

(19)



Octrooi Centrum
Nederland

(11) **1029982**(12) **C OCTROOI**²⁰(21) Aanvraag om octrooi: **1029982**(51) Int.Cl.:
H01J37/28 (2006.01)(22) Ingediend: **19.09.2005**(41) Ingeschreven:
20.03.2007 I.E. 2007/05(47) Dagtekening:
20.03.2007(45) Uitgegeven:
01.05.2007 I.E. 2007/05(73) Octrooihouder(s):
**FEI Company te Hillsboro, Oregon,
Verenigde Staten van Amerika (US).**(72) Uitvinder(s):
Jacob Simon Faber te Eindhoven.(74) Gemachtigde:
H. Bakker te 5600 KA Eindhoven.(54) **Werkwijze voor het instellen van de werkingssfeer van een toestelcomponent op een vooraf vastgesteld element.**

(57) De uitvinding beschrijft een werkwijze voor het positioneren van een beeldveld van bijvoorbeeld een elektronenmicroscop op een specifieke structuur in een regelmatig rooster van nominaal gelijke structuren. Zulke structuren kunnen bijvoorbeeld geheugencellen op een chip zijn. Zulke geheugencellen hebben tegenwoordig een oppervlak van bijvoorbeeld minder dan $1 \mu\text{m}^2$ en zijn gerangschikt in een rooster van 1000×1000 cellen. Bij het verplaatsen kan een fout optreden die groter is dan een roosterafstand van de structuren, waardoor het beeldveld op een andere dan de bedoelde structuur is ingesteld. Het wezen van de uitvinding is dat de verplaatsing is op te delen in een groot aantal deelverplaatsingen, waarbij de fout per deelverplaatsing kleiner zijn dan een halve roosterafstand. Door nu na elke deelverplaatsing de verplaatsing te bepalen kan de fout per deelverplaatsing geëlimineerd worden. Deze werkwijze leent zich voor automatisering, waarbij de beeldverplaatsingen bepaald worden m.b.v. correlatietechnieken.

NL C 1029982

De inhoud van dit octrooi komt overeen met de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Octrooi Centrum Nederland is het Bureau voor de Industriële Eigendom, een agentschap van het ministerie van Economische Zaken

Werkwijze voor het instellen van de werkingssfeer van een toestelcomponent op een vooraf vastgesteld element.

[0001] De uitvinding betreft een werkwijze voor het positioneren van de werkingssfeer van een toestelcomponent op een vooraf vastgesteld, willekeurig roosterelement in een nominaal regelmatig rooster van nominaal gelijke roosterelementen, waarbij de positionering gebeurt met behulp van een instelmechanisme, omvattende de stappen:

1. het vinden van een initiële positiereferentie in het rooster,
- 10 2. het uitvoeren van een verplaatsing met de toestelcomponent ten opzichte van het rooster,
3. het vervolgens vinden van een positiereferentie in het rooster,
4. het testen of het vooraf vastgestelde roosterelement binnen een vooraf vastgestelde afstand van de werkingssfeer van de toestelcomponent is, en
- 15 5. het afhankelijk van het resultaat van de test herhalen van stap 2 en zonodig herhalen van stap 3 en 4.

[0002] Tevens betreft de uitvinding een apparaat voor het uitvoeren van de werkwijze volgens de uitvinding.

20

[0003] Zo'n werkwijze wordt gebruikt in bijvoorbeeld de halfgeleiderindustrie bij foutanalyse ('defect analysis'), waar de wens bestaat een specifiek element, zoals een geheugencel, in een rooster van nominaal gelijke geheugencellen op een halfgeleidercircuit te inspecteren met behulp van bijvoorbeeld een Scanning Electron Microscope (SEM). Zo'n halfgeleidercircuit kan al uit de wafer gebroken zijn, maar het kan ook nog deel uitmaken van een wafer.

25

[0004] Bij een SEM tast een gefocusseerde elektronenbundel een preparaat, zoals een halfgeleidercircuit, af. Daar waar de elektronenbundel het preparaat treft komen o.a. secundaire elektronen vrij, die gedetecteerd worden met een Secondaire Elektronen Detector (SED). Hierdoor wordt (plaatsafhankelijke) informatie verkregen, die vervolgens in de vorm van een beeld beschikbaar wordt gesteld. De grootte van het focus van een SEM is heden ten dage bijvoorbeeld 1 nm, zodat hiermee afbeeldingen met een zeer hoge resolutie kunnen worden gemaakt.

30

[0005] In de halfgeleider industrie worden zogeheten wafers met een doorsnede van bijvoorbeeld 30 cm verwerkt tot IC's. Een wafer wordt op zeker moment opgebroken tot tientallen of zelfs honderden IC's, waarbij op elk IC talloze halfgeleidercomponenten

35

aanwezig zijn. Vaak vormen deze halfgeleiderelementen roosters van nominaal identieke structuren op zo'n IC, zoals bijvoorbeeld het geval is bij halfgeleiderelementen in de vorm van geheugencellen. Om productieuitval te verminderen kan het gewenst zijn specifieke halfgeleiderelementen te inspecteren.

- 5 **[0006]** De wens om een specifiek element, zoals een specifieke geheugencel, te inspecteren komt bijvoorbeeld voort uit een elektrische test, waarbij de eigenschappen van het betreffende element blijken af te wijken van de specificaties andere elementen. Door nu zo'n specifiek element te inspecteren kan inzicht verkregen worden in de oorzaak van de afwijking, hetgeen kan leiden tot proces- en/of productverbeteringen en
- 10 daarmee tot verminderde productieuitval.
- [0007]** Geheugencellen zoals die heden ten dage gebruikt worden in de halfgeleiderindustrie beslaan veelal een oppervlak van minder dan een vierkante micron, en zijn georganiseerd in roosters, waarin bijvoorbeeld 1000*1000
- 15 geheugencellen zijn gerangschikt. Om een specifieke geheugencel bijvoorbeeld met een SEM te kunnen inspecteren zal eerst de werkingssfeer van de SEM (het beeldveld) naar deze specifieke geheugencel moeten worden verplaatst. Daartoe is het nodig eerst een goed herkenbaar punt te vinden, zoals een hoekpunt van het rooster, waarna verplaatst kan worden naar de te inspecteren geheugencel.

- 20 **[0008]** In de hierboven beschreven werkwijze wordt continu een afbeelding van het halfgeleidercircuit zoals beschikbaar gemaakt door de SEM op een beeldscherm weergegeven. Het halfgeleidercircuit, dat op een bewegingsmechanisme zoals een x-y tafel is gemonteerd, kan met bijvoorbeeld een joystick verplaatst worden. Eerst wordt het beeldveld naar een roosterelement op een bekende positie, zoals een hoekpunt van
- 25 het rooster, verplaatst. Vanaf deze bekende positie is vooraf bekend hoeveel kolommen en rijen er verplaatst moet worden om op het te onderzoeken element uit te komen. Vervolgens wordt het halfgeleidercircuit met behulp van de joystick verplaatst, waarbij gelijktijdig de verplaatsing van het halfgeleidercircuit op het beeldscherm met het oog wordt gevolgd. Door nu tijdens het verplaatsen te tellen hoeveel rijen en kolommen het
- 30 beeld over het halfgeleidercircuit verplaatst, wordt uiteindelijk de vooraf vastgestelde positie bereikt.

- [0009]** Een nadeel van de bekende methode is dat er een grote kans op telfouten is, bijvoorbeeld ten gevolge van interrupties of concentratiestoornissen van het personeel dat deze werkwijze uitvoert. Gemakkelijk kan een telfout worden gemaakt, of men kan
- 35 de tel kwijtraken, waarna het hele proces opnieuw moet worden uitgevoerd. Hierbij moet

bedacht worden dat de beweging van de x-y tafel bij deze vergroting, waarbij elementen van minder dan $1 \mu\text{m}^2$ afgebeeld worden, relatief schokkerig verloopt.

5 [0010] Opgemerkt zij dat de elementen niet noodzakelijkerwijze in een rechthoekig rooster geordend zijn, maar dat dit ook een scheef rooster kan zijn of bijvoorbeeld een rooster in de vorm van een honingraat. Zulke roostervormen vergroten de kans op telfouten.

[0011] De uitvinding beoogt een werkwijze te verschaffen waarbij de kans op telfouten kleiner is dan met de beschreven werkwijzen bereikt wordt.

10

[0012] Daartoe is de werkwijze volgens de uitvinding daardoor gekenmerkt

- dat de verplaatsing de vorm aanneemt van een verplaatsingssprong,
- dat een maximale spronggrootte wordt vastgesteld aan de hand van
 - 15 ○ de plaatsonzekerheid van het verplaatsingsmechanisme uitgedrukt in eenheden van de roosterperiode en/of
 - de onzekerheid in de periodiciteit van het rooster uitgedrukt in eenheden van de roosterperiode, en
- dat de verplaatsingssprong kleiner wordt gekozen dan de maximale spronggrootte.

20

[0013] De uitvinding is gebaseerd op het inzicht dat na een verplaatsingssprong de positie van een roosterelement is vast te stellen met een nauwkeurigheid veel kleiner dan de roosterafstand tussen de roosterelementen. Hierdoor kan de onzekerheid van de spronggrootte na elke verplaatsingssprong geëlimineerd worden. Echter, er kan geen onderscheid maken tussen één roosterelement en een nominaal gelijk roosterelement dat een geheel aantal roosterafstand hiervan verwijderd is. Het is dus noodzakelijk om na een sprong te weten van welk roosterelement in het rooster van nominaal gelijke roosterelementen de positie bepaald moet worden.

25 De onzekerheid van de verplaatsing door het instelmechanisme is in het algemeen afhankelijk van de spronggrootte. Door nu de spronggrootte zó te kiezen, dat de onzekerheid in de spronggrootte kleiner is dan een halve roosterafstand, kan er geen verwarring optreden van welk roosterelement de positie bepaald moet worden.

Door de verplaatsing van de bekende positie naar de positie van een vooraf vastgesteld roosterelement te verdelen in sprongen met een zódanige grootte, dat de onzekerheid 35 van de spronggrootte kleiner is dan de helft van de roosterafstand, en na elke sprong de

onzekerheid van de sprong te elimineren, zal de toestelcomponent daarmee uiteindelijk op de vooraf vastgestelde roosterelement ingesteld zijn.

5 **[0014]** Opgemerkt zij dat de onzekerheid veroorzaakt kan worden door een onzekerheid in het bewegingsmechanisme, maar dat zo'n fout ook veroorzaakt kan worden door een onregelmatigheid in de periodiciteit van het rooster.

[0015] Opgemerkt zij ook dat het niet noodzakelijk is dat de onzekerheid van de spronggrootte in verschillende richtingen gelijk is. Immers, de onzekerheid van het verplaatsingsmechanisme (zoals een mechanische verplaatsingstafel) kan in verschillende richtingen verschillen. Ook kan de periodiciteit van het rooster in
10 verschillende richtingen verschillen, wat een verschillende maximale spronggrootte geeft voor verschillende richtingen.

[0016] In een uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt de positiereferentie gevonden met behulp van correlatietechnieken.

15 **[0017]** In die gevallen waarin de toestelcomponent gebruikt wordt voor bijvoorbeeld beeldvormende technieken kan met behulp van bijvoorbeeld kruiscorrelatie de verschuiving van twee beelden bepaald worden. Dit is een op zichzelf bekende techniek. Kruiscorrelatie kan dus gebruikt worden om de verschuiving te bepalen van twee beelden opgenomen, een opgenomen voor en de andere opgenomen na een
20 verplaatsingssprong. Deze verschuiving is opgebouwd uit een verwachte component ten gevolge van de verplaatsingssprong en een willekeurige component ten gevolge van de onzekerheid van de verplaatsingssprong. Hierdoor is het mogelijk de willekeurige component te bepalen en vervolgens het effect hiervan te elimineren.

[0018] Opgemerkt zij dat de verschuiving van de beelden niet noodzakelijk gelijk is
25 aan de spronggrootte: de beeldverschuiving is bijvoorbeeld nominaal gelijk aan 0 (de opnames zijn nominaal identiek) wanneer de verplaatsing een geheel aantal roosterafstanden is.

[0019] Opgemerkt zij ook dat onder een beeld niet alleen aan een vlak beeld (2-D) kan worden gedacht, maar ook aan een ruimtelijk beeld (3D).

30 **[0020]** Voordeel van het gebruik van correlatietechnieken is dat de werkwijze geautomatiseerd kan worden uitgevoerd, hetgeen tot een verdere vermindering van de kans op telfouten leidt en tot een vermindering van personeelskosten leidt.

[0021] Een ander voordeel van het gebruik van correlatietechnieken is dat hierbij de informatie van het gehele beeld van bijvoorbeeld een SEM wordt gebruikt, hetgeen het
35 mogelijk maakt ook bij slechte signaal/ruis verhoudingen een goede bepaling van de verschuiving te doen, en daarmee een goede bepaling van de spronggrootte.

[0022] Een additioneel voordeel van het gebruik van correlatietechnieken is dat deze ook een goede bepaling van de verschuiving mogelijk maken bij roosterelementen die niet geheel gelijk zijn aan elkaar, bijvoorbeeld door beschadiging van enkele roosterelementen, of omdat roosterelementen (gedeeltelijk) onzichtbaar zijn, 5 bijvoorbeeld omdat er stofdeeltjes op liggen. Ook dit leidt tot een verdere verlaging van de kans op telfouten.

[0023] Opgemerkt zij dat in "Automatic IC Die positioning in the SEM", H.W. Tan *et al.*, Proceedings from the 26th international symposium for Testing and Failure Analysis, 12-16 November 2000, Bellevue, Washington, pagina's 469-476, een 10 werkwijze beschreven wordt voor het automatisch positioneren van het beeldveld van een SEM op een halfgeleidercircuit. Met name op pagina 473, rechter kolom, wordt ingegaan op een werkwijze om dit te realiseren bij een regelmatig rooster van roosterelementen. Hierbij wordt eerst op een eerste halfgeleidercircuit van een initiële 15 positie naar een te onderzoeken positie bewogen, en wordt daarna weer terug bewogen naar de initiële positie. Tijdens dit terug bewegen wordt een reeks opnames gemaakt. Door nu bij een ander halfgeleidercircuit op een nominaal identieke initiële positie te positioneren en vervolgens met beeldherkenningstechnieken na elke sprong het opgenomen beeld te vergelijken met een van de eerder opgenomen reeks beelden, kan 20 de plaatsonzekerheid na elke sprong geëlimineerd worden en kan het pad dat op het eerste halfgeleidercircuit is afgelegd, gereproduceerd worden.

[0024] De werkwijze van Tan *et al.* is daarmee geëigend om een verplaatsing, zoals die ooit op een eerste halfgeleidercircuit is gerealiseerd, te reproduceren op andere halfgeleidercircuits, maar geeft geen oplossing voor het probleem van de uitvinding, 25 namelijk een positioneren op een willekeurig te kiezen, vooraf vastgesteld roosterelement.

[0025] In een andere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt de positiereferentie gevonden m.b.v. een deeltjesbundel.

30 [0026] Om elementen met een grootste afmeting van enkele micrometers of minder te inspecteren is een resolutie van veel minder dan 1 μm gewenst. Zo'n resolutie is met een optische microscoop niet te behalen. Echter, bij bijvoorbeeld een SEM, welke een gefocusseerde bundel elektronen gebruikt, is de grootte van het focus veel kleiner dan 1 μm , bijvoorbeeld 1 nm. Hierdoor kan een beeld gevormd worden met een resolutie van 35 bijvoorbeeld 1 of enkele nm's.

[0027] Opgemerkt zij dat het niet noodzakelijk is dat de bundel een gefocusseerde bundel is. In bijvoorbeeld Transmissie Elektronen Microscopen (TEM) wordt een preparaat veelal met een bij benadering evenwijdig invallende bundel elektronen belicht, waarbij een schaduwaafbeelding van het preparaat wordt gemaakt.

5

[0028] In een verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding veroorzaakt het verplaatsingsmechanisme een afbuiging van de deeltjesbundel.

[0029] In plaats van bijvoorbeeld een mechanische verplaatsing van het beeldveld ten opzichte van het rooster van elementen kan ook een niet-mechanische verplaatsing toegepast worden. Bij gebruikmaking van deeltjesbundels, zoals elektronenbundels en ionenbundels, kan het beeldveld verplaatst worden door met behulp van elektrische en/of magnetische velden de deeltjesbundel af te buigen.

[0030] In een weer andere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding betreft de toestelcomponent een Scanning Probe Microscoop (SPM).

[0031] Scanning Probe Microscopen, zoals Scanning Tunneling Microscopen, Atomic Force Microscopen, Magnetic Force Microscopen, Electrostatic Force Microscopen Scanning Near-Field Optical Microscopen, etc, zijn in staat zeer kleine details zichtbaar te maken, tot details van atomaire dimensies. De werkwijze volgens de uitvinding is zeer geschikt om het beeldveld van zo'n Scanning Probe Microscoop over een vooraf vastgesteld aantal roosterafstanden te verplaatsen.

[0032] In een weer verdere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding is het rooster een rooster van patronen op een halfgeleidercircuit.

[0033] Halfgeleidercircuits zoals gebruikt in de halfgeleiderindustrie vertonen vaak regelmatige roosters van microscopisch kleine elementen. Voor inspectie van zulke roosters zal een element in zo'n rooster gelokaliseerd moeten worden met een nauwkeurigheid van beter dan bijvoorbeeld 1 μm . De verwachting is dat dimensies van structuren op halfgeleidercircuits in de toekomst alleen maar zullen afnemen, en het aantal elementen alleen maar zal toenemen. Hierdoor zal de relatieve onnauwkeurigheid van het verplaatsingsmechanisme (bijvoorbeeld een bewegingstafel) ten opzichte van de grootte van een element, alleen maar toenemen. Dit maakt toepassing van de werkwijze volgens de uitvinding voor zulke circuits zeer aantrekkelijk.

[0034] In een nog andere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt de positiereferentie gevonden met behulp van elektromagnetische straling.

[0035] De toestelcomponent kan een licht-optische microscoop zijn, maar ook bijvoorbeeld een toestel dat (plaatsafhankelijk) röntgenstraling detecteert.

[0036] Opgemerkt zij dat, indien het preparaat waarin het rooster zich bevindt voldoende doorzichtig is voor de elektromagnetische straling die gebruikt wordt, niet
5 alleen een positiereferentie in een 2 dimensionaal rooster kan worden bepaald, maar ook in een 3 dimensionaal rooster.

[0037] Verder zij opgemerkt dat het denkbaar is dat een toestelcomponent een voorwerp bestraalt met straling van een bepaald type, maar dat straling van een ander type wordt waargenomen. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan fluorescente
10 elementen, die in respons op een bestraling met bijvoorbeeld röntgenstraling of bestraling met een deeltjesbundel, zoals een elektronenbundel, licht uitzenden. Ook kan gedacht worden aan de röntgenstraling die ontstaat bij het bestralen van een rooster met bijvoorbeeld een elektronenbundel.

15 [0038] In nog weer een andere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt de positiereferentie gevonden met behulp van geluid.

[0039] De toestelcomponent kan geluid, bijvoorbeeld ultrasoon geluid, uitzenden en/of ontvangen, waarmee bijvoorbeeld een echografie kan worden gemaakt. Als toepassing kan bijvoorbeeld aan de echografie zoals gebruikt in de medische wereld
20 worden gedacht (waarbij de toestelcomponent zowel ultrasoon geluid produceert als detecteert), maar ook aan de echografie zoals door de olie-industrie wordt toegepast voor het lokaliseren van olievelden, waarbij de geluidsgolven veroorzaakt worden door bijvoorbeeld een explosie.

25 [0040] In nog een weer andere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt de positiereferentie gevonden met behulp van magnetische resonantie.

[0041] Bij magnetische resonantie wordt het te onderzoeken preparaat in een magneetveld gebracht, welk magneetveld een gradiënt vertoont. Vervolgens wordt het preparaat aan elektromagnetische straling blootgesteld met een specifieke frequentie,
30 welke frequentie afhankelijk is van het magneetveld. In respons hierop zal het preparaat (met name bijvoorbeeld de waterstofkernen in het preparaat) de elektromagnetische straling absorberen en vervolgens weer uitzenden, welke in de vorm van amplitude, frequentie en/of fase informatie over het preparaat geeft.

[0042] Wanneer nu het preparaat een rooster van elementen bevat die met
35 magnetische resonantie te detecteren zijn, zal het beeldveld van de toestelcomponent gepositioneerd kunnen worden t.o.v. dit rooster. Hierbij kan het rooster een

tweedimensionaal rooster, maar ook een driedimensionaal rooster zijn.

[0043] In weer een andere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt de positiereferentie gevonden tijdens een ononderbroken beweging van de werkingssfeer van de toestelcomponent t.o.v. het rooster.

[0044] Het telkens stoppen en hervatten van de beweging van een verplaatsingsmechanisme na elke sprong kost tijd. Door nu de positiereferentie te vinden tijdens een ononderbroken beweging, wordt tijdwinst gekregen.

[0045] Opgemerkt zij dat in het geval van bijvoorbeeld opnemen van beelden voor het vinden van de positiereferentie, het opnemen van een beeld tijdens een beweging een zekere mate van beeldvervorming zal geven. De gevolgen voor het bepalen van de gerealiseerde verplaatsing zullen echter gering zijn wanneer er een grote mate van correlatie optreedt tussen de opnames die vergeleken worden. Ook is het mogelijk beide opnames te maken bij eenzelfde verplaatsingssnelheid en -richting, zodat beide opnames eenzelfde beeldvervorming bezitten. Een andere mogelijkheid is voor de optredende beeldvervorming te compenseren door manipulatie van een der opnames.

[0046] De uitvinding wordt nu toegelicht aan de hand van figuren, waarbij gelijke verwijzingscijfers overeenkomstige structuren betreffen. Hierbij toont:

- figuur 1 schematisch een apparaat voor het uitvoeren van de werkwijze volgens de uitvinding,
- figuur 2A schematisch een beeld voordat een verplaatsingssprong is gemaakt,
- figuur 2B schematisch een beeld nadat een verplaatsingssprong is gemaakt,
- figuur 2C schematisch de gewenste en de gerealiseerde beeldverplaatsing van figuren 2A en 2B,
- figuur 2D schematisch het kruiscorrelatiepatroon overeenkomend met figuur 2C,
- figuur 3 schematisch een STM,
- figuur 3A een uitvergroting van gebied A van figuur 3.

[0047] Figuur 1 toont schematisch een apparaat in de vorm van een SEM voor het uitvoeren van de werkwijze volgens de uitvinding.

[0048] Een te analyseren preparaat zoals een halfgeleidercircuit 110 bevindt zich op een verplaatsingsmechanisme in de vorm van een x-y tafel 112. Het halfgeleidercircuit 110 wordt door een toestelcomponent in de vorm van een elektronenkolom 120 bestraald met een gefocusseerde bundel elektronen 122. Bij deze bestraling komen secundaire elektronen vrij, welke door een secundaire elektronen detector (SED) 126

gedetecteerd worden. Ook komt röntgenstraling vrij, die met detector 127 gedetecteerd worden, terwijl detector 128 vrijkomend licht detecteert. Zowel het halfgeleidercircuit 110, het verplaatsingsmechanisme 112 als de detectoren 126, 127 en 128 bevinden zich in een vacuümkamer 130, welke vacuümkamer door (niet getoonde)

- 5 vacuümmiddelen wordt geëvacueerd. Deze evacuatie is, zoals aan de vakman bekend, noodzakelijk om de elektronenkolom 120 en de SED 126 goed te laten functioneren.

[0049] Omdat het focus 124 van de elektronenbundel 122 door de elektronenkolom 120 onder controle van een controleunit 140 over het halfgeleidercircuit 110 gerasterd wordt, detecteren de detectoren 126, 127 en 128 plaatsafhankelijke informatie van het
10 halfgeleidercircuit 110. De informatie van één of meerdere van de detectoren 126, 127 en 128 wordt door een beeldverwerkingseenheid 142 op monitor 144 omgezet tot een beeld 108-i van het beeldveld van de elektronenkolom 120. Hierdoor wordt elke opname gemaakt door het apparaat zichtbaar op deze monitor 144.

[0050] Opgemerkt zij dat het bijvoorbeeld ook mogelijk is dat de in een regelmatig
15 rooster geordende elementen fluorescente markers zijn, die met behulp van de elektronenbundel geëxciteerd worden, waarna ze licht uitzenden. Zulke markers kunnen nanokristallen zijn van bijvoorbeeld gedoteerd cadmiumsulfide of cadmiumselenide. Door het vrijkomende licht te detecteren met detector 128 is het apparaat volgens figuur 1 geschikt om de positie van zo'n marker te bepalen met de resolutie van de
20 elektronenbundel 122. Immers: er zal alleen licht uitgezonden worden wanneer de elektronenbundel op de marker gepositioneerd is en de marker daardoor geëxciteerd raakt.

Ook kunnen de in een regelmatig rooster geordende elementen een materiaal bevatten dat een voor dat materiaal specifieke röntgenstraling uitzendt (te detecteren met
25 detector 127), op grond waarvan de positie van deze elementen te bepalen is.

[0051] Figuur 2A toont schematisch een eerste beeld 108-1 met structuren. Tevens toont figuur 2A een oriëntatierooster, welk oriëntatierooster de periode van het rooster van structuren heeft. Dit oriëntatierooster is geen deel van de regelmatige structuur en
30 kan gedacht worden te zijn aangebracht op het scherm van monitor 144. Structuur 100-1 is hier speciaal aangeduid om identificatie op de volgende figuur, figuur 2B, te vereenvoudigen.

[0052] Figuur 2B toont schematisch een volgend beeld 108-2 met structuren na een gewenste verplaatsing over één roosterafstand naar rechts. Tevens toont figuur 2B een
35 oriëntatierooster. Dit oriëntatierooster is geen deel van de regelmatige structuur en kan gedacht worden te zijn aangebracht op het scherm van monitor 144. Het volgende beeld

108-2 is verschoven t.o.v. het beeld 108-1 zoals getoond in figuur 2A, maar duidelijk is te zien dat de werkelijke verplaatsing niet overeenkomt met de gewenste verplaatsing over één roosterafstand naar rechts.

5 **[0053]** Figuur 2C toont schematisch de gewenste en de gerealiseerde verplaatsing van figuur 2B t.o.v. figuur 2A. De gewenste verplaatsing, één roosterafstand naar rechts, is weergegeven door verplaatsingsvector 200. Vierkant 202 omgrent het gebied waar een gerealiseerde verplaatsingsvector moet uitkomen, gegeven een onzekerheid van de verplaatsingssprong van minder dan een halve roosterafstand. Omdat het rooster een rooster van nominaal gelijke structuren is, zijn er vele mogelijke verplaatsingen die een
10 soortgelijk beeld geven. Enkele van deze verplaatsingen zijn weergegeven door de vectoren 204-i. Uit deze vectoren moet nu die verplaatsingsvector worden geselecteerd die de werkelijke verschuiving weergeeft. Omdat de structuren nominaal gelijk zijn, kan niet op grond van de vorm van de structuren de juiste vector gevonden worden. Echter, omdat bekend is dat de gerealiseerde verplaatsingsvector binnen het vierkant 202 moet
15 liggen, geeft vector 204-1 de gerealiseerde verplaatsing aan. Het moge duidelijk zijn dat er in het vierkant 202 slechts één verplaatsingsvector kan eindigen.
Door nu het verschil tussen vector 200 en vector 204-1 te bepalen, kan het effect van de onzekerheid van de verplaatsingssprong geëlimineerd worden.

20 **[0054]** Alhoewel bij sommige structuren op een eenvoudige manier de bij deze structuur behorende positiereferentie is vast te stellen, is dit niet altijd eenvoudig mogelijk. Problemen treden bijvoorbeeld op wanneer het niet gemakkelijk is een positiereferentie op de structuren te bepalen omdat de structuur niet scherp begrensd is, wanneer stofdeeltjes op structuren zijn gelegen, wanneer structuren beschadigd zijn,
25 etc. In deze gevallen is het aantrekkelijk om gebruik te maken van correlatietechnieken.

[0055] Zoals aan de vakman op het gebied van correlatietechnieken bekend, is kruiscorrelatie een algoritme voor het bepalen van de onderlinge verschuiving van twee beelden. Bij kruiscorrelatie wordt bij verschillende verschuivingen van een eerste beeld, het zogeheten referentiebeeld, ten opzichte van een tweede beeld de overeenkomst van
30 grijswaarden tussen dit referentiebeeld en het tweede beeld bepaald. De hierbij bepaalde waarden (één waarde voor elke verschuiving) kunnen in een geheugen worden opgeslagen en/of in een derde beeld weergegeven worden, waarbij de (grijs)waarde van elk punt correspondeert met de correlatiewaarde tussen het eerste en het tweede beeld bij een bepaalde verschuiving. Opgemerkt zij dat wanneer de beelden
35 een eindige grootte hebben, zoals veelal het geval is, bij een verschuiving de beelden elkaar slechts gedeeltelijk zullen overlappen. Er kan voor gekozen worden slechts de

overlappende delen van de twee beelden te vergelijken. Dit en overeenkomstige technieken om met de eindigheid van de beeldvelden om te gaan staan, zoals de vakman bekend, bekend als 'windowing'.

5 **[0056]** Figuur 2D toont schematisch het kruiscorrelatiepatroon dat gevormd wordt door het vergelijken van de beelden zoals weergegeven in figuur 2A en 2B. Het toont 6 correlatiepieken 210-i, dat zijn 6 verschuivingen van de beelden onderling waarbij een hoge mate van correlatie optreedt. Het zal nu duidelijk moeten zijn welke van deze correlatiepieken gebruikt moet worden om de werkelijke verplaatsing te bepalen. Als de onzekerheid minder dan een halve roosterafstand is, moet de gezochte correlatiepiek
10 minder dan een halve roosterafstand van de verwachte positie 200 liggen, ofwel binnen het vierkant 202. Hiermee is duidelijk welk van de correlatiepieken de werkelijke verplaatsing weergeeft en kan de werkelijke verplaatsing bepaald worden.

[0057] De overeenkomst tussen figuur 2D en figuur 2C moge duidelijk zijn: de correlatiepieken van figuur 2D geven het einde van de vectoren 204-i van figuur 2C aan.

15 **[0058]** Opgemerkt zij dat bij de bepaling van de onzekerheid een fout kan optreden. Deze fout wordt bijvoorbeeld veroorzaakt door ruis in de correlatiepatronen. Het is denkbaar dat, wanneer de onzekerheid van de verplaatsingssprong telkens weer wordt geëlimineerd door een vergelijking tussen de twee laatste positiebepalingen, dit aanleiding geeft tot een cumulatieve fout van meer dan een halve roosterafstand.
20 Hiermee zou nog steeds niet duidelijk zijn welk roosterelement het te onderzoeken roosterelement is. Door telkens bijvoorbeeld het laatste beeld met het eerste beeld te vergelijken, zal er echter geen cumulatieve fout optreden. Immers: de verwachte verschuiving en de gerealiseerde verschuiving worden dan telkens t.o.v. het eerste beeld bepaald.

25 **[0059]** Ook zij opgemerkt dat het eerste beeld een beeld gevormd door bijvoorbeeld de toestelcomponent kan zijn, maar ook een beeld dat geconstrueerd is uit de ontwerpgegevens van de elementen, bijvoorbeeld afkomstig uit een CAD (computer aided design) ontwerp.

30 **[0060]** Een grote voordeel van het gebruik van correlatietechnieken voor deze werkwijze is dat door bijvoorbeeld het eerste beeld als referentiebeeld te gebruiken en dit na elke sprong te correleren met het beeld dat na die sprong opgenomen wordt, de informatie van dit gehele referentiebeeld en het gehele ingenomen beeld als positiereferentie dient, zonder dat hier een specifiek kenmerk van de structuur voor
35 hoeft te worden geïdentificeerd.

[0061] Een bijkomend voordeel van correlatietechnieken is dat de informatie uit het gehele beeld gebruikt kan worden, hetgeen toepassing bij bijvoorbeeld slechte signaal/ruis verhouding mogelijk maakt.

[0062] Een ander voordeel is dat ook goede resultaten worden bereikt zelfs
5 wanneer de elementen niet geheel gelijk zijn, bijvoorbeeld omdat er op een (deel van een) element een stofdeeltje ligt of een element een beschadiging vertoont.

[0063] Opgemerkt zij dat het niet noodzakelijk is dat het preparaat stil staat tijdens het lokaliseren van de positiereferentie. Met name als de acquisitie van het beeld waarop bijvoorbeeld de correlatietechnieken wordt toegepast, zo snel gebeurt dat de
10 verplaatsing in deze acquisitietijd klein is ten opzichte van de grootte van de werkingssfeer van de toestelcomponent of de structuren, zal de verplaatsing gewoon door kunnen gaan en kan de besturing van de instelmiddelen tijdens het bewegen worden veranderd. Zelfs als er een aanmerkelijke verschuiving optreedt tijdens de acquisitietijd, kan er bijvoorbeeld door een tijdens de acquisitie voortdurende afbuiging
15 van de deeltjesbundel voor gecompenseerd worden. Ook kan er in het beeldgeheugen voor gecompenseerd worden dat er tijdens de acquisitie een verplaatsing is.

[0064] Experimenten geven aan dat goede resultaten worden bereikt wanneer het beeld waarmee de kruiscorrelatie wordt uitgevoerd bijvoorbeeld 25 roosterelementen in een 5*5 rooster bevat. Wanneer van deze 5*5 elementen een beeld wordt opgebouwd
20 bestaande uit bijvoorbeeld 256*256 beeldpunten, kan met behulp van correlatietechnieken met een normale computer tientallen malen per seconde de werkelijke grootte van de verplaatsingssprong worden bepaald.

[0065] Figuur 3 toont schematisch een STM. Bij een STM wordt een probe in de
25 vorm van een scherpe naald 302 zeer dicht over een te onderzoeken oppervlak 300 bewogen door bewegingsmiddelen 304. De afstand van naald 302 tot oppervlak 300 is zeer klein, bijvoorbeeld kleiner dan 0.5 nm. Tussen naald 302 en oppervlak 300 heerst een spanningsverschil veroorzaakt door spanningsbron 306, welk spanningsverschil een tunnelstroom veroorzaakt. Deze tunnelstroom wordt gemeten door
30 stroommeetmiddelen 308. De grootte van deze tunnelstroom is sterk afhankelijk van de afstand tussen naald 302 en oppervlak 300.

De bewegingsmiddelen 304 bestaan in het algemeen uit piëzo-elektrische elementen waarmee de naald zowel in een vlak evenwijdig aan het oppervlak 300 als loodrecht daarop kan worden bewogen. Door het signaal van de stroommeetmiddelen 308 terug
35 te koppelen naar de bewegingsmiddelen 304 wordt de naald 302 op een vrijwel constante afstand van het oppervlak 300 gehouden. Wanneer nu de naald 302 door de

bewegingsmiddelen 304 onder besturing van een controleunit 310 over het oppervlak worden bewogen, zal de naald op een vrijwel constante afstand tot het oppervlak blijven, waardoor het stuursignaal voor het piëzo-element verantwoordelijk voor de beweging loodrecht op het oppervlak (plaatsafhankelijke) hoogteinformatie van het oppervlak 300 geeft. Omdat deze hoogteinformatie ook aan de controleunit 310 wordt doorgegeven, kan deze een beeld weergeven op monitor 312, waarbij bijvoorbeeld verschillende grijswaardes verschillende hoogtes representeren.

[0066] Figuur 3A toont schematisch een uitvergroting van gebied A van figuur 3. Het uiteinde van de naald 302 bevindt zich op geringe afstand van het te onderzoeken oppervlak 300. Tussen naald en oppervlak loopt een tunnelstroom 314. Door het bewegingsmechanisme wordt de naald 302 op een vrijwel constante afstand tot het oppervlak 300 gehouden, zodat het uiteinde van de naald 302 bij bewegen een pad 316 volgt.

[0067] Het moge duidelijk zijn dat met behulp van het verkregen beeld de positie van een positiereferentie kan worden bepaald. De werkwijze volgens de uitvinding kan daarom gebruikt worden door binnen de werkingssfeer van de STM een positiereferentie te bepalen, vervolgens de afstand tot het oppervlak te vergroten tot een veilige afstand (dat is een afstand waarbij de naald het oppervlak niet kan raken), dan een sprong te maken, de afstand tussen oppervlak en naald weer te verkleinen en weer een positiereferentie te zoeken in de (verplaatste) werkingssfeer van de STM. Dit kan herhaald worden totdat de gewenste positie is bereikt.

[0068] Voordeel van de werkwijze volgens de uitvinding is dat de verplaatsingssnelheid van de naald tijdens de sprong veel hoger kan worden gekozen dan de verplaatsingssnelheid van de naald tijdens het rasteren van het beeld.

[0069] Alhoewel het gebruik van de werkwijze volgens de uitvinding toegelicht is aan de hand van een STM, zal het de vakman duidelijk zijn hoe deze werkwijze toe te passen voor andere Scanning Probe Microscopen. Immers: bij alle SPM's wordt een scherpe probe zeer dicht boven of rakend aan het oppervlak over dit oppervlak gerasterd, en wordt hierbij informatie over het preparaat verkregen, welke informatie in bijvoorbeeld een beeld kan worden weergegeven. Door het gebruik van het juiste type SPM kan een bepaald type positiereferentie gevonden worden, bijvoorbeeld de plaats van een magnetisch deeltje, of de plaats van een structuur die zich kenmerkt door een afwijkende wrijvingscoëfficiënt.

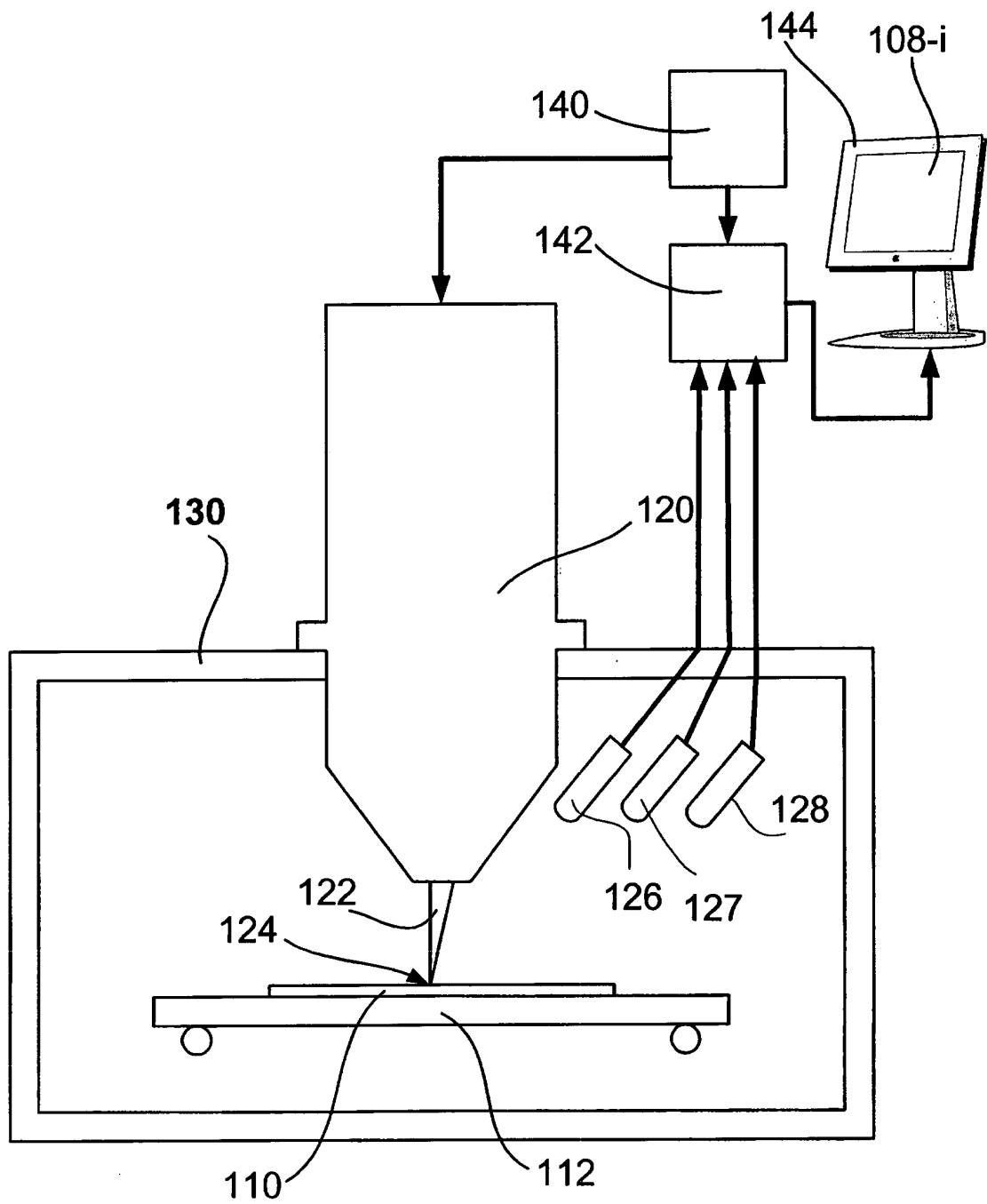
[0070] Het zal de vakman uit voorgaande duidelijk zijn hoe de uitvinding te gebruiken bij een willekeurige beeldvormende techniek, bijvoorbeeld microscopie met zichtbaar licht of infrarood, de ultrasound technieken zoals die heden ten dage worden gebruikt, of technieken die gebruik maken van magnetische resonantie.

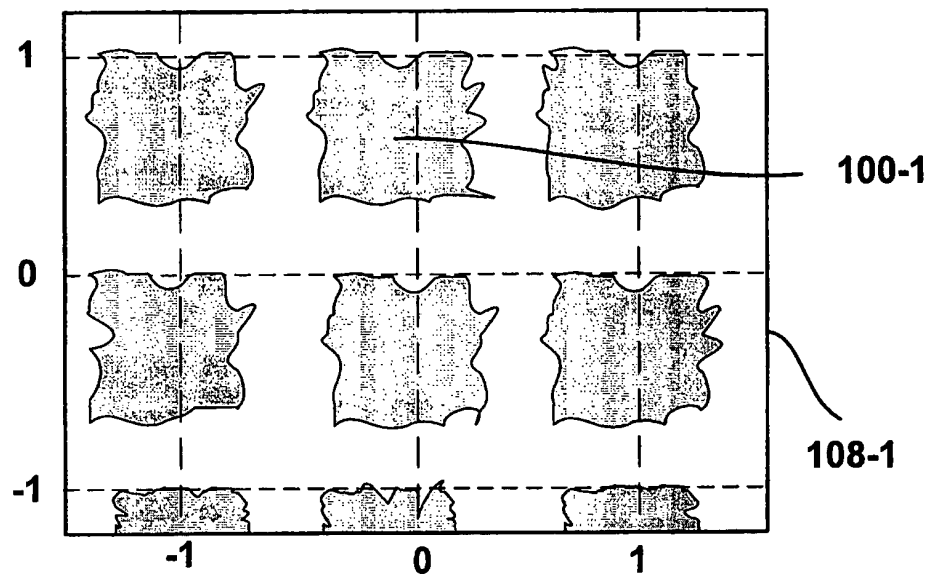
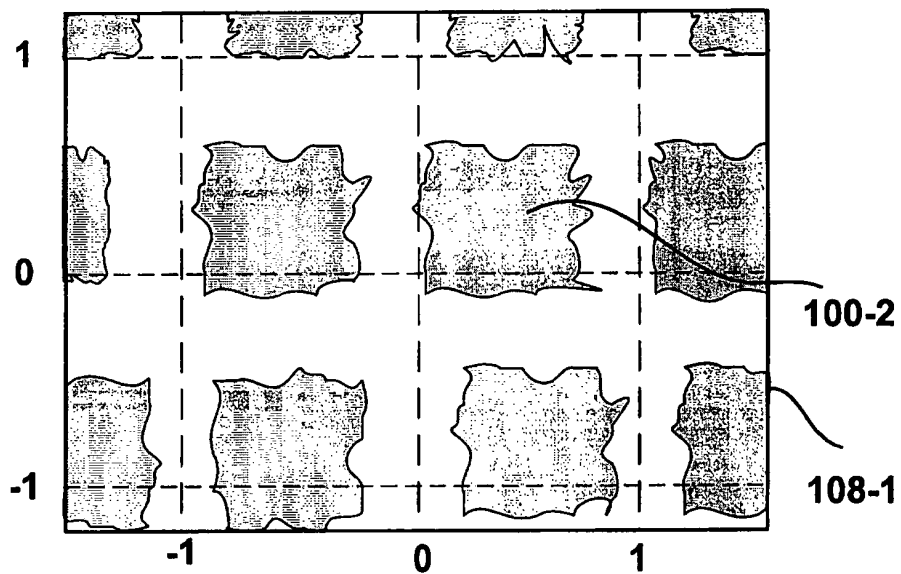
- 5 Ook het gebruik van de uitvinding voor andere plaatsbepalende technieken zal aan de vakman uit bovengaande te ontlelen zijn.

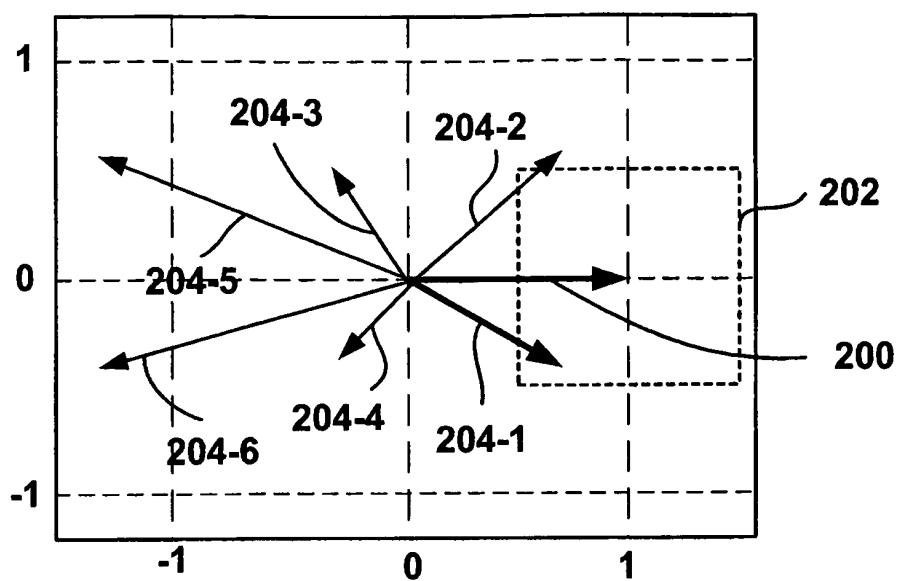
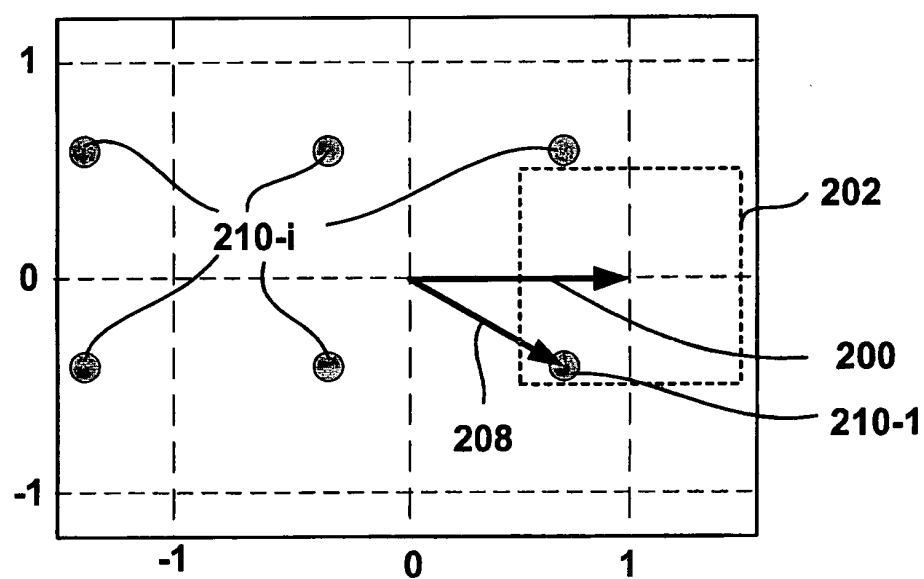
Conclusies.

1. Werkwijze voor het positioneren van de werkingssfeer van een
toestelcomponent op een vooraf vastgesteld, willekeurig roosterelement in een nominaal
5 regelmatig rooster van nominaal gelijke roosterelementen, waarbij de positionering
gebeurt met behulp van een instelmechanisme, omvattende de stappen:
 1. het vinden van een initiële positiereferentie in het rooster,
 2. het uitvoeren van een verplaatsing met de toestelcomponent ten opzichte van
het rooster,
 - 10 3. het vervolgens vinden van een positiereferentie in het rooster,
 4. het testen of het vooraf vastgestelde roosterelement binnen een vooraf
vastgestelde afstand van de werkingssfeer van de toestelcomponent is, en
 5. het afhankelijk van het resultaat van de test herhalen van stap 2 en zonodig
herhalen van stap 3 en 4,
 - 15 met het kenmerk
 - dat de verplaatsing de vorm aanneemt van een verplaatsingssprong,
 - dat een maximale spronggrootte wordt vastgesteld aan de hand van
 - o de plaatsonzekerheid van het verplaatsingsmechanisme uitgedrukt in
eenheden van de roosterperiode en/of
 - 20 o de onzekerheid in de periodiciteit van het rooster uitgedrukt in eenheden van
de roosterperiode, en
 - dat de verplaatsingssprong kleiner wordt gekozen dan de maximale
spronggrootte.
- 25 2. Werkwijze volgens conclusie 1 waarin de positiereferentie wordt gevonden met
behulp van correlatietechnieken.
3. Werkwijze volgens conclusies 1 of 2 waarin de positiereferentie wordt gevonden
met behulp van een deeltjesbundel.
- 30 4. Werkwijze volgens conclusies 1 of 2 waarin de toestelcomponent een Scanning
Probe Microscop is.
5. Werkwijze volgens conclusies 1 of 2 waarin de positiereferentie wordt gevonden
35 met behulp van elektromagnetische straling.

6. Werkwijze volgens conclusies 1 of 2 waarin de positiereferentie wordt gevonden met behulp van geluid.
7. Werkwijze volgens conclusies 1 of 2 waarin de positiereferentie wordt gevonden
5 met behulp van magnetische resonantie.
8. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies waarin de positiereferentie wordt gevonden tijdens een ononderbroken verplaatsing van de toestelcomponent t.o.v. het rooster.
- 10
9. Werkwijze volgens conclusie 3 waarin het verplaatsingsmechanisme een afbuiging van de deeltjesbundel veroorzaakt.
10. Werkwijze volgens conclusies 3 of 4 waarin het rooster een rooster van patronen
15 op een halfgeleidercircuit is.
- 11 Apparaat uitgerust met een controle-eenheid ingericht voor het uitvoeren van de werkwijze volgens conclusie 2.

**FIG. 1A**

**FIG. 2A****FIG. 2B**

**FIG. 2C****FIG. 2D**

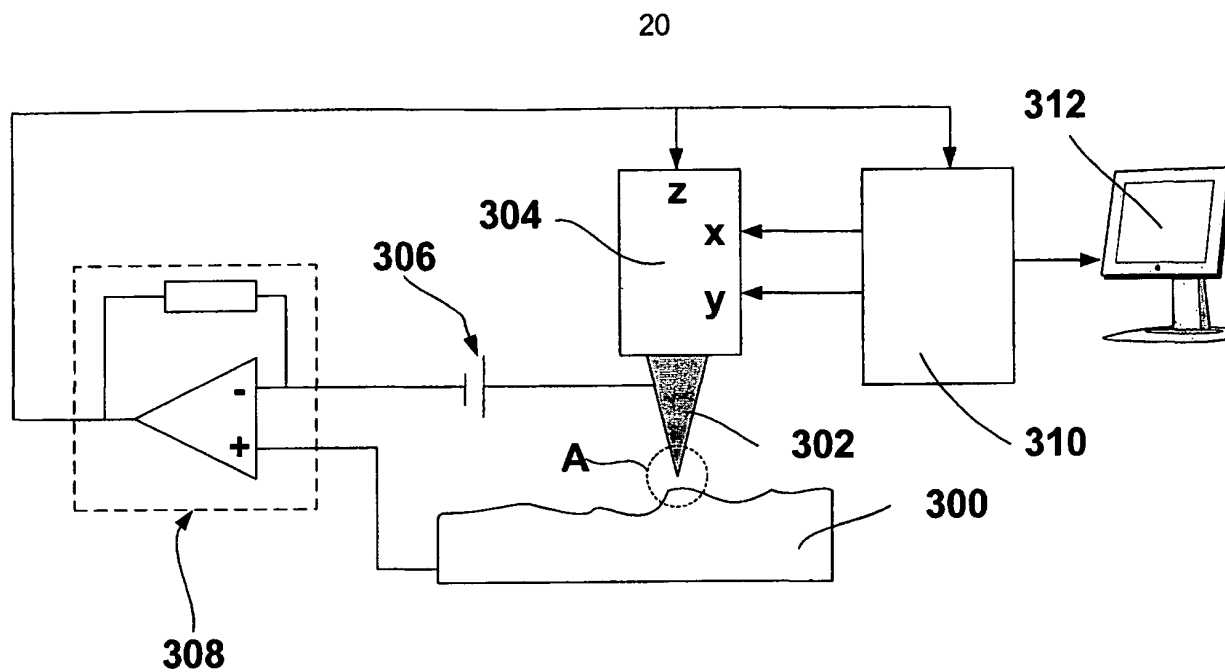


FIG. 3

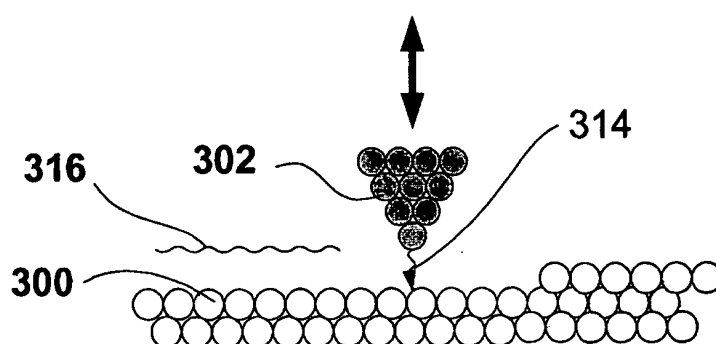


FIG. 3A

SAMENWERKINGSVERDRAG (PCT)

RAPPORT BETREFFENDE NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN INTERNATIONAAL TYPE

IDENTIFICATIE VAN DE NATIONALE AANVRAGE		KENMERK VAN DE AANVRAGER OF VAN DE GEMACHTIGDE FNL0505NL-P	
Nederlands aanvraag nr. 1029982		Indieningsdatum 19 september 2005	
		Ingeroepen voorrangsdatum	
Aanvrager (Naam) FEI Company			
Datum van het verzoek voor een onderzoek van internationaal type		Door de Instantie voor Internationaal Onderzoek (ISA) aan het verzoek voor een onderzoek van internationaal type toegekend nr. SN 45610 NL	
I. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP (bij toepassing van verschillende classificaties, alle classificatiesymbolen opgeven)			
Volgens de internationale classificatie (IPC) Int.Cl.8: H01J37/28			
II. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK			
Onderzochte minimum documentatie			
Classificatiesysteem		Classificatiesymbolen	
Int.Cl.8:	H01J G03F		
Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen			
III. ☐ GEEN ONDERZOEK MOGELIJK VOOR BEPAALDE CONCLUSIES (opmerkingen op aanvullingsblad)			
IV. ☐ GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING (opmerkingen op aanvullingsblad)			

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek

NL 1029982

A. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP
INV. H01J37/28

Volgens de Internationale Classificatie van octrooien (IPC) of zowel volgens de nationale classificatie als volgens de IPC.

B. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK

Onderzochte minimum documentatie (classificatie gevolgd door classificatiesymbolen)
H01J G03F

Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor dergelijke documenten, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen

Tijdens het internationaal nieuwheidsonderzoek geraadpleegde elektronische gegevensbestanden (naam van de gegevensbestanden en, waar uitvoerbaar, gebruikte trefwoorden)
EPO-Internal, INSPEC, PAJ

C. VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie *	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
A	US 6 566 654 B1 (FUNATSU RYUICHI ET AL) 20 mei 2003 (2003-05-20) kolom 6, regels 23-33	
A	TAN H W ET AL: "AUTOMATIC INTEGRATED CIRCUIT DIE POSITIONING IN THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPE" SCANNING, FOUNDATION FOR ADVANCES IN MEDICINE AND SCIENCE, US, deel 24, nr. 2, maart 2002 (2002-03), bladzijden 86-91, XP009068841 ISSN: 0161-0457 bladzijde 87, kolom 2, regels 42-46 bladzijde 88, kolom 1, regel 7	
A	JP 05 290787 A (JEOL LTD) 5 november 1993 (1993-11-05)	

☐ Verdere documenten worden vermeld in het vervolg van vak C.

☒ Leden van dezelfde octroofamilie zijn vermeld in een bijlage

* Speciale categorieën van aangehaalde documenten

"A" document dat de algemene stand van de techniek weergeeft, maar niet beschouwd wordt als zijnde van bijzonder belang

"E" eerder document, maar gepubliceerd op de datum van indiening of daarna

"L" document dat het beroep op een recht van voorrang aan twijfel onderhevig maakt of dat aangehaald wordt om de publicatiedatum van een andere aanhaling vast te stellen of om een andere reden zoals aangegeven

"O" document dat betrekking heeft op een mondelinge uiteenzetting, een gebruik, een tentoonstelling of een ander middel

"P" document gepubliceerd voor de datum van indiening maar na de ingeroepen datum van voorrang

"T" later document, gepubliceerd na de datum van indiening of datum van voorrang en niet in strijd met de aanvraag, maar aangehaald ter verduidelijking van het principe of de theorie die aan de uitvinding ten grondslag ligt

"X" document van bijzonder belang; de uitvinding waarvoor uitsluitende rechten worden aangevraagd kan niet als nieuw worden beschouwd of kan niet worden beschouwd op inventiviteit te berusten

"Y" document van bijzonder belang; de uitvinding waarvoor uitsluitende rechten worden aangevraagd kan niet worden beschouwd als inventief wanneer het document beschouwd wordt in combinatie met één of meerdere soortgelijke documenten, en deze combinatie voor een deskundige voor de hand ligt

"&" document dat deel uitmaakt van dezelfde octroofamilie

Datum waarop het nieuwheidsonderzoek van internationaal type werd voltooid

17 Juli 2006

Verzenddatum van het rapport van het nieuwheidsonderzoek van internationaal type

Naam en adres van de instantie

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

De bevoegde ambtenaar

Oestreich, S

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Informatie over leden van dezelfde octrooifamilie

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek
NL 1029982

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
US 6566654	B1	20-05-2003 JP 2001127125 A	11-05-2001
JP 5290787	A	05-11-1993 GEEN	