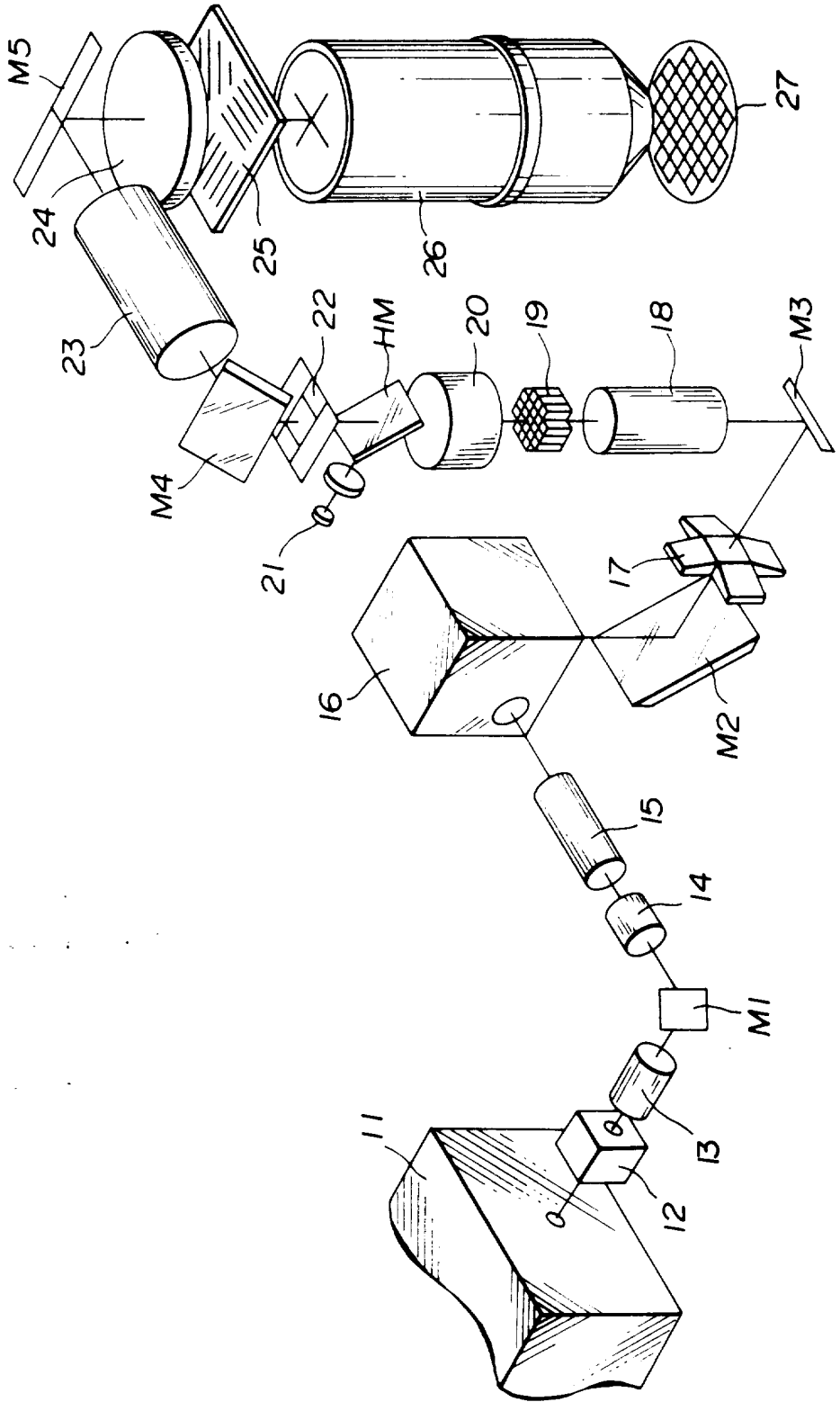


FIG.2

FIG.3A

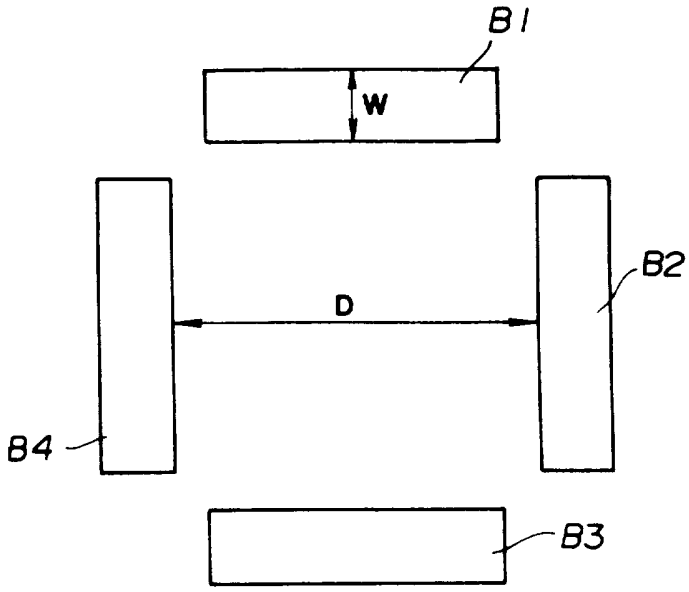


FIG.3B

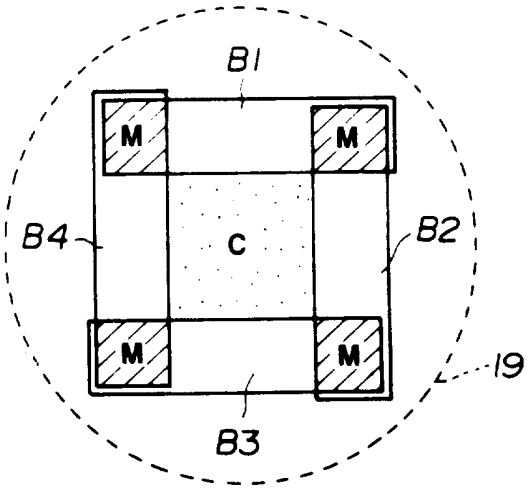


FIG.3C

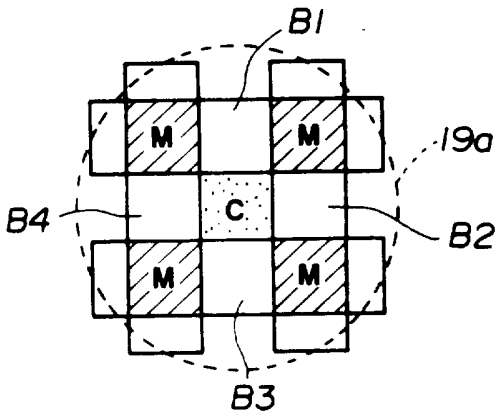


FIG.4A

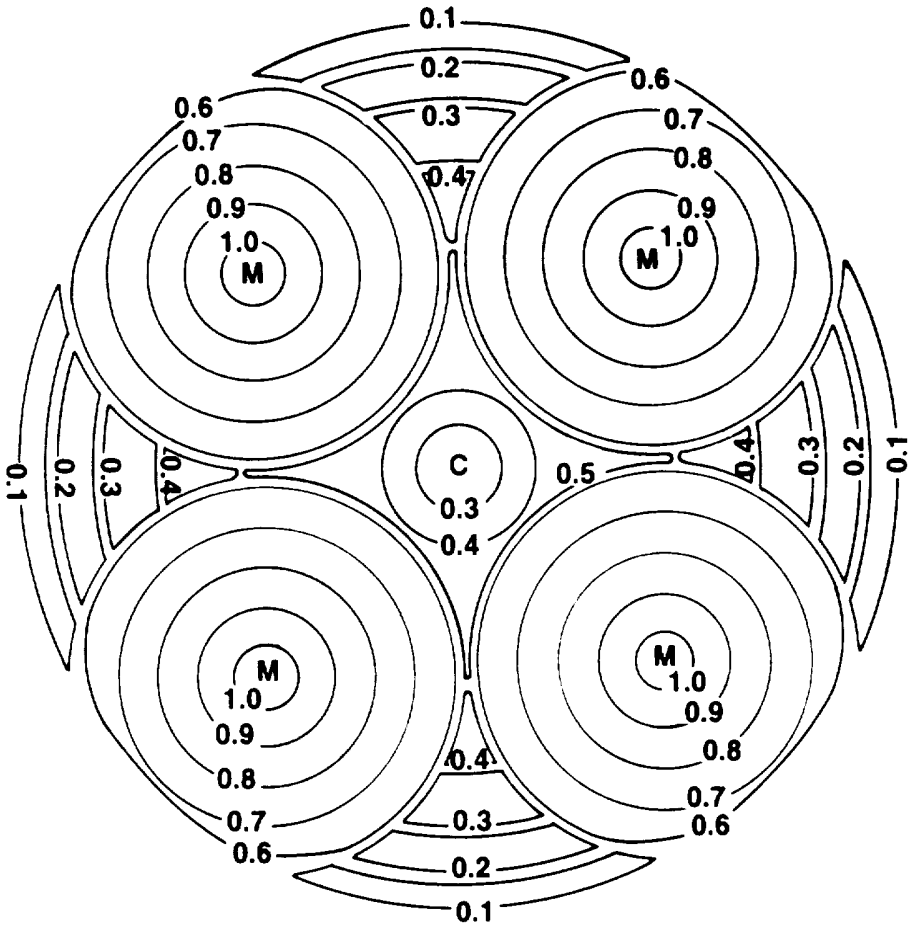
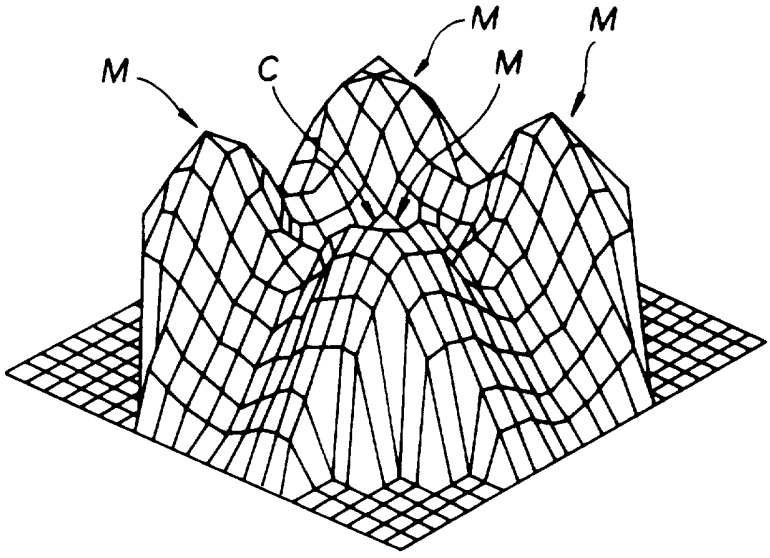


FIG.4B



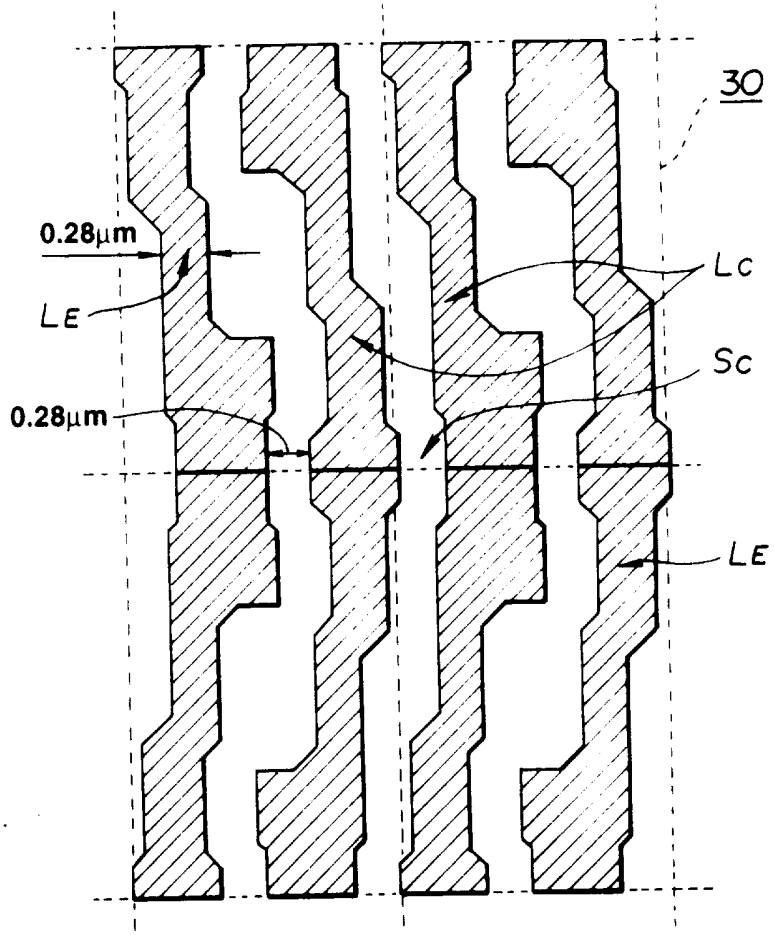


FIG.5

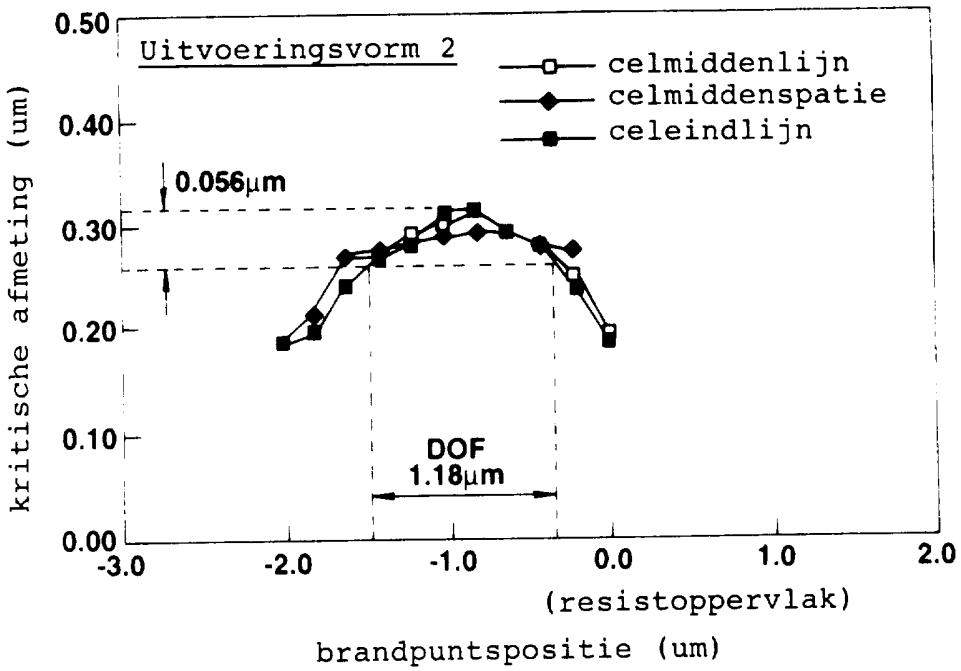

Uitvoeringsvorm 2
celmiddenlijn
celmiddenspatie
celeindlijn
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
0.056µm
DOF
1.18µm
-3.0
-2.0
-1.0
0.0
1.0
2.0
(resistoppervlak)
kritische afmeting (um)
brandpuntspositie (um)

FIG.6

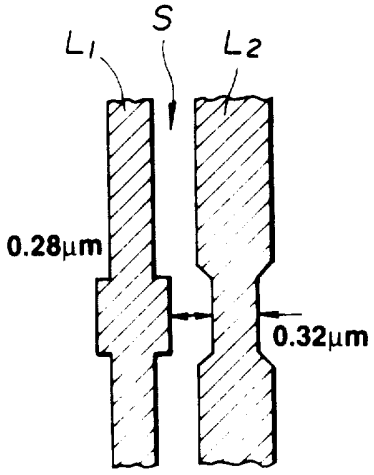

L1
S
L2
0.28µm
0.32µm

FIG.7

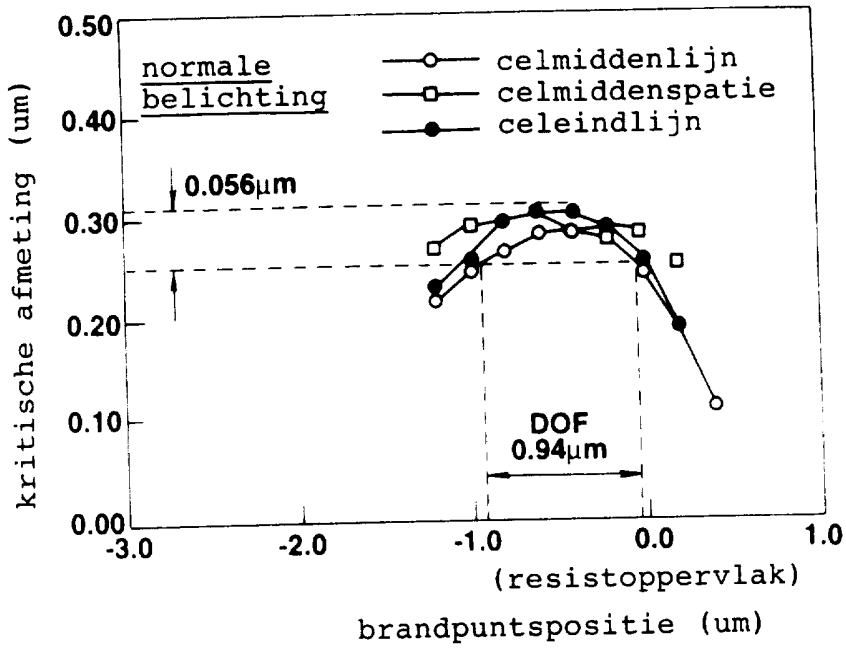

normale
belichting
celmiddenlijn
celmiddenspatie
celeindlijn
0.056µm
DOF
0.94µm
kritische afmeting (um)
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
-3.0
-2.0
-1.0
0.0
1.0
(resistoppervlak)
brandpuntspositie (um)

FIG.8

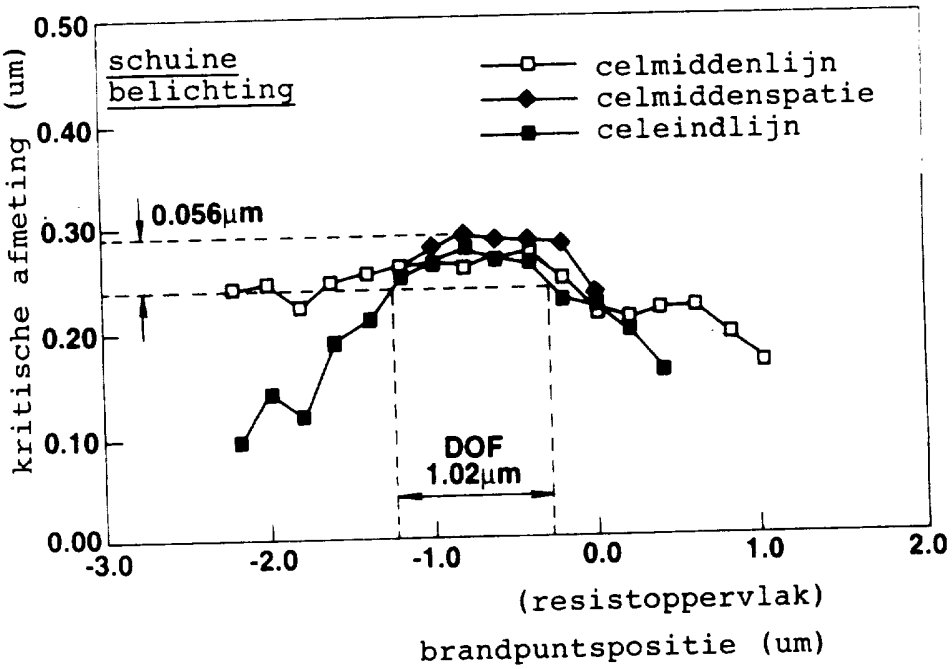

schuine
belichting
celmiddenlijn
celmiddenspatie
celeindlijn
0.056µm
DOF
1.02µm
kritische afmeting (um)
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
-3.0
-2.0
-1.0
0.0
1.0
2.0
(resistoppervlak)
brandpuntspositie (um)

FIG.9

OCTROOIRAAD

RAPPORT BETREFFENDE HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK

Octrooiaanvrage Nr.:
NO 133431
NL 1000201

VAN BELANG ZIJNDE LITERATUUR

Categorie	Vermelding van literatuur met aanduiding voor zover nodig, van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie(s)Nr.:	Internationale classificatie (toegekend door de Octrooiraad)
X	US-A-5 363 170 (MURAKI MASATO) 8 November 1994 * kolom 4, regel 16 - kolom 8, regel 64 * * figuren 1-5,7 *	1,2,4-6	G03F7/20
Y	---	3	
Y	EP-A-0 576 297 (CANON KK) 29 December 1993 * kolom 8, regel 21 - regel 41 * * figuren 1-3,14,15 *	3	

A	DE-A-43 03 028 (HITACHI LTD) 5 Augustus 1993 * kolom 7, regel 50 - kolom 10, regel 63 * * figuren 4-11 *	1	

E	EP-A-0 698 824 (SONY CORP) 28 Februari 1996 * bladzijde 3, regel 54 - bladzijde 4, regel 3 * * bladzijde 11, regel 35 - bladzijde 12, regel 38; conclusies 1,2,5,6 * * figuren 6,10-14 *	1,2,4-6	

E	EP-A-0 651 291 (SONY CORP) 3 Mei 1995 * het gehele document *	1-6	

Onderzochte gebieden van de techniek

G03F

Indien gewijzigde conclusies zijn ingediend, heeft dit rapport betrekking op de conclusies ingediend op :.....

1

Plaats van onderzoek	Datum waarop het onderzoek werd voltooid	Voronderzoeker (EOB)
'S-GRAVENHAGE	2 September 1996	Heryet, C

EOB FORM 02.83 (P0414)

CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR

X : op zichzelf van bijzonder belang
Y : van bijzonder belang in samenhang met andere documenten van dezelfde categorie
A : achtergrond van de stand van de techniek
O : verwijzend naar niet op schrift gestelde stand van de techniek
P : literatuur gepubliceerd tussen voorrangs- en indieningsdatum
T : niet tijdig gepubliceerde literatuur over theorie of principe ten grondslag liggend aan de uitvinding
E : andere octrooipublicatie maar gepubliceerd op of na indieningsdatum
D : in de aanvrage genoemd
L : om andere redenen vermelde literatuur
.....
& : lid van dezelfde octrooifamilie, corresponderende literatuur document

AANHANGSEL BEHORENDE BIJ HET RAPPORT BETREFFENDE HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK, UITGEVOERD IN DE OCTROOIAANVRAGE NR.

NO 133431
NL 1000201

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octrooifamilie), die overeenkomen met octrooischriften genoemd in het rapport.
De opgave is samengesteld aan de hand van gegevens uit het computerbestand van het Europees Octrooibureau per
De juistheid en volledigheid van deze opgave wordt noch door het Europees Octrooibureau, noch door de Octrooiraad gegarandeerd ; de gegevens worden verstrekt voor informatiedoeleinden.

02-09-1996

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)		Datum van publicatie
US-A-5363170	08-11-94	JP-A-	5047639	26-02-93
EP-A-0576297	29-12-93	JP-A-	6013289	21-01-94
		US-A-	5459547	17-10-95
DE-A-4303028	05-08-93	JP-A-	5217852	27-08-93
		JP-A-	5259035	08-10-93
		US-A-	5348837	20-09-94
EP-A-0698824	28-02-96	JP-A-	8181065	12-07-96
EP-A-0651291	03-05-95	JP-A-	7122478	12-05-95

Algemene informatie over dit aanhangsel is gepubliceerd in de 'Official Journal' van het Europees Octrooibureau nr 12/82 blz 448 ev