



MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

PUBLIKATIENUMMER : 1007264A4

INDIENINGSNUMMER : 09300713

Internat. klassif. : H04N

Datum van verlening : 02 Mei 1995

De Minister van Economische Zaken,

Gelet op de wet van 28 Maart 1984 op de uitvindingsoctrooien
inzonderheid artikel 22;

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

Gelet op het proces-verbaal opgesteld door de Dienst voor Industriële Eigendom op
12 Juli 1993 te 10u00

BESLUIT :

ARTIKEL 1.- Er wordt toegekend aan : AGFA-GEVAERT N.V.
Septestraat 27, B-2640 MORTSEL(BELGIE)

vertegenwoordigd door : VAN DEN BERGH Nicole, AGFA-GEVAERT N.V., Septestraat 27,
B-2640 MORTSEL

een uitvindingsoctrooi voor de duur van 20 jaar, onder voorbehoud van de betaling van
de jaartaksen voor : RASTERMETHODE VOOR EEN SCHRIJFSYSTEEM MET BEPERKTE
DENSITEITSRESOLUTIE.

UITVINDER(S) : Herregods Marc Roger, Stijn Streuvelsstraat 18, B-3191 Hever
(BE); Broddin Dirk Karel, Hazeschransstraat 26, B-2650 Edegem (BE); Delabastita Paul,
Sanderusstraat 27, B-2018 Antwerpen (BE)

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

Brussel, 02 Mei 1995
BIJ SPECIALE MACHTIGING :


WUYTS L
Directeur.

RASTERMETHODE VOOR EEN SCHRIJFSYSTEEM MET BEPERKTE
DENSITEITSRESOLUTIE.

Domein van de uitvinding.

Deze uitvinding heeft betrekking op een methode en een apparaat voor het registreren van beelden op een transparante of ondoorzichtige drager door middel van een schrijfsysteem met een beperkt aantal aanstuurwaarden, voor gebruik in elektrofotografische printers of kopieerapparaten.

Achtergrond van de uitvinding.

Schrijfsystemen hebben steeds een beperkte spatiale resolutie, die vooral afhankelijk is van de adresseerbaarheid van het schrijfsysteem, en een beperkte densiteitsresolutie. In de volgende tabel geven we enkele specifieke waarden voor adresseerbaarheid en densiteitsresolutie. De adresseerbaarheid wordt uitgedrukt in aantal beschikbare posities per lineaire dimensie, meestal dpi of "dots per inch".

Systeem	Adresseerbaarheid	Densiteitsresolutie
Papier laser printer	200 dpi tot 600 dpi	Binair : 2 niveaus
Fototypesetter	2400 dpi	Binair : 2 niveaus
Medische laserrecorder	300 dpi	256-4096 niveaus
Thermische printer	300 dpi	8-32 niveaus
Verbeterde elektrofotografische printers	300 dpi tot 600 dpi	4-64 niveaus

De Europese octrooi-aanvraag EP 0 304 289 A2 beschrijft een methode toepasbaar voor een thermische printer met dertien aanstuurniveaus. De methode gaat ervan uit dat het schrijfsysteem minimaal 2 drempelwaarden en dus 3 energieniveaus heeft en voert de beperkte densiteitsresolutie op door rastertechnieken gebaseerd op een Dither matrix. De energieniveaus voor de roosterelementen worden volgens bepaalde regels gewijzigd als het input beeldsignaal vergroot. De regels worden vastgelegd voor verschillende intervallen

van het beeldsignaal. De methode heeft als doel bruuske gradatiesprongen te vermijden. Zes regels bepalen elk een patroon of type volgens hetwelk de energieniveaus over een rastercel toegekend worden. Enkele van deze types vertonen wellicht voordelen voor een thermische printer, maar zijn ongeschikt voor een elektrografisch proces. Een eerste patroon (type 1) is erop gericht om de thermische of elektrostatische verdeling rond een punt met hoge densiteit te verzachten. Voor een elektrografisch proces is het evenwel belangrijk de overgangen van lichte naar donkere roosterelementen sterk te accentueren om zeker te zijn van een reproduceerbare en dus voorspelbare densiteit. Een rasterpunt samengesteld volgens type 1 van deze uitvinding zal zich in een elektrografisch proces met meerdere aanstuurwaarden instabiel gedragen door het numeriek overwicht van roosterelementen met lage densiteit. De densiteitsveranderingen die men met rasterpunten volgens type 2 verkrijgt, zullen plaatsafhankelijk zijn en hierdoor soms inconsistenties vertonen door het instabiele gedrag van de roosterelementen die gewijzigd worden. Voor hoge densiteiten, waar het elektrografisch proces zich stabiel gedraagt en de halftoon mogelijkheden ten volle kunnen benut worden om de hoogst mogelijke spatiale resolutie te halen, wordt in type 6 van de methode afbreuk gedaan aan dit voordeel, door slechts één specifiek roosterelement in de rastercel stelselmatig te verhogen in densiteit en slechts over te schakelen naar een nieuw roosterelement zodra het vorige de maximale densiteit bereikt heeft.

Doel van de uitvinding.

Het doel van deze uitvinding is het bekomen van een rastermethode voor de registratie van halftoon beeldinformatie op een drager door middel van een elektrografisch apparaat dat meerdere densiteitsniveaus per adresseerbaar roosterelement aflevert, waarin de aanstuurwaarden optimaal gekozen en gebruikt worden om een continue en voorspelbare weergave van het beeld te verzekeren.

Samenvatting van de uitvinding.

Voorliggende uitvinding betreft een methode voor het

registreren van een beeld op een drager door een schrijfsysteem, bestaande uit volgende stappen :

- de drager wordt opgedeeld in roosterelementen, adresseerbaar met een adres (x,y) ;
- het beeld wordt voorgesteld door één pixel per roosterelement, elke pixel heeft als informatie het adres (x,y) en een beeldsignaal $I_{x,y}$;
- een raster verdeelt alle roosterelementen in partities van identieke rastercellen, bestaande uit M (M geheel en $M > 1$) roosterelementen R_i ;
- elk roosterelement R_i heeft een pixeltooncurve L_i geassocieerd, die het beeldsignaal $I_{x,y}$ omzet in een energieniveau E_j ;
- voor elke pixel wordt uit het adres (x,y) het roosterelement R_i bepaald en wordt het beeldsignaal $I_{x,y}$ getransformeerd door middel van de corresponderende pixeltooncurve L_i , naar een geschikt energieniveau E_j ;
- het schrijfsysteem zet het energieniveau E_j om in een dichtheid op het roosterelement met adres (x,y) ;

en wordt hierin gekarakteriseerd dat er N (N geheel en $N > 2$) energieniveaus E_j - gerangschikt in stijgende of dalende energieniveaurolooforde - en een index S ($1 < S < N$) zo gekozen worden dat :

- E_1 een niet-tekenend en stabiel energieniveau is ;
- $E_s \dots E_N$ tekenende en stabiele energieniveaus zijn ; en
- alle andere energieniveaus tekenend en instabiel zijn.

De beelden waarop deze uitvinding betrekking heeft, worden door het menselijk oog waargenomen als dichtheidsverschillen op de drager en zijn halftoon beelden, zowel zwart-wit als kleur, bijvoorbeeld samengesteld uit twee of meer kleurcomponenten. Halftoon heeft hier de gebruikelijke betekenis van beelden met voor het oog een quasi continue dichtheidsweergave. Ook lijnwerk en binaire beelden kunnen volgens deze methode op een drager geregistreerd worden.

Een drager is gewoon wit of gekleurd papier ; een transparant vel bijvoorbeeld voor gebruik in overheadprojecties ; een fotografische film bijvoorbeeld voor gebruik in fotogravure of voor medische diagnostiek, een thermografisch transparant of ondoorzichtig vel of elk ander voorwerp vervaardigd uit eender welk materiaal waarop een blijvende optische dichtheidsverandering van

individuele deeltjes van het oppervlak door eender welk proces kan bewerkstelligd worden.

Een schrijfsysteem is bij voorkeur voor deze uitvinding een elektrofotografisch toestel dat tonerdeeltjes fixeert op een blad papier. Andere schrijfsystemen, waarop deze uitvinding van toepassing is, zijn : een thermografisch toestel dat door warmte overdracht materiaal afzet op de drager of de optische eigenschappen van de drager lokaal wijzigt ; een laserschrijfsysteem, dat roosterelementen op de drager kan adresseren met een bepaalde resolutie en materiaalafzetting of bijvoorbeeld een fotochemische transformatie kan veroorzaken op de plaats van een roosterelement, waardoor de optische densiteit van dit roosterelement wijzigt.

Een roosterelement is het kleinste adresseerbaar deel van de drager, waarop het schrijfsysteem een densiteitsverandering kan bewerkstelligen. Een roosterelement heeft een centrum. Dit is het centrum van de vlek op de drager door het schrijfsysteem veroorzaakt. Hoewel deze vlek verschillende vormen kan hebben : vierkantig, rechthoekig, cirkelvormig, elliptisch, enz., definiëren we dat het roosterelement een rechthoekige vorm heeft met als centrum het centrum van het roosterelement. De horizontale zijde is even lang als de afstand tussen de centra van twee horizontaal naast elkaar gelegen roosterelementen. De verticale zijde is even lang als de afstand tussen de centra van twee verticaal naast elkaar gelegen roosterelementen. In de hiernavolgende uitvoeringsvormen bespreken we enkel vierkantige roosterelementen, maar de uitvinding heeft betrekking op roosterelementen van een willekeurige vorm. De adressering van de roosterelementen gebeurt door een uniek adres voor het roosterelement, gekarakteriseerd door bijvoorbeeld een horizontale x en een verticale y positie van het centrum van het roosterelement in een cartesisch assenstelsel, waarin de roosterelementen horizontaal en verticaal geteld worden.

De densiteit is een diffuus reflectieve of transmissieve optische densiteit van de beschreven drager, afhankelijk van het transparant of opaak gebruik. Bedoeld wordt hier de "microdensiteit" door de verhouding te maken tussen de hoeveelheid invallend licht op één roosterelement en de hoeveelheid gereflecteerd of doorgelaten licht door dit ene roosterelement. Het menselijk oog neemt een geïntegreerde densiteit waar van een gebied groter dan een roosterelement. We gaan er in eerste benadering van uit dat het

elektrofotografisch systeem zich lineair gedraagt in het werkingsgebied en de geïntegreerde densiteit verkregen wordt uit het gemiddelde van de microdensiteiten der roosterelementen die deel uitmaken van de rastercel. Onder deze aanname kunnen we de pixeltooncurven, die het energieniveau in functie van het beeldsignaal weergeven, eenvoudig sommeren over alle roosterelementen in de rastercel en aannemen dat hun gemiddelde de densiteit in functie van het beeldsignaal weergeeft.

Een energieniveau geeft de hoeveelheid energie weer die aan het schrijfsysteem wordt toegevoerd om op één roosterelement een bepaalde densiteitsverandering op de drager te bewerkstelligen.

Beeldinformatie in elektronische vorm wordt traditioneel voorgesteld door een matrix van pixels ("picture elements" of beeldelementen). Het rij en kolomnummer van zulk een pixel in een matrix geeft een adres (r,k) . De schaal van deze beeldinformatie (in kolommen per mm en rijen per mm van het werkelijke beeld), de adresseerbaarheid van het schrijfsysteem (de steek ("pitch") of het aantal roosterelementen per mm of inch (uitgedrukt in dpi : dots per inch), de gewenste schaal en oriëntatie van het beeld op de drager, bepalen het verband tussen het adres (r,k) van de beeldinformatie en het adres (x,y) op de drager. In deze uitvinding gaan we ervan uit dat de beeldinformatie door gekende technieken op de resolutie van het schrijfsysteem werd gebracht met de gepaste oriëntatie, zodat (r,s) en (x,y) samenvallen. Deze technieken zijn bijvoorbeeld pixelreplicatie ("Nearest neighbour"), lineaire of bilineaire interpolatie, convolutie met een kubische B-splinefunctie of klokvormige functie in één of twee dimensies enz... Indien de beeldinformatie wordt aangeboden op de resolutie van de rastercellen, dan bestaat de meest triviale techniek erin alle pixels het herhalen (replicatie) totdat de resolutie van het schrijfsysteem bereikt is.

Een beeldsignaal is elk signaal dat samen met een aantal gelijksoortige signalen de voorstelling van een beeld vormt. Deze opeenvolgende signalen kunnen gelijkmatig in de tijd aangelegd worden en continu variëren op een elektrische geleider, zoals een coaxiale kabel in analoge videotoeepassingen. Het tijdstip waarop dit beeldsignaal wordt aangelegd, bepaalt meestal de positie of het adres van het roosterelement op de drager waarmee dit beeldsignaal overeenkomt. In vele gevallen is de spanningsamplitude van dit

beeldsignaal evenredig met de densiteit die op de overeenkomstige positie op de drager nodig is om het beeld met een goede waarneembaarheid visueel voor te stellen.

Het beeldsignaal kan in digitale vorm opgeslagen zijn in een geheugeneenheid en door een besturingseenheid op het gepaste moment opgehaald worden en aangeleverd aan het schrijfsysteem. Meestal gebruikt men voor een beeldsignaal in digitale vorm acht geheugenelementen die elk een toestand nul en één kunnen voorstellen, zodat elk beeldsignaal 256 discrete waarden kan aannemen. Aan elke discrete waarde kan men een bepaalde densiteit toekennen, opdat het beeld op de drager optimaal visueel waarneembaar en esthetisch is.

Indien het een kleurbeeld betreft, dan zullen voor elke plaats op de drager meerdere beeldsignalen beschikbaar zijn. Voor kleurelektrofotografietoepassingen zijn er typisch drie beeldsignalen, nl. voor cyaan, magenta en geel gekleurde tonerdeeltjes en meestal nog een vierde beeldsignaal voor zwarte tonerdeeltjes. De beeldsignalen voor eenzelfde plaats op de drager maar voor een andere kleurcomponent, bepalen onafhankelijk van elkaar de energieniveaus voor het schrijfsysteem, alsof alle beeldsignalen van één kleurcomponent zelf een zwart-wit beeld moeten vormen.

Een raster is een tweedimensionale periodische structuur die (denkbeeldig) op de drager wordt aangebracht en aldus roosterelementen groepeert. De meeste rasters worden gevormd door aaneengesloten identieke parallellogrammen, rastercellen genoemd, met horizontale basis, waarvan de centra op horizontale assen gelegen zijn. De afstand tussen twee opeenvolgende horizontale assen is gelijk aan de hoogte van elk parallellogram. De centra van boven elkaar gelegen parallellogrammen liggen op evenwijdige schuine of verticale lijnen. Een raster kan onder een bepaalde rasterhoek op de drager aangebracht worden. Afhankelijk van de rasterhoek en de afmetingen van de rastercel, zullen in elke rastercel steeds evenveel roosterelementen gelegen zijn. Technieken om zulke rasters te bekomen zijn beschreven in het Amerikaanse octrooi US 5,155,599. In de uitvoeringsvormen van deze uitvinding, bespreken we voornamelijk rechthoekige of vierkante rastercellen met een rasterhoek van nul graden. De uitvinding is evenwel hiertoe niet beperkt. Naast parallellogramvormige rastercellen, komen ook

rastercellen met bijvoorbeeld een L-vorm in aanmerking voor deze methode.

Het begrip identieke rastercel betekent dat alle rastercellen dezelfde vorm, oriëntatie en grootte hebben. Enkel de ligging op de drager verschilt van rastercel tot rastercel (verschuiving in X en Y richting). De afmetingen en oriëntatie van de rastercel zijn zo vastgelegd, dat elke rastercel eenzelfde aantal M (M groter dan 1) roosterelementen R_i bevat, met eenzelfde relatieve ligging in de rastercel. Dit betekent ook dat met elke positie binnen de rastercel, steeds eenzelfde pixeltooncurve geassocieerd is, waar ook de rastercel zich bevindt op de drager.

Een pixeltooncurve is elk middel dat alle mogelijke waarden, toestanden of niveaus van het beeldsignaal eenduidig transformeert naar één van de N beschikbare energieniveaus E_j . In een digitaal systeem waarin de beeldsignalen bijvoorbeeld in woorden van acht bits beschikbaar zijn, kan een pixeltooncurve gerealiseerd worden door een rij van 256 energieniveau-indices, met elk een waarde van 1 tot N . Het beeldsignaal kan dan als index in deze rij gebruikt worden. De energieniveau-index die uit deze rij komt, kan dan verder aanleiding geven tot het juiste energieniveau.

Een niet-tekenend energieniveau is een energieniveau dat geen dichtheidsbijdrage levert aan het desbetreffende roosterelement en zijn omgeving op de drager. Dit wanneer het roosterelement omringd wordt door roosterelementen, aangestuurd door om het even welk energieniveau. Het schrijfsysteem aansturen met een niet-tekenend energieniveau voor alle roosterelementen op de drager, heeft tot gevolg dat de dichtheid van de drager niet gewijzigd wordt. Voor een elektrofotografisch proces komt dit erop neer dat er hoegenaamd geen tonerafzetting plaatsvindt op de drager.

Een tekenend energieniveau is een energieniveau dat voor alle desbetreffende roosterelementen - zelfs deze omringd door roosterelementen aangestuurd met een niet-tekenend energieniveau - een dichtheidsverhoging teweegbrengt. Een elektrofotografisch proces zal tonerdeeltjes fixeren op de drager op elk roosterelement dat aangestuurd wordt met een tekenend energieniveau. In de gedetailleerde beschrijving van de uitvinding beschrijven we een eerste proef die bestemd is om te bepalen of een energieniveau al of niet tekenend is.

Een stabiel energieniveau is een energieniveau E_j dat een

bijhorende microdensiteit D_j "stabiel" of reproduceerbaar binnen nauwe grenzen weergeeft. Het is namelijk zo, dat afhankelijk van de plaats op de drager en de densiteit van de omringende roosterelementen, eenzelfde energieniveau E_j aanleiding geeft tot uiteenlopende waarden voor de microdensiteit van het desbetreffende roosterelement. Deze waarden hebben een statistische verdeling met een gemiddelde D_j en een spreiding S_j . Een energieniveau is stabiel, zodra de spreiding S_j op de verkregen gemiddelde densiteit D_j een bepaalde waarde niet overschrijdt of dus de spreiding op de bereikte microdensiteit voor het roosterelement aanvaardbaar of binnen nauwe grenzen reproduceerbaar is. Een stabiel energieniveau E_j levert dus een densiteit D_j die weinig afhankelijk is van de omgeving van het roosterelement.

Een instabiel energieniveau is een energieniveau dat geen stabiel energieniveau is, of waarvoor de spreiding S_j op de gemiddeld geproduceerde densiteit D_j groter is dan een bepaalde waarde.

In de gedetailleerde beschrijving van de uitvinding beschrijven we een tweede proef die bestemd is om te bepalen of een energieniveau al of niet stabiel is.

Volgens deze definities en beschrijvingen is het duidelijk dat een niet-tekenend energieniveau a fortiori stabiel is, en een instabiel energieniveau steeds tekenend, maar de densiteit waarmee getekend wordt is afhankelijk van de roosterelementen in de omgeving.

Gedetailleerde beschrijving van de uitvinding

De uitvinding wordt hierna beschreven bij wijze van voorbeelden, met verwijzingen naar de bijhorende figuren waarin :

- Fig 1 is een schematische voorstelling van een elektrografische printer ;
- Fig 2 is een testpatroon bestemd voor de bepaling van de stabiele energieniveaus
- Fig 3 is een testpatroon voor het bepalen van het eerste tekenende energieniveau
- Fig 4 is een curve die de densiteit weergeeft in functie van het beeldsignaal voor een methode zonder rastertechnieken
- Fig 5 is een curve die de densiteit weergeeft in functie van het beeldsignaal voor optimale menselijke waarneembaarheid

- Fig 6 geeft de opbouw van een rastercel uit roosterelementen en illustreert het rasterproces
- Fig 7 levert grafieken van de individuele pixeltooncurven in een 4X4 rastercel en het gemiddelde energieniveau over de rastercel
- Fig 8 is een schematische voorstelling voor de omzetting van een beeldsignaal in een densiteit
- Fig 9 geeft de constructie van een bandenpatroon in een rastercel
- Fig 10 geeft de constructie van een bandenpatroon in een andere rastercel met equivalente roosterelementen
- Fig 11 geeft pixeltooncurven voor een bandenmethode in een 4X4 rastercel, waarbij slechts drie verschillende pixeltooncurven aanwezig zijn
- Fig 12 is een voorstelling van volledig identieke pixeltooncurven
- Fig 13 is de afbeelding van een mengvorm van figuur 11 en 12
- Fig 14 geeft dezelfde bandenmethode als figuur 11, op een lichte verschuiving van de assen na
- Fig 15 is een combinatie van bandenroosters voor kleurtoepassingen
- Fig 16 is analoog aan figuur 15 maar levert slechts vijftien niet equivalente pixeltooncurven
- Fig 17 is de superpositie van een binair raster en een multi niveau raster
- Fig 18 stelt hetzelfde voor als figuur 17, maar de roosterelementen van het binair raster gaan geen geheel aantal keren in een roosterelement van een multi niveau systeem.

De elektrofotografische printer waarvoor uitvoeringsvormen zijn uitgewerkt, is een optische printer die kan uitgevoerd worden als laserstraal printer, LED printer, zogenaamde "Liquid Crystal Shutter Displays", "Digital Micromirror Devices", "Edge Emitter LED's" enz. Figuur 1 stelt een laserstraal printer voor waarop deze uitvinding is toegepast. Dit schrijfsysteem wordt aangestuurd door een energieniveau E_j afkomstig van de rastermodule, hetwelk wordt toegevoerd aan een laser diode stuursysteem 41, die de spanning, stroom, pulsduur en frequentie bepaalt om de laser diode 42 te doen oplichten. De gekozen grootheden zijn gebaseerd op de energieniveauwaarde E_j en geeft een stuursignaal uit. Een laser diode en het optisch systeem 42 van de laser printer worden aangestuurd

door het stuursignaal van het laserdiode stuursysteem 41 om een laserstraal uit te zenden. Deze laserstraal tast een fotogevoelige trommel 43 af om een elektrostatisch latent beeld te vormen dat als beeld op de drager zal gedrukt worden.

Het buitenoppervlak van de fotogevoelige trommel 43 wordt opgeladen met een negatieve lading door de ladingscorona 44. Deze lading blijft behouden daar de trommel uit fotogeleidend materiaal is opgebouwd en als dusdanig in het donker zonder belichting nauwelijks geleidend is. Op de plaatsen waar het licht invalt van het elektro-optisch schrijfsysteem 42 (bvb. een LED gestuurd door pulsbreedtemodulatie om een bepaalde hoeveelheid lichtenergie op de trommel over te brengen) wordt een latent beeld gevormd doordat het fotogeleidend materiaal conductief wordt en daardoor de plaatselijk aanwezige lading wordt afgevoerd naar de geleidende binnentrommel met aarding 46. Door de totale hoeveelheid licht plaatselijk of per roosterelement te laten variëren, kan de hoeveelheid lading die plaatselijk afgevoerd wordt naar de aarding geregeld worden. Hoe meer lading afgevoerd wordt, hoe meer toner lokaal zal worden afgezet en hoe hoger de densiteit van het roosterelement zal zijn. In de ontwikkel eenheid 47 wordt toner aangeboden aan de fotogevoelige trommel 43. In de ontwikkel eenheid 47 zit namelijk een mengsel van toner en magnetische dragerdeeltjes. Door een tribo-elektrisch effect kleven de fijne negatief geladen tonerdeeltjes aan de grovere positief geladen dragerkorrels. De dragerkorrels worden op hun beurt aangetrokken door een draaiende magneetrol (niet weergegeven). Deze magneetrol wordt op een negatieve potentiaal gehouden, die halfweg tussen de potentiaal van een geladen en ontladen roosterelement op de fotogevoelige trommel 43 ligt. Op die wijze wordt als het ware een ronddraaiende "magneetborstel" gerealiseerd, waarvan de borstelharen (magnetische dragerkorrels) de negatief geladen toner meeslepen hoofdzakelijk door elektromagnetische krachten en aanbieden aan de fotogevoelige trommel 43, die op de onbelichte plaatsen nog steeds negatief geladen is. Op die plaatsen zal de trommel geen tonerdeeltjes ontvangen, omdat de negatieve ladingen elkaar afstoten. Deze plaatsen zullen niet "ontwikkelen". Waar de trommel voldoende ontladen werd onder invloed van licht, zullen wel tonerdeeltjes terechtkomen, daar in dat geval de magneetborstel op een negatievere potentiaal is dan het roosterelement op de fotogevoelige trommel 43,

de magneetborstel de negatief geladen tonerdeeltjes afstoot en de fotogevoelige trommel 43 de tonerdeeltjes aantrekt. Hoe sterker de ontlading, hoe meer aangeboden tonerdeeltjes op de fotogevoelige trommel zullen aanvaard worden. De trommel draait verder totdat hij het papier 49 raakt. Een overdrachtcorona 48 brengt de tonerdeeltjes over van de fotogevoelige trommel 43 naar de drager of het papier 49. De tonerdeeltjes 37 worden in de vezels van het papier 49 gesmolten door het fixeerstation 51. De overblijvende tonerdeeltjes op de trommel worden door het zuiveringsstation 50 verwijderd.

De ontwikkelkrachten zijn evenredig met de grootte van het potentiaalverschil tussen het fotogevoelig oppervlak van de trommel 43 en de magneetborstels. Hoe groter dit verschil doordat het oppervlak lokaal op een roosterelement meer belicht is, hoe meer tonerdeeltjes zullen overgaan van de magneetborstel naar het desbetreffende roosterelement.

De tonerdeeltjes hebben een diameter van ongeveer 7 micron. Een elektrofotografische printer met een adresseerbaarheid van 600 dpi heeft roosterelementen met een zijde van 42 micron. 36 tonerdeeltjes kunnen dus naast elkaar op één roosterelement. De maximaal gewenste densiteit bekomt men in een roosterelement met ongeveer het dubbele aantal of circa 72 tonerdeeltjes. De fysische eigenschappen van het schrijfsysteem en de toner zijn zo bepaald dat hieraan voldaan is met maximale belichting van de fotogevoelige trommel. Bij weinig belichting, veroorzaakt door een klein energieniveau aangelegd aan het elektro-optisch schrijfsysteem, zal het potentiaalverschil te klein zijn om zelfs maar één tonerdeeltje af te zetten op de trommel. Vanaf een zeker energieniveau zal soms geen, soms één, soms twee of meer tonerdeeltjes afgezet worden op de trommel. Het aantal tonerdeeltjes afgezet binnen een roosterelement op een bepaalde potentiaal gebracht, is ook afhankelijk van de ladingsverdeling in de omgeving van dit roosterelement. Dit is in sterke mate zo voor kleine potentiaalverschillen. Naarmate dit verschil toeneemt, zal het aantal tonerdeeltjes dat op de trommel overgebracht wordt stijgen. De ladingsverdeling in de omgeving van het roosterelement beïnvloedt minder dit aantal en bovendien zal de densiteitstoename per extra tonerdeeltje kleiner worden, naarmate het roosterelement meer bedekt raakt, vermits tonerdeeltjes elkaar beginnen bedekken.

In het testpatroon van figuur 2 is de invloed van instabiliteiten in het elektrofotografisch proces geïllustreerd. De

volle lijnen en stippellijnen zijn fictieve lijnen die respectievelijk gebieden met gelijk energieniveau voor alle roosterelementen en deelgebieden met quasi gelijke densiteit afbakenen. De gebieden aangeduid met W zijn Witte gebieden, bekomen door aansturing met een laag energieniveau. LG staat voor LichtGrijs, DG staat voor DonkerGrijs en D staat voor Donker of zwart, bekomen door aansturing van alle roosterelementen binnen de volle lijnen met het hoogste energieniveau. De deelgebieden, afgelijnd met stippellijnen, zijn de deelgebieden die door artefacten in het elektrofotografisch proces een densiteit hebben die afwijkt van de densiteit van de gebieden waartoe ze behoren. Ofschoon de gebieden W, LG, DG en D symmetrisch gekozen zijn t.o.v. de horizontale aslijn 52, zijn de deelgebieden met afwijkende densiteit niet symmetrisch t.o.v. de horizontale aslijn 52. De schrijfrichting speelt hierbij een belangrijke rol. Op de tijdsas 53 komt de tijd t_1 dan ook vóór de tijd t_2 , met andere woorden, de bovenkant van figuur 2 wordt geschreven vóór de onderkant. Bij de overgang 54 van Wit naar LichtGrijs verschijnt een lijn met een breedte van ongeveer 0.2 mm. die door het proces donkerder (DD) wordt. Bij de overgang 55 van LichtGrijs en DonkerGrijs naar Donker, verschijnt een gelijkaardige maar Lichtere (LL) band. Deze LL band verschijnt ook in de overgang 56 van Donker naar LichtGrijs en DonkerGrijs. Bij de overgang van LichtGrijs en DonkerGrijs naar Wit verschijnt een zeer storende lichtere (LL) "rafel" 57, die breder is naarmate het gebied een lagere densiteit heeft. Het is vooral dit laatste fenomeen dat we wensen te vermijden door zoveel mogelijk stabiele energieniveaus te combineren met een instabiel niveau. Daartoe moeten we de grens bepalen tussen stabiele en instabiele energieniveaus. Tevens moet voor lagere energieniveaus bepaald worden, vanaf welk niveau enige bijdrage aan de densiteit geleverd wordt. Dit wordt bepaald in de volgende twee experimenten.

Eerste experiment

Het doel van dit experiment is te bepalen vanaf welk energieniveau de densiteit zichtbaar is of dus het energieniveau tekenend. Om de beïnvloeding van naburige roosterelementen te voorkomen, worden enkel roosterelementen aangestuurd, aangeduid met een kruisje 58 op figuur 3. Voor een systeem met digitale

aanstuurwaarden 0-255, wordt een "grijswig" 59 getekend zoals onderaan in figuur 3. Visueel wordt beoordeeld vanaf wanneer de densiteit verschillend is van de densiteit van de onbeschreven drager. De hiermee overeenkomende energiewaarde bepaalt het eerste tekenende energieniveau E_2 .

Tweede experiment

Het doel van dit experiment is te bepalen vanaf welk energieniveau de densiteit op de drager "stabiel" is in alle omstandigheden. Dat wordt in belangrijke mate bepaald door de ligging en de visuele breedte van de rafel 57 in figuur 2. In een testwig zoals in figuur 2, met de fijnst mogelijke energieniveauverdeling voor het schrijfsysteem, wordt visueel het energieniveau E_s bepaald waarvoor de rafel aanvaardbaar is.

Deze proef laat vermoeden dat de grens tussen stabiele en instabiele energieniveaus moeilijk te bepalen is, maar dat belet niet dat er energieniveaus bestaan die ondubbelzinnig tot de klasse der stabiele energieniveaus horen en andere die ondubbelzinnig tot de klasse der instabiele niveaus behoren. Voor de printer met 256 aanstuurwaarden 0-255, waarop het experiment werd uitgevoerd, is het zo dat alle aanstuurwaarden boven 160 een stabiel niveau geven, en alle aanstuurwaarden beneden 80 een instabiel niveau.

Indien elke pixel in de beeldinformatie een individueel roosterelement aanstuurt door telkens gebruik te maken van eenzelfde niet gecompenseerde systeempixeltooncurve, dan bekomt men op de drager een beeld met een geringe nuttige densiteitsomvang, zoals geïllustreerd wordt door de grafiek in figuur 4, die de densiteit D uitzet als functie van de aanstuurwaarde I , hier gelijk gekozen met het beeldsignaal. Aanstuurwaarden of beeldsignalen $I = 0-31$ geven nauwelijks een densiteitsverhoging. Beeldsignalen 32 tot 160 geven een sterk gedifferentieerde densiteit. Hogere aanstuurwaarden geven een kleine densiteitsverhoging voor een verhoging van de aanstuurwaarde.

Figuur 5 geeft de waarneembaarheidscurve die men nastreeft voor optimale beeldweergave. Deze grafiek geeft een gelijkmatige lichte densiteitsverandering in de lage densiteiten en een sterkere densiteitsverandering in de hoge densiteiten, waar het menselijk oog ongevoeliger is voor kleine densiteitsveranderingen.

Uit deze laatste grafiek blijkt dat vele lage densiteiten stabiel moeten kunnen weergegeven worden, wat slechts mogelijk is door rastertechnieken. Deze techniek offert spatiale resolutie op aan densiteitsresolutie doordat de individuele roosterelementen niet getrouw de densiteit weergeven die gewenst is voor het gegeven beeldsignaal van de pixel voor dit roosterelement. De roosterelementen worden samengenomen in rastercellen en voor de rastercellen wordt nagestreefd dat de geïntegreerde densiteit over alle roosterelementen in de rastercel de gewenste gemiddelde densiteit van het overeenkomstig beeldsegmentje benadert.

Hoe groter de rastercel gekozen wordt, met andere woorden, hoe meer roosterelementen tot één rastercel behoren, hoe nauwkeuriger aan deze benadering kan voldaan worden. Deze verhoogde densiteitsresolutie gaat dan wel ten koste van spatiale resolutie. Daarom kiest men het aantal roosterelementen M per rastercel in functie van de resolutie van het schrijfsysteem, de gewenste spatiale beeldresolutie, de densiteitsresolutie van het schrijfsysteem en de vereiste densiteitsresolutie voor het beeld. M kan bvb. 2 gekozen worden, zodat de roosterelementen twee aan twee de gewenste densiteit weergeven. Voor een systeem met acht energieniveaus en een vereiste beeldresolutie van 256 densiteitsniveaus, kan een raster met 32 roosterelementen per rastercel noodzakelijk zijn.

Voor deze uitvoeringsvorm werd, zoals in figuur 6 geïllustreerd, een raster met zestien roosterelementen 60 per rastercel 61 gekozen. Elk roosterelement R_j krijgt een verschillende pixeltooncurve L_j 62, afhankelijk van de ligging in de rastercel. De pixeltooncurve wordt hierin voorgesteld als een tabel 62 per roosterelement 60 met $T=256$ tabelingen, één ingang per mogelijk beeldsignaal $I_{*,*}$. De tabelwaarde 63 is een energieniveau E_j of een aanstuurwaarde (energieniveau-index) voor één van de geselecteerde energieniveaus.

Door enkel de stabiele energieniveaus E_1 , E_s en hoger tot E_N te gebruiken als aanstuurniveaus, is het onmogelijk om zoveel lage densiteiten te creëren als vereist voor de optimale waarneembaarheid. Dat dwingt ons ertoe om tussen E_1 en E_s nog een aantal instabiele energieniveaus te kiezen die kunnen gebruikt worden in combinatie met de stabiele energieniveaus E_1 en E_s of hoger. Tussen E_1 en E_2 heeft het geen zin nog energieniveaus te

selecteren. Deze tussenliggende energieniveaus zijn immers niet-tekenend. Het eerstvolgende energieniveau na E_1 is dus E_2 . Het heeft ook geen zin alle mogelijke aanstuurbare energieniveaus te selecteren tussen E_2 en E_s . Er worden juist voldoende gekozen, zodat een kleine dichtheidstoename, voorgeschreven door figuur 5, kan gerealiseerd worden door een energietoename in één roosterelement van de rastercel. In deze uitvoeringsvorm worden de energieniveaus equidistant tussen E_2 en E_s geselecteerd.

Tussen E_s en E_N dienen ook een aantal energieniveaus bepaald te worden, zodat de gewenste dichtheidstoename voor een beeldsignaal kan gerealiseerd worden door een energietoename voor één of meerdere roosterelementen.

In figuur 7 zijn de zestien pixeltooncurven weergegeven voor een vierkante rastercel van vier rijen en vier kolommen roosterelementen. Uiterst rechts is het gemiddelde van deze zestien pixeltooncurven uitgezet, samen met hun individuele bijdrage. De bovenste lijn is een maat voor de geïntegreerde dichtheid van een rastercel als functie van de aanstuurwaarde I van alle roosterelementen in deze rastercel met hetzelfde beeldsignaal I . De verticale afstanden tussen de opeenvolgende lijnen geven de bijdrage van elk individueel roosterelement in de rastercel tot de finale dichtheid van de ganse rastercel.

Het is duidelijk dat de pixeltooncurve L_4 voor roosterelement R_4 eerst alle instabiele niveaus doorloopt over een kort beeldsignaalinterval, terwijl de andere pixeltooncurven constant op het laagste energieniveau blijven. Zodra roosterelement R_4 een stabiel energieniveau E_s bereikt heeft, doorloopt de pixeltooncurve L_7 de instabiele energieniveaus totdat het eerste stabiele energieniveau ook voor het roosterelement R_7 bereikt is. Het roosterelement R_4 blijft voor al deze beeldsignalen op het stabiele energieniveau E_s , terwijl de andere roosterelementen op het niet-tekenende stabiele energieniveau E_1 blijven. Dit gaat zo door voor alle roosterelementen in de volgorde 4, 7, 10, 13, 8, 11, 14, 1, 3, 6, 9, 16, 12, 15, 2, 5, totdat ze alle individueel tot een stabiel energieniveau zijn opgeklimmen. Dit sluit de eerste fase af.

Zodra alle roosterelementen een stabiel energieniveau bereikt hebben, start de tweede fase en klimmen ze één na één op tot een hoger stabiel energieniveau. Een dichtheidstoename voor het beeld wordt dus gelijkmatig verdeeld over de ganse rastercel, wat de

spatiale resolutie ten goede komt.

Het is duidelijk dat beeldsignalen in de tweede fase door alle pixeltooncurven worden getransformeerd in stabiele energieniveaus. Eventueel mag daar het niveau E_1 mede in betrokken worden, wat niet gebeurd is voor de verkozen uitvoeringsvorm. In de tweede fase werd er ook steeds voor gezorgd dat er slechts twee verschillende stabiele energieniveaus aanwezig zijn in een rastercel die een constant beeldsignaal moet weergeven.

In de eerste fase werd ervoor gezorgd dat telkens slechts één roosterelement een instabiel energieniveau toebedeeld krijgt bij een gelijk beeldsignaal voor alle roosterelementen in een rastercel. Dit kan afgelezen worden in de cumulatieve grafiek rechts van figuur 7 ter hoogte van beeldsignaalwaarde $I=105$. Slechts één pixeltooncurve, namelijk L_6 , splitst uit. De curven met index kleiner dan 6 blijven constant, deze met index groter dan 6 volgen evenwijdig het verloop van curve L_6 . De andere roosterelementen bekomen dus een stabiel tekenend energieniveau E_s of een stabiel niet-tekenend energieniveau E_1 . Dit komt de stabiliteit of reproduceerbaarheid en beperkte densiteitsspreiding ten goede.

Voor deze uitvoeringsvorm werden de aanstuurwaarden voor de energieniveaus als volgt gekozen :

$$E_1 = 0$$

$$E_2 = 41$$

$$E_{3,4,5,6,7,8,9,10,11} = 53, 65, 77, 89, 101, 113, 125, 137, 149$$

$$E_{12} = E_s = 162$$

$$E_{13,14,15} = 178, 194, 210$$

$$E_{16} = E_N = 255$$

Zodra de rastercellen meer roosterelementen bevatten, is het zinvol om meerdere instabiele energieniveaus per rastercel toe te laten. Zeker indien men voor de verhoging van de spatiale resolutie overweegt om meerdere rasterpunten per rastercel te laten groeien. Een rasterpunt is een aaneengesloten groep van tekenende roosterelementen binnen een rastercel. De hoeveelheid roosterelementen met een instabiel energieniveau mag evenwel een bepaald percentage van de roosterelementen per rastercel of per rasterpunt niet overschrijden.

Wanneer de pixeltooncurven bepaald zijn, kan het rasterproces aanvangen. Dit verloopt als geschetst op figuur 8. Een kloksignaalgenerator 28 genereert een kloksignaal met een frequentie

die opgelegd wordt door de fysische eigenschappen van het schrijfsysteem 23. Dit kloksignaal wordt overgebracht op een adresgeneratormodule 27. Op het ritme van het binnenkomend kloksignaal genereert de adresgeneratormodule 27 gelijktijdig een signaal x en een signaal y . Op elke nieuwe klokpuls komt een andere combinatie (x,y) tot stand, die telkens overeenstemt met het adres van een roosterelement 22 op de drager 21. De signalen x en y worden aangelegd aan de beeldsignaalgeheugenmodule 26, aan de rastereenheid 25 en aan het schrijfsysteem 23. Bij het ontvangen van de signalen x en y vanuit de adresgeneratormodule 27, zal de beeldsignaalgeheugenmodule 26 een pixel 29 - die de densiteit van het roosterelement 22 bepaalt - adresseren met het adres (x,y) en het beeldsignaal $I_{x,y}$ van deze pixel aanleggen aan de rastereenheid 25. De rastereenheid 25 ontvangt dus drie signalen : het beeldsignaal $I_{x,y}$, x en y . Deze drie signalen bepalen, zoals we aan de hand van figuur 6 zullen bespreken, een energie-indexsignaal j dat een waarde kan aannemen van 1 tot en met N , waarin N het aantal geselecteerde energieniveaus is. Dit energie-indexsignaal j , gegenereerd door de rastereenheid 25, wordt aangelegd aan een energieniveaumodule 36, die afhankelijk van de waarde van de het energie-indexsignaal j een hoeveelheid energie met energieniveau E_j aanlegt aan het schrijfsysteem 23. Het schrijfsysteem krijgt dus van de adresgeneratormodule 27 de adressignalen x en y , en van de energieniveaumodule 36 een hoeveelheid energie. Zoals beschreven in figuur 1, wordt deze energie omgezet in een densiteit op het roosterelement 22, waarvan de plaats op de drager bepaald wordt door de signalen x en y .

In figuur 6 wordt geïllustreerd hoe de rastereenheid 25 uit de drie signalen x , y en $I_{x,y}$ een energie-indexsignaal j genereert. De rastereenheid 25 heeft een rekenmodule die uit de combinatie van de signalen x en y een roosterindexsignaal i bepaalt van 1 tot M , waarin M het aantal roosterelementen per rastercel voorstelt. In dit voorbeeld loopt M van 1 tot 16. Het roosterindexsignaal i stelt de index voor van een roosterelement R_i , zoals voorgesteld in figuur 6. De rastereenheid 25 heeft bovendien een geheugenmodule, waarin de pixeltooncurven worden opgeslagen onder de vorm van digitale signalen die het energie-indexsignaal voorstellen. De geheugenmodule is zo georganiseerd dat bij het adresseren ervan met het roosterindexsignaal i en het beeldsignaal $I_{x,y}$, het energie-

indexsignaal j beschikbaar komt voor verwerking in de energieniveaumodule. Uit deze beschrijving kan blijken dat de pixeltooncurven in een tweedimensionale matrix of "look-up-table" (LUT) georganiseerd zijn. Er zijn evenwel andere organisaties mogelijk, zoals een driedimensionale LUT, waarbij de signalen (x,y) een relatieve positie (r,s) van het roosterelement in de rastercel bepalen en het triplet $(r,s,I_{x,y})$ als ingang dient voor een driedimensionale LUT, waardoor de energieniveau-index j geproduceerd wordt. Nog een andere uitvoeringsvorm kan $N-1$ beeldsignaaldrempelwaarden bewaren voor elk roosterelement in een rastercel en door opeenvolgende vergelijkingen van het beeldsignaal met deze beeldsignaaldrempelwaarden, het energie-indexsignaal bepalen.

Voor de tweede uitvoeringsvorm refereren we naar figuur 9. Hierin bouwt men rechthoekige rastercellen op uit P rijen en Q kolommen van roosterelementen. In de rastercel wordt getracht een band of schuine lijn met eindige breedte zo getrouw mogelijk weer te geven. In het boek "Fundamentals of Interactive computer graphics" met auteurs Foley en Van Dam, uitgegeven door Addison Wesley te Reading in 1984 wordt een algoritme beschreven om een dergelijke band weer te geven op een monitorscherm. Om de band voor te stellen op een rooster van roosterelementen met variabele densiteit, wordt de densiteit van een roosterelement evenredig genomen met dat deel van de oppervlakte van het roosterelement dat bedekt wordt door de voor te stellen band. In figuur 9 zijn een aantal banden, die door een rastercel lopen, gearceerd voorgesteld. De bedoelde deeloppervlakten van enkele roosterelementen zijn dik omlijnd. Ligt het roosterelement volledig in de band, dan krijgt dit roosterelement een densiteit gelijk aan de hoogste gewenste densiteit. Wordt het roosterelement slechts voor ongeveer 50% overdekt, zoals het roosterelement in de linkeronderhoek van de rastercel, dan krijgt dit roosterelement een densiteit die de helft bedraagt van de hoogste gewenste densiteit.

Een band wordt gekarakteriseerd door een punt op de aslijn, een helling en een dikte of - voor schuine en horizontale lijnen - een verticale hoogte. Kiezen we de verticale hoogte van de band evenredig met de gewenste densiteit voor de ganse cel, dan kunnen we als volgt deze methode beschrijven :

- Genereer een periodiek patroon van aslijnen op de drager met eenzelfde helling en gelijke onderlinge afstand.
- Selecteer een pixel in de beeldinformatie, die overeenkomt met een roosterelement op de drager. Leg over de aslijnen een band waarvan de breedte evenredig is met gewenste densiteit van het roosterelement.

De gewenste densiteit van een roosterelement wordt bepaald door het beeldsignaal van de pixel en de waarneembaarheidscurve die het verband geeft tussen beeldsignalen en densiteit.

Voor een beeldsignaal dat overeenkomt met de geringste densiteit op de drager is de breedte van de band nul. Voor een beeldsignaal dat overeenkomt met de hoogste gewenste densiteit op de drager is de breedte van de band gelijk aan de onderlinge afstand tussen de aslijnen.

- Bereken de oppervlakte van het roosterelement die ook binnen de banden valt.
- Geef aan het roosterelement een densiteit die evenredig is met de berekende oppervlakte.

Is de berekende oppervlakte nul, met andere woorden heeft het roosterelement met geen enkele band een gemeenschappelijke oppervlakte, dan krijgt het roosterelement de geringste densiteit op de drager. Valt het roosterelement volledig binnen een band of zijn alle banden aaneengesloten, dan krijgt het roosterelement de hoogste gewenste densiteit op de drager.

De implementatie van deze methode gebeurt op een wijze analoog aan de voorgaande methode. Voor elk roosterelement van de rastercel wordt een pixeltooncurve samengesteld. Deze pixeltooncurve wordt op een identieke manier gebruikt als beschreven bij figuur 8.

De helling S is de tangens van de hoek aangeduid met de boog op figuur 9. In al onze voorbeelden is S een rationaal getal, dit betekent dat S kan geschreven worden als de verhouding van twee gehele getallen. Bij voorkeur zijn die twee gehele getallen - na vereenvoudiging - klein, zodat de rastercel dan ook klein is.

Hetzelfde geldt voor de verticale afstand D , die voor onze voorbeelden ook steeds een rationaal getal is.

Voor de samenstelling van de pixeltooncurven moeten volgende elementen gekend zijn :

- Het aantal rijen P en het aantal kolommen Q van roosterelementen in een rastercel.

- De helling S van de aslijnen. Dit is de tangens van de hoek tussen een aslijn en een horizontale.
- De positie (X_0, Y_0) die door een aslijn wordt aangedaan. Deze positie bepaalt de ligging van het raster relatief ten opzichte van de aslijnen.
- De verticale afstand D tussen twee opeenvolgende aslijnen.

Figuur 9 is samengesteld in de veronderstelling dat de roosterelementen vierkant zijn en een zijde met lengte 1 hebben. De andere gegevens zijn $P=9$, $Q=5$, $S=-9/20$, $D=9/4$ en de eis dat een aslijn door de linkerbovenhoek van de rastercel loopt.

Voor elk van de $9 \times 5 = 45$ roosterelementen kan de pixeltooncurve berekend worden door voor elk mogelijk beeldsignaal de breedte van de banden te bepalen en de oppervlakte gemeenschappelijk aan de banden en het roosterelement te berekenen, de densiteit te bepalen en het daarmee overeenkomstige energieniveau dat die densiteit veroorzaakt.

Figuur 10 toont voor deze uitvoeringsvorm een tweede voorbeeld met als parameters : $P=4$, $Q=8$, $S=1/2$, $D=4$ en de aslijn loopt door het centrum van het vierde roosterelement op de eerste rij van de rastercel. In deze figuur is het duidelijk dat de door banden bedekte oppervlakte in alle roosterelementen genummerd met 4 gelijk is. Het is ook duidelijk dat de roosterelementen genummerd met 5 een bedekte oppervlakte hebben gelijk aan die van de punten genummerd met 4. De roosterelementen 4 en 5 hebben dus identieke pixeltooncurven en worden hierom equivalente roosterelementen genoemd. Er zijn slechts vijf niet-equivalente roosterelementen : 1, 2+3, 4+5, 6+7 en 8. Voor lage densiteiten zal een pixel een belangrijke bijdrage leveren aan roosterelementen met nummer 1. Naarmate de densiteit toeneemt zal de bijdrage aan roosterelementen met nummers 2 en 3 verhogen. Voor nog hogere densiteiten komt de bijdrage eerst aan roosterelementen 4,5 dan aan 6,7 en tenslotte aan 8 ten goede. De specifieke bijdrage wordt evenwel meestal gelijk verdeeld aan acht, voor 1 en 8 aan vier roosterelementen toegekend.

In figuur 11 geven we de pixeltooncurven voor een rastercel met $P=4$, $Q=4$, $S=1$, $D=4$. Hierin zijn slechts drie uit zestien pixeltooncurven onderling verschillend.

In het extreme geval kunnen alle pixeltooncurven aan elkaar gelijk gemaakt worden. In figuur 12 worden de pixeltooncurven voor deze situatie geschetst. In dat geval vervalt de indeling in

rastercellen en wordt het systeem tenvolle op de densiteitsresolutie benut. Dit is aanvaardbaar voor hoge densiteiten met stabiele energieniveaus, maar geeft problemen voor de lage densiteiten, waar instabiele energieniveaus worden aangewend.

Om die redenen is het zinvol een mengvorm te voorzien tussen de hoger beschreven methode om pixeltooncurven samen te stellen en de situatie waar alle roosterelementen equivalent zijn. Voor lage densiteiten dient de methode met niet identieke pixeltooncurven het overwicht te vormen, voor hogere densiteiten is de methode met identieke pixeltooncurven aangewezen. In figuur 13 tonen we de pixeltooncurven voor een implementatie waarbij de invloed van de eerste methode (figuur 11) lineair afneemt in functie van de grootte van het beeldsignaal en de invloed van de tweede methode (figuur 12) lineair toeneemt.

Andere mengvormen zijn denkbaar, waarbij de gewichten een niet-lineaire functie zijn van de beeldsignalen.

Het feit dat roosterelementen equivalent zijn, beperkt het aantal verschillende densiteiten dat kan weergegeven worden met een systeem met een beperkt aantal energieniveaus. Daarom kan men een situatie kiezen die met bijna gelijke rastercelparameters aanleiding geeft tot minder equivalente roosterelementen. Dit kan bijvoorbeeld door de ligging van het punt (X_0, Y_0) waar een aslijn moet door lopen te wijzigen. In figuur 14 worden de pixeltooncurven getoond voor een 4×4 rastercel met $S=1$ en $D=4$, waarbij de aslijn niet door het centrum van het roosterelement in de linkerbovenhoek van de rastercel loopt, maar een neerwaartse verschuiving van een kwart roosterelement onderging. Ook deze methode kan uiteraard gemengd worden met de methode met identieke pixeltooncurven.

Een andere manier om de degradatie in equivalente roosterelementen tegen te gaan is verschillende perturbaties aanbrengen op de pixeltooncurven per roosterelement. Deze perturbaties dienen dan wel van die aard te zijn dat het netto effect voor de ganse rastercel geen densiteitsverandering teweegbrengt. Dit kan bij voorkeur gebeuren door de perturbaties, die men aanbrengt op een pixeltooncurve, te compenseren op een pixeltooncurve van een equivalent roosterelement. Indien meerdere roosterelementen in een rastercel equivalent met elkaar zijn, kan men bij voorkeur de perturbaties compenseren bij het dichtstbijgelegen roosterelement. Verderaf gelegen paren van

equivalente roosterelementen kunnen dan al of niet eenzelfde perturbatie ondergaan.

Deze methode is zeer geschikt voor de weergave van beelden die samengesteld zijn uit meerdere kleurcomponenten. Positioneringsfouten van de drager ten opzichte van het schrijfsysteem geven voor vele rastertechnieken ongewenste kleurveranderingen. Het bandenpatroon in deze rastermethode verhoogt de ongevoeligheid voor positioneringsfouten. Voor elke kleurcomponent wordt een andere helling S der aslijnen gekozen. Doel is ook tweede orde Moire effecten te voorkomen, door technieken beschreven in het US patent 5,155,599. Voor de verschillende kleuren kiezen we bij voorkeur een set van rasters getoond in figuur 15 met volgende parameters :

K : Zwart : $P=4$, $Q=4$, $S=1$, $D=4$

C : Cyan : $P=3$, $Q=12$, $S=-1/4$, $D=3$

M : Magenta : $P=12$, $Q=3$, $S=-4$, $D=12$

Y : Geel : $P=4$, $Q=4$, $S=-1$, $D=4$ (Niet getoond op figuur 15)

Hoewel de grootste rastercel 36 roosterelementen bevat, hoeft men slechts zes verschillende pixeltooncurven te bewaren. De equivalente cellen dienen dan naar dezelfde pixeltooncurve te refereren.

In figuur 16 wordt een rastercel getoond van 15×15 roosterelementen. De drie kleurcomponenten hebben een rastercel met rationale tangënten voor de helling en rationale afstanden tussen de aslijnen van de evenwijdige banden. De parameters zijn als volgt :

K : Zwart : $P=15$, $Q=15$, $S=1$, $D=5$

C : Cyan : $P=15$, $Q=15$, $S=-1/4$, $D=15/4$

M : Magenta : $P=15$, $Q=15$, $S=-4$, $D=15$

Y : Geel : $P=15$, $Q=15$, $S=-1$, $D=5$ (Niet weergegeven op figuur 16)

Een analyse van de figuur 16 leert dat er slechts vijftien verschillende pixeltooncurven zijn voor de 225 roosterelementen.

Een derde uitvoeringsvorm vertrekt van een willekeurige bestaande binaire rastertechniek voor een - eventueel fictief - schrijfsysteem met hoge resolutie. In figuur 17 wordt een rastercel 24 getoond met $P=4$ en $Q=5$ reële roosterelementen 33 voor een schrijfsysteem met meerdere energieniveaus. Elk reëel roosterelement 33 bevat zestien (4×4) fictieve roosterelementen 34 van een binair schrijfsysteem met een viermaal hogere spatiale resolutie. De fictieve roosterelementen 34 leveren een fictieve rastercel 24 met

$20 \times 16 = 320$ fictieve roosterelementen 34. Binnen deze fictieve rastercel 24 kunnen fictieve rasterpunten 35 bepaald worden voor elk beeldsignaal. Deze fictieve rasterpunten 35 bevatten een aantal fictieve roosterelementen 34 die alle tot één reëel roosterelement 33 behoren. Dit aantal komt overeen met een bepaalde densiteit, die de energiewaarde bepaalt voor dat reëel roosterelement 33. In een vereenvoudigde versie kan men het aantal tekenende fictieve roosterelementen 34 per reëel roosterelement 33 tellen en gebruiken als energieniveau-index. In het voorbeeld op figuur 17 zou het roosterelement op de tweede rij, tweede kolom van de rastercel de index 5 bekomen.

Men kan zich in figuur 18 een situatie voorstellen waarbij de reële roosterelementen 33 geen volledige fictieve roosterelementen 34 bedekken. In dat geval telt men het fictieve roosterelement mee voor de fractie van de oppervlakte van het fictieve roosterelement 34 dat door het reële roosterelement 33 overdekt wordt. In de figuur 18 tellen vier fictieve roosterelementen volledig mee, vier half en één slechts voor een vierde.

Ofschoon deze uitvinding werd beschreven verwijzend naar begunstigde uitvoeringsvormen, is het voor de vakman duidelijk dat wijzigingen in vorm en details kunnen aangebracht worden zonder af te wijken van de geest en het bereik van de uitvinding.

21. Drager
22. Roosterelement
23. Schrijfsysteem
24. Rastercel
25. Rastereenheid
26. Beeldsignaalgeheugenmodule
27. Adresgeneratormodule
28. Klok
29. Pixel
30. Raster
31. Rastercel
32. Adres naar roosterelement transformatie
33. reëel roosterelement
34. fictief roosterelement
35. fictief rasterpunt
36. Energieniveaumodule
41. Laser diode stuursysteem
42. Optisch systeem van de laser printer
43. Fotogevoelige trommel
44. Ladingscorona
45. Elektro optisch schrijfsysteem
46. Geleidende binnentrommel met aarding
47. Ontwikkeleenheid
48. Overdrachtcorona
49. Drager
50. Zuiveringsstation
51. Fixeerstation
52. Horizontale aslijn
53. Schrijfrichting
54. Overgang Wit naar LichtGrijs
55. Overgang LichtGrijs + DonkerGrijs naar Donker
56. Overgang Donker naar LichtGrijs en DonkerGrijs
57. Overgang LichtGrijs en DonkerGrijs naar Wit
58. Kruisje
59. Grijswig
60. Roosterelement
61. Rastercel
62. Pixeltooncurve
63. Tabelwaarde

EISEN

1. Een methode voor het registreren van een beeld op een drager door een schrijfsysteem, bestaande uit volgende stappen :
 - de drager wordt opgedeeld in roosterelementen, adresseerbaar met een adres (x,y) ;
 - het beeld wordt voorgesteld door één pixel per roosterelement, elke pixel heeft als informatie het adres (x,y) en een beeldsignaal $I_{x,y}$;
 - een raster verdeelt alle roosterelementen in partities van identieke rastercellen, bestaande uit M (M geheel en $M > 1$) roosterelementen R_i ;
 - elk roosterelement R_i heeft een pixeltooncurve L_i geassocieerd, die het beeldsignaal $I_{x,y}$ omzet in een energieniveau E_j ;
 - voor elke pixel wordt uit het adres (x,y) het roosterelement R_i bepaald en wordt het beeldsignaal $I_{x,y}$ getransformeerd door middel van de corresponderende pixeltooncurve L_i , naar een geschikt energieniveau E_j ;
 - het schrijfsysteem zet het energieniveau E_j om in een densiteit op het roosterelement met adres (x,y) ;

wordt hierin gekarakteriseerd dat er N (N geheel en $N > 2$) energieniveaus E_j - gerangschikt in stijgende of dalende energieniveauvolgorde - en een index S ($1 < S < N$) zo gekozen worden dat :

 - E_1 een niet-tekenend en stabiel energieniveau is ;
 - $E_S \dots E_N$ tekenende en stabiele energieniveaus zijn ; en
 - alle andere energieniveaus tekenend en instabiel zijn.
2. De methode van eis 1, waarin alle pixeltooncurven L_i eenzelfde beeldsignaal $I_{*,*}$, bestemd voor een densiteit hoger dan een bepaalde densiteit D_S , uitsluitend transformeren naar stabiele energieniveaus.
3. De methode van eis 2, waarin de keuze uit stabiele energieniveaus beperkt is tot twee opeenvolgende energieniveaus E_j en E_{j+1} .
4. De methode van eis 1, waarin eenzelfde beeldsignaal $I_{*,*}$,

- bestemd voor een dichtheid lager dan een bepaalde dichtheid D_s ,
- door een eerste groep pixeltooncurven L_i wordt getransformeerd naar een stabiel tekenend energieniveau ;
 - door een tweede groep pixeltooncurven L_i wordt getransformeerd naar een stabiel niet-tekenend energieniveau.
 - door een derde groep pixeltooncurven L_i wordt getransformeerd naar een instabiel energieniveau.
5. De methode van eis 4, waarin het aantal pixeltooncurven behorende tot de derde groep voor alle beeldsignalen $I_{*,*}$ beperkt is tot een fractie van het aantal pixeltooncurven behorende tot de eerste en tweede groep samen voor dit beeldsignaal $I_{*,*}$.
6. De methode van eis 4, waarin het aantal pixeltooncurven behorende tot de derde groep voor alle beeldsignalen $I_{*,*}$ beperkt is tot een fractie van het aantal pixeltooncurven behorende tot de eerste groep voor dit beeldsignaal $I_{*,*}$.
7. De methode van eis 5 of 6, waarin de fractie 15 procent bedraagt.
8. De methode van eis 4, waarin de derde groep voor ieder beeldsignaal $I_{*,*}$ maximaal 1 pixeltooncurve bevat.
9. De methode van eis 4, 5, 6, 7 of 8 waarin uitsluitend E_s wordt gekozen als stabiel tekenend energieniveau.
10. De methode van eis 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 of 9, waarin de dichtheid D_s verkregen wordt door aan alle roosterelementen van de drager de energie met energieniveau E_s toe te voeren.
11. Een methode voor het registreren van een beeld op een drager door een schrijfsysteem, bestaande uit volgende stappen :
- de drager wordt opgedeeld in roosterelementen, adresseerbaar met een adres (x,y) ;
 - het beeld wordt voorgesteld door één pixel per roosterelement, elke pixel heeft als informatie het adres

- (x,y) en een beeldsignaal $I_{x,y}$;
- een raster verdeelt alle roosterelementen in partities van identieke rastercellen, bestaande uit M (M geheel en $M > 1$) roosterelementen R_i ;
 - elk roosterelement R_i heeft een pixeltooncurve L_i geassocieerd, die het beeldsignaal $I_{x,y}$ omzet in een energieniveau E_j ;
 - voor elke pixel wordt uit het adres (x,y) het roosterelement R_i bepaald en wordt het beeldsignaal $I_{x,y}$ getransformeerd door middel van de corresponderende pixeltooncurve L_i , naar een geschikt energieniveau E_j ;
 - het schrijfsysteem zet het energieniveau E_j om in een densiteit op het roosterelement met adres (x,y) ;
- wordt hierin gekarakteriseerd dat de pixeltooncurven L_i elke waarde van het beeldsignaal omzetten in een energieniveau dat een microdensiteit veroorzaakt die evenredig is met een oppervlakte binnen het overeenkomstig roosterelement R_i , waarbij de oppervlakte gedefinieerd wordt als het deel van het roosterelement R_i dat overdekt wordt door één of meerdere banden, waarvan de breedte evenredig is met de densiteitswaarde die het beeldsignaal vertegenwoordigt, en waarbij de aslijnen van alle banden evenwijdig zijn, eenzelfde onderlinge afstand hebben en zodanig gepositioneerd en georiënteerd zijn dat de aslijnen ononderbroken doorlopen in naburige rastercellen.

12. De methode uit eis 11, waarin de verkregen pixeltooncurven L_i worden gecombineerd met halftoon pixeltooncurven K_i die onderling identiek zijn en waarvan de som der halftoon pixeltooncurven K_i over de index i dezelfde curve geeft als de som der pixeltooncurven L_i over index i , waarbij de combinatie C_i verkregen wordt uit een gewogen som, waarin de som der gewichten steeds 1 is.

$$C_i = w_i \cdot L_i + v_i \cdot K_i \quad \text{met} \quad w_i + v_i = 1$$

13. De methode uit eis 12, waarin de gewichten w_i een functie zijn van de beeldsignalen $I_{x,y}$.
14. De methode uit eis 12, waarin de gewichten w_i een lineaire functie zijn van de beeldsignalen $I_{x,y}$.

15. De methode van eis 11, 12, 13 of 14, waarin minstens 1 aslijn door het centrum van minstens 1 roosterelement loopt.
16. De methode van eis 11, 12, 13 of 14, waarin de aslijnen niet door de centra van de roosterelementen lopen.
17. De methode van eis 11, 12, 13, 14, 15 of 16, waarin de aslijn een rationale tangens heeft.
18. De methode van eis 11, 12, 13, 14, 15, 16 of 17, waarin de verticale afstand tussen twee aslijnen steeds rationaal is.
19. De methode van eis 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 of 18 waarin equivalente pixeltooncurven gedifferentieerd worden door een perturbatie op de functiewaarden.
20. De methode van eis 19 waarin de perturbaties zodanig zijn dat de algebraïsche som der perturbaties binnen elke groep equivalente pixeltooncurven nul is.
21. De methode van eis 20, waarin de perturbaties afwisselend positief en negatief zijn voor naburige equivalente cellen.
22. Een methode voor het registreren van een beeld op een drager door een schrijfsysteem, bestaande uit volgende stappen :
 - de drager wordt opgedeeld in roosterelementen, adresseerbaar met een adres (x,y) ;
 - het beeld wordt voorgesteld door één pixel per roosterelement, elke pixel heeft als informatie het adres (x,y) en een beeldsignaal $I_{x,y}$;
 - een raster verdeelt alle roosterelementen in partities van identieke rastercellen, bestaande uit M (M geheel en $M > 1$) roosterelementen R_i ;
 - elk roosterelement R_i heeft een pixeltooncurve I_i geassocieerd, die het beeldsignaal $I_{x,y}$ omzet in een energieniveau E_j ;
 - voor elke pixel wordt uit het adres (x,y) het roosterelement R_i bepaald en wordt het beeldsignaal $I_{x,y}$

- getransformeerd door middel van de corresponderende pixeltooncurve L_i , naar een geschikt energieniveau E_j ;
- het schrijfsysteem zet het energieniveau E_j om in een densiteit op het roosterelement met adres (x,y) ;
- wordt hierin gekarakteriseerd dat elke pixeltooncurve een gewogen som is van binaire pixeltooncurven uit een binaire rastermethode met hogere resolutie.
23. De methode uit eis 22, waarin de gewichten een functie zijn van de gemeenschappelijke oppervlakte van het roosterelement van deze methode en het roosterelement van de binaire methode.
24. De methode uit eis 23, waarin de functie lineair is.

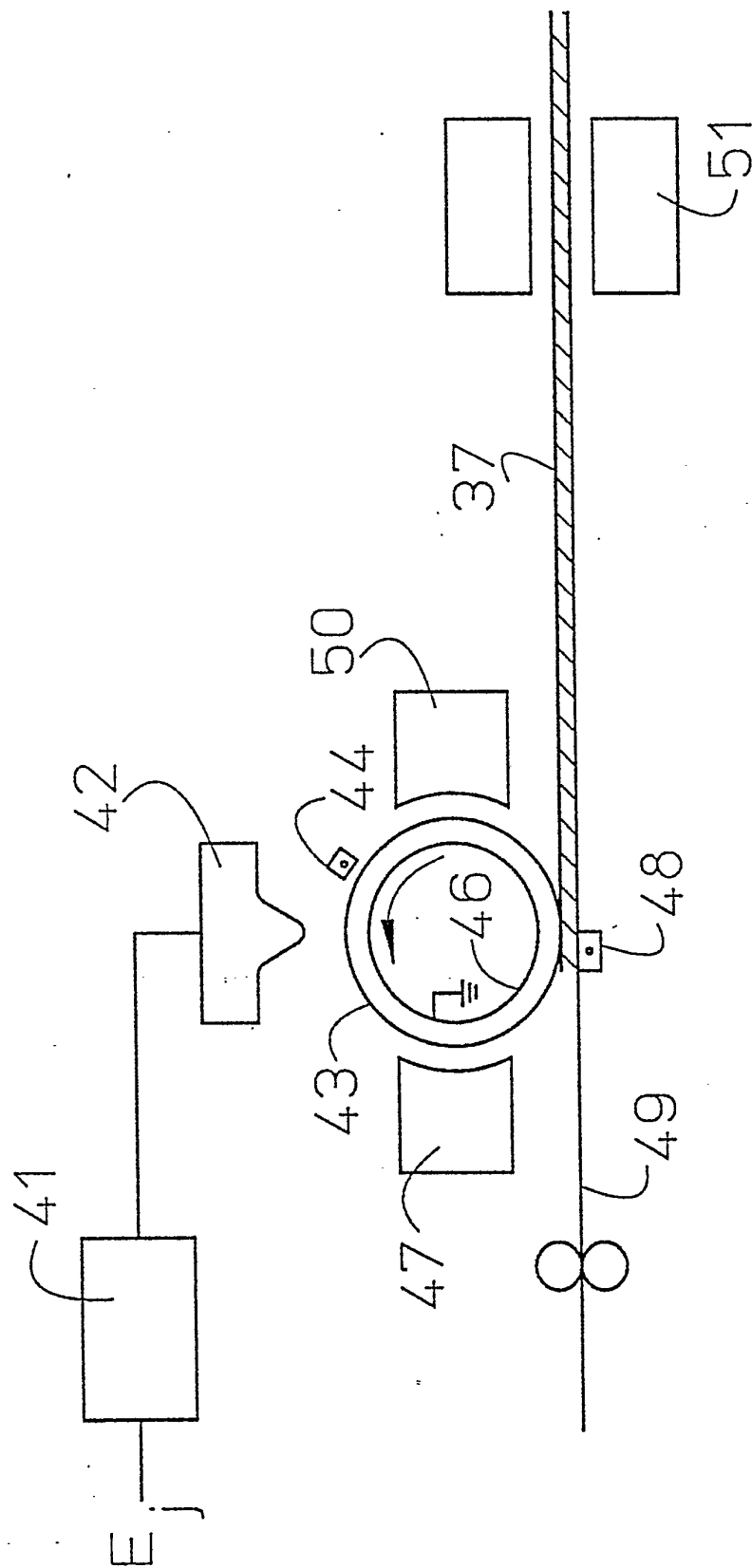


FIG.1

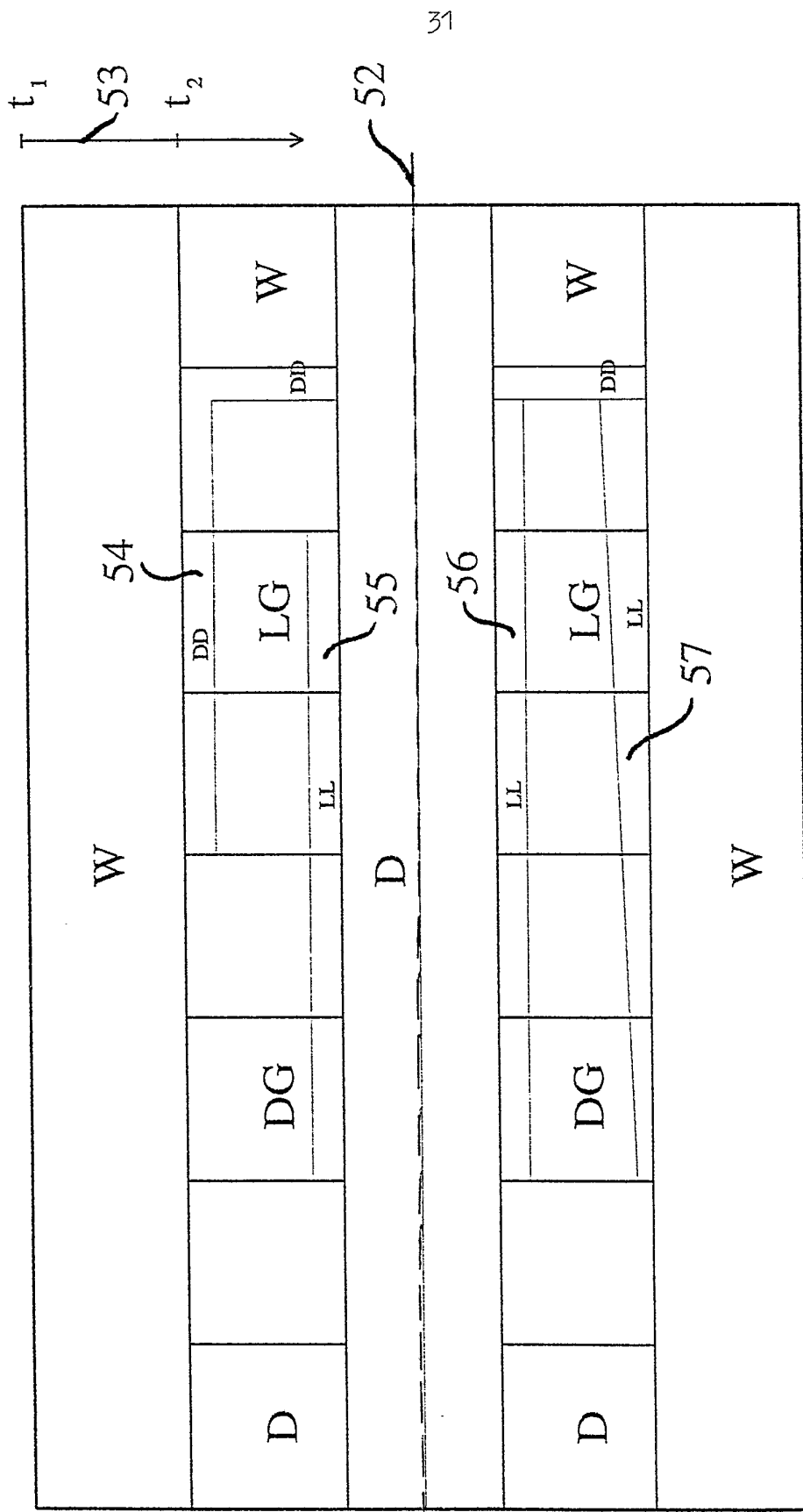
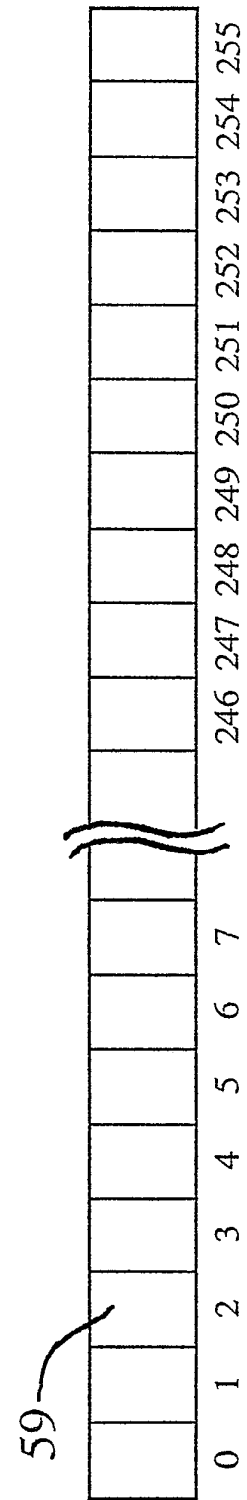
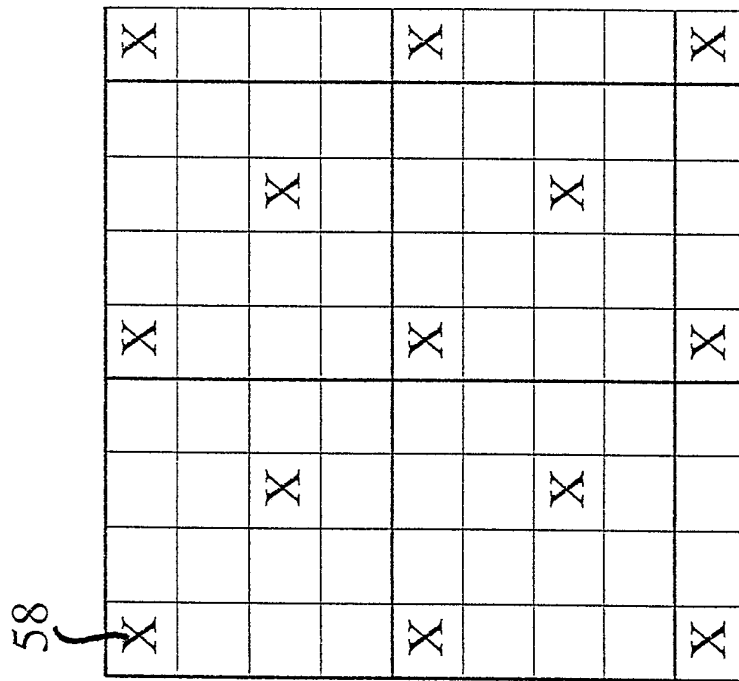
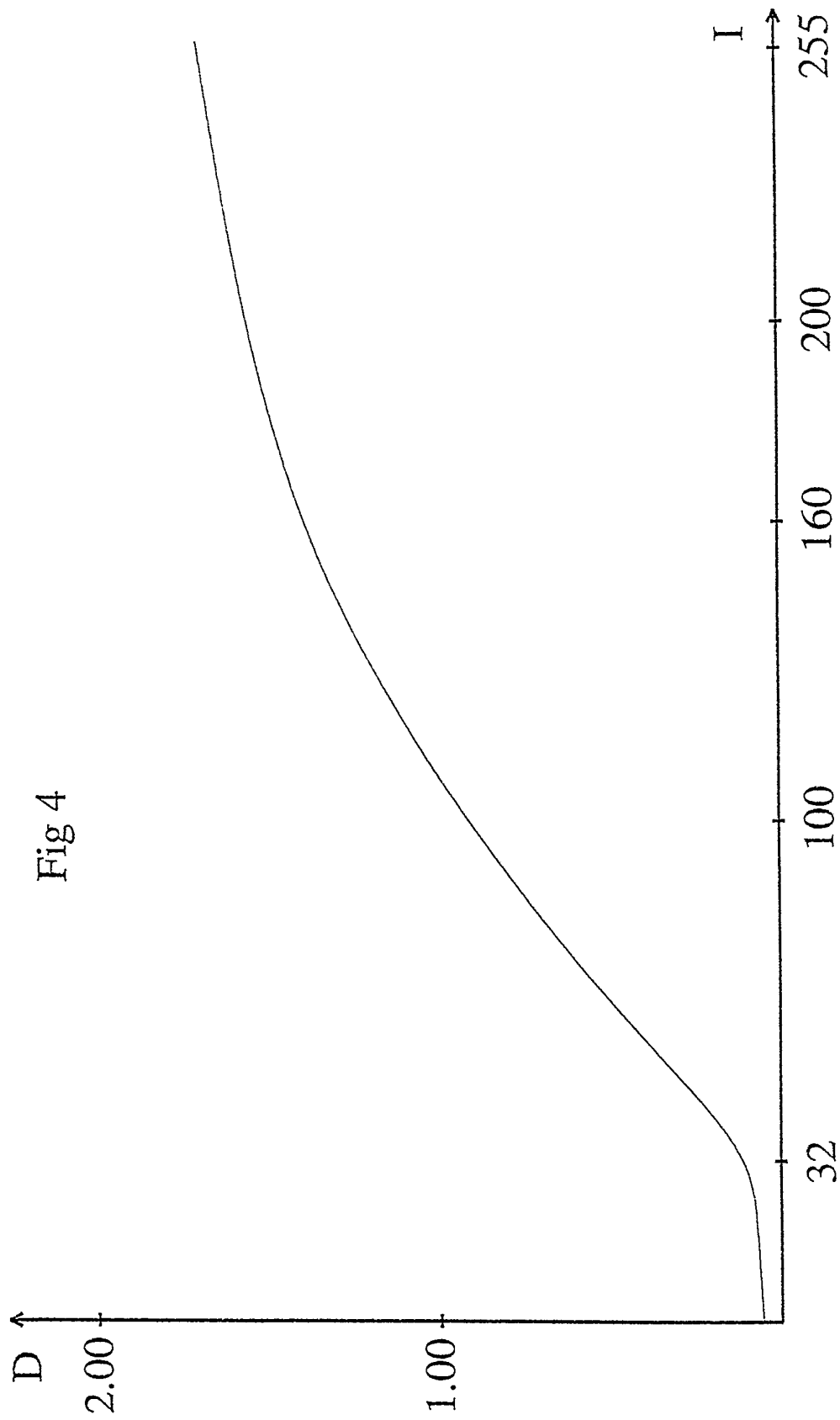


Fig 2

Fig 3





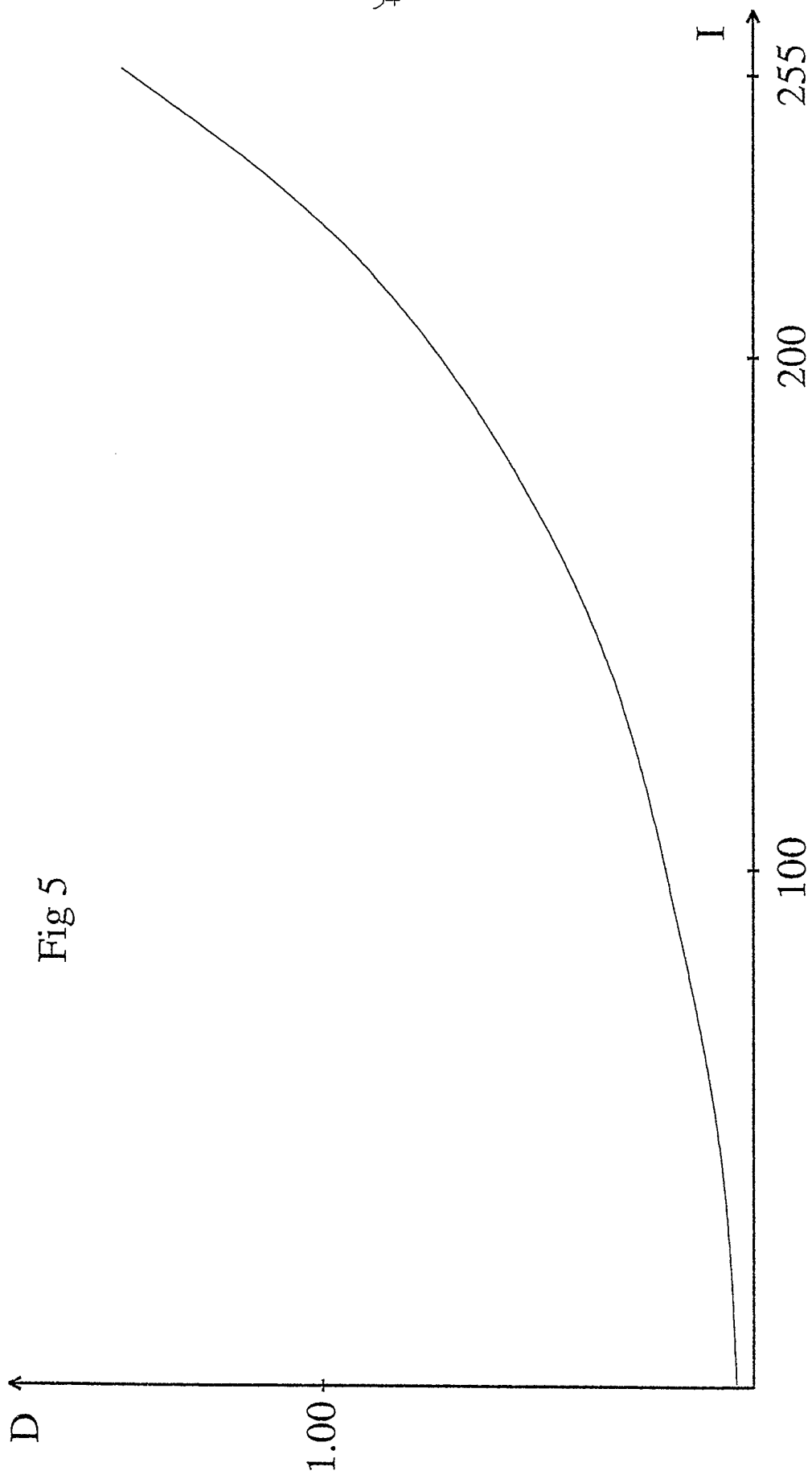


Fig 5

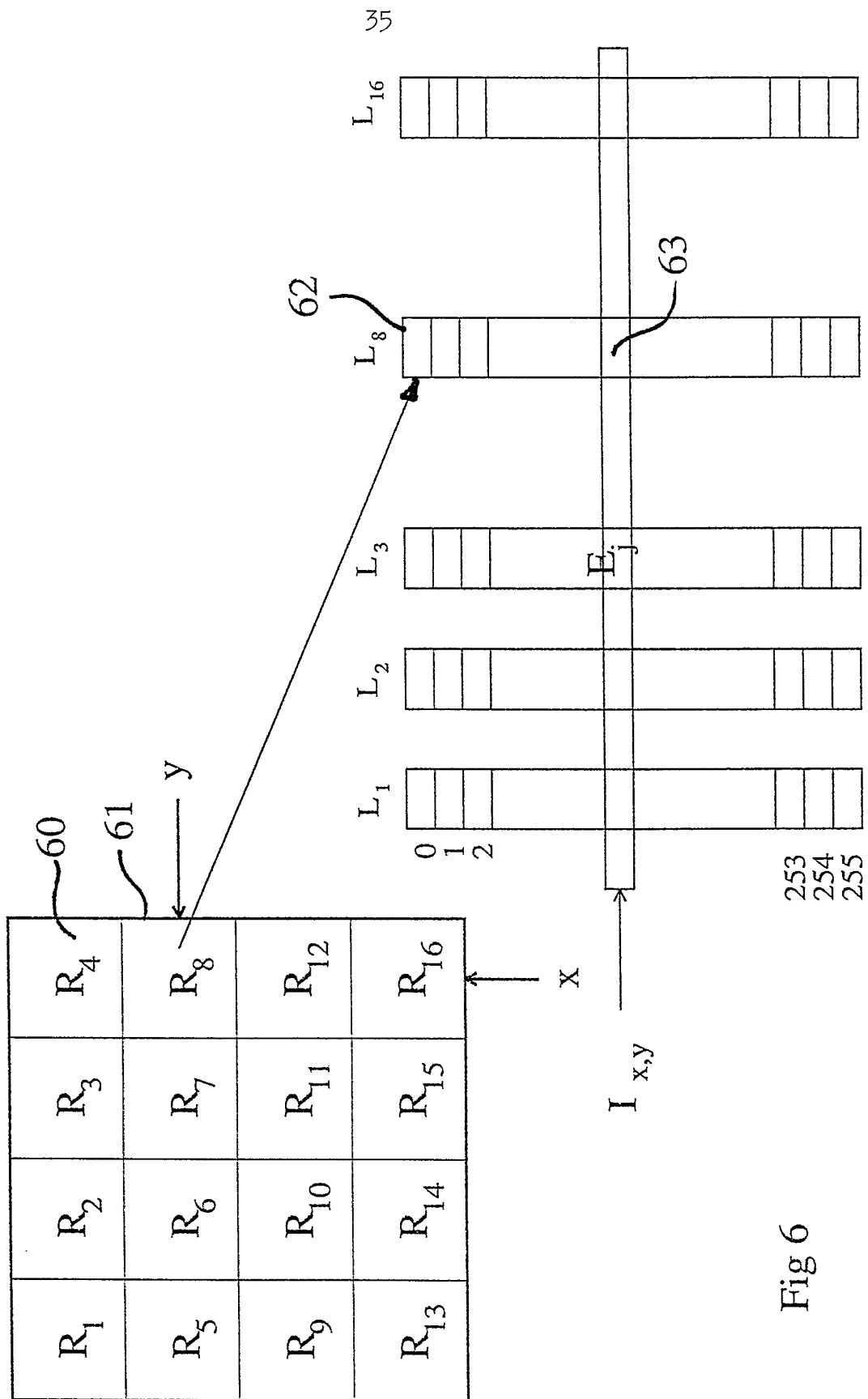
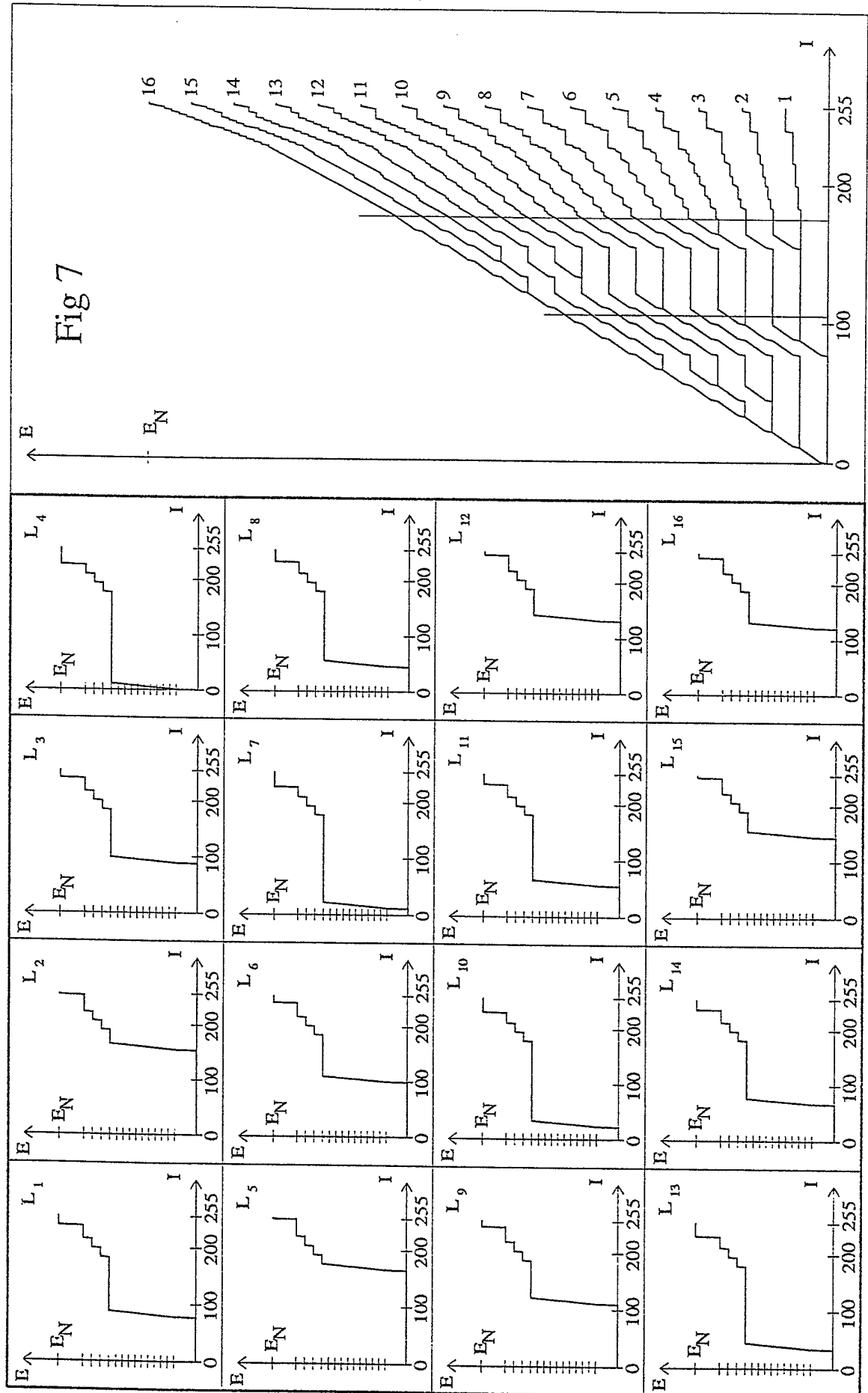


Fig 6



37

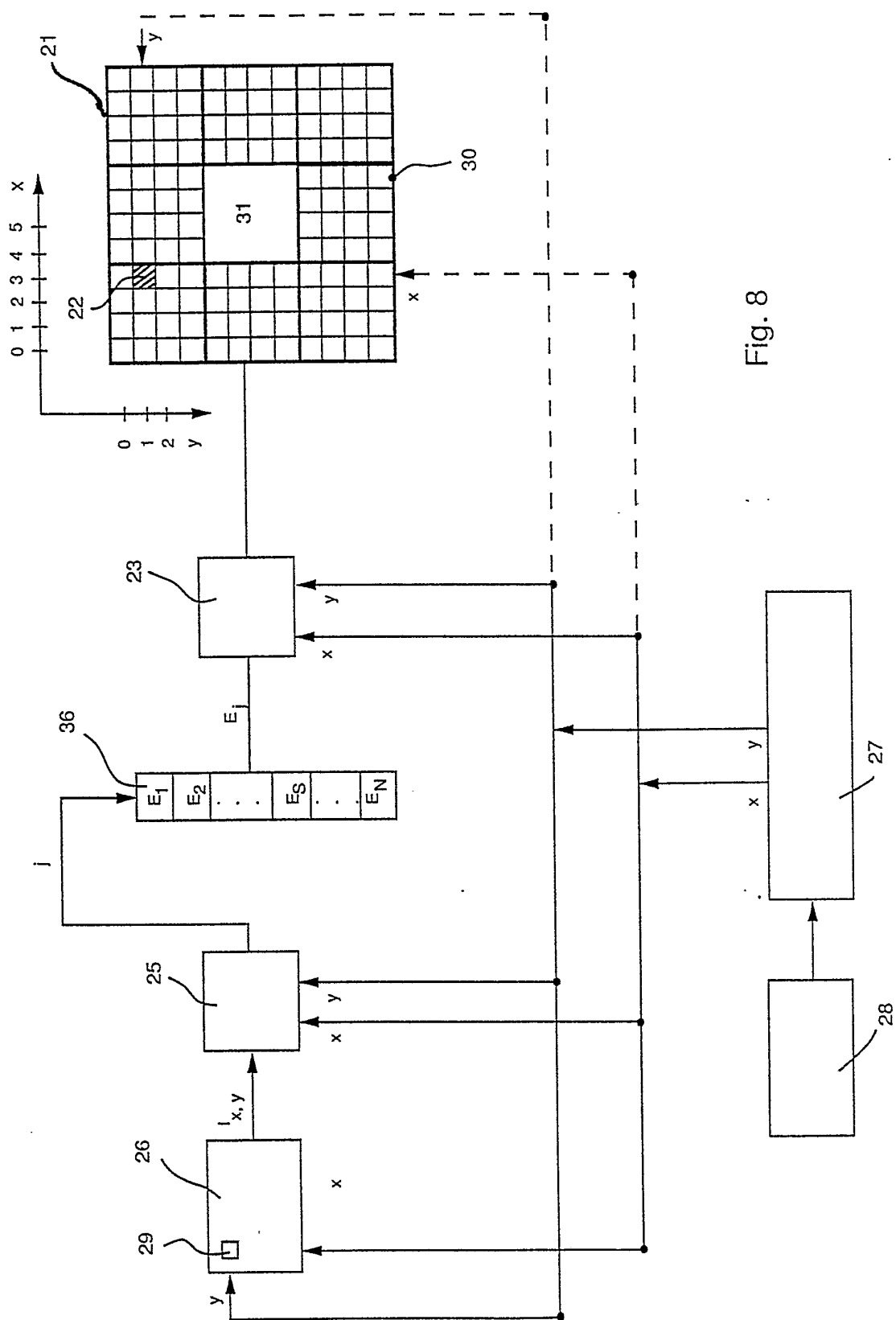
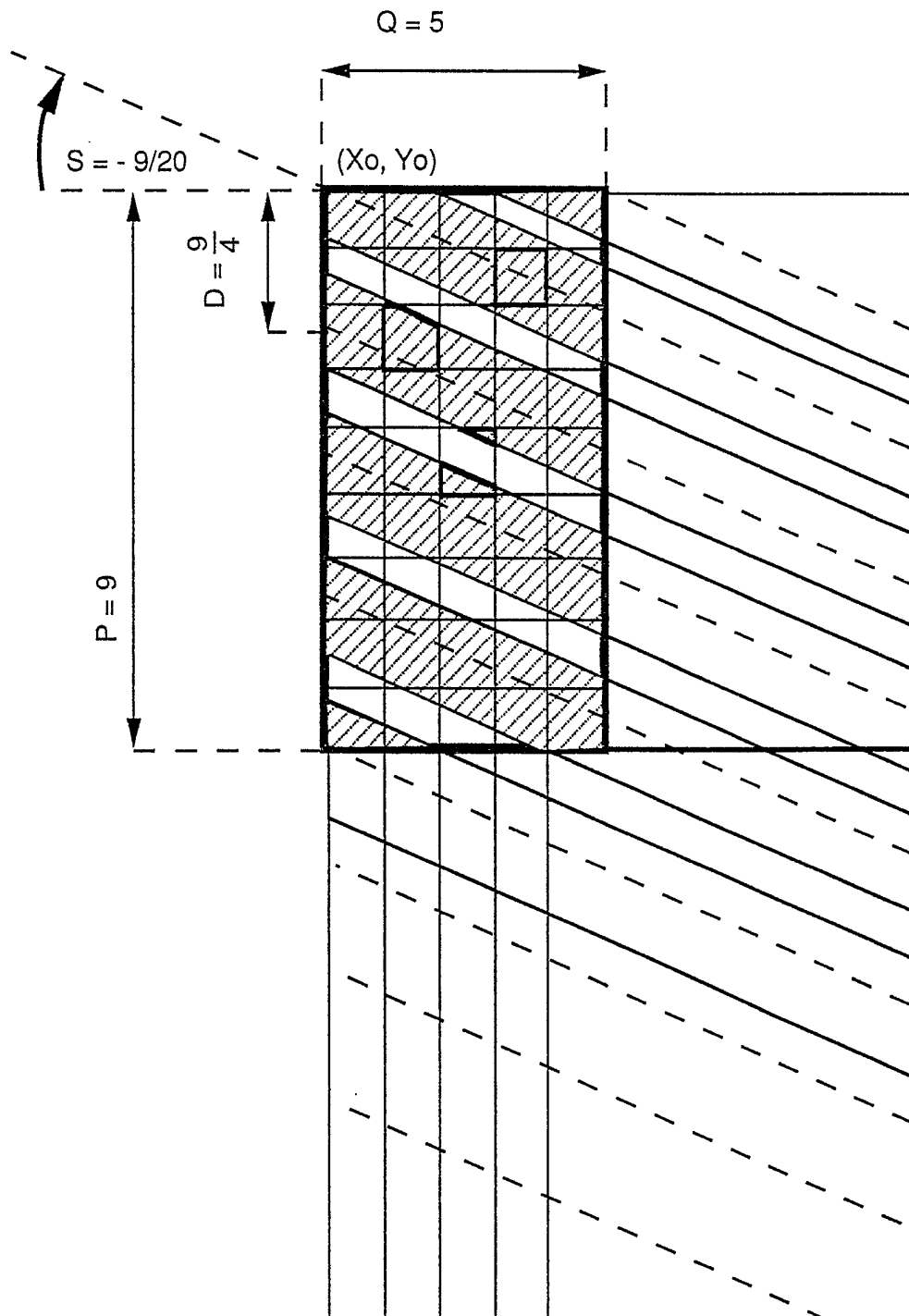


Fig. 8

Fig. 9



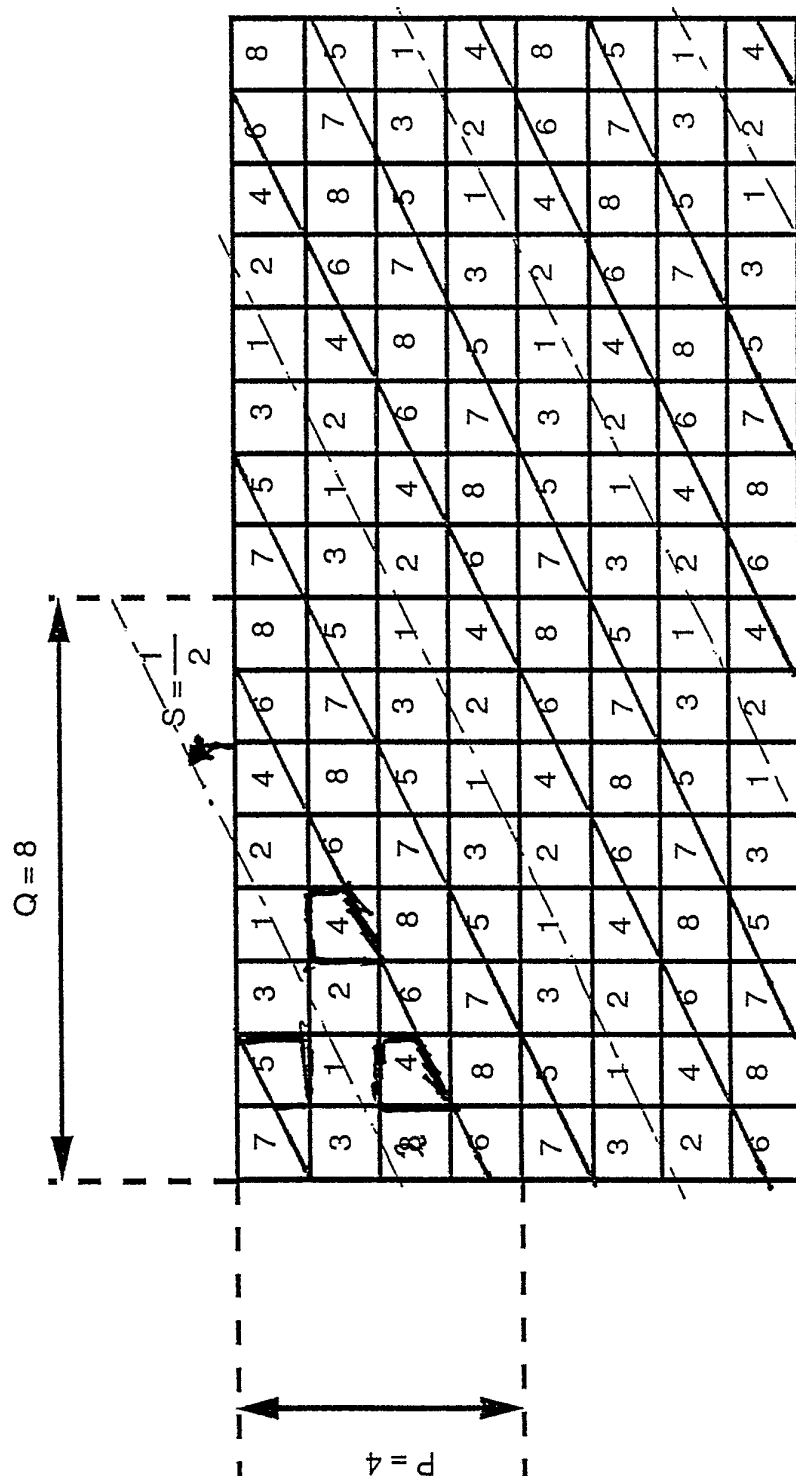
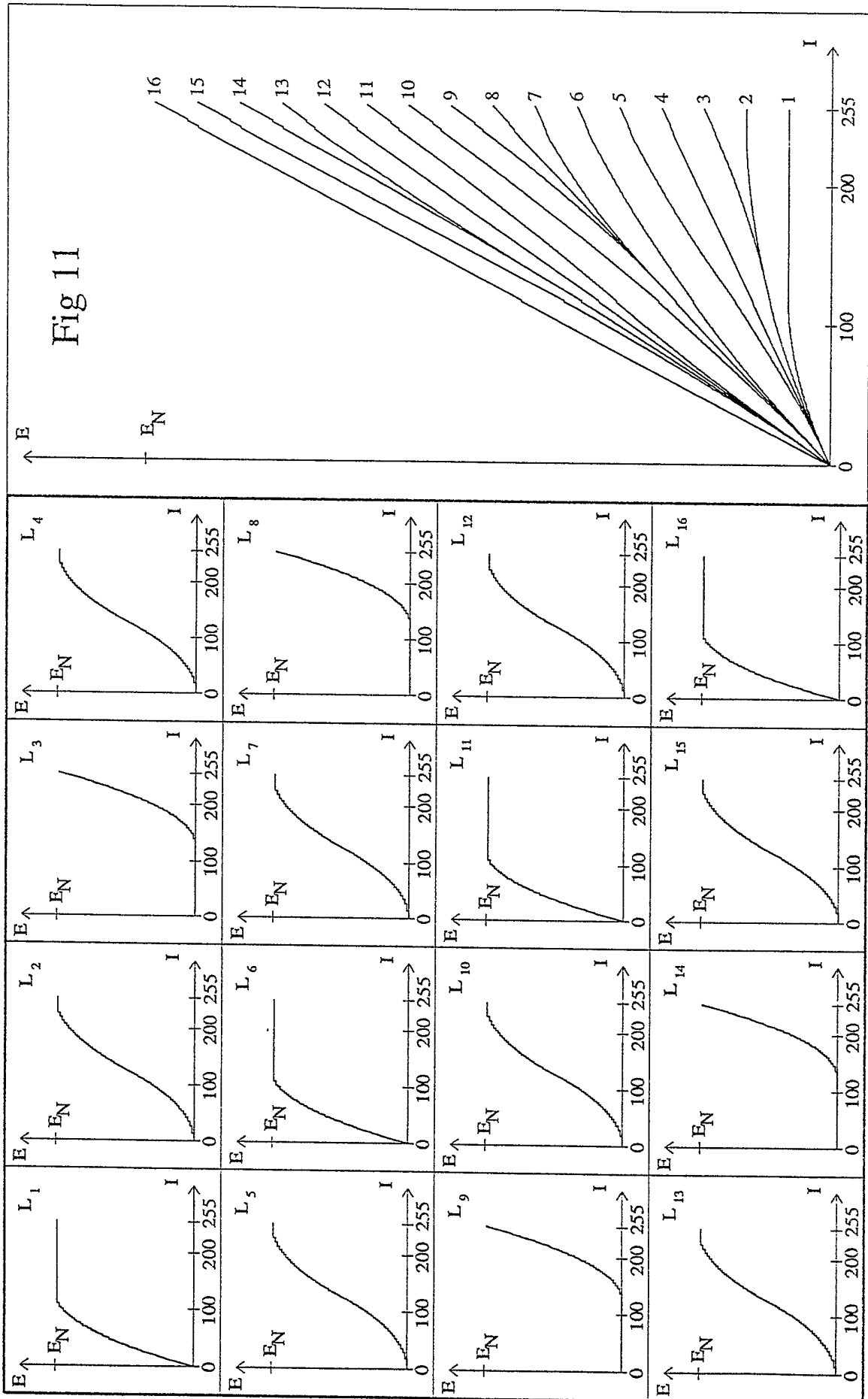
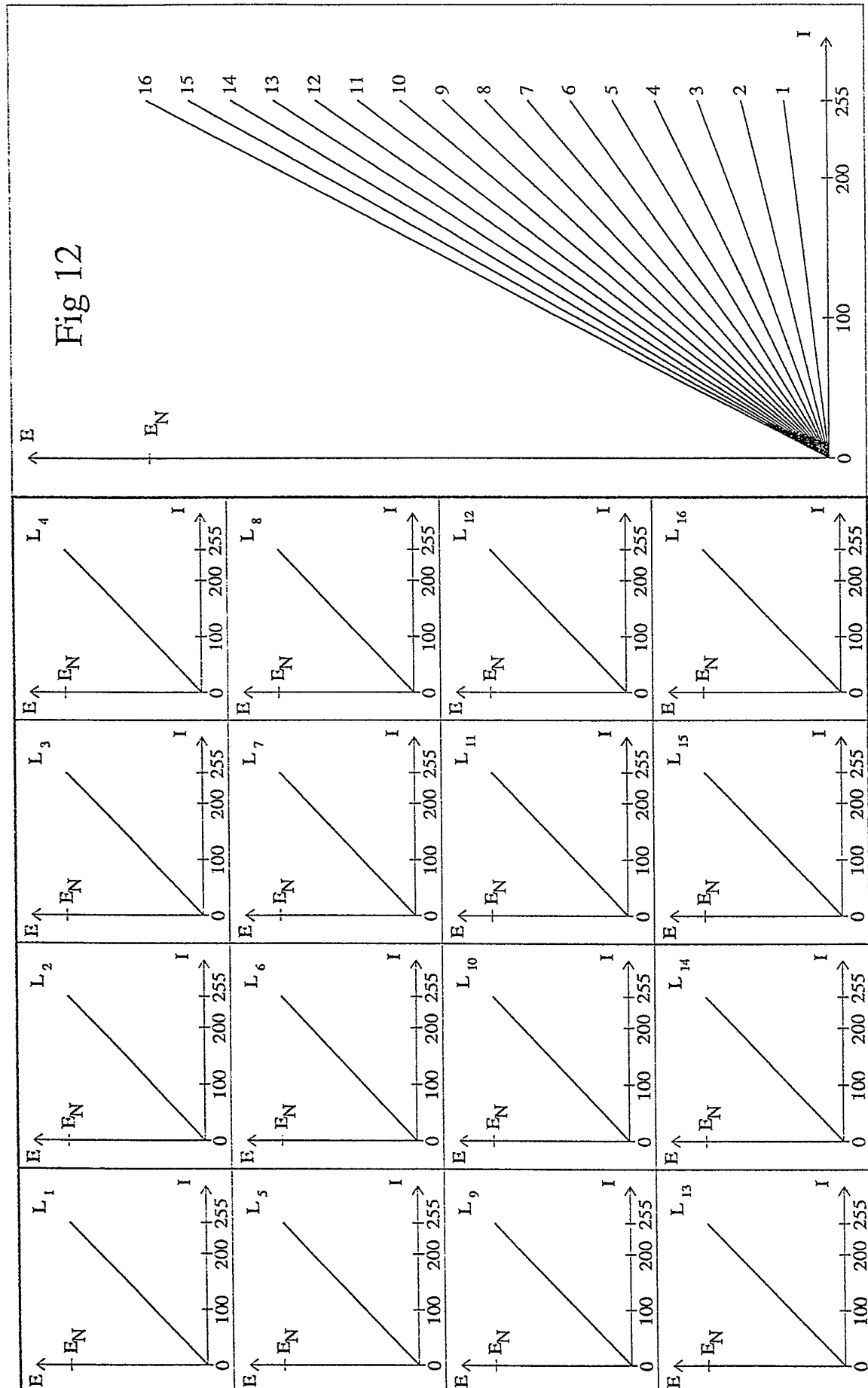
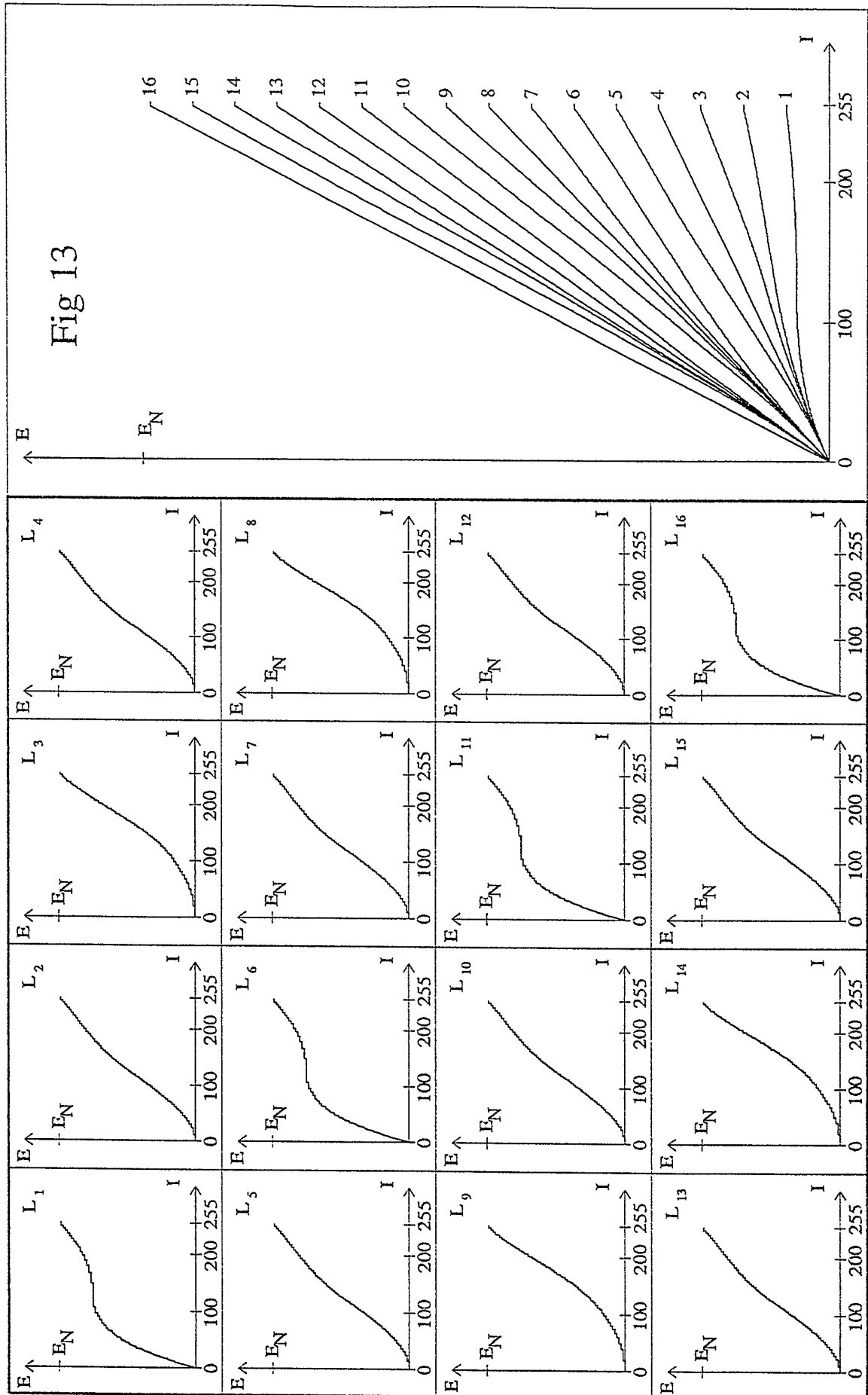
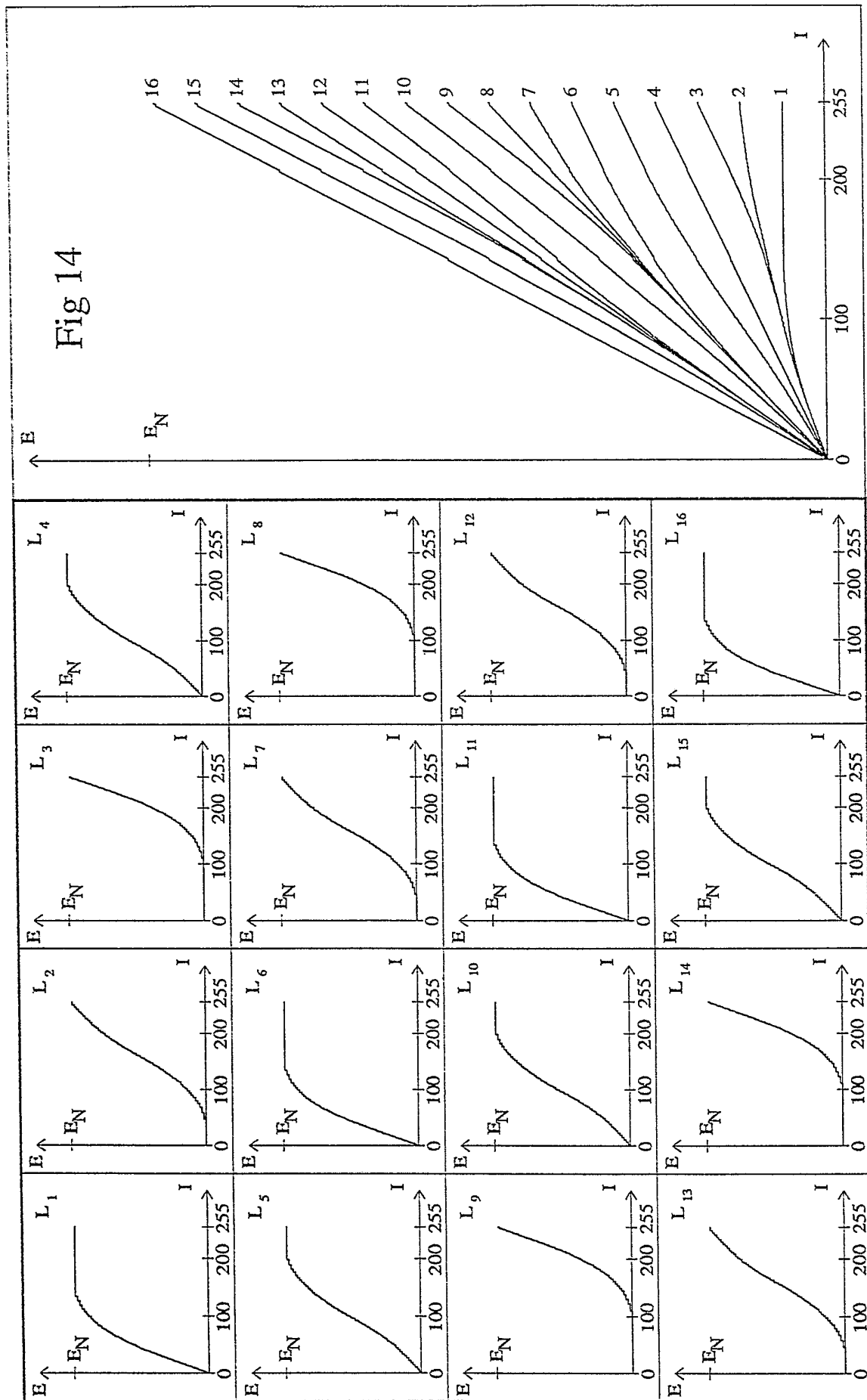


Fig 10









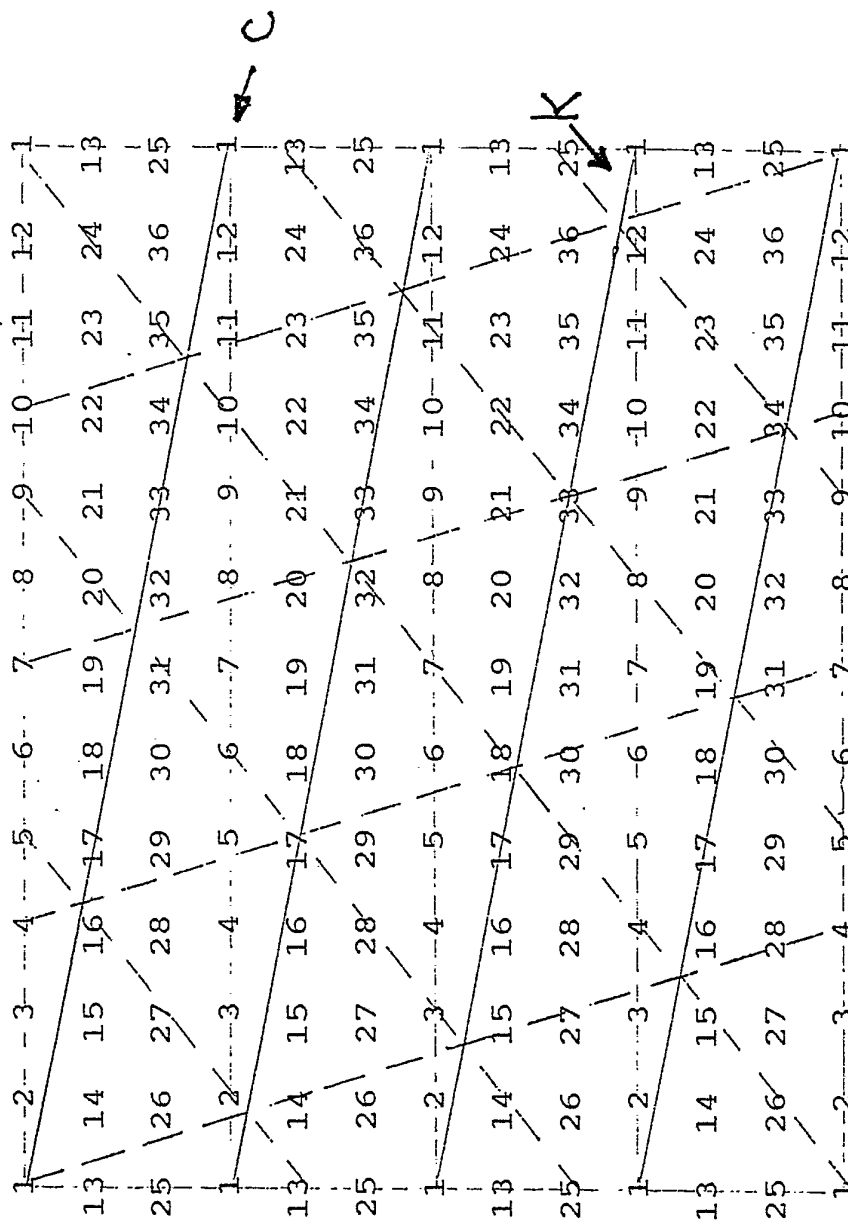


Fig 15

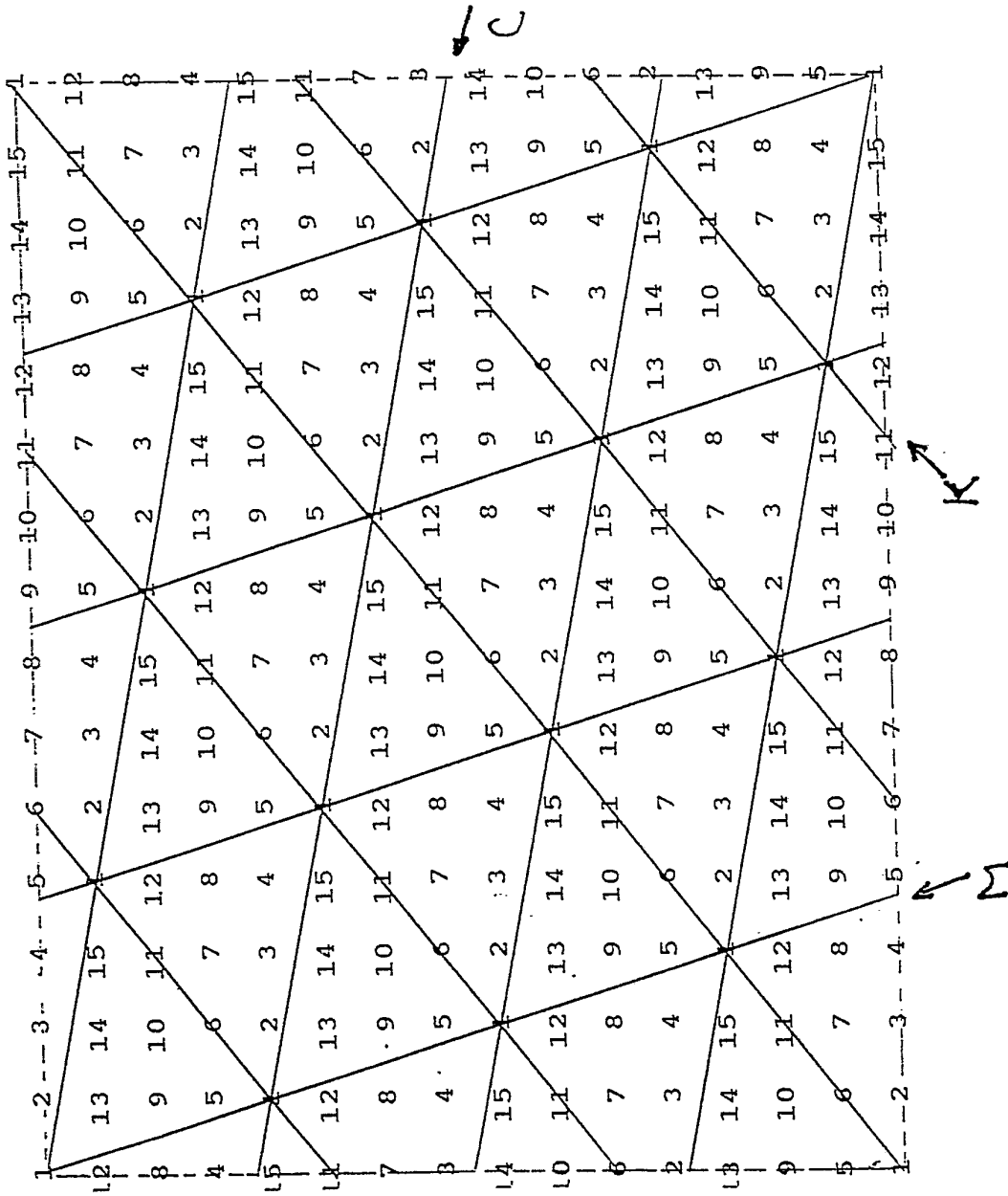


Fig 16

46

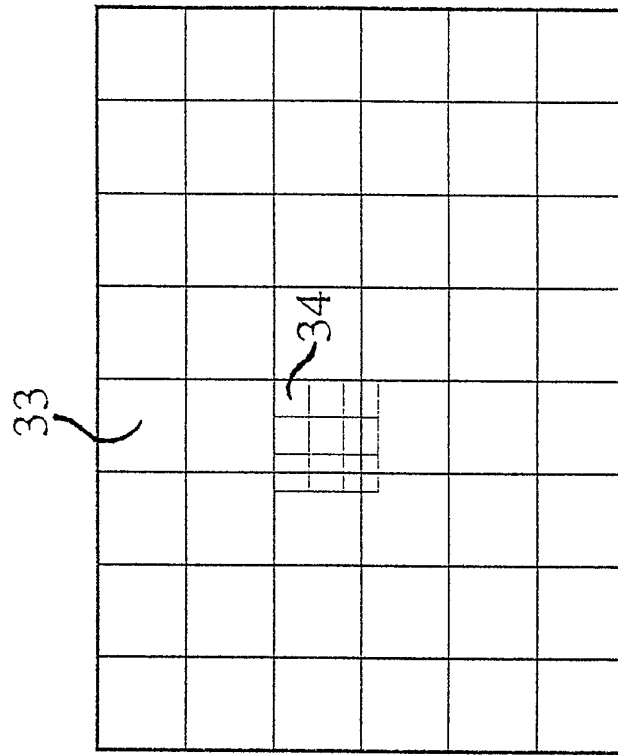


Fig 18

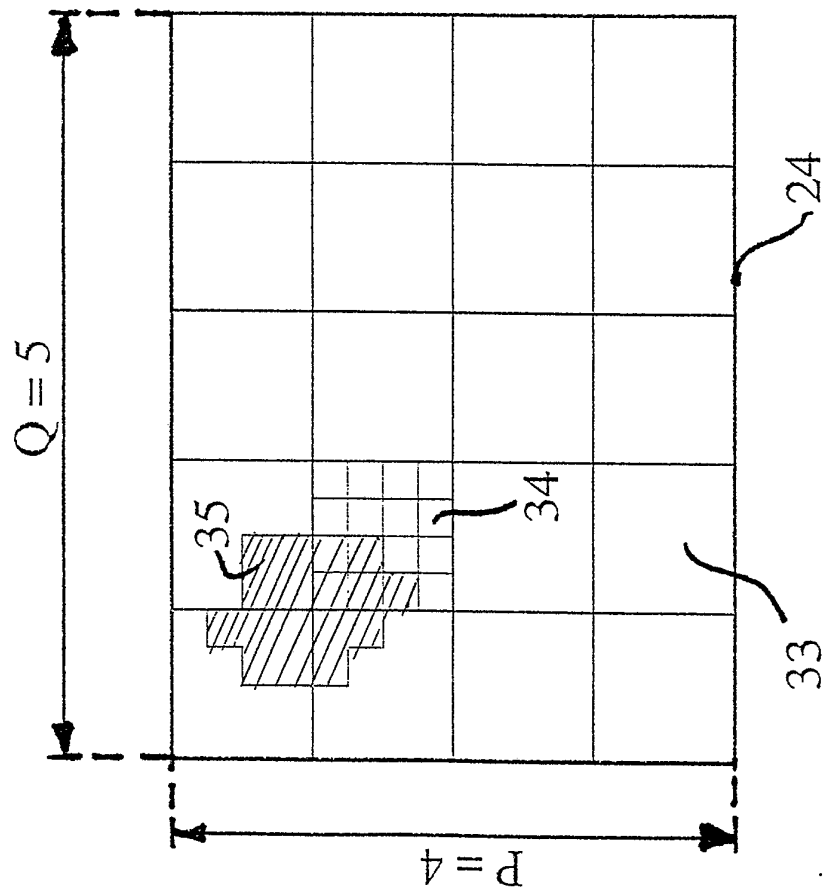


Fig 17



Europees
Octrooibureau

VERSLAG BETREFFENDE HET ONDERZOEK

opgesteld krachtens artikel 21 § 1 en 2
van de Belgische wet op de uitvindingsoctrooien
van 28 maart 1984

Nummer van de
nationale aanvraag:

BO 4597
BE 9300713

VAN BELANG ZIJNDE LITERATUUR			
Categorie	Vermelding van literatuur met aanduiding voor zover nodig, van speciaal van belang zijnde tekstgedeelten of tekeningen	Van belang voor conclusie(s)Nr.:	CLASSIFICATIE VAN DE AANVRAAG (Int.Cl.5)
A	DE-A-17 97 412 (FA. DR.- ING. RUDOLF HELL) * bladzijde 2, regel 8 - bladzijde 4, laatste alinea * ---	1,11,22	H04N1/40 H04N1/46
A	EP-A-0 334 518 (CANON K.K.) * kolom 20, regel 16 - kolom 22, regel 45 * ---	1,11,22	
D,A	EP-A-0 304 289 (K.K. TOSHIBA) * bladzijde 3, regel 44 - bladzijde 4, regel 51 * * bladzijde 8, regel 19 - regel 27 * ---	1	
A	EP-A-0 417 806 (DAINIPPON SCREEN MFG. CO.) * kolom 6, regel 36 - kolom 10, regel 13 * ---	11	
D,A	US-A-5 155 599 (P. A. DELABASTITA) * kolom 10, regel 32 - kolom 12, regel 62 * ---	17,18	
A	WO-A-92 03885 (MANNESMANN AG) ---		ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK (Int.Cl.5)
A	IBM JOURNAL OF RESEARCH AND DEVELOPMENT deel 31, nr. 1 , Januari 1987 , ARMONK, NY (US) bladzijden 2 - 15 G. GOERTZEL ET AL. 'Digital halftoning on the IBM 4250 Printer' -----		H04N
Datum waarop het onderzoek werd voltooid		Vooronderzoeker	
11 Februari 1994		De Roeck, A	
CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR			
X : op zichzelf van bijzonder belang Y : van bijzonder belang in samenhang met andere documenten van dezelfde categorie A : achtergrond van de stand van de techniek O : verwijzend naar niet op schrift gestelde stand van de techniek P : literatuur gepubliceerd tussen voorrangs- en indieningsdatum T : niet tijdig gepubliceerde literatuur over theorie of principe ten grondslag liggend aan de uitvinding E : eerdere octrooipublicatie maar gepubliceerd op of na indieningsdatum D : in de aanvraag genoemd L : om andere redenen vermelde literatuur & : lid van dezelfde octrooifamilie, corresponderende literatuur			

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

BO 4597
BE 9300713

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octrooifamilie), die overeenkomen met octrooischriften genoemd in het rapport.

De opgave is samengesteld aan de hand van gegevens uit het computerbestand van het Europees Octrooibureau per

De juistheid en volledigheid van deze opgave wordt noch door het Europees Octrooibureau, noch door de Octrooiraad gegarandeerd ;
de gegevens worden verstrekt voor informatiedoeleinden.

11-02-1994

In het rapport genoemd octrooigescrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
DE-A-1797412	23-12-70	GB-A- 1285067 NL-A- 6914502	09-08-72 01-04-70
EP-A-0334518	27-09-89	JP-A- 1228845 JP-A- 1228856 JP-A- 1228857 JP-A- 1228846 JP-A- 1228847 JP-A- 1228848 JP-A- 1228849 JP-A- 1228851 JP-A- 1228852 JP-A- 2084363 JP-A- 2153376 EP-A- 0332468 US-A- 5081528 US-A- 5253082 EP-A- 0332428	12-09-89 12-09-89 12-09-89 12-09-89 12-09-89 12-09-89 12-09-89 12-09-89 12-09-89 26-03-90 13-06-90 13-09-89 14-01-92 12-10-93 13-09-89
EP-A-0304289	22-02-89	JP-A- 1047546 JP-A- 1047547 US-A- 4910603	22-02-89 22-02-89 20-03-90
EP-A-0417806	20-03-91	JP-A- 3101568 US-A- 5067025	26-04-91 19-11-91
US-A-5155599	13-10-92	EP-A- 0525520	03-02-93
WO-A-9203885	05-03-92	DE-A- 4025793 EP-A- 0543833	20-02-92 02-06-93