

19



Octrooi Centrum
Nederland

11 1024192

12 C OCTROOI²⁰

21 Aanvraag om octrooi: 1024192

51 Int.Cl.⁷
H01J37/21, E01D15/24

22 Ingediend: 29.08.2003

41 Ingeschreven:
01.03.2005

47 Dagtekening:
01.03.2005

45 Uitgegeven:
02.05.2005 I.E. 2005/05

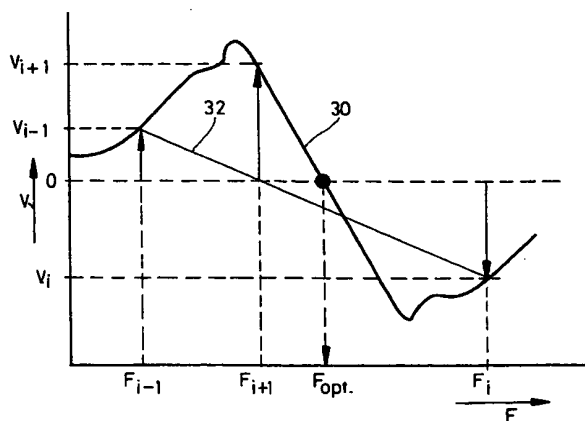
73 Octrooihouder(s):
FEI Company te Hillsboro, Oregon, Verenigde
Staten van Amerika (US).

72 Uitvinder(s):
Willem Hendrik Maes te Lommel (BE)
Robertus Johannes Michael van Vucht te Best
Hendrikus Petrus Maria Sterken te Deurne

74 Gemachtigde:
H. Bakker te 5651 GG Eindhoven.

54 Werkwijze voor het focuseren in een deeltjes-optisch toestel met behulp van astigmatisme in de deeltjesbundel.

57 In een deeltjes-optisch toestel zoals een elektronenmicroscop is het voordelig het focuseringsproces automatisch te doen verlopen. Overeenkomstig de uitvinding wordt de te focuseren elektronenbundel bewust in zekere mate astigmatisch gemaakt. Met de astigmatische bundel worden bij twee verschillende objectiefinstellingen afbeeldingen van een preparaat gemaakt, waarna in elk der afbeeldingen de richting van de astigmatische versmering wordt bepaald, b.v. met behulp van een twee-dimensionale Fourier-transformatie (FFT). De richtingen van de astigmatische versmering staan loodrecht op elkaar indien bij de overgang van de eerste objectiefinstelling naar de tweede het punt van optimaal focus is gepasseerd. Door een (eventueel iteratief) interpolatieproces tussen deze beide instellingen kan nu het punt van optimaal focus bepaald worden. Eventuele anisotropie in het preparaat zelf kan geëlimineerd worden door bij elk der beide objectiefinstellingen twee afbeeldingen te maken en de FFT's daarvan van elkaar af te trekken.



NL C 1024192

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

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

5 Werkwijze voor het focuseren in een deeltjes-optisch toestel met behulp van
astigmatisme in de deeltjesbundel.

De uitvinding betreft een werkwijze voor het focuseren van een bundel van elektrisch geladen deeltjes in een deeltjes-optisch toestel met een afbeeldende objectieflens.

10 Een zodanige werkwijze is bekend uit een publicatie in SCANNING, Vol.19, (1997) pp. 553-563, getiteld "A Robust Focusing and Astigmatism Correction Method for the Scanning Electron Microscope". In dit artikel wordt een werkwijze beschreven voor het focuseren van een bundel van elektrisch geladen deeltjes waarbij de elektrisch geladen deeltjes elektronen zijn. Het deeltjes-optisch toestel met een
15 afbeeldende objectieflens waarin deze werkwijze wordt uitgevoerd is een scannende elektronenmicroscop (SEM). Bij de aldaar beschreven werkwijze wordt bij twee verschillende instellingen van de afbeeldende objectieflens een afbeelding van een preparaat in het deeltjes-optisch toestel gemaakt, waarna van elk van de afbeeldingen de spectrale energie-inhoud in afhankelijkheid van de in die afbeelding voorkomende
20 ruimtelijk frequentie wordt bepaald. Dit laatstgenoemde proces wordt uitgevoerd met een zogeheten Fast Fourier Transform (FFT).

Voor het maken van de beide afbeeldingen wordt eerst de nominale sterkte van de objectieflens bepaald, d.w.z. de sterkte waarbij de elektronenbundel ongeveer op het preparaat gefocuseerd is. Daarna wordt een afwijking van deze nominale instelling
25 aangebracht zodanig dat een instelling van "overfocus" ontstaat, en wordt daarnaast ook een afwijking van de nominale instelling aangebracht zodanig dat een instelling van "onderfocus" ontstaat. De twee afbeeldingen die bij de twee verschillende instellingen van de afbeeldende objectieflens gemaakt zijn bestaan dus uit een "overfocus" afbeelding en een "onderfocus" afbeelding. Voor het automatisch
30 focuseren van de elektronenbundel wordt de totale spectrale energie-inhoud van de beide afbeeldingen bepaald en tevens het verschil tussen de spectrale energie-inhoud van de "overfocus" afbeelding en die van de "onderfocus" afbeelding. De verhouding R

van dit verschil tot de totale spectrale energie-inhoud geeft een maat voor de defocusering van de elektronenbundel. Indien R positief is, is de "overfocus" afbeelding scherper dan de "onderfocus" afbeelding en moet dus de brandpuntsafstand verkleind worden; als R negatief is, is de "onderfocus" afbeelding scherper dan de
5 "overfocus" afbeelding en moet dus de brandpuntsafstand vergroot worden.

Naast deze werkwijze voor het focuseren van de elektronenbundel wordt een werkwijze beschreven voor het minimaliseren van het astigmatisme van de elektronenbundel. Bij deze laatstgenoemde werkwijze wordt bij elk van de beide afbeeldingen de spectrale energie-inhoud van een aantal sectoren van de afbeelding
10 bepaald en wordt uit het verschil van de respectieve spectrale energie-inhouden besloten in welke richting het astigmatisme vergroot of verkleind moet worden om tenslotte een bundel te verkrijgen die nagenoeg vrij is van astigmatisme.

Zowel de werkwijze voor het focuseren van de elektronenbundel als de werkwijze voor het minimaliseren van het astigmatisme van de elektronenbundel zijn
15 in het genoemde artikel in het bijzonder beschreven op blz. 558 vanaf vergelijking (2) tot blz. 559 voor de paragraaf getiteld "Implementation". Het moge duidelijk zijn dat voor het automatisch focuseren van de elektronenbundel slechts gebruik wordt gemaakt van de verhouding der spectrale energie-inhouden van de beide afbeeldingen en niet van de mate van astigmatisme van de elektronenbundel. M.a.w. het is bij deze
20 bekende werkwijze mogelijk om de werkwijze voor het focuseren uit te voeren zonder dat er astigmatisme in de te focuseren bundel aanwezig is.

De uitvinding beoogt een alternatieve werkwijze te verschaffen voor het focuseren van een bundel van elektrisch geladen deeltjes in een deeltjes-optisch toestel met een afbeeldende objectieflens. In de meest algemene vorm van deze werkwijze
25 volgens de uitvinding worden de volgende stappen uitgevoerd:

- (a) het uit de genoemde bundel (d.w.z. de te focuseren bundel van elektrisch geladen deeltjes in het deeltjes-optisch toestel) vormen van een eerste astigmatische bundel met een bijbehorende astigmatische richting bij een eerste instelling van de objectieflens;
- 30 (b) het met de eerste astigmatische bundel maken van een afbeelding van een preparaat in het deeltjes-optisch toestel;

(c) het bepalen van de richting van de astigmatistische versmering (blurring) in de in stap (b) gemaakte afbeelding;

(d) het geven van een andere instelling aan de objectieflens;

(e) het uit de eerstgenoemde bundel vormen van een tweede astigmatistische bundel met een bijbehorende astigmatistische richting bij de andere instelling van de objectieflens;

(f) het met de tweede astigmatistische bundel maken van een afbeelding van het preparaat;

(g) het bepalen van de richting van de astigmatistische versmering in de in stap (f) gemaakte afbeelding;

(h) het vergelijken van de richting van de astigmatistische versmering in de in stap (b) gemaakte afbeelding met die in de in stap (f) gemaakte afbeelding;

(i) het bij gelijkheid van laatstgenoemde richtingen herhalen van de stappen (d) t.m. (h), en het bij ongelijkheid van laatstgenoemde richtingen uitvoeren van een interpolatieproces tussen de eerste instelling van de objectieflens en de laatstverkreten instelling van de objectieflens voor het bepalen van die instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt.

Bij deze werkwijze volgens de uitvinding wordt de te focuseren bundel opzettelijk astigmatisch gemaakt en wordt het astigmatisme in deze bundel gebruikt voor het focuseren van de bundel. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het op zichzelf bekende inzicht dat de richting van de door het astigmatisme veroorzaakte versmering in de afbeelding 90° van richting verandert als het focus van de bundel verandert van bovenfocus naar onderfocus of omgekeerd. Daartoe wordt een eerste afbeelding van het preparaat gemaakt met een bekende richting van het in de bundel aangebrachte astigmatisme, en wordt de versmering in deze afbeelding tengevolge van dat astigmatisme bepaald (stappen a t.m. c). Vervolgens wordt bij een andere instelling van de objectieflens een tweede afbeelding van het preparaat gemaakt, eveneens met een bekende richting van het in deze bundel aangebrachte astigmatisme, en wordt de versmering in deze tweede afbeelding tengevolge van dat astigmatisme bepaald (stappen d t/m g). Het is gemakkelijk als de richting van het astigmatisme in de eerste afbeelding gelijk is aan die in de tweede afbeelding, maar noodzakelijk is dit niet. Aangenomen wordt nu dat de richting van het astigmatisme in de bundel in beide

gevallen dezelfde is. Wanneer dan bij het vergelijken van de richting van de astigmatische versmering in de eerste afbeelding en die in de tweede afbeelding blijkt dat deze richtingen niet gelijk zijn, dan moet de conclusie zijn dat bij het maken van de ene afbeelding onderfocus ingesteld was en bij het maken van de andere afbeelding

5 bovenfocus ingesteld was. Het optimale focus zal dus ergens tussen deze twee instellingen in liggen, en de instelling waarbij dat het geval is kan nu met behulp van een interpolatieproces tussen de beide instellingen van de objectieflens bepaald worden. Wanneer bij het vergelijken van de richting van de astigmatische versmering in de eerste afbeelding en die in de tweede afbeelding blijkt dat deze richtingen gelijk zijn,

10 dan moet de conclusie zijn dat bij het maken van beide afbeeldingen alleen onderfocus of alleen bovenfocus aanwezig was. Er dient nu een nieuwe instelling aan de objectieflens gegeven te worden totdat de richtingen van de beide versmeringen ongelijk zijn, waarna het bovengenoemde interpolatieproces uitgevoerd kan worden. Een voordeel van de werkwijze volgens de uitvinding ligt daarin dat met deze

15 werkwijze een nuldoorgang wordt gezocht (n.l. bij de interpolatie tussen de eerste instelling van de objectieflens en de laatstverkregen instelling van de objectieflens voor het bepalen van die instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt), hetgeen over het algemeen een snellere convergentie van het in de werkwijze toe te passen algoritme biedt dan de gebruikelijke

20 werkwijzen voor het automatisch focuseren in een deeltjes-optisch toestel, waarbij de gebruikte algoritmen naar een minimum of maximum zoeken. Zoals bekend is het verloop van een curve in de omgeving van een extreme waarde relatief vlak, terwijl dat in de omgeving van een nuldoorgang veel minder vlak is.

In een voorkeursuitvoering van de uitvinding vindt het bepalen van de richting

25 van de astigmatische versmering in een afbeelding plaats door het bepalen van de spectrale energie-inhoud van een eerste spectraal gebied van de betreffende afbeelding met een eerste richting en van de spectrale energie-inhoud van een tweede spectraal gebied van die afbeelding met een tweede richting dwars op de eerste richting, en het bepalen van tenminste het teken van het verschil van de spectrale energie-inhoud van

30 het eerste gebied en van de spectrale energie-inhoud van het tweede gebied. In deze uitvoering wordt in een twee-dimensionale grafische voorstelling van de spectrale energie-inhoud een sector gekozen (een eerste spectraal gebied van de betreffende

afbeelding met een eerste richting) en wordt daarin de energie-inhoud bepaald; hetzelfde wordt gedaan met een sector die daar dwars (bij voorkeur loodrecht) op staat (een tweede spectraal gebied van die afbeelding met een tweede richting dwars op de eerste richting). Bij een bepaalde richting van de astigmatische versmering in de
5 afbeelding zal de ene spectrale energie-inhoud verschillen van de andere en uit het teken van dit verschil kan nu de richting van de versmering bepaald worden.

In een verdere uitvoering van de uitvinding vindt het vergelijken van de richting van de astigmatische versmering in de in stap (b) gemaakte afbeelding met die in de in stap (f) gemaakte afbeelding plaats door het vergelijken van de tekens van het verschil
10 van de spectrale energie-inhoud van het eerste gebied en van de spectrale energie-inhoud van het tweede gebied van elk der afbeeldingen. In deze uitvoering wordt op elk van de beide afbeeldingen het in de vorige paragraaf genoemde proces toegepast om de richting van de astigmatische versmering te bepalen. Uit het teken van het verschil van deze beide richtingen kan worden vastgesteld of de astigmatische versmeringen
15 dezelfde richting hebben of dwars op elkaar staan.

In een andere voorkeursuitvoering van de uitvinding worden de volgende stappen uitgevoerd:

(j) bij de eerste instelling van de objectieflens wordt een eerste verdere astigmatische bundel met een bekende astigmatische richting dwars op de
20 astigmatische richting van de eerste astigmatische bundel gevormd, en wordt met de eerste astigmatische bundel een eerste afbeelding en met de eerste verdere astigmatische bundel een eerste verdere afbeelding van het preparaat gemaakt;

(k) bij de tweede instelling van de objectieflens wordt een tweede verdere astigmatische bundel met een bekende astigmatische richting dwars op de
25 astigmatische richting van de tweede astigmatische bundel gevormd, en wordt met de tweede astigmatische bundel een tweede afbeelding en met de tweede verdere astigmatische bundel een tweede verdere afbeelding van het preparaat gemaakt;

(l) in de vier aldus gemaakte afbeeldingen wordt de richting van de astigmatische versmering bepaald door het bepalen van de spectrale energie-inhoud van
30 een eerste spectraal gebied van de betreffende afbeelding met een eerste richting en van de spectrale energie-inhoud van een tweede spectraal gebied van die afbeelding met een tweede richting dwars op de eerste richting, waarbij in elke afbeelding tenminste

het teken van het verschil van de spectrale energie-inhoud van het eerste gebied en van de spectrale energie-inhoud van het tweede gebied bepaald wordt.

Deze uitvoering van de uitvinding is in het bijzonder van voordeel voor preparaten waarin de structuur een sterke mate van richtingsvoorkeur heeft, zoals b.v. 5 het geval is bij geïntegreerde circuits. Bij de eerste instelling van de objectieflens worden nu twee afbeeldingen gemaakt met dwars op elkaar staand, bij voorkeur onderling loodrecht astigmatisme. Hetzelfde wordt gedaan bij de tweede instelling van de objectieflens. Voor elk van de vier aldus gemaakte afbeeldingen worden nu in (de 10 twee-dimensionale grafische voorstelling van) de spectrale energie-inhoud weer twee verschillende sectoren gekozen (bij voorkeur met onderling loodrecht gerichte hartlijnen) en van de spectrale energie-inhouden van elk van die twee sectoren wordt het verschil bepaald, hier het sectorverschil te noemen. Dit verschil is een maat voor de grootte en de richting van de anisotropie die zich in de bijbehorende afbeelding bevindt. Aan deze anisotropie heeft dus zowel de richtingsvoorkeur van het preparaat 15 als het astigmatisme van de bundel bijgedragen.

Voor elk van de vier bij deze uitvoering genoemde afbeeldingen wordt het bovengenoemde sectorverschil bepaald. Bij de beide afbeeldingen die bij eenzelfde instelling van de objectieflens gemaakt zijn is de bijdrage van de structuren in het preparaat met een sterke richtingsvoorkeur in elk van de sectorverschillen hetzelfde; 20 wanneer men dus het verschil van deze beide sectorverschillen bepaalt (het eindverschil) zal deze bijdrage wegvallen. Daardoor houdt men in het eindverschil vrijwel uitsluitend het effect van de astigmatische versmering over. Dit is van toepassing op zowel het eindverschil van de afbeeldingen die bij de eerste instelling van de objectieflens gemaakt zijn als op het eindverschil van de afbeeldingen die bij de 25 tweede instelling van de objectieflens gemaakt zijn.

De aldus gevormde twee eindverschillen kunnen nu onderling vergeleken worden en op grond van deze vergelijking kan weer worden vastgesteld of de bij de eerste instelling van de objectieflens gemaakte afbeelding al dan niet een richting van de astigmatische versmering vertoont die gelijk is aan die van de bij de tweede 30 instelling van de objectieflens gemaakte afbeelding. Daarna kan het reeds eerder genoemde vervolg van de werkwijze worden uitgevoerd, n.l. het bij gelijkheid van de richtingen van de astigmatische versmering herhalen van de stappen (k) en (l), en het

bij ongelijkheid van deze richtingen uitvoeren van een interpolatieproces tussen de eerste instelling van de objectieflens en de laatstverkrege instelling van de objectieflens voor het bepalen van die instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt.

5 In een weer andere uitvoering van de uitvinding vindt het uitvoeren van het interpolatieproces tussen de eerste instelling van de objectieflens en de laatstverkrege instelling van de objectieflens plaats doordat

(m) in elk der bijbehorende afbeeldingen de grootte van het verschil van de spectrale energie-inhoud van het eerste gebied en van de spectrale energie-inhoud van
10 het tweede gebied wordt bepaald

(n) door interpolatie tussen deze waarden een schatting wordt verkrege van de waarde van die instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt

(o) bij de aldus geschatte instelling opnieuw een afbeelding wordt gemaakt
15 waarop stap (m) wordt toegepast, waarna het bij deze nieuwe instelling verkrege stelsel van waarden dient als nieuwe waarden waarmee opnieuw interpolatie wordt uitgevoerd

(p) welke laatstgenoemde stap wordt herhaald totdat het verschil tussen twee opvolgende waarden van de instelling van de objectieflens kleiner dan een vooraf
20 voorgeschreven waarde is, waarna de laatst verkrege waarde geldt als instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt.

Door het verschil tussen de spectrale energie-inhouden van de beide gebieden te bepalen in elk der afbeeldingen wordt een maat verkrege voor de grootte waarin de
25 instelling van de objectieflens afwijkt van het optimale focus bij elk van die afbeeldingen. Men weet dan dat het optimale focus in de omgeving van een interpolatiepunt tussen die beide genoemde punten zal liggen; door met deze schatting een nieuwe interpolatie uit te voeren verkrijgt men een betere benadering van het optimale focus welk proces wordt voortgezet tot het optimale focus op voldoende wijze
30 benaderd is.

In een nadere uitvoering van de uitvinding wordt bij de afbeelding die in stap (o) wordt gemaakt tevens een andere waarde van het astigmatisme ingesteld. Door deze

maatregelen kan men de gedaante van de elliptische doorsnede van de astigmatische bundel (de "ellipticiteit") gebruiken om gevoeligheid van het resultaat van het algoritme op te voeren. Deze gevoeligheid wordt bij voorkeur maximaal gemaakt bij een zo gering mogelijke inspanning van het algoritme. De invloed van de spectrale inhoud van de afbeelding kan worden opgevoerd door de verhouding van de lange en de korte as (de "ellipticiteit") aan te passen aan de mate waarin het algoritme het optimale focus benaderd heeft.

In een weer andere uitvoering van de uitvinding vinden de beeldbewerkingen in digitale vorm plaats, en wordt voor het bepalen van de spectrale energie-inhoud van de genoemde spectrale gebieden een subframe van de betreffende afbeelding gevormd. Op deze wijze wordt de rekeninspanning van het algoritme aanzienlijk verminderd, waardoor een snellere focussing van de bundel bereikt kan worden. Het vormen van een subframe kan plaats vinden door het selecteren van een gebied in de afbeelding met de juiste informatie-inhoud en met dit deelgebied de verdere bewerkingen van de werkwijze volgens de uitvinding uit te voeren.

De uitvinding zal nader worden beschreven aan de hand van de Figuren, waarbij gelijke verwijzingscijfers overeenkomstige elementen aanduiden. Daarbij toont:

Figuur 1 : een schematische weergave van een astigmatische elektronenbundel;
 20 Figuur 2a : een grafische weergave van een energiespectrum van een niet-isotroop preparaat afgebeeld met een niet-astigmatische bundel;

Figuur 2b : een grafische weergave van een energiespectrum van het preparaat volgens Figuur 2a afgebeeld met een astigmatische bundel met een eerste richting van het astigmatisme;

25 Figuur 2c : een grafische weergave van een energiespectrum van het preparaat volgens Figuur 2a afgebeeld met een astigmatische bundel met een richting van het astigmatisme loodrecht op die volgens Figuur 2b;

Figuren 3a en 3b : een weergave van twee op de energiespectra van de met de astigmatische bundels gemaakte afbeeldingen toe te passen maskeringen voor het bepalen van de astigmatische versmering;

30 Figuur 4 : een grafische weergave van het verloop van een grootte die het verschil in spectrale energie-inhoud van twee bij verschillend astigmatisme gemaakte

afbeeldingen weergeeft, als functie van de bekrachtiging van de de bundel focuserende lens;

5 **Figuur 5 : een grafische weergave ter illustratie van het verloop van het iteratie-algoritme voor de bepaling van de instelling van de de bundel focuserende lens bij het optimale focus.**

Figuur 1 toont schematisch een astigmatische elektronenbundel 2. In deze bundel is de richting van de elektronen van boven naar beneden. Het nominale focus in deze bundel bevindt zich ter plaatse van de doorsnede 4, welke doorsnede op deze plaats cirkelvormig is. Boven en onder het nominale focus heeft de bundel een
10 elliptische doorsnede, zoals weergegeven door de ellipsen 6 en 8. Daarbij staat de lange (korte) as van ellips 6 loodrecht op de overeenkomstige as van ellips 8. Omgekeerd kan men stellen dat indien van twee ellipsvormige doorsneden in een elektronenbundel de overeenkomstige assen loodrecht op elkaar staan, het nominale focus van deze bundel
15 zich tussen deze doorsneden moet bevinden, en dat indien van twee zulke ellipsvormige doorsneden de overeenkomstige assen onderling evenwijdig zijn, deze doorsneden zich aan dezelfde kant van het nominale focus moeten bevinden. De onderhavige uitvinding maakt gebruik van dit inzicht. Tussen de genoemde elliptische doorsnede 6 (resp. 8) en het nominale focus 4 is een plaats waar de doorsnede van de bundel de vorm van een
20 lijn 10 (resp. 12) heeft. Met de weergegeven astigmatische bundel kan men nu een preparaat in een elektronenmicroscop belichten en daarmee op de in zo'n microscoop gebruikelijke wijze afbeeldingen maken, met dien verstande dat voor toepassing van de uitvinding de bundel met opzet aanvankelijk astigmatisch gemaakt wordt en dat men de werkwijze volgens de uitvinding in het algemeen begint met het preparaat te belichten
25 met een astigmatische doorsnede van de elektronenbundel. Het resultaat van een zodanige belichting bij het maken van een afbeelding is dat elk beeldpunt in de afbeelding niet rond is (d.w.z. bij benadering puntvormig) maar uitgerekt in de richting van de lange as van de ellips, dus bij benadering streepvormig, waardoor in de afbeelding een "versmering" in de richting van de lange as optreedt. De mate van
30 versmering laat zich kwantiseren door de afbeelding te onderwerpen aan een op zichzelf bekende methode voor spectrale analyse van de in de afbeelding voorkomende ruimtelijke frequenties, zoals b.v. de zogeheten Fast Fourier Transform (FFT). Zoals

bekend geeft de FFT van een afbeelding de verdeling van de spectrale energie weer (het energiespectrum) zoals die in de afbeelding voorkomt als functie van de ruimtelijke frequentie, bij een twee-dimensionale afbeelding dus als functie van de ruimtelijke frequenties in zowel de x- als de y-richting. Een grafische weergave van het resultaat van deze FFT toegepast op een elektronenmicroscopische afbeelding is weergegeven in de Figuren 2a, 2b en 2c.

In de Figuren 2a, 2b en 2c vormt Figuur 2a de grafische weergave van een energiespectrum van een niet-isotroop preparaat afgebeeld met een niet-astigmatische bundel, vormt Figuur 2b een grafische weergave van een energiespectrum van het preparaat volgens Figuur 2a, afgebeeld met een astigmatische bundel met een eerste richting van het astigmatisme, en vormt Figuur 2c een grafische weergave van een energiespectrum van het preparaat volgens Figuur 2a, afgebeeld met een astigmatische bundel met een richting van het astigmatisme loodrecht op die volgens Figuur 2b. Hoewel het mogelijk is het energiespectrum grafisch weer te geven in de vorm van een grijsverdeling in het twee-dimensionale vlak, is in Figuur 2 voor de duidelijkheid van de weergave de voorkeur gegeven aan een weergave in de vorm van lijnen van gelijke energiedichtheid. In de Figuren 2a-2c is de ligging van de lijnen van gelijke energiedichtheid zodanig gekozen dat het midden van de figuren (dus de oorsprong van het x-y-assenkruis) overeenkomt met de ruimtelijke-frequentiewaarde nul.

In Figuur 2a is het energiespectrum gebaseerd op een afbeelding met een niet-astigmatische bundel. Hierbij zou men een energiespectrum met cirkelvormige lijnen van gelijke relatieve energie 18-1 t.m. 18-5, in het algemeen 18-i, verwachten omdat een zodanige bundel geen versmering in een astigmatische richting kan vertonen. Het feit dat de genoemde lijnen 18-i toch geen cirkels zijn wordt veroorzaakt door anisotropie in het preparaat, d.w.z. dat het preparaat zelf in een richting ruimtelijke frequenties vertoont die verschillen van die in andere richtingen. In het geval van Figuur 2a heeft het preparaat meer hoge ruimtelijke frequenties in de richting van de streeplijn 14 dan in de richting van streeplijn 16; dit kan b.v. worden veroorzaakt doordat het preparaat veel langwerpige details bevat waarvan de lengterichting ligt in de richting van streeplijn 16.

In Figuur 2b is het energiespectrum gebaseerd op een afbeelding van hetzelfde preparaat als in Fig. 2a maar belicht met een astigmatische bundel. De lijnen van

gelijke relatieve energie 18-i vertonen hierbij versmering in een richting die bepaald wordt door de combinatie van de anisotropie in het preparaat en het astigmatisme in de bundel. Indien het afgebeelde preparaat dezelfde richting had als bij de afbeelding volgens Fig. 2a mag aangenomen worden dat de richting van de lange as van de
 5 elliptische doorsnede van de bundel waarmee het preparaat belicht werd dezelfde is als die van de lengterichting van de langwerpige details in het preparaat.

In Figuur 2c is het energiespectrum gebaseerd op een afbeelding van hetzelfde preparaat als in de Figuren 2a en 2b maar belicht met een astigmatische bundel waarvan de richting van het astigmatisme loodrecht staat op die volgens Fig. 2b. De
 10 lijnen van gelijke relatieve energie 18-i vertonen hierbij een versmering in een richting die evenals in Fig. 2b bepaald wordt door de combinatie van de anisotropie in het preparaat en het astigmatisme in de bundel. Doordat de hoge frequenties in Fig. 2c nu hoofdzakelijk voorkomen in de richting van streeplijn 14, dus dwars op de richting van lijn 16, mag aangenomen worden dat de richting van de lange as van de elliptische
 15 doorsnede waarmee het preparaat belicht werd, loodrecht stond op die van de lengterichting van de langwerpige details in het preparaat en dat de invloed van deze ellipticiteit van de bundel aanzienlijk groter was dan die van de preparaat-anisotropie.

Figuur 3 is een weergave van twee maskeringen die op de energiespectra van de met de astigmatische bundels gemaakte afbeeldingen toegepast moeten worden
 20 om de astigmatische versmering te bepalen. Zoals hierboven reeds opgemerkt is geeft de FFT van een afbeelding de verdeling van de spectrale energie weer zoals die in de afbeelding voorkomt als functie van de ruimtelijke frequentie, bij een twee-dimensionale afbeelding dus als functie van de ruimtelijke frequenties in zowel de x- als de y-richting. Voor de beschrijving van het maskeringsproces wordt aangenomen
 25 dat de genoemde energiespectra grafisch worden weergegeven in de vorm van een grijsverdeling in het twee-dimensionale vlak en niet, zoals in Figuur 2, in de vorm van lijnen van gelijke relatieve energiedichtheid. Met betrekking tot Figuur 3 is de ligging van de grijsverdeling in het twee-dimensionale vlak zodanig gekozen dat het midden van de figuur van de grijsverdeling overeenkomt met de ruimtelijke-frequentiewaarde
 30 nul, welk midden samenvalt met het midden van Figuur 3.

Men kan zich de toepassing van deze maskeringen voorstellen op deze wijze dat de figuur van de maskering geheel tot dekking wordt gebracht met het energiespectrum

van de afbeelding waarvan de astigmatische versmearing moet worden bepaald. Bij toepassing van deze maskeringen draagt het gebied van het als twee-dimensionale grijsverdeling weergegeven energiespectrum dat door de gerasterde gebieden 20a, 22a, 20b, 22b van de maskering wordt gedekt, niet bij aan de te bepalen spectrale energie-inhoud, terwijl het gebied van het als twee-dimensionale grijsverdeling weergegeven energiespectrum dat door de niet-gerasterde gebieden 24a, 26a, 24b, 26b van de maskering wordt gedekt, volledig bijdraagt aan de te bepalen spectrale energie-inhoud. Door toepassing van de maskering volgens Figuur 3a wordt derhalve de spectrale energie-inhoud bepaald in een richting die in hoofdzaak wordt weergegeven door pijl 28a, en door toepassing van de maskering volgens Figuur 3b wordt derhalve de spectrale energie-inhoud bepaald in een richting die in hoofdzaak wordt weergegeven door pijl 28b. Wanneer nu een afbeelding van een preparaat gemaakt is met een astigmatische bundel met een gegeven astigmatische richting (d.w.z. de richting van de lange as van de elliptische bundeldoorsnede ter plaatse van het preparaat), dan zullen in deze astigmatische richting relatief weinig hoge ruimtelijke frequenties voorkomen en in een richting daar loodrecht op relatief veel. Wanneer de astigmatische richting ligt in de richting van pijl 28a (Figuur 3a) dan zal in het volgens Figuur 3a gemaskeerde energiespectrum van deze afbeelding een relatief lage spectrale energie-inhoud worden waargenomen en in een volgens Figuur 3b gemaskeerd energiespectrum van dezelfde afbeelding een relatief hoge spectrale energie-inhoud.

In de meest eenvoudige uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt aangenomen dat het preparaat op zichzelf volkomen isotroop is, d.w.z. dat er geen richtingsvoorkeur voor de ruimtelijke frequenties in het preparaat aanwezig is. In deze situatie worden twee afbeeldingen van het preparaat gemaakt. Bij het maken van de eerste afbeelding wordt het preparaat belicht met een bundel die verkregen is met een eerste bekrachtiging van de focuserende lens (de objectieflens) waarbij een bepaalde hoeveelheid astigmatisme in de belichtende bundel wordt aangebracht. Vervolgens wordt bij het maken van de tweede afbeelding een andere bekrachtiging van de objectieflens ingesteld en worden alle andere instellingen, i.h.b. het astigmatisme, ongewijzigd gelaten. Daarna wordt van beide afbeeldingen een energiespectrum vervaardigd en wordt elk van deze energiespectra onderworpen aan twee maskeringen, één volgens Figuur 3a en één volgens Figuur 3b. Om nu de richting

van de astigmatische versmering te bepalen wordt een grootheid V gedefinieerd die een indicatie geeft voor de richting waarin de hoogste ruimtelijke frequenties in het energiespectrum van een afbeelding voorkomen. Voor de hierboven beschreven situatie heeft deze grootheid V de volgende vorm:

$$V = \left(\frac{\sum_{\text{region 24a, 26a}} P_i - \sum_{\text{region 24b, 26b}} P_i}{\sum_{\text{total}} P_i} \right) \quad (1)$$

In bovenstaande uitdrukking strekt de eerste sommatie zich uit over de gebieden 24a en 26a van Figuur 3a en strekt de tweede sommatie zich uit over de gebieden 24b en 26b van Figuur 3b; voorts is daarin P_i het spectrale vermogen van een frequentiegebiedje i , en strekt de sommatie zich uit over alle van praktisch belang zijnde frequenties i in de bij de somtekens genoemde gebieden van de maskeringen. De in de noemer van uitdrukking (1) weergegeven sommatie geeft het totale spectrale vermogen in de betreffende afbeelding weer. De grootheid V wordt nu bepaald voor elk van de beide afbeeldingen. Wanneer de astigmatische richting bij de eerste afbeelding gelijk is aan de richting van pijl 28a (Figuur 3) dan zal het gebied 24a, 26a een lagere spectrale energie-inhoud hebben dan het gebied 24b, 26b; het teken van V zal dan een eerste waarde hebben, b.v. positief. Zou de astigmatische richting bij de tweede afbeelding dezelfde zijn als bij de eerste afbeelding dan zal in dat geval het teken van de grootheid V hetzelfde zijn als bij de eerste afbeelding. Men weet dan dat bij het veranderen van de bekrachtiging van de objectieflens het optimale focus van de bundel het preparaat niet gepasseerd is. In dat geval moet een verdere afbeelding gemaakt worden, hetgeen herhaald moet worden tot het teken van V een andere waarde vertoont. Men weet dan dat de astigmatische richting van de laatste twee afbeeldingen loodrecht op elkaar stonden en dat het optimale focus tussen de beide laatste instellingen van de objectieflens moet liggen. Via een verderop te beschrijven interpolatieproces wordt nu de waarde van de bekrachtiging van de objectieflens bepaald waarbij het optimale focus op het preparaat ligt. Daarmee is de gewenste focusering van de elektronenbundel bereikt.

In een andere uitvoering van de werkwijze volgens de uitvinding wordt aangenomen dat het preparaat niet-isotroop is, d.w.z. dat er een richtingsvoorkeur voor

de ruimtelijke frequenties in het preparaat aanwezig is. In deze situatie worden vier afbeeldingen van het preparaat gemaakt. Men maakt bij een eerste bekrachtiging van de objectieflens een eerste afbeelding waarbij een bepaalde hoeveelheid astigmatisme in de belichtende bundel wordt aangebracht zodat deze eerste afbeelding plaats vindt met

5 een eerste astigmatische bundel. Vervolgens maakt men bij dezelfde bekrachtiging van de objectieflens een eerste verdere afbeelding (dus de tweede afbeelding van de in totaal vier afbeeldingen) waarbij een ander astigmatisme in de belichtende bundel wordt aangebracht zodanig dat een eerste verdere astigmatische bundel ontstaat met een bekende astigmatische richting welke dwars staat op de astigmatische richting van de

10 eerste astigmatische bundel. Na het maken van deze twee afbeeldingen worden nog twee andere afbeeldingen gemaakt, n.l. bij een tweede bekrachtiging van de objectieflens wordt nog een afbeelding gemaakt (dus de derde afbeelding van de in totaal vier afbeeldingen) waarbij een bepaalde hoeveelheid astigmatisme in de belichtende bundel wordt aangebracht zodat deze laatstgenoemde afbeelding plaats

15 vindt met een tweede astigmatische bundel. Vervolgens maakt men bij dezelfde bekrachtiging van de objectieflens een tweede verdere afbeelding (dus de vierde afbeelding van de in totaal vier afbeeldingen) waarbij een ander astigmatisme in de belichtende bundel wordt aangebracht zodanig dat een tweede verdere astigmatische bundel ontstaat met een bekende astigmatische richting welke dwars staat op de

20 astigmatische richting. Van elk van de vier afbeeldingen wordt nu een energiespectrum gemaakt, en elk van deze vier energiespectra wordt nu tweemaal gemaskeerd, eenmaal met het masker volgens Figuur 3a en eenmaal met het masker volgens Figuur 3b. Dit betekent dat van elk van de vier afbeeldingen de totale spectrale energie-inhoud bepaald wordt van een gebied dat wordt gevormd door de gebieden 24a en 26a samen

25 en van een gebied dat wordt gevormd door de gebieden 24b en 26b samen. Voor de hier besproken situatie dat het af te beelden preparaat niet-isotroop is kan nu weer een grootheid V gedefinieerd worden die een indicatie geeft voor de richting waarin de hoogste ruimtelijke frequenties in het energiespectrum van een afbeelding voorkomen. Voor de hierboven beschreven situatie heeft deze grootheid V de volgende vorm:

30

$$V = \left(\frac{\sum_{\text{region } 24 a, 26 a} P_i - \sum_{\text{region } 24 b, 26 b} P_i}{\sum_{\text{total}} P_i} \right)_{\text{image 1}} - \left(\frac{\sum_{\text{region } 24 a, 26 a} P_i - \sum_{\text{region } 24 a, 26 b} P_i}{\sum_{\text{total}} P_i} \right)_{\text{image 2}} \quad (2)$$

Deze uitdrukking (2) wordt éénmaal toegepast op de beide afbeeldingen die met de eerste bekrachtiging van de objectieflens gemaakt zijn en vervolgens ook éénmaal op de beide afbeeldingen met de tweede bekrachtiging van de objectieflens. In uitdrukking (2) heeft de linker term, voorzien van de index "image 1", betrekking op de afbeelding die gemaakt is met de eerste astigmatische bundel (dus de eerste van de vier afbeeldingen), en heeft de rechter term, voorzien van de index "image 2", betrekking op de afbeelding die gemaakt is met de eerste verdere astigmatische bundel (dus de tweede afbeelding van de in totaal vier afbeeldingen). De eerste sommatie in de teller van de linker term wordt nu verkregen door de eerste afbeelding te maskeren met het masker volgens Figuur 3a en de tweede sommatie in de teller van de linker term wordt verkregen door de eerste afbeelding te maskeren met het masker volgens Figuur 3b. De som in de noemer van de linker term stelt de totale spectrale energie in de eerste afbeelding voor. De linker term van uitdrukking (2) geeft op deze wijze de mate van astigmatische versmering weer, welke astigmatische versmering bestaat uit twee componenten n.l. een bijdrage afkomstig van de anisotropie van het preparaat en een bijdrage afkomstig van het in de elektronenbundel aangebrachte astigmatisme. De rechterterm van uitdrukking (2) is op analoge wijze samengesteld, waarbij de bijdrage afkomstig van de anisotropie van het preparaat natuurlijk gelijk is aan die van de linkerterm. Doordat volgens uitdrukking (2) het verschil tussen deze twee termen genomen wordt, valt deze bijdrage in uitdrukking (2) weg. De waarde van de grootheid V wordt dus verkregen uit de bij één objectiefbekrachtiging gemaakte twee afbeeldingen en op de boven beschreven wijze representeert het teken van deze grootheid uitsluitend de richting van de versmering in de afbeelding die het gevolg is van het astigmatisme in de elektronenbundel.

De hierboven beschreven werkwijze zoals toegepast op de bij de eerste bekrachtiging van de objectieflens gemaakte afbeeldingen kan eveneens worden toegepast op de bij de tweede bekrachtiging van de objectieflens gemaakte afbeeldingen. Het teken van de daarbij bepaalde grootheid V representeert dan dus ook

uitsluitend de richting van de versmering in de afbeelding die het gevolg is van het astigmatisme in de elektronenbundel. Wanneer nu bij de overgang van de eerste naar de tweede bekrachtiging van de objectieflens het optimale focus van de bundel aan de andere kant van het preparaat is komen te liggen (dus overgang van onderfocus naar bovenfocus of omgekeerd) zal dit uit de omkering van het teken van de grootheid V blijken. Omgekeerd, wanneer het teken van V zich niet wijzigt kan men concluderen dat de instelling van optimaal focus niet gepasseerd is. In dat geval moeten verdere tweekanten van afbeeldingen gemaakt worden, hetgeen herhaald moet worden tot het teken van V een andere waarde vertoont, waarna via het reeds genoemde interpolatieproces de optimale waarde van de bekrachtiging van de objectieflens bepaald wordt.

Ter illustratie van de samenhang tussen de grootheid V volgens uitdrukking (1) of (2) en de bekrachtiging van de objectieflens wordt in Figuur 4 een grafische weergave gegeven van een gemeten verloop van de grootheid V (in willekeurige eenheden) als functie van de bekrachtiging van de objectieflens (in willekeurige eenheden). Dit verloop is opgenomen in de naaste omgeving van de nuldoorgang van de curve, d.w.z. in de omgeving van het optimale focus. Elk meetpunt in de grafiek wordt verkregen op de hierboven beschreven wijze, waarbij dus bij elke instelling van de sterkte van de objectieflens de grootheid V volgens uitdrukking (1) of (2) wordt berekend. In Figuur 4 is nu te zien dat de grootheid V verloopt van een positieve waarde naar een negatieve waarde waarbij de grootheid V dus de waarde nul passeert; bij deze nuldoorgang ligt dus de instelling voor het optimale focus van de objectieflens. Om dit punt in een praktische situatie te vinden wordt een iteratieproces toegepast zoals hieronder nader wordt toegelicht.

Het doel van het iteratie-algoritme is het vinden van opvolgende werkafstanden (bekrachtigingen van de objectieflens) die het optimale focus telkens dichterbij het preparaat brengen. Het hier te beschrijven iteratie-algoritme berust op lineaire interpolatie. Dit algoritme wordt toegelicht aan de hand van Figuur 5 waarin met curve 30 het verloop van de grootheid V in afhankelijkheid van de afstand van het preparaat tot het optimale focus (de "focusafstand") wordt weergegeven. In tegenstelling tot Figuur 4 is in Figuur 5 het verloop van curve 30 opgenomen in een ruime omgeving van de nuldoorgang van de curve, d.w.z. dat de het begin- en eindpunt van curve 30

zich op relatief grote afstand van het optimale focus bevinden. Het algoritme begint met het aannemen van een initiële bekrachtiging van de objectieflens waarbij de focusafstand wordt voorgesteld door F_{i-1} . Afhankelijk van het teken van de grootheid V die bij die eerste bekrachtiging wordt bepaald (V_{i-1}) wordt een schatting voor een

5 nieuwe focusafstand F_i gemaakt zodanig dat de nieuwe focusafstand F_i het optimale focus dicht bij het preparaat brengt dan de vorige focusafstand F_{i-1} . Indien bij deze nieuwe focusafstand F_i het teken van de daarbij behorende grootheid V_i hetzelfde is als het teken van de voorgaande waarde V_{i-1} , wordt dezelfde procedure herhaald totdat het teken van V omslaat. Hierna wordt een lineaire interpolatie uitgevoerd tussen de twee

10 meetpunten (F_{i-1}, V_{i-1}) en (F_i, V_i) , zoals weergegeven door de rechte lijn 32 tussen deze beide meetpunten. De waarde van de focusafstand waarbij lijn 32 de horizontale as snijdt is F_{i+1} ; bij deze waarde van de focusafstand wordt de bijbehorende waarde van de grootheid V bepaald (V_{i+1}). Afhankelijk van het teken van V_{i+1} wordt nu een

15 voorafgaand meetpunt geselecteerd waarmee de interpolatie wordt voortgezet; blijkt het teken van de direct voorafgaande waarde van V , dus V_i , tegengesteld te zijn aan het teken van V_{i+1} dan wordt de interpolatie voortgezet met het paar meetpunten (F_i, V_i) en (F_{i+1}, V_{i+1}) , anders met het paar meetpunten (F_{i-1}, V_{i-1}) en (F_i, V_i) . Dit iteratieproces wordt vervolgens herhaald totdat het verschil tussen twee opvolgende defocuswaarden onder een vooraf voorgeschreven waarde daalt. De daarbij behorende focusafstand

20 wordt als optimaal focus aangemerkt.

Er zij opgemerkt dat het mogelijk is om de voor dit algoritme benodigde rekentijd aanzienlijk te verkorten door in plaats van de gehele digitale dataset van een afbeelding gebruik te maken van een subframe van de dataset. De rekeninspanning van het algoritme kan daarmee aanzienlijk verminderd worden, waardoor een snellere

25 focussering van de bundel bereikt kan worden. Het vormen van het subframe kan plaats vinden door het selecteren van een gebied in de afbeelding met een hoge informatie-inhoud, d.w.z. een gebied waarin veel detail in de afbeelding onderscheiden kan worden hetgeen betekent dat daarin een hoge spectrale energie-inhoud aanwezig is. Met dit deelgebied kan men nu de verdere bewerkingen van de werkwijze volgens de

30 uitvinding uitvoeren.

Conclusies

- 5 1 Werkwijze voor het focuseren van een bundel van elektrisch geladen deeltjes in een deeltjes-optisch toestel met een afbeeldende objectieflens, omvattende de stappen van:
- (a) het uit de genoemde bundel vormen van een eerste astigmatische bundel met een bijbehorende astigmatische richting bij een eerste instelling van de
10 objectieflens;
- (b) het met de eerste astigmatische bundel maken van een afbeelding van een preparaat in het deeltjes-optisch toestel;
- (c) het bepalen van de richting van de astigmatische versmering (blurring) in de in stap (b) gemaakte afbeelding;
- 15 (d) het geven van een andere instelling aan de objectieflens;
- (e) het uit de eerstgenoemde bundel vormen van een tweede astigmatische bundel met een bijbehorende astigmatische richting bij de andere instelling van de objectieflens;
- (f) het met de tweede astigmatische bundel maken van een afbeelding van
20 het preparaat;
- (g) het bepalen van de richting van de astigmatische versmering in de in stap (f) gemaakte afbeelding;
- (h) het vergelijken van de richting van de astigmatische versmering in de in stap (b) gemaakte afbeelding met die in de in stap (f) gemaakte afbeelding;
- 25 (i) het bij gelijkheid van laatstgenoemde richtingen herhalen van de stappen (d) t.m. (h), en het bij ongelijkheid van laatstgenoemde richtingen uitvoeren van een interpolatieproces tussen de eerste instelling van de objectieflens en de laatstverkrege instelling van de objectieflens voor het bepalen van die instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt.
- 30
- 2 Werkwijze volgens conclusie 1, waarin het bepalen van de richting van de astigmatische versmering in een afbeelding plaats vindt door het bepalen van de

spectrale energie-inhoud van een eerste spectraal gebied van de betreffende afbeelding met een eerste richting en van de spectrale energie-inhoud van een tweede spectraal gebied van die afbeelding met een tweede richting dwars op de eerste richting, en het bepalen van tenminste het teken van het verschil van de spectrale energie-inhoud van
5 het eerste gebied en van de spectrale energie-inhoud van het tweede gebied.

3 Werkwijze volgens conclusie 2, waarin het vergelijken van de richting van de astigmatische versmering in de in stap (b) gemaakte afbeelding met die in de in stap (f) gemaakte afbeelding plaats vindt door het vergelijken van de tekens van het verschil
10 van de spectrale energie-inhoud van het eerste gebied en van de spectrale energie-inhoud van het tweede gebied van elk der afbeeldingen.

4 Werkwijze volgens conclusie 1, waarin

(j) bij de eerste instelling van de objectieflens een eerste verdere
15 astigmatische bundel met een bekende astigmatische richting dwars op de astigmatische richting van de eerste astigmatische bundel wordt gevormd, en waarin met de eerste astigmatische bundel een eerste afbeelding en met de eerste verdere astigmatische bundel een eerste verdere afbeelding van het preparaat gemaakt wordt;

(k) bij de tweede instelling van de objectieflens een tweede verdere
20 astigmatische bundel met een bekende astigmatische richting dwars op de astigmatische richting van de tweede astigmatische bundel wordt gevormd, en waarin met de tweede astigmatische bundel een tweede afbeelding en met de tweede verdere astigmatische bundel een tweede verdere afbeelding van het preparaat gemaakt wordt;

(l) in de vier aldus gemaakte afbeeldingen de richting van de astigmatische
25 versmering bepaald wordt door het bepalen van de spectrale energie-inhoud van een eerste spectraal gebied van de betreffende afbeelding met een eerste richting en van de spectrale energie-inhoud van een tweede spectraal gebied van die afbeelding met een tweede richting dwars op de eerste richting, waarbij in elke afbeelding tenminste het teken van het verschil van de spectrale energie-inhoud van het eerste gebied en van de
30 spectrale energie-inhoud van het tweede gebied bepaald wordt.

5 Werkwijze volgens één der conclusies 2 t.m. 4 waarin het uitvoeren van het interpolatieproces tussen de eerste instelling van de objectieflens en de laatstverkre- gen instelling van de objectieflens plaats vindt doordat

5 (m) in elk der bijbehorende afbeeldingen de grootte van het verschil van de spectrale energie-inhoud van het eerste gebied en van de spectrale energie-inhoud van het tweede gebied wordt bepaald

 (n) dat door interpolatie tussen deze waarden een schatting wordt verkregen van de waarde van die instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt

10 (o) dat bij de aldus geschatte instelling opnieuw een afbeelding wordt gemaakt waarop stap (m) wordt toegepast, waarna het bij deze nieuwe instelling verkregen stelsel van waarden dient als nieuwe waarden waarmee opnieuw interpolatie wordt uitgevoerd

 (p) welke laatstgenoemde stap wordt herhaald totdat het verschil tussen
15 twee opvolgende waarden van de instelling van de objectieflens kleiner dan een vooraf voorgeschreven waarde is, waarna de laatst verkregen waarde geldt als instelling van de objectieflens waarbij de bundel van elektrisch geladen deeltjes zijn optimale focus bereikt.

20 6 Werkwijze volgens conclusie 5 waarin bij de afbeelding die in stap (o) wordt gemaakt tevens een andere waarde van het astigmatisme wordt ingesteld.

7 Werkwijze volgens één der conclusies 2 t.m. 6 waarin de beeldbewerkingen in digitale vorm plaats vinden, en waarin voor het bepalen van de spectrale energie-
25 inhoud van de genoemde spectrale gebieden een subframe van de betreffende afbeelding wordt gevormd.

1/5

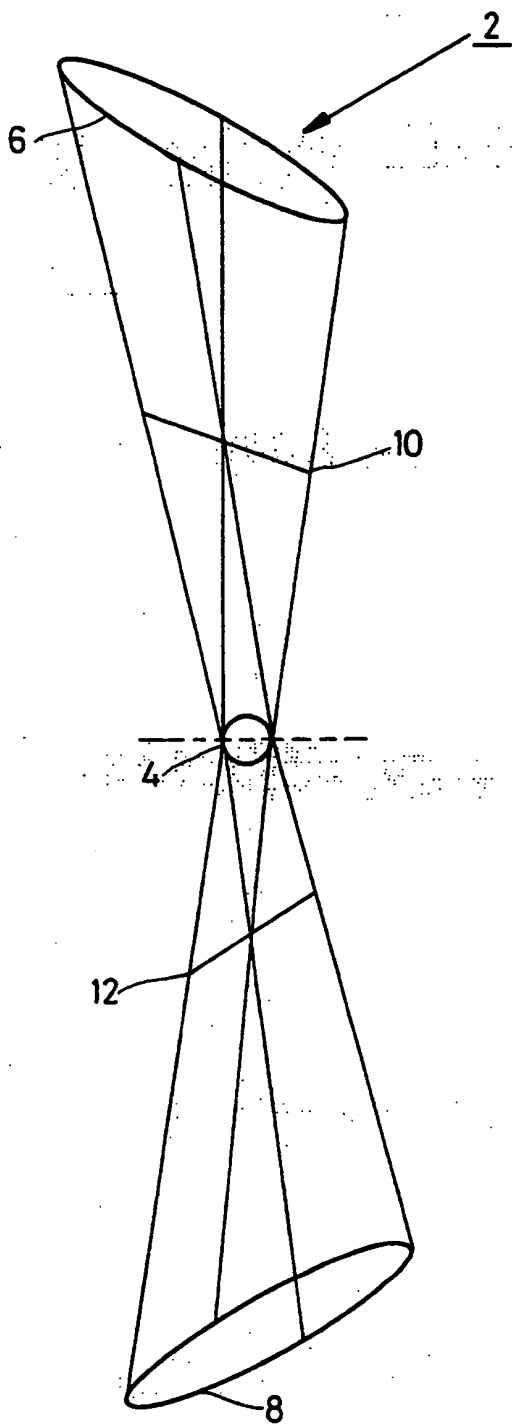


FIG.1

2/5

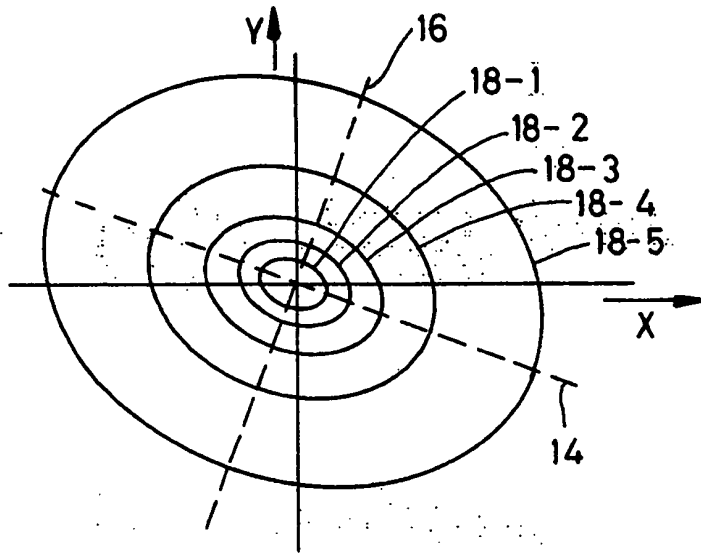


FIG. 2a

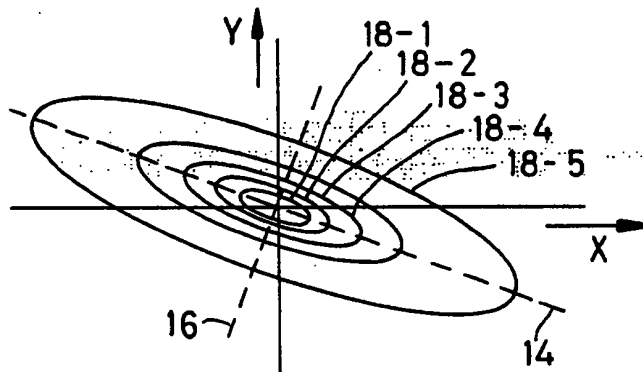


FIG. 2b

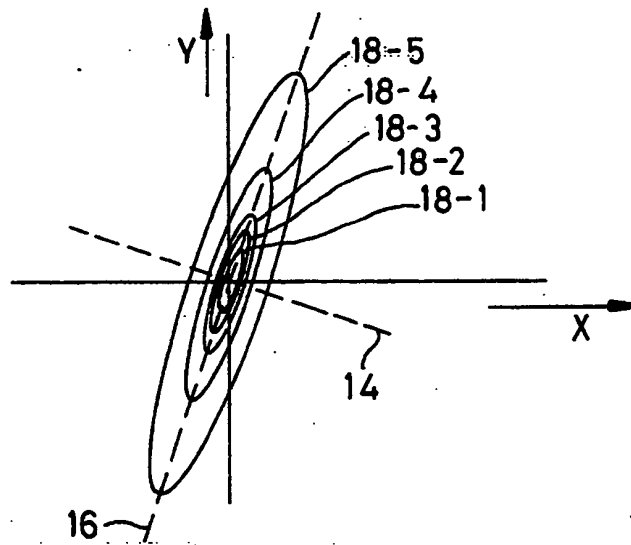


FIG. 2c

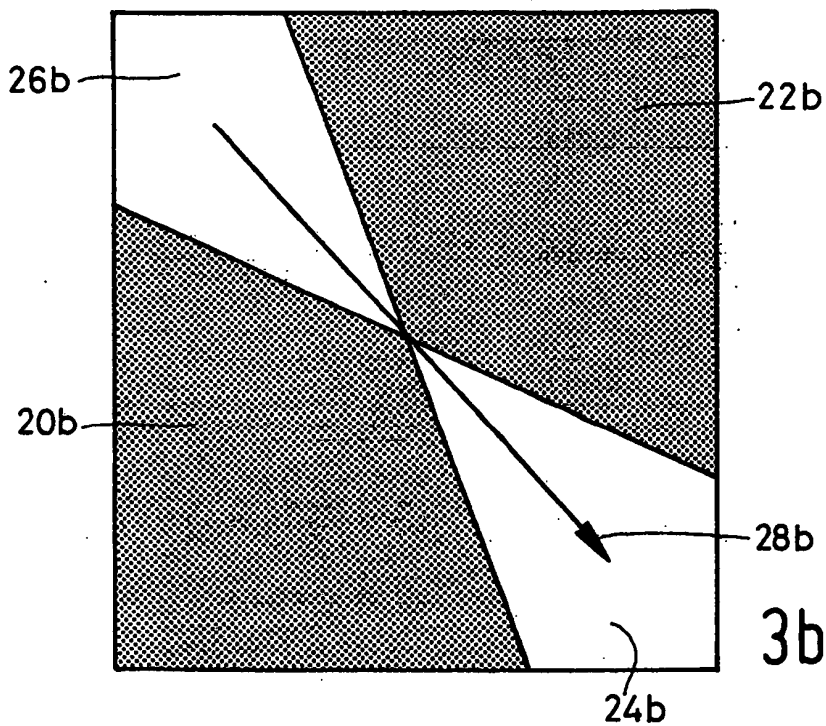
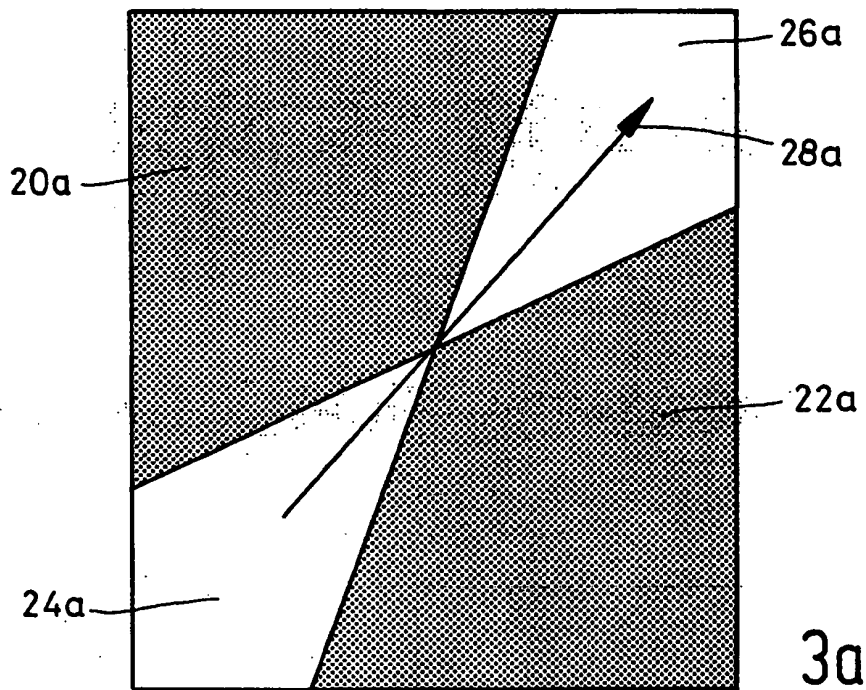


FIG. 3

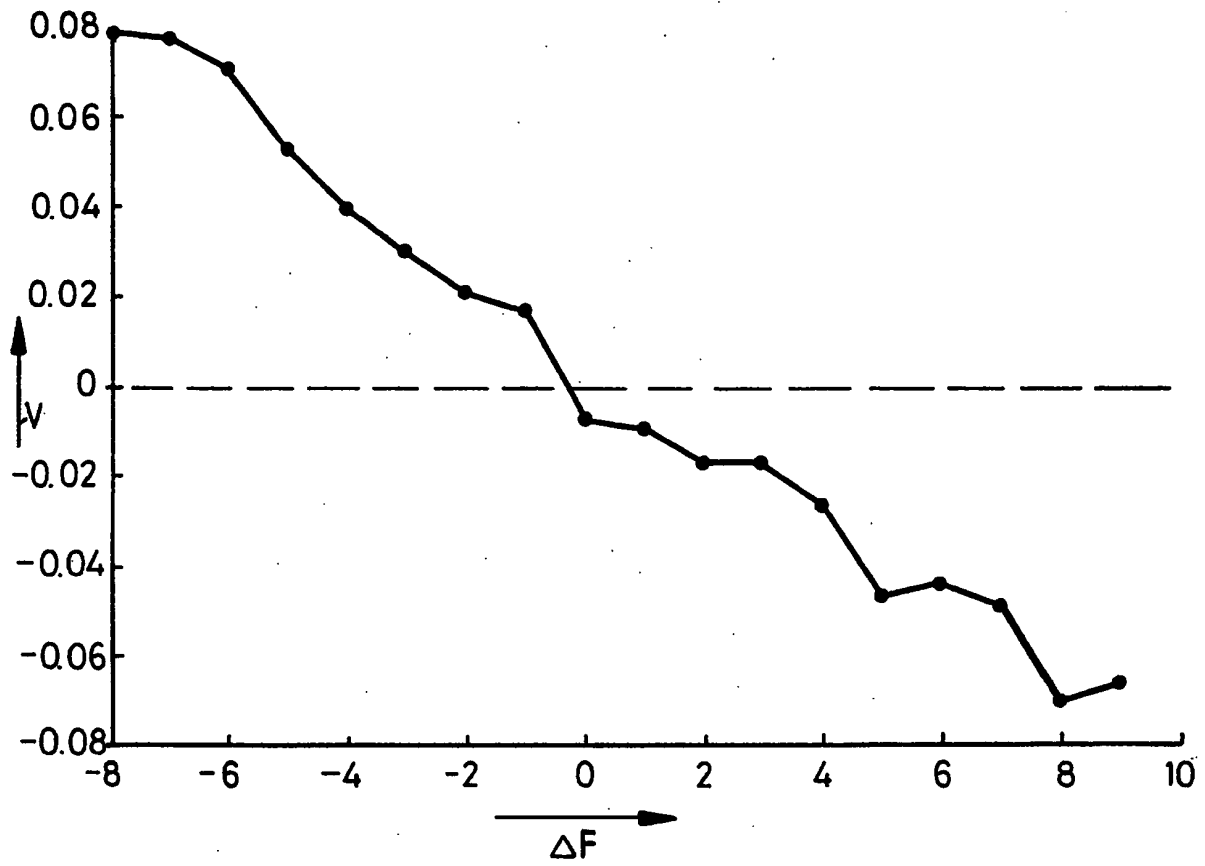


FIG. 4

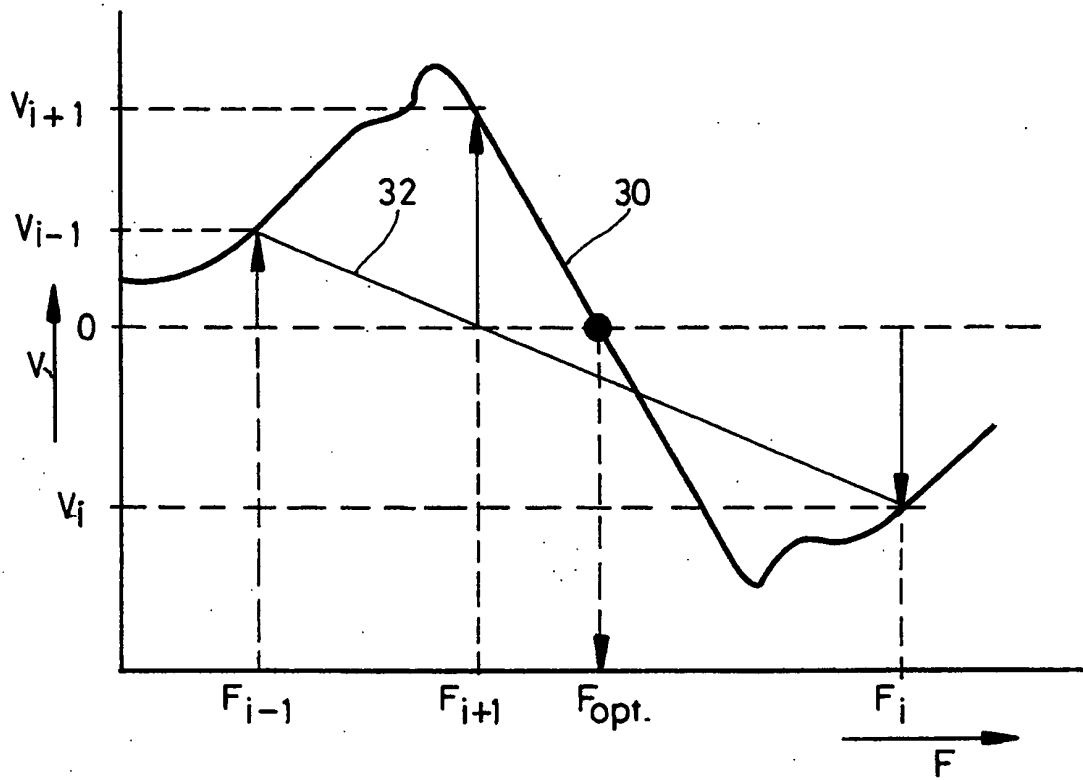


FIG.5

SAMENWERKINGSVERDRAG (PCT)

RAPPORT BETREFFENDE NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN INTERNATIONAAL TYPE

IDENTIFICATIE VAN DE NATIONALE AANVRAGE	KENMERK VAN DE AANVRAGER OF VAN DE GEMACHTIGDE FNL 0305 NL
Nederlands aanvraag nr. 1024192	Indieningsdatum 29 augustus 2003
	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 41750 NL
I. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP (bij toepassing van verschillende classificaties, alle classificatiesymbolen opgeven)	
Volgens de internationale classificatie (IPC) Int.Cl: H01J37/21 E01D15/24	
II. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK	
Onderzochte minimum documentatie	
Classificatiesysteem	Classificatiesymbolen
Int.Cl.7:	B63B E01D
Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen	
III. <input type="checkbox"/> GEEN ONDERZOEK MOGELIJK VOOR BEPAALDE CONCLUSIES (opmerkingen op aanvullingsblad)	
IV. <input type="checkbox"/> GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING (opmerkingen op aanvullingsblad)	

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Numer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek
NL 1024192

A. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP
IPC 7 H01J37/21

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

B. ONDERZOCHETE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK

Onderzochte minimum documentatie (classificatie gevolgd door classificatiesymbolen)
IPC 7 H01J

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, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie *	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
A	<p>ONG K H ET AL: "ROBUST FOCUSING AND ASTIGMATISM CORRECTION METHOD FOR THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPE" SCANNING, MAHWAH, NJ, US, deel 19, nr. 8, 1997, bladzijden 553-563, XP000920708 in de aanvraag genoemd het gehele document</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	1

Verdere documenten worden vermeld in het vervolg van vak C.

Leden van dezelfde octrooifamilie 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 uitstuitende 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 uitstuitende 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
- *Z* document dat deel uitmaakt van dezelfde octrooifamilie

Datum waarop het nieuwheidsonderzoek van internationaal type werd voltooid

30 November 2004

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 - 2260 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

De bevoegde ambtenaar

Schaub, G

1

**VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN
INTERNATIONAAL TYPE**

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek
NL 1024192

C.(Vervolg). VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN		
Categorie *	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
A	<p>OGASAWARA M ET AL: "Automatic focusing and astigmatism correction method based on Fourier transform of scanning electron microscope images" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO, JP, deel 38, nr. 2A, februari 1999 (1999-02), bladzijden 957-960, XP002167741 ISSN: 0021-4922 het gehele document</p>	1
A	<p>EP 0 435 195 A (HITACHI LTD) 3 juli 1991 (1991-07-03) het gehele document</p>	1

VERSLAG VAN HET NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN

INTERNATIONAAL TYPE

Informatie over leden van dezelfde octroofamilie

Nummer van het verzoek om een nieuwheidsonderzoek

NL 1024192

In het rapport genoemd octroolgeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
EP 0435195	A	JP 3194839 A	26-08-1991
		EP 0435195 A2	03-07-1991
		US 5144129 A	01-09-1992
