

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 935735 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 935735

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
G01M 11/02
G02C 7/04

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 20.12.1993

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 20.12.1993

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 22.06.1994

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

21.12.1992 US 995622

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Johnson & Johnson Vision Products Inc., 4500 Salisbury Road, Suite 300, Jacksonville, FL 32216,
AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Davis, Thomas G., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Laite oftalmisten linssien kannattamiseksi

Anordning för att uppbära oftalmiska linser

Laite oftalmisten linssien kannattamiseksi

Tämä keksintö koskee yleisesti esitettynä silmille tarkoitettujen (oftalmisten) linssien kannattimia ja tarkemmin määriteltynä linssinkannattimia, jotka soveltuvat erityisen hyvin piilolinssien pitämiseen paikallaan lins-
sien tarkastuksen aikana.

Piilolinssit valmistetaan tyypillisesti hyvin korkea-asteisella täsmällisyydellä ja tarkkuudella. Kaikesta huolimatta saattaa, harvoissa yksittäisissä tapauksissa, jossakin määrätyssä linssissä olla epäsäännöllisyyttä; tästä syystä piilolinssit tarkastetaan ennen myymistään kuluttajalle sen varmistamiseksi, että linssit ovat hyväksyttävät kuluttajan käytettäviksi.

Yhdessä tekniikan tasoa vastaavassa linssintarkastusjärjestelmätyypissä linssit sijoitetaan pieniin kuppeihin tai syvennyksiin ja liikutetaan linssintarkastusaseman läpi, jossa kunkin linssin läpi johdetaan valonsädekimppu. Tämä valonsädekimppu kohdistetaan sitten valkokankaalle linssin kuvan muodostamiseksi sille, ja laitteen käyttäjä katsoo tätä kuvaa sen määrittämiseksi, onko linssissä epäsäännöllisyyksiä. Jos havaitaan epäsäännöllisyys tai virhe, joka tekee linssistä soveltumattoman kuluttajan käyttöön, linssi joko poistetaan tarkastusjärjestelmästä tai merkitään muulla tavoin, niin ettei se tule myöhemmin myydyksi kuluttajalle.

Linssinkannatin on tämän tarkastusjärjestelmän yksi tärkeä osa. Erityisesti on tärkeää minimoida linssinkannattimen vaikutus oftalmisten linssien läpi johdettavaan valonsädekimppuun, koska laitteen käyttäjä voi tulkita linssinkannattimen aiheuttamat häiriöt tässä valonsädekimppussa epäsäännöllisyydeksi tarkastettavassa linssissä.

Lisäksi on hyvin edullista, että linssinkannatin on helposti hävitettävissä. Tämä johtuu siitä, että jos linssinkannatinta käytetään uudelleen, kannattimeen voi tulla

5 pieniä naarmuja ja nämä naarmut saattavat poikkeuttaa tai taittaa osan oftalmisten linssien tarkastukseen käytettävästä valonsädekimpusta. Laitteen käyttäjä saattaa havaita tämän suunnastaan poikenneen tai taittuneen valon aiheuttaman kuvan ja tulkita sen epäsäännöllisyydeksi tai virheeksi tarkastettavassa linssissä.

10 Huolimatta edellä mainituista näkökohdista edellä käsiteltyä yleistä tyyppiä olevat tekniikan tasoa vastaavat linssintarkastusjärjestelmät ovat hyvin tehokkaita ja luotettavia; nämä järjestelmät ovat kuitenkin myös verrattain hitaita ja kalliita. Tämä johtuu siitä, että ihmiskäyttäjän täytyy kohdistaa katseensa valkokankaalle muodostettuun kuvaan linssistä ja tarkistaa koko kuva mahdollisen epäsäännöllisyyden suhteen. Siksi otaksutaan, että
15 tekniikan tasoa vastaavia järjestelmiä voidaan parantaa; erityisesti otaksutaan, että linssien tarkastuskustannuksia voidaan alentaa ja linssien tarkastusnopeutta suurentaa kehittämällä automaattistettu järjestelmä näiden tarkastusten tekemiseksi.

20 Missä tahansa automaattistetussa järjestelmässä on tärkeää, että linssi sijoitetaan täsmällisesti suhteessa linssin läpi johdettavaan valonsädekimppuun. Tämä puolestaan vaatii, että linssinkannatin - edellä käsiteltyjen vaatimusten täyttämisen lisäksi - pitää linssin tarkasti
25 määritellyssä asennossa kannattimien liikkuessa järjestelmän läpi ja on myös täsmällisesti liikutettavissa määrätyn mallin tai reitin mukaisesti.

Tämän keksinnön yhtenä päämääränä on parantaa oftalmisille linsseille tarkoitettuja kannattimia.

30 Tämän keksinnön yhtenä toisena päämääränä on tarjota käyttöön kertakäyttöinen linssinkannatin, joka soveltuu erityisen hyvin piilolinssien ottamiseen vastaan, pitelemiseen ja liikuttamiseen automaattistetussa linssintarkastusjärjestelmässä.

Tämän keksinnön yhtenä toisena päämääränä on tarjota käyttöön linssinkannatin, jossa on lukuisia linssikuppeja, joista kukin ohjaa piilolinssin määrättyyn, tarkasti rajattuun asentoon kupin sisällä ja pitää sen sitten siinä.

Nämä ja muut päämäärät saavutetaan laitteella oftalmisten linssien kannattelemiseksi, joka käsittää runkoosan ja lukuisia runko-osaan kytkettyjä syvennyksiä. Kukin syvennys on suurin piirtein läpinäkyvä ja siitä on tehty sopiva pitelemään yhtä linsseistä. Kukin syvennys sisältää myös katkaistun kartion muotoisen sivuseinämän, jonka kaltevuus on vakio, ja puolipallon muotoisen pohjaosan, joka liittyy sivuseinämään ja suuntautuu siitä alaspäin. Tällä kunkin syvennyksen pohjaosalla on vakiokaarevuussäde, joka on noin 10 % suurempi kuin syvennykseen sijoitettavan linssin kaarevuussäde.

Kunkin syvennyksen sivuseinäämä on edullisesti suunniteltu 20°:n kulmassa kyseisen syvennyksen akseliin nähden, ja kunkin syvennyksen sivuseinämän paksuus on pienempi kuin noin 0,254 mm (0,010 in). Lisäksi kunkin syvennyksen pohjaosan läpimitta on edullisesti suurempi kuin syvennykseen sijoitettavan linssin läpimitta, ja kunkin syvennyksen syvyys on myös suurempi kuin linssin läpimitta.

Keksinnön muut edut ja hyödyt käyvät ilmi seuraavasta yksityiskohtaisesta kuvauksesta, jossa viitataan liitteenä oleviin piirustuksiin, joissa määritellään ja esitetään keksinnön edullisia suoritusmuotoja.

Kuvio 1 valaisee kaaviomaisesti järjestelmää oftalmisten linssien tarkastamiseksi automaattisesti.

Kuvio 2 esittää ylhäältäpäin katsottuna yhtä oftalmisen linssin tyyppiä, joka voidaan tarkastaa kuvion 1 mukaisella järjestelmällä.

Kuvio 3 on sivukuva kuvion 2 esittämästä linssistä.

Kuvio 3A on suurennettu kuva kuvioiden 2 ja 3 esittämän linssin reunaosasta.

Kuvio 4 on yksityiskohtaisempi kuva kuvion 1 mukaisessa linssintarkastusjärjestelmässä käytettävästä kuljetusalijärjestelmästä.

5 Kuvio 5 esittää ylhäältäpäin katsottuna kuvion 1 mukaisessa järjestelmässä käytettävää linssinkannatinta.

Kuvio 6 on sivukuva kuvion 1 esittämästä linssinkannattimesta.

Kuvio 7 on kaavio, joka valaisee yleisesti tummaustavavalaisuksi kutsutun valaisumenetelmän periaatteita.

10 Kuvio 8 on yksityiskohtaisempi kaavio kuvion 1 esittämän linssintarkastusjärjestelmän valaisu- ja kuvantamisalijärjestelmästä.

Kuvio 9 esittää osaa kuvantamisalijärjestelmän kuvaelementtimatriisista.

15 Kuvio 10 esittää kuvaa, joka muodostuu kuvaelementtimatriisille, kun kuvioiden 2 ja 3 esittämää tyyppiä olevaa oftalmista linssiä tarkastetaan kuvion 1 mukaisessa linssintarkastusjärjestelmässä.

20 Kuviot 11A, 11B ja 11C esittävät vaihtoehtoisia optisia järjestelyjä, joita voidaan käyttää valaisu- ja kuvantamisalijärjestelmissä.

Kuvio 12A valaisee linssintarkastusjärjestelmän ohjausalijärjestelmän toimintaa.

25 Kuvio 12B on aikadiagrammi, joka valaisee erilaisten tapahtumien järjestystä kuljetus-, valaisu- ja kuvantamisalijärjestelmien toiminnassa.

Kuvio 13 valaisee kaaviomaisesti linssintarkastusjärjestelmän tietojenkäsittelyalajärjestelmää.

30 Kuvio 14 valaisee yleisesti tämän linssintarkastusjärjestelmän yhteydessä käytettävän edullisen tietojenkäsittelymenettelyn pääkomponentteja.

Kuvio 15 esittää linssintarkastusjärjestelmän kuvaelementtimatriisille muodostunutta kuvaa oftalmisesta linssistä.

Kuviot 16 ja 16A ovat vuokaavioita, jotka valaisevat epäkeskisyystestiksi kutsuttua linssintarkastusmenettelyä.

5 Kuvio 17A on samankaltainen kuin kuvio 15 ja esittää kuvaelementtimatriisille muodostunutta kuvaa oftalmisesta linssistä.

Kuvio 17B on suurennettu kuva osasta kuvion 17A esittämää rengasta.

10 Kuvio 17C on käyrä, joka esittää intensiteettejä, joilla kuvion 17b poikki kulkevan yhden janan tiettyjä kuvaelementtejä valaistaan.

15 Kuviot 17D - 17I valaisevat graafisesti tuloksia, joita on saatu erilaisilla prosesseilla, joita on toteutettu kyseisten määrättyjen kuvaelementtien valaisuintensiteettiarvoille, jotta saadaan kyseisiä kuvaelementtejä koskevia käsiteltyjä arvoja, jotka auttavat identifioimaan kuvion 17A esittämän renkaan reunat.

Kuvio 17J esittää käsitellyillä valaisuarvoillaan valaistuja kuvaelementtimatriisin kuvaelementtejä.

20 Kuvio 18 vuokaavio, joka esittää yhtä edullista menettelyä kuvaelementtimatriisin kuvaelementeille määrättyjen alkuperäisten valaisuintensiteettiarvojen käsittelemiseksi.

25 Kuviot 19a - 19C esittävät peittomenettelyn vaikutusta kuvaelementtimatriisin kuvaelementtejä koskeviin tietoihin.

Kuvio 20 on vuokaavio, joka valaisee yhtä edullista peittomenettelyä.

30 Kuviot 21A ja 21B valaisevat yhtä tietojenkäsittelymenettelyä, jota kutsutaan kuminauha-algoritmiksi.

Kuvio 22 esittää aliohjelmaa, jota käytetään viiva-kuvan reunan ensimmäisen kuvaelementin identifiointiin.

Kuvio 23 on vuokaavio, joka esittää yksityiskohtaisemmin kuminauha-algoritmin ensimmäistä pääosaa.

Kuvio 24 on vuokaavio, joka esittää aliohjelmaa, joka käynnistyy, kun linssin kuvan ulkoreunassa esiintyy aukko.

5 Kuviot 25A - 25E esittävät osaa linssin kuvan ulkoreunasta ja identifioivat mainitulla reunalla olevat kiinnostuksen kohteina olevat eri kuvaelementit.

Kuvio 26 on vuokaavio, joka esittää aliohjelmaa, joka käynnistyy, kun linssin kuvan ulkoreunalla esiintyy ylimääräinen pala.

10 Kuvio 27 esittää ohjelmaa, joka käynnistyy, kun kuvion 23 esittämä menettely on saatettu loppuun.

Kuvio 28 on vuokaavio, joka esittää yksityiskohtaisemmin kuminauha-algoritmin toista pääosaa.

15 Kuvio 29 esittää linssin kuvan yhden osan ulkoreunaa ja muutamia vektoreita, joita käytetään kuminauha-algoritmin toisessa osassa.

Kuvio 30 on vuokaavio, joka esittää yksityiskohtaisemmin kuminauha-algoritmin kolmatta pääosaa.

20 Kuviot 31 ja 32 valaisevat kuvan muodossa kuvion 30 esittämän menettelyn kahden vaiheen vaikutusta.

Kuvio 33 esittää osaa renkaan ulkoreunasta, jolle on lisätty tiettyjä viivoja.

25 Kuviot 34A - 34E valaisevat yleisesti tuloksia, joita saadaan erilaisilla toimenpiteillä, joista käytetään merkintöjä MAX, PMAX, MIN ja PMIN.

Kuvio 35 esittää yhtä edullista menettelyä, jota sovelletaan kuvaelementtitietoihin linssin reunassa mahdollisesti olevien virheiden korostamiseksi.

30 Kuvio 36 valaisee kuvion 35 esittämän menettelyn tuloksia.

Kuvio 37 on vuokaavio, joka esittää yhtä toista peittomenettelyä, jota käytetään kuvaelementtitietojen käsittelyyn.

35 Kuviot 38A - 38C valaisevat kuvan muodossa tätä toista peittomenettelyä ja sen tuloksia.

Kuvio 39 on vuokaavio lisämenettelystä, jota sovelletaan kuvaelementtitietoihin tarkastettavassa linssissä mahdollisesti olevien virheiden korostamiseksi edelleen.

5 Kuviot 40A - 40D valaisevat kuvan muodossa kuvion 30 esittämän menettelyn toimintaa ja tuloksia.

Kuviot 41A ja 41B esittävät tarkastettavassa linssissä mahdollisesti olevien virheiden identifiointiin käytettävän menettelyn vuokaaviota.

10 Kuvio 42 esittää linssin mahdollisten virheiden eri tyyppejä.

Kuvio 1 on lohkokaaavio, joka valaisee linssintarkastusjärjestelmää 10; järjestelmä 10 käsittää yleisesti esitettynä kuljetusalijärjestelmän 12, valaisujärjestelmän 14, kuvantamisalijärjestelmän 16 ja kuvankäsittelyalijärjestelmän 20. Järjestelmän 10 edullisen suoritusmuodon yhteydessä kuljetusalijärjestelmä 12 sisältää linssinkannattimen 22 ja tukikokoonpanon 24 (esitetään kuviossa 4); valaisualijärjestelmä 14 sisältää kotelon 26, valonlähteen 30 ja peilit 32 ja 34. Tämän edullisen järjestelmän 10 yhteydessä kuvantamisalijärjestelmä 16 sisältää myös kameran 36, pysäyttimen 40 ja linssikokoonpanon 42. Tarkemmin määriteltynä, viitaten kuvioon 8, kamera sisältää kotelon 44, kuvaelementtimatriisin 46 ja sulkimen 50; linssijärjestelmä sisältää kotelon 52, parin linssejä 54 ja 56 ja lukuisia ohjauslevyjä 60. Kuten kuviossa 1 esitetään, kuvankäsittelyalijärjestelmä 20 sisältää esiprosessorin 62, pääprosessorin 64 ja syöttövälineen, kuten näppäimistön 66; alijärjestelmä 20 sisältää edullisesti lisäksi muistiyksikön 70, videomonitorin 72, näppäimistö päätteen 74 ja kirjoittimen 76.

Laitteistossa on kuljetusalijärjestelmä 12 yleisesti esitettynä lukuisten oftalmisten linssien liikuttamiseksi ennalta määrättyä reittiä, niin että kukin mainituista linsseistä tulee, yksi kerrallaan, siirretyksi linssintarkastusasemaan, ja kuvio 1 esittää yhtä tällaista

linssiä 80 tässä linssintarkastusasemassa. Laitteistossa on valaisualijärjestelmä 14 valosykyssä sarjan muodostamiseksi ja vastaavan yhden valosykyksen suuntaamiseksi valon kulkureitille 82 ja linssintarkastusaseman läpi kulkevan kunkin oftalmisen linssin läpi. Alijärjestelmä 16 muodostaa sarjan signaaleja, jotka edustavat valittuja osia oftalmisen linssin läpi johdetuista valosykyksistä ja välittää sitten nämä signaalit käsittelyalijärjestelmään 20. Kuvankäsittelyalijärjestelmä ottaa vastaan mainitut signaalit alijärjestelmästä 16 ja käsittelee ne ennalta määrätyn ohjelman mukaisesti kunkin tarkastettavan linssin ainakin yhden tilan identifioimiseksi; alijärjestelmän 20 edullisessa suoritusmuodossa, jota kuvataan jäljempänä yksityiskohtaisesti, tämä alijärjestelmä määrittää, onko kukin tarkastettava linssi hyväksyttävä kuluttajakäyttöön.

Järjestelmää 10 voidaan käyttää montaa eri kokoa ja tyyppiä olevien oftalmisten linssien tarkastukseen. Järjestelmä soveltuu erityisesti piilolinssien tarkastukseen, ja esimerkiksi kuviot 2 ja 3 valaisevat piilolinssiä 84, joka voidaan tarkastaa järjestelmällä. Linssillä 84 on yleisesti ottaen puolipallon muoto ja se sisältää etu- ja takapinnan 86 ja 90; linssi muodostaa keskellä olevan optisen vyöhykkeen 84a ja ulomman vyöhykkeen 84b. Linssin paksuus on suurin piirtein yhtenäinen; kuten esitetään erityisesti kuviossa 3A, linssin paksuus pienenee kuitenkin asteittain linssin ulkoreunan välittömässä läheisyydessä olevan renkaan 84C alueella.

Kuvio 4 valaisee yksityiskohtaisemmin kuljetusalijärjestelmää 12; kuten edellä esitettiin, tämä alijärjestelmä sisältää edullisesti linssinkannattimen 22 ja tukikokoonpanon 24. Tarkemmin määriteltynä tämä tukikokoonpano sisältää siirtopöydän 92 ja ensimmäisen ja toisen askelmoottorin 94 ja 96, ja siirtopöytä puolestaan sisältää pohjaosan 100 ja kehykset 102 ja 104.

Linssinkannatin 22 on yleisesti esitettynä tehty sellaiseksi, että siihen mahtuu useita oftalmisia linssejä, ja kuviot 5 ja 6 esittävät linssinkannatinta yksityiskohtaisemmin. Kuten kuvioissa esitetään, linssinkannatin sisältää suorakulmion muotoisen runko-osan 106 ja ryhmän runko-osaan liitettyjä linssintarkastuskuppeja 110. Kukin kuppi koostuu edullisesti katkaistun kartion muotoisesta sivuseinämästä 110a ja puolipallon muotoisesta pohjaosasta 110b, joka liittyy yhtenäisesti kupin sivuseinämään ja suuntautuu siitä alaspäin. Kunkin kupin pohjaosalla on lisäksi edullisesti vakiokaarevuussäde, joka on noin 10 % suurempi kuin kuppiin laitettavan oftalmisen linssin 84 kaarevuussäde, ja pohjaosan 110b läpimitta on suurempi kuin oftalmisen linssin läpimitta. Kunkin kupin sivuseinämän kaltevuuskulma kupin akseliin nähden on noin 20°, ja kunkin sivuseinämän paksuus on edullisesti pienempi kuin noin 0,254 mm (0,010 in).

Kuvioissa 5 ja 6 esitetyssä nimenomaisessa linssinkannattimessa 22 kunkin kupin 110 yläpään läpimitta on noin 22 mm; ja kunkin kupin syvyys on edullisesti suurempi kuin tarkastettavan linssin läpimitta, joka piilolinssellä on tyypillisesti 20 mm. Kuten kuvioissa 5 ja 6 esitetään, linssinkannatin sisältää ryhmän, jossa on 3 x 4 tarkastuskuppia. Kuten ammattimies ymmärtänee, tarkastuskupit voidaan järjestää muunlaisiin muotoihin; kupit voidaan järjestää esimerkiksi ryhmiksi, joissa on 3 x 3, 3 x 8, 4 x 8, 3 x 10 tai 4 x 10 kuppia.

Kupit 110, ja edullisesti runko-osa 106, valmistetaan suurin piirtein läpinäkyvästä materiaalista, kuten polyvinyylikloridimuovista. Lisäksi kupit 110 ja runko-osa 106 muovataan edullisesti yhtenä kappaleena ja ne ovat suhteellisen ohuita, mikä alentaa kustannuksia ja mahdollistaa siten käytännössä kannattimen heittämisen pois yhden käytön jälkeen. Kannattimen hävittäminen yhden käytön jälkeen vähentää olennaisesti tarkastuskuppien uudelleen-

käytön yhteydessä usein tapahtuvaa naarmujen muodostumista kuppeihin tai eliminoi sen. Koska kupissa oleva naarmu, kuten edellä käsiteltiin, voidaan tulkita kupissa olevan linssin virheeksi, helposti hävitettävien linssinkannattimien käyttö parantaa linssintarkastusprosessin tarkkuutta.

Käytön yhteydessä kukin kuppi 110 täytetään osittain juoksevalle liuoksella 112, kuten esimerkiksi fysiologisella suolaliuoksella, ja kunkin kupin pohjalle laiteetaan yksi oftalmisen linssi, niin että se on kokonaan kupissa olevan liuoksen pinnan alla. Kun linssi asetetaan kuppiin, kupilla on taipumus keskittää linssi automaattisesti kupin pohjalle kupin edellä kuvattujen muodon ja parametrien ansiosta.

Viitaten uudelleen kuvioon 4, laitteistossa on tukikokoonpano 24 linssinkannattimen tukemiseksi ja liikuttamiseksi siten, että kukin siinä oleva linssi tulee yksi kerrallaan siirretyksi linssintarkastusasemaan. Tukikokoonpano 24 liikuttaa edullisesti linssinkannattinta 22 jatkuvasti ennalta määrättyä reittiä pitkin linssien 84 siirtämiseksi tasaisesti linssintarkastusasemaan ja sen läpi. Tukikokoonpano voidaan suunnitella esimerkiksi liikuttamaan linssinkannattinta siten, että kyseisen kannattimen kupit 110 kulkevat linssintarkastusaseman läpi kuppirivi kerrallaan, ja kun yksi kuppirivi on kulkenut linssintarkastusaseman läpi, tukirakenne 24 siirtää kannattinta 22, niin että toinen kuppirivi tulee linssintarkastusaseman kohdalle.

Kuvion 4 esittämän edullisen tukikokoonpanon 24 ollessa kyseessä, pohja 100 kannattaa siirtopöydän 92 kehystä 102 siten, että se pääsee liikkumaan sivuttaissuunnassa, oikealle ja vasemmalle kuvaa 4 tarkasteltaessa; kehys 102 kannattaa kehystä 104 sillä tavalla, että se pääsee liikkumaan ylös- ja alaspäin kuviota 4 tarkasteltaessa; linssinkannatin 22 on tuettuna kehykselle 104, niin että se liikkuu tämän mukana. Pohjalle 100 asennetaan as-

kelmoottori 94 ja kytketään se kehykseen 102 kyseisen kehyksen liikuttamiseksi pohjaosan poikki, ja kehykselle 102 asennetaan askelmoottori 96 ja kytketään se kehykseen 104 tämän viimeksi mainitun kehyksen liikuttamiseksi.

5 Tukikokoonpanossa 24 voidaan käyttää mitä tahansa sopivia kehyksiä 102 ja 104 ja askelmoottoreita 94 ja 96. Kuten ammattimiehet ymmärtänevät, tunnetaan lisäksi muita sopivia tukikokoonpanoja ja niitä voidaan käyttää linssin-kannattimen 24 liikuttamiseen halutulla tavalla.

10 Viitaten uudelleen kuvioon 1, alijärjestelmät 14 ja 16 tuottavat yhdessä tummataustavalalaisuiksi kutsutun ilmiön ja hyödyntävät sitä linssintarkastusaseman läpi kulkevien oftamisten linssien tarkastamiseksi. Tässä menettelyssä muodostetaan kuvaelementtimatriisille 46 kuva oftalmisen
15 linssin niistä ääri viivoista, jotka sirottavat tai heijastavat linssin läpi johdettua valoa. Tummataustavalalaisua voidaan käyttää - ja se on itse asiassa hyvin tehokas menettely - oftalmisten linssien virheiden tai epäsäännöllisyyksien havaitsemiseen, koska käytännöllisesti katsoen
20 kaikki oftalmisten linssien virheet, samoin kuin normaalit ääri viivat, sirottavat valoa; jopa hyvin vähäiset, matalat virheet, kuten "lätäköiksi" kutsutut virheet, voidaan helposti havaita käyttämällä tummataustavalalaisumenettelyä.

 Tummataustavalalaisun periaate on ymmärrettävissä
25 kuviosta 7, jossa näkyy oftalmisen linssi 114, kollimoitu valonsädekimppu 116, pari linssejä 120 ja 122, läpinäkymättömän pysäytin 124 ja kuvaelementtimatriisi 126. Valonsädekimppu 116 johdetaan oftalmisen linssin 114 läpi ja se osuu sitten kuvauslinssille 120. Jos valaisusädekimppu 116
30 olisi täydellisesti kollimoitu osuessaan linssiin 114, sädekimppu fokusoituisi linssin 120 takapolttopisteeseen. Vaikka oftalmisen linssi 114 ei vaikuttaisi ollenkaan valaisusädekimppuun 116, kyseinen sädekimppu ei ole täydellisesti kollimoitu osuessaan linssiin 120, ja sädekimppu
35 116 muodostaa pienen ympyrän, jotka kutsutaan pienimmän

häiriön ympyräksi, suunnilleen linssin 120 takapolttopisteeseen. Pysäytin 124 on sijoitettuna kuvauslinssin 120 toiselle puolelle, sen kyseiseen takapolttopisteeseen, ja pysäyttimen koko valitaan siten, että se on hiukan suurempi kuin ympyräkuva, jonka valaisusädekimppu 116 muodostaa linssin 120 takapolttopisteeseen.

Kun linssi 114 ei sirota eikä taita ollenkaan valaisusädekimppua 116, pysäyttimen 124 ohi ei siten kulje valoa, ja kuvaelementtimatriisi 126 on täysin pimeä. Mikä tahansa linssin 114 piirre, joka poikkeuttaa valoa riittävästi pysäyttimen 124 ohittamiseksi, aiheuttaa sen, että kuvaelementtimatriisille osuu jonkin verran valoa. Oftalmisen linssi 114 sijoitetaan asemaan, joka on optinen konjugaatti kuvaelementtimatriisin 126 asemalle; pysäyttimen 124 mahdollisesti ohittava valo muodostaa siten kuvaelementtimatriisille kuvan koko valoa sirottaneesta oftalmisesta linssistä 114.

Kuvio 8 esittää edullista laitteistoa tämän tummaustavavalaisuilmiön tuottamiseksi ja hyödyntämiseksi järjestelmässä 10; tarkemmin määriteltynä tämä kuvio esittää yksityiskohtaisemmin edullista valaisualijärjestelmää ja kuvantamisalijärjestelmää. Kuten tässä kuviossa esitetään, alijärjestelmä 14 sisältää kotelon eli päällyksen 26, valonlähteen 230, peilit 32 ja 34, himmentimen 130, virtalähteen 132, ohjauspiirin 134, ensimmäisen ja toisen säätävissä olevan tukivälineen 136 ja 140 ja ulosmenoikkunan 142. Alijärjestelmä 16 sisältää myös kameran 36, pysäyttimen 40 ja linssikokoonpanon 42. Kamera 36 sisältää tarkemmin määriteltynä kotelon 44, kuvaelementtimatriisin 46 ja sulkiimen 50; linssikokoonpano 42 sisältää kotelon 52, linssit 54 ja 56 ja ohjauslevyt 60.

Alijärjestelmän 14 kotelo 26 suojaa sisäänsä muut tämän alijärjestelmän osat; valonlähde 30, peilit 32 ja 34 ja himmennin 130 kiinnitetään kaikki mainittuun koteloon. Tarkemmin määriteltynä kotelo sisältää pystysuoran päähaa-

ran 26a ja vaakasuoran ylä- ja alahaaran 26b ja 26c, ja
 valonlähde on kotelon pääosan sisällä. Peili 32 kiinnite-
 tään haarojen 26a ja 26c leikkauskohtaan, peili 34 sijoi-
 tetaan lähelle haaran 26c kauempaa päätä ja himmennin 130
 5 sijoitetaan haaran 26c sisälle, peilien 32 ja 34 väliin.
 Kotelossa 26 on myös aukko 26d suoraan peilin 34 yläpuo-
 lella, ja ikkuna 142 kiinnitetään tähän aukkoon. Käytön
 yhteydessä valonlähde 30 muodostaa lukuisia valonvälähdyk-
 siä eli valosykäyksiä ja suuntaa kunkin mainitun sykäyksen
 10 valon kulkureitille 82. Peili 32 sijaitsee tällä reitillä
 ja ohjaa valosykäykset himmentimen 130 läpi ja peilille
 34, joka puolestaan ohjaa valosykäykset ylöspäin, ikkunan
 142 läpi, linssintarkastusaseman läpi, jota merkitään ku-
 viossa 8 numerolla 144, ja kohden kuvantamisalijärjestel-
 15 mää 16 tai sille.

Valonlähde 30 asennetaan edullisesti säädettävissä
 olevalle tukivälineelle 136, joka mahdollista mainitun
 valonlähteen emittoiman valon kulloisenkin suunnan säätä-
 misen, ja peili 34 asennetaan toiselle säädettävissä ole-
 20 valle tukivälineelle 140, joka mahdollistaa tämän peilin
 heijastaman valon kulloisenkin suunnan ja aseman säätämi-
 sen. Kuvion 8 esittämän alijärjestelmän 14 edullisessa
 suoritusmuodossa tukiväline 136 sisältää tarkemmin määri-
 teltynä kallistettavissa olevan tason, joka on kiinnitetty
 25 koteloon 26 ja on käännettävässä kahden keskenään kohti-
 suoran vaaka-akselin ympäri. Alijärjestelmän 14 tässä suo-
 ritusmuodossa myös peilin 34 tukiväline 140 sisältää kal-
 listettavissa olevan 140a ja liikutettavissa olevan tason
 140b; peili 34 asennetaan ensi mainitulle tasolle, joka
 30 puolestaan asennetaan viimeksi mainitulle tasolle. Taso
 140b on liikutettavissa lateraalisesti, vasemmalle ja oi-
 kealle kuvaa 8 tarkasteltaessa, ja mahdollistaa peilin 34
 aseman säätämisen sivusuunnassa; taso 140a on käännettä-
 vissä kahden toisiinsa nähden kohtisuoran vaaka-akselin

ympäri ja mahdollistaa myös peilin 34 kulloisenkin kulman säätämisen.

Kuvantamisolijärjestelmä 16 ottaa vastaan linssin-
tarkastusasemassa 144 olevien oftalmisten linssien läpi
5 johdetut valosykykset ja muodostaa sarjan signaaleja,
jotka edustavat valittuja osia mainittujen oftalmisten
linssien läpi johdetusta valosta. Tarkemmin määriteltynä
kuvaelementtimatriisi 46 sijoitetaan kameran kotelon 44
sisään, suoraan sulkimen 50 taakse; kuvaelementtimatriisi
10 koostuu edullisesti lukuisista valoantureista, joista kul-
lakin on kyky tuottaa vastaava sähkövirta, jonka suuruus
on verrannollinen mainittuun anturiin tulevan valon inten-
siteettiin tai edustaa sitä.

Kuvio 9 on suurennettu kuva pienestä osasta kuva-
15 elementtimatriisia 46 ja esittää tarkemmin määriteltynä
lukuisia kuvaelementtimatriisin yksittäisiä valoantureita.
Tähän kuvioon viitaten, nämä valoanturit eli kuvaelementit
järjestetään edullisesti yhtenäiseksi verkoksi, jossa on
määrätty määrä rivejä ja sarakkeita, ja mainittu verkko
20 voi koostua esimerkiksi miljoonasta kuvaelementistä, jotka
on järjestetty tuhanneksi sarakkeeksi ja tuhanneksi rivik-
si. Kuvaelementit muodostavat tässä verkossa edullisesti
useita toisistaan yhtä kaukana olevia rivejä ja useita
toisistaan yhtä kaukana olevia sarakkeita, ja aivan verkon
25 reunalla olevia kuvaelementtejä lukuun ottamatta kunkin
kuvaelementin välittömässä läheisyydessä on kahdeksan muu-
ta kuvaelementtiä. Esimerkiksi kuvaelementillä 146a on
kahdeksan naapuria: suoraan yläpuolella oleva kuvaelement-
ti 146b, suoraan alapuolella oleva kuvaelementti 146c,
30 suoraan vasemmalla ja oikealla puolella olevat kuvaelemen-
tit 146d ja vastaavasti 146e ja kuvaelementit 146f, 146g,
146h ja 146i, jotka sijaitsevat yläoikealle, ylävasemalle,
alaoikealle ja vastaavasti alavasemalle elementistä 146a.

Viitaten uudelleen kuvioon 8, pysäytin 40 ja lins-
35 sit 54 ja 56 sijaitsevat sulkimen 50 etupuolella ja ne

kohdistetaan samankeskisesti toisiinsa ja kuvaelementtimatriisiin 46 ja kameran sulkimen nähden. Pysäytin 40 sijoitetaan linssien 54 ja 56 väliin ja suurin piirtein linssin 54 takapolttotasoon ja linssi 56 sijoitetaan siten, että kuvaelementtimatriisi on tämän linssin 56 takapolttotasossa. Linssit 54 ja 56 ja pysäytin 40 asennetaan edullisesti kotelon 52 sisään, joka puolestaan asennetaan kameran 36 etupäähän. Lisäksi koteloon 52, tietyin välimatkoin sen pituussuunnassa, asennetaan edullisesti ohjauslevyjä 60, jotka voivat käsittää sarjan renkaan muotoisia osia, avuksi kotelon läpi kulkevan valon kollimoinnissa.

Linssien 54 ja 56 ja pysäyttimen 40 ollessa tällä erityisellä tavalla sijoitettuina, linssi 54 fokusoi suurimman osan kulloinkin tutkittavan oftalmisen linssin läpi johdetusta valonsädekimpusta tai koko kyseisen valonsädekimpun pysäyttimelle 40, eikä se siten osu kuvaelementtimatriisille 46. Osa oftalmisten linssien epäsäännöllisten piirteiden läpi kulkevasta valosta samoin kuin osa joidenkin oftalmisten linssien säännöllisten piirteiden läpi kulkevasta valosta saattaa kuitenkin poiketa riittävästi suunnastaan, niin että linssi 54 ei fokusoi tätä valoa pysäyttimelle 40, vaan se kulkee tämän pysäyttimen ohi ja osuu kuvaelementtimatriisille 46. Lisäksi linssintarkastusasema sijaitsee kohdassa, joka on optinen konjugaatti kuvaelementtimatriisin 46 asemalle, ja siten pysäyttimen 40 ohi mahdollisesti kulkeva valo muodostaa kuvaelementtimatriisille kuvan koko valoa sirottaneesta oftalmisesta linssistä.

Tämä tummataustavalaisumenetelmä on hyvin tehokas tapa valaista oftalmisten linssien epäsäännöllisyyksiä; kuvio 10 esittää kuvaa, jonka oftalmisen linssin, erityisesti kuvioiden 2 ja 3 esittämän piilolinssin, läpi kulkeva valonsädekimppu muodostaa kuvaelementtimatriisille 46. Pysäytin 40 estää suurinta osaa linssin läpi johdetusta

valosta pääsemästä kuvaelementtimatriisille. Linssin renkaan 84c epäyhtenäisen paksuuden vuoksi linssin tämän osan läpi johdettu valo kuitenkin kääntyy ohi pysäyttimen 40, osuu kuvaelementtimatriisille 46 ja muodostaa tälle matriisille kuvan renkaasta. Myös muut linssin 84 epäsäännöllisyydet tuottavat valaistuja alueita kuvaelementtimatriisille. Kuvaelementtimatriisilla voidaan nähdä esimerkiksi jopa vähäisiä, matalia virheitä, kuten "lätäköitä". Jos esimerkiksi linssin sisällä on lätäkkö, tämä lätäkkö näkyy helposti kuvaelementtimatriisilla kirkkaana ääriviivana tummalla taustalla, ja jos linssin reunavyöhykkeellä esiintyy lätäkkö, se näkyy helposti kuvaelementtimatriisilla tummina viivoina kirkkaalla taustalla. Koska piilolinssin reunavyöhykkeellä on kiilan muotoinen poikkileikkaus, myös tämä reunavyöhyke poikkeuttaa riittävästi valoa pysäyttimen 40 ohi saadakseen koko vyöhykkeen näkymään kuvaelementtimatriisilla 46 kirkkaana valkoisena renkaana 150 tummalla taustalla.

Kuten ammattimiehet ymmärtänevät, alijärjestelmissä 14 ja 16 voidaan käyttää mitä tahansa sopivia valonlähdetä, linssejä ja kameraa. Valonlähde 30 voi olla esimerkiksi Hamamatsun valmistama lyhytkaarinen ksenonvilkkulamppu. Tällä nimenomaisella vilkkulampulla on ainutlaatuinen kaaren stabiiliuden ja pitkäikäisyyden yhdistelmä, ja tämän vilkkulampun ulostulotehon poikkeama on $\pm 2\%$ ja elinikä 10^9 välähdystä.

Lisäksi alijärjestelmän 16 yhdessä suoritusmuodossa, joka on toteutettu käytännössä, ensimmäinen kuvanmuodostuslinssi on akromaattinen linssi, jonka polttoväli on 100 mm ja joka on diffraktiorajoitettu kohteiden suhteen, jotka poikkeavat korkeintaan $2,5^\circ$ linssin optisesta akselist, ja linssi 54 asennetaan mustaksi anodisoituun alumiiniputkeen, jonka sisällä on ohjauslevyjä 60, jotta eliminoidaan kontrastin heikkeneminen, jota aiheuttaa valon heijastuminen putken sisäseinästä. Toinen linssi 56 on

tavanomainen F-1.8 Nikon -linssi, jonka polttoväli on 50 mm. Ensimmäistä linssiä 54 ympäröivän putken pää sementoidaan kiinni ultraviolettisuodattimeen, joka kiinnitetään kierteillä 50 mm:n linssin koteloon.

5 Läpinäkymätön pysäytin 40 on pieni muoviympyrä, jonka läpimitta on 2,54 mm (0,100 in), ja sillä on liimausta pysäyttimen kiinnittämiseksi paikoilleen. Soveltuvia pysäyttimiä on saatavana kaupallisesti, ja niitä käytetään juotosmaskeina painettujen piirilevyjen manuaalisessa kuvioinnissa; näitä pysäyttimiä on saatavana montaa eri kokoa. Pysäyttimen 40 edullinen koko voi vaihdella järjestelmän 10 muiden parametrien mukaan, ja pysäyttimen koko valitaan edullisesti siten, että saadaan aikaan paras kompromissi kontrastin, kohdistamisen helppouden ja tarinäherkkyuden välillä.

15 Käytännössä rakennetussa alijärjestelmässä 16 käytetty kamera on erotuskyvyltään hyvä Videkin myymä kamera, johon sopii Nikon-standardilinssi. 50 mm:n F-1.8 Nikon-linssi 56 asennetaan ensin kameralle 36 ja kiinnitetään sitten linssin 54 kotelo kierteillä linssille 56. Tämän Videk-kameran tehollinen kuva-ala on 13,8 x 13,8 mm, joka on esimerkiksi noin 10 - 15 % suurempi kuin piilolinssin maksimikoko. Tarkastuksen tarkkuuden optimoimiseksi on toivottavaa, että tarkastettava oftalmisen linssi täyttää mahdollisimman suuren osan kameran 36 kuva-alasta. Keskitämällä automaattisesti tarkastettavan linssin linssinkannattimen 22 tarkastuskupit hyödyntävät siten maksimaalisesti kameralla aikaansaatavissa olevan erotuskyvyn.

25 Alijärjestelmien 14 ja 16 edullisilla rakenteilla on joukko etuja. Koska valon kulkutie 82 on taitettu, vilkkulamppu 30 voidaan ensinnäkin sijoittaa kauemmas oftalmisesta linssistä, joka on linssintarkastusasemassa 144, ja tällä saadaan aikaan voimakkaasti kollimoitu valonsädekimppu mainitun oftalmisen linssin kohdalla. Toiseksi kaaren kuvan koko pysäyttimellä 40 on suurin piir-

tein sama kuin kaaren fyysinen koko kerrottuna (i) lampun
 30 ja linssin 54 välisen etäisyyden suhteella (ii) linssin
 54 ja pysäyttimen väliseen etäisyyteen. Kuvion 8 esittämä
 edullinen rakenne myös minimoi kaaren kuvan koon ja mah-
 5 dollistaa pienemmän pysäyttimen käytön ja saa siten aikaan
 suuremman herkkyyden. Kolmanneksi säätöhimmennin 130 ra-
 joittaa valonsädekimpun 82 poikkipinta-alaa ja siten mai-
 nitun sädekimpun valaisemaa pinta-alaa. Himmennintä 130
 käytetään edullisesti sädekimpun 82 poikkipinta-alan sää-
 10 tämiseen siten, että sädekimppu valaisee pyöreän alueen,
 jonka läpimitta on vain noin 10 - 15 % suurempi kuin tar-
 kastettavan oftalmisen linssin läpimitta. Valaisusädekim-
 pun 82 koon rajoittaminen parantaa kuvaelementtimatriisil-
 le muodostuneen kuvan ja kyseisen matriisin muiden osien
 15 välistä kontrastia; tarkemmin määriteltynä sädekimpun 82
 koon rajoittaminen eliminoi linssintarkastuskupin osista
 siroavan valon tai vähentää olennaisesti sen määrää. Tämä
 sironnut valo saattaisi näkyä taustavalona kuvaelementti-
 matriisilla 46 ja heikentää kontrastia kuvaelementtimat-
 20 riisilla esiintyvän kiinnostuksen kohteena olevan kuvan ja
 kyseisen matriisin muiden osien välillä.

Lisäksi alijärjestelmien 14 ja 16 edullisen raken-
 teen yhteydessä järjestelmän suurennussuhde - ts. kuvaele-
 menttimatriisilla 46 olevan oftalmisen linssin kuvan koon
 25 suhde kyseisen oftalmisen linssin todelliseen kokoon - on
 suunnilleen yhtä suuri kuin toisen linssin 56 polttovälin
 suhde ensimmäisen linssin 54 polttoväliin. Todellinen suu-
 rennussuhde riippuu myös linssien 54 ja 56 välisestä etäi-
 syydestä ja tarkastettavan oftalmisen linssin etäisyydestä
 30 ensimmäiseen kuvanmuodostuslinssiin. Lisäksi kallistetta-
 vissa oleva taso 140a ja siirrettävissä oleva taso 140b
 mahdollistavat peilin 34 heijastaman ulostulevan sädekim-
 pun keskipisteen säätämisen yhtymään kuvan muodostavan
 optisen alijärjestelmän 16 akseliin.

Kuten edellä on kuvattu, kuvantamisalijärjestelmä 16 sisältää kaksi linssiä 54 ja 56, joiden etäisyys toisistaan on suunnilleen ensimmäisen linssin 54 polttoväli. Kahden linssin käyttö ei ole välttämätöntä; se on kuitenkin edullista, koska kahden linssin käyttö tarjoaa paremman mahdollisuuden kontrolloida alijärjestelmien 14 ja 16 eri parametreja ja kytkee esimerkiksi takapolttotason ja kuvatason välisen etäisyyden irti alijärjestelmien aikaansaamasta suurennuksesta.

Kuviot 11A, 11B ja 11C valaisevat vaihtoehtoisia optisia rakenteita, joita merkitään yleisesti numeroilla 152, 154 ja vastaavasti 156 ja joita voidaan käyttää järjestelmässä 10 valonsädekimpun 82 ohjaamiseksi linssintarkastusaseman ja mainitussa asemassa pidettävä oftalmisen linssin läpi ja pysäyttimelle 40 ja kuvaelementtimatriisille 46.

Rakenne 152 sisältää vain yhden linssin 160, joka samanaikaisesti muodostaa valonsädekimpun 82 kuvan pysäyttimelle ja tarkastettavan linssin kuvan kuvaelementtimatriisille 46. Tarkemmin määriteltynä kuvion 11A esittämä optinen rakenne sisältää peilin 162, kuvan muodostavan linssin 160 ja pysäyttimen 40; kuviossa näkyvät kaaviomaisesti esitettyinä myös linssin pidin, jota merkitään numerolla 164, tarkastettava oftalmisen linssi 166 ja kuvaelementtimatriisi 46. Tämän rakenteen ollessa kyseessä valonsädekimppu 82 eli valonlähteestä 30 tulevat sykäykset ohjataan peilille 162, joka puolestaan ohjaa valon linssin 166 läpi ja kuvan muodostavalle linssille 160. Suurin osa linssille 160 ohjatusta valosta fokusoituu pysäyttimelle 40; tietyt linssin 166 piirteet poikkeuttavat kuitenkin valoa niin paljon, että tämä suuntaansa muuttanut valo ohittaa pysäyttimen 40, fokusoituu kuvaelementtimatriisille 46 ja muodostaa sille kuvan linssin 166 niistä piirteistä, jotka ovat aiheuttaneet valon kulun pysäyttimen 40 ohi. Kuvion 11A mukainen rakenne saattaa olla edullinen

rakenne, jos kameran 36 CCD-kuvapinta on suurempi kuin edellä mainitun erotuskyvyltään hyvän Videk-kameran CCD-kuvapinta.

Kuvion 11B mukaisen rakenteen 154 ollessa kyseessä
 5 valonlähteen kuvan muodostaminen pysäyttimelle 40 ja tarkastettavan oftalmisen linssin kuvan muodostaminen kuvaelementtimatriisille 46 ovat erillisiä toimintoja. Tarkemmin esitettynä tämä rakenne sisältää peilin 170, linssit 172 ja 174 ja pysäyttimen 40; kuviossa 11B näkyvät myös
 10 linssin pidin 164, oftalmisen linssi 166 ja kuvaelementtimatriisi 46. Tässä rakenteessa valonlähteestä 30 tuleva valonsädekimppu 82 suunnataan peilille 170 ja tämä peili suuntaa valonsädekimpun linssille 172. Linssi 172 suuntaa valon oftalmisen linssin 166 läpi, ja suurin osa linssin
 15 166 läpi kulkeneesta valosta fokusoituu pysäyttimelle 40. Jotkut linssin 166 piirteet poikkeuttavat kuitenkin valoa muualle kuin pysäyttimelle 40, ja tämä suuntaansa muuttanut valo osuu linssille 174, joka fokusoi tämän valon kuvaelementtimatriisille 46 ja muodostaa sille kuvan linssin
 20 174 piirteestä, joka on suunnannut valon pysäyttimen 40 ohi. Kuvion 11B mukaisen linssijärjestelyn yksi etu on, että kyseiset kaksi linssiä 172 ja 174 toimivat täysin riippumattomasti.

Kuvion 11C esittämä optinen rakenne 156 on hyvin
 25 samankaltainen kuin kuvion 8 esittämä optinen rakenne; rakenne 156 ei kuitenkaan sisällä peiliä 32 eikä himmennintä 130. Tarkemmin määriteltynä rakenne 156 sisältää peilin 176, linssit 189 ja 182 ja pysäyttimen 40; kuviossa 11C näkyvät myös linssin pidin 164, oftalmisen linssi 166
 30 ja kuvaelementtimatriisi 46. Kuvion 11C mukaisessa järjestyksessä valonlähteestä 30 tuleva valonsädekimppu 82 suunnataan peilille 176, joka suuntaa valon linssin 166 läpi ja ensimmäiselle linssille 180. Suurin osa linssille 180 suunnatusta valosta fokusoituu pysäyttimelle 40; jotkut
 35 linssin 166 piirteet poikkeuttavat kuitenkin valoa niin

paljon, että tämä valo kulkee pysäyttimen 40 ohi ja toiselle linssille 182, ja tämä linssi 182 fokusoi tämän valon kuvaelementtimatriisille 46.

5 Edellä esitetyn lisäksi järjestelmä 10 sisältää
 10 edullisesti myös ohjausalijärjestelmän valaisualijärjestelmän 14 ja kuvantamisalijärjestelmän 16 toiminnan tahdistamiseksi kuljetusalijärjestelmän 12 toiminnan kanssa, tarkemmin määriteltynä valonlähteen 30 aktivoimiseksi muodostamaan valosykäyksen ja kameran sulkimen 50 avaamiseksi, kun linssi on linssintarkastusasemassa 144. Edullista alijärjestelmää valaistaan kaaviomaisesti kuviossa 12A. Tämän edullisen ohjausalijärjestelmän ollessa kyseessä kuljetusalijärjestelmä 12 synnyttää sähkösignaalin, aina kun yksi linssintarkastuskupeista on linssintarkastusasemassa. Tämän signaalin voi synnyttää esimerkiksi askelmoottori 94 tai jokin muu siirtopöydän 92 ohjain tai rajakytkin, joka sulkeutuu aina yhden linssintarkastuskupeista saavuttaessa linssintarkastusaseman. Tämä signaali välitetään edullisesti kameran sulkimelle 50 sulkimen avaamiseksi ja myös viivästyspiiriin 184, joka viivyttää sähkösignaalia lyhyen aikaa, jotta kameran suljin pääse avautumaan kokonaan, ja tämän lyhyen viipeen jälkeen sähkösignaali välitetään sitten lampun ohjaimelle 134, joka aktivoi valonlähteen 30.

25 Järjestelmän 10 rakennetun suoritusmuodon yhteydessä, ja viitaten kuvioon 12B, oftalmisen linssin ollessa linssintarkastusasemassa kuljetusalijärjestelmä esimerkiksi muodostaa 24 V:n pulssin ja välittää sen sekä kameralle 36 että viivästyspiiriin 184. Kameran suljin avautuu reaktiona tämän pulssin etureunaan, ja sen täydellinen avautuminen kestää noin 9 ms. Viivästyspiiri viivyttää signaalin kulkua lampun ohjaimelle 134 noin 15 ms, ja tämän viipeen jälkeen tämä laukaisupulssi siirretään lampun ohjaimelle. Tämän laukaisupulssin etureuna aktivoi SCR:n, joka sytyttää vilkkulampun 30. Sytytyksen tässä vaiheessa lampusta

tulee sähköä johtava, ja ennalta varattu kondensaattori purkautuu lampun poikki. Kondensaattorin kapasitanssi ja varusjännite määräävät lampun emittoiman kokonaisvaloenergian ja valosykyksen keston. Liitäntäpiiri pitää tällä
5 aikaa kameran sulkin auki noin 30 ms:n ajan ja sulkee sitten sulkimen.

Käyttämällä kameran suljinta edellä kuvatulla tavalla vältetään ympäristön valon integroitumista kuvaelementtimatriisiin 46 linssin tarkastusten välissä tai vähennetään sitä olennaisesti. Myös suurjännitelähde, lampun
10 ohjauselektroniikka ja varauskondensaattori sijoitetaan edullisesti kotelorakenteeseen 26, joka sisältää valaisuo-
ptiikan.

Lampusta 30 tuleva valo riittää mahdollistamaan
15 kuvan sieppaamisen kuvaelementtimatriisille 46 niin lyhyessä ajassa, ettei tarkastettavan oftalmisen linssin pysäyttäminen ole välttämätöntä. Niinpä kuljetusalijärjestelmä 12 suunnitellaan edullisesti siten, että se liikuttaa oftalmisista linsseistä koostuvaa rivistöä jatkuvasti
20 kuvannusalijärjestelmän 16 alitse. Tämä oftalmisista linsseistä koostuvan rivistön jatkuva tasainen liike on edullinen, koska se vähentää kuvannusprosessia mahdollisesti häiritsevän aaltoilun tai muiden häiriöiden kehittymistä kupeissa 110 olevan liuoksen 112 pinnalla tai elimi-
25 noi sen.

Kuten ammattimiehet ymmärtänevät, kuvattu kuljetus-
alijärjestelmän 12, valaisualijärjestelmän 14 ja kuvannus-
alijärjestelmän 16 välinen tahdistus eli koordinointi voidaan saavuttaa muilla tavoilla. Valonlähde 30 voidaan esi-
30 merkiksi aktivoida ja suljin 50 avata ennalta määrätyin väliajoin, jotka valitaan siten, että nämä toimet käyvät yhteen linssin linssintarkastusasemaan 144 sijoittamisen kanssa.

Valaisu-, kuvannus- ja kuljetusalijärjestelmät voi-
35 daan sulkea koteloon (ei kuvioissa), jotta minimoidaan

ilmasta tulevien jätteiden vaikutukset valaisus- ja kuvannusprosesseihin. Kotelo voidaan varustaa läpinäkyvillä etuovilla tai etuovilla, joissa on läpinäkyvät ikkunat, jotta mahdollistetaan pääsy kotelon sisätilaan ja sen tarkkailu, ja mainittujen etuovien läpinäkyvät osat voidaan sävyttää, jotta minimoidaan ympäröivän huoneen valon vaikutukset valaisus- ja kuvannusprosesseihin.

Kuvio 13 lohkokaavio, joka valaisee kuvankäsittely-alijärjestelmää 20. Tässä alijärjestelmässä kuvaelementtimatriisista tulevat sähkösignaalit johdetaan, sarja- ja rinnakkaismuotojen yhdistelmänä, esiprosessoriin 62. Nämä esiprosessoriin 62 välittyvät sähkösignaalit voidaan tunnistaa millä tahansa sopivalla tavalla liittyviksi signaalit kulloinkin muodostaneisiin kuvaelementteihin. Kameran 36 kuvaelementeistä tulevat signaalit voidaan esimerkiksi siirtää esiprosessoriin määrättynä, ajastettuna sarjana ja kamerasta voidaan siirtää esiprosessoriin myös kellosignaali mainitun sarjan alun tai valittujen jaksojen tunnistamiseksi. Kukin prosessoriin 62 siirtyvä signaali voidaan vaihtoehtoisesti varustaa "otsikolla" tai muulla datatun-
tomerkillä, joka identifioi signaalin kulloinkin muodostaneen kuvaelementin.

Yksikkö 62 muuttaa matriisin 46 kustakin kuvaelementistä tulleen kunkin sähkövirtasignaalin vastaavaksi yhdeksi digitaalseksi data-arvoksi, I_0 , ja tallentaa tämän data-arvon muistipaikkaan, jolla on kyseisen sähkösignaalin synnyttäneen kuvaelementin osoitetta vastaava osoite. Nämä data-arvot ovat prosessorin 64 saatavissa, ja ne voidaan siirtää sinne väyliä 186 pitkin. Kuten jäljempänä käsitellään yksityiskohtaisesti, on edullista synnyttää lukuisia muita tiedostoja $I_1 \dots I_n$, jolloin kutakin tiedostoa vastaa yksi matriisin 46 kuhunkin kuvaelementtiin liittyvä data-arvo, ja esiprosessori 62 voi sisältää lukuisia muistilohkoja, joista kutakin käytetään yhden tällaisen tiedoston tallentamiseen.

Proessori 64 kytketään esiprosessoriin 62 väylällä 186 data-arvojen saamiseksi mainitusta esiprosessorista ja niiden siirtämiseksi sinne. Kuten jäljempänä selitetään yksityiskohtaisemmin, prosessori 64 ohjelmoidaan käsittelemään ja analysoimaan esiprosessoriin tallennettuja data-arvoja järjestelmän 10 tarkastaman kunkin linssin ainakin yhden tilan tai parametrin identifioimiseksi ja esimerkiksi sen osoittamiseksi, onko linssi hyväksyttävä kuluttajakäyttöön.

Muistilevy 70 kytketään prosessoriin 64 data-arvojen vastaanottamiseksi ja säilyttämiseksi pysyvästi tai puolipysyvästi. Muistilevy 70 voidaan varustaa esimerkiksi erilaisilla prosessorin 64 käyttämällä hakutaulukoilla ja muistilevyä voidaan käyttää linssintarkastusprosessia koskevien tai sillä saatujen tietojen säilyttämiseen. Muistilevyä 70 voidaan käyttää esimerkiksi määrätyn päivän tai ajanjakson kuluessa tarkastettujen linssien kokonaislukumäärän seurantaan ja määrätyssä näytteessä tai linssiryhmässä mahdollisesti havaittujen virheiden kokonaislukumäärän, tyyppin ja koon seurantaan.

Näppäimistö 66 kytketään prosessoriin 64, jotta käyttäjä pääsee syöttämään tietoja prosessorille, ja näppäimistö pääteasemaa 74 käytetään prosessorille syötettävien tietojen tai viestien visuaaliseen näyttämiseen. Monitori 72 kytketään esiprosessoriin 62 ja se tuottaa videokuvia esiprosessoriin tallennetuista data-arvoista. I_0 -data-arvot voidaan esimerkiksi siirtää monitorille 72 kuvan aikaansaamiseksi kuvaelementtimatriisille 46 syntyneestä todellisesta kuvasta. Muut tiedostot $I_1 \dots I_n$ voidaan siirtää monitorille 72 jalostettujen eli käsiteltyjen kuvien muodostamiseksi kyseisestä todellisesta kuvasta. Tulostin 76 kytketään prosessoriin 64 sarja-rinnakkaismuuntimen kautta visuaalisen pysyvän tallenteen saamiseksi prosessorista 64 tulostimelle siirretyistä valituista data-arvoista. Kuten ammattimiehet ymmärtänevät, alijärjes-

telmä 20 voidaan varustaa muilla tai ylimääräisillä syöt-
tö- ja tulostusvälineillä käyttäjän tai analysoijan ja
prosessorin 64, esiprosessorin 62 ja muistiyksikön 70 vä-
lisen vuorovaikutuksen mahdollistamiseksi.

5 Alijärjestelmän 20 yksittäiset komponentit ovat
tavanomaisia ja ammattimiesten hyvin tuntemia. Prosessori
64 on edullisesti suurinopeuksinen digitaalinen tietokone,
ja monitori 72 on erotuskyvyltään hyvä värimonitori. Esi-
prossessori 62 voi olla esimerkiksi Datacube-signaalinkä-
10 sittelylevykokoonpano ja prosessori 64 voi olla Sun 3/140
-työasema.

Kuten edellä käsiteltiin, aina oftalmisen linssin
kulkiessa suoraan kameran 36 alitse valoa johdetaan oftal-
misen linssin läpi ja se fokusoidaan kuvaelementtimatrii-
15 sille 46, ja kukin matriisin 46 kuvaelementti synnyttää
vastaavan sähkövirran, jonka suuruus vastaa kyseiselle
kuvaelementille osuvan valon intensiteettiä. Tämä kunkin
kuvaelementin lähtövirta muutetaan digitaalseksi data-
arvoksi, joka tallennetaan esiprosessorin muistiin kysei-
20 seen kuvaelementtiin liittyvään osoitteeseen. Nämä digi-
taaliset data-arvot, joita kutsutaan I_0 -arvoiksi, käsitel-
lään jäljempänä kuvattavalla tavalla sen määrittämiseksi,
sisältääkö kameran 36 alitse kulkeva linssi yhden tai
useampia valitusta joukosta piirteitä, ja erityisesti sen
25 määrittämiseksi, sisältääkö kyseinen linssi jonkin piir-
teen, jota voidaan pitää virheenä, joka tekee linssistä
soveltumattoman kuluttajakäyttöön.

Kuviossa 14 esitetään kuvioiden 2 ja 3 esittämän
linssityypin 84 mahdollisten virheiden tunnistamiseen tar-
30 koitetun edullisen kuvankäsittelymenettelyn pääkomponen-
tit. Kun linssin kuva on saatu kuvaelementtimatriisille,
kyseinen kuva testataan epäkeskisyydestiksi kutsutulla
menettelyllä sen määrittämiseksi, ovatko linssin renkaan
84c sisä- ja ulkokehä asianmukaisesti keskittyneet suh-
35 teessa toisiinsa, ja tässä epäkeskisyydestissä sovitetaan

ensimmäinen ja toinen ympyrä kuvaelementtimatriisille syntyneen renkaan sisä- ja ulkoreunaan. Tämän jälkeen etsitään tai erotetaan renkaan todelliset reunat. Sitten käytetään ensimmäistä peittomenettelyä linssintarkastuskupin reunasta taittuneeseen tai taipuneeseen valoon liittyvien tietojen vähentämiseksi tai eliminoimiseksi ja mahdollisia reunavirheitä korostetaan menettelyllä, jota kutsutaan kuminauha-algoritmiksi. Seuraavaksi mahdollisia virheitä korostetaan edelleen menettelyllä, joita kutsutaan täytöksi ja siistimiseksi (fill-in, clean-up), ja toisella peittomenettelyllä, joka eliminoi renkaan kuvan keskustan lähellä oleviin tiettyihin kuva-alkioihin liittyvät tiedot.

Kun mahdolliset virheet on korostettu, tehdään haku sen määrittämiseksi, onko todella olemassa virheitä. Tarkemmin määriteltynä tarkastetaan matriisin 46 kuvaelementtiä - täsmällisemmin ilmaistuna mainittuihin kuvaelementteihin liittyvät data-arvot - virheen osana mahdollisesti olevien kuvaelementtien muodostamien janojen, eli merkkijonojen, identifioimiseksi ja kootaan sitten yhteen merkijonot virhe-ehdokkaiden identifioimiseksi. Sitten analysoidaan näiden virhe-ehdokkaiden koot ja sijainnit sen määrittämiseksi, ovatko ne todellisia virheitä, jotka tekevät linssistä sopimattoman kuluttajakäyttöön.

Kuten edellä mainittiin, epäkeskisyydestä käytetään sen määrittämiseen, ovatko kameran alitse kulkevan linssin renkaan 84c sisä- ja ulkokehä samankeskkiset. Tämä tehdään yleisesti esitettynä, viitaten kuvioon 15, tekemällä lukuisia pyyhkäisyjä 202 kuvaelementtimatriisin 46 poikki - täsmällisemmin ilmaistuna tutkimalla data-arvoja, jotka ovat esiprosessorin muistin niissä osoitteissa, jotka vastaavat matriisilla 46 olevan valitun janan sisältämien kuvaelementtien osoitteita - sen määrittämiseksi, ovatko renkaan 150 sisäreuna 150a ja ulkoreuna 150b samankeskkiset.

Kuviot 16A ja 16B valaisevat epäkeskisyystestiä eli ohjelmaa R_1 . Tämän ohjelman ensimmäistä vaihetta 204 kutsutaan kynnysarvoaliohjelmaksi; tämän ohjelman tarkoituksena on yhdistää kukin kuvaelementti uuteen intensiteettiarvoon I_1 , joka on yhtä suuri kuin joko maksimi- tai minimivalaisuarvo, $T_{\max}$ tai $T_{\min}$, sen mukaan onko kuvaelementin alkuperäinen valaisuarvo I_0 määrätyn kynnysarvon T_c ylä- vai vastaavasti alapuolella. Niinpä kullekin kuvaelementille, jonka alkuperäinen valaisuarvo I_0 on suurempi kuin 127, voidaan antaa uusi valaisuarvo I_1 255, ja kullekin kuvaelementille, jonka alkuperäinen valaisuarvo I_0 on korkeintaan 127, voidaan antaa uusi valaisuarvo I_1 0.

Epäkeskisyystestin seuraava vaihe 206 on tässä testissä käytettävien pyyhkäisyjen 202 lukumäärän, sijaintien ja kokojen asettaminen, ja tämä tehdään antamalla prosessorille 64 lähtöpisteinä olevan kuvaelementin osoite ja kunkin pyyhkäisyn pituus ja suunta. Nämä parametrit valitaan siten, että ellei linssi ole pahasti epäkeskinen, kukin lukuisista pyyhkäisyistä kulkee renkaan 150 kummankin reunan yli. Nämä lähtöpisteosoitteet, suunnat ja pyyhkäisymatkat talletetaan edullisesti puolipysyvästi prosessoriin 64 tai muistilevylle 70. Tätä rekisteriä käytetään kunkin määrättyä nimellistyyppiä tai kokoa olevan linssin tarkastuksen aikana, ja tämä puolipysyvä rekisteri voidaan vaihtaa, kun tarkastetaan nimellistyyppiltään tai -kooltaan erilaisia linssejä.

Seuraavaksi, vaiheessa 210, tehdään valitut pyyhkäisyt kuvaelementtimatriisin eli näytön 46 poikki. Ellei linssi ole pahasti epäkeskinen, useimmat näistä pyyhkäisyistä kulkevat näytön valaistun osan poikki. Kun pyyhkäisy ylittää näytön valaistun osan, tämän valaistun osan poikki kulkevan janan ensimmäisen ja viimeisen kuvaelementin osoitteet ja tämän janan pituus, jota kutsutaan jonoksi, rekisteröidään tiedostoon f_1 . Aliohjelmat jonon ensimmäisen ja viimeisen kuvaelementin osoitteiden deketoimi-

seksi, näiden kuvaelementtien osoitteiden saamiseksi ja kunkin jonon pituuden määrittämiseksi ovat ammattimiesten hyvin tuntemia, ja tässä epäkeskisyystestissä voidaan käyttää mitä tahansa mainitunlaisia sopivia ohjelmia.

- 5 Sitten, vaiheessa 212, kunkin jonon pituutta verrataan ennalta määrättyyn arvoon ja hylätään tiedot - ts. jonon ensimmäisen ja viimeisen kuvaelementin osoitteet ja jonon pituus, jotka liittyvät kuhunkin ennalta määrättyä arvoa lyhyempään jonoon. Tämä hylkääminen tehdään kuvaelementtimatriisilla 46 esiintyvän kohinan - ts. kuvaelementtimatriisille osuvan epätoivottavan valon - aiheuttamien tietojen eliminoimiseksi tai ainakin vähentämiseksi. Tarkemmin esitettynä kohina, joka voi johtua taustavalosta tai valosta, jota pöly tai muut hiukkaset poikkeuttavat
- 10 halutulta valonkulkureitiltä, voi aiheuttaa valaistuja alueita kuvaelementtimatriisille. Ylivoimaisesti suurimassa osassa tapauksista kukin näistä valaistuksista alueista koostuu vain yhdestä kuvaelementistä tai pienistä ryhmästä rinnakkaisia kuvaelementtejä. Jos jokin edellä mainituista vaiheen 210 aikana tehtävistä pyyhkäisyistä kulkee tällaisen valaistun alueen poikki, prosessori rekisteröi tämän valaistun alueen ensimmäisen ja viimeisen kuvaelementin osoitteet ja jonon pituuden. Tämä valaistunut alue ja siihen liittyvät tiedot eivät kuitenkaan koske rengasta
- 15 162 tai sen reunoja, ja niinpä käytetään vaihetta 212 näiden tietojen eliminoimiseksi.

- 20 Epäkeskisyystestin seuraava vaihe 214 on kunkin jäljellä olevan kuvaelementtiosoitteen tunnistaminen renkaan ulko- tai sisäreunalla sijaitsevaksi osoitteeksi, ja tämän tekemiseen voidaan käyttää mitä tahansa sopivaa ali-ohjelmaa. Voidaan esimerkiksi verrata keskenään kunkin jonon ensimmäisen ja viimeisen kuvaelementin osoitteita ja katsoa, että lähempänä koko kuvaelementtimatriisin 46 keskustaa sijaitseva kuvaelementti on renkaan 162 sisäreunalla, kun taas kauempana kuvaelementtimatriisin keskustasta
- 25
- 30
- 35

sijaitsevan kuvaelementin voidaan katsoa olevan renkaan ulkoreunalla. Vaihtoehtoisesti pyyhkäisyt voidaan jakaa kahteen ryhmään, niin että ensimmäisen ryhmän kunkin pyyhkäisyn kohdalla löydettyäessä valaistu jono pyyhkäisyn aikana jonon ensimmäinen ja viimeinen kuvaelementti ovat renkaan ulko- ja vastaavasti sisäreunalla; toisen ryhmän kunkin pyyhkäisyn kohdalla löydettyäessä valaistu jono pyyhkäisyn aikana jonon ensimmäinen ja viimeinen kuvaelementti ovat renkaan sisä- ja vastaavasti ulkoreunalla.

10 Kun kukin kuvaelementti on määritetty sijaitsevaksi renkaan sisä- tai ulkoreunalla, lasketaan vaiheessa 216 kummaltakin reunalta löytyneiden kuvaelementtien lukumäärä. Jos jompi kumpi näistä luvuista on alle 3, linssi hylätään sillä perusteella, että se on pahasti epäkeskinen.

15 Jos kummaltakin reunalta on kuitenkin löytynyt vähintään 3 kuvaelementtiä, käynnistetään vaiheessa 222 aliohjelma, joka sovittaa ensinnäkin ensimmäisen ympyrän renkaan ulkoreunalta löytyneille kuvaelementeille ja toiseksi toisen ympyrän renkaan sisäreunalta löytyneille kuvaelementeille

20 ja määrittää kolmanneksi näiden kahden ympyrän keskipisteet ja säteet. Tunnetaan lukuisia aliohjelmia ympyrän sovittamiseksi kolmelle tai useammalle pisteelle ja tämän ympyrän keskipisteen ja säteen laskemiseksi, ja epäkeskisyystestin vaiheessa 222 voidaan käyttää mitä tahansa tällaista aliohjelmaa.

25 Kun näiden kahden sovitettujen ympyrän keskipisteet on laskettu, määritetään vaiheessa 224 näiden kahden keskipisteen välinen etäisyys d . Tätä etäisyyttä verrataan sitten vaiheessa 226 ensimmäiseen arvoon d_1 , ja jos etäisyys on suurempi kuin d_1 , linssi hylätään vaiheessa 230 pahasti epäkeskisenä. Jos etäisyys d on pienempi kuin d_1 , verrataan vaiheessa 232 tätä etäisyyttä d etäisyyteen d_2 , joka on suurin hyväksyttävä renkaan 150 sisä- ja ulkoreunan keskipisteiden välinen etäisyys. Jos sovitettujen ympyröiden

35 keskipisteiden välinen etäisyys d on suurempi kuin d_2 ,

linssi hylätään vaiheessa 234 epäkeskisenä; jos etäisyys d on kuitenkin korkeintaan d_2 , linssi läpäisee epäkeskisyyss-testin, kuten vaihe 236 osoittaa.

Jos linssi läpäisee epäkeskisyyss-testin, prosessori
 5 64 aloittaa prosessin eli ohjelman R_2 , jota kutsutaan reu-
 nantunnistimeksi, valaisuarvojoukon tuottamiseksi, jota
 puolestaan voidaan käyttää renkaan 150 reunoilla olevien
 kuvaelementtien tunnistamiseen. Nämä reunat eivät tyypil-
 lisesti ole täydellisiä ympyröitä ja eroavat siten epäkes-
 10 kisyyss-testin aikana löydetyistä sovitetuista ympyröistä.
 Tämä uusi joukko valaisuarvoja saadaan sarjalla morfologi-
 sia operaatioita eli muutoksia matriisin 46 kullekin kuva-
 elementille kuuluviksi merkittyihin tai siihen liittyviin
 valaisuarvoihin. Näitä morfologisia muutoksia valaistaan
 15 kuvien muodossa kuvioissa 17A - 17I ja esitetään vuokaa-
 vion muodossa kuviossa 18. Tarkemmin esitettynä kuvio 17A
 esittää renkaan 150 kuvaa kuvaelementtimatriisilla 46;
 kuvio 17B on suurennettu kuva osasta tätä rengasta, ja
 siinä näkyy myös lyhyt jana 240 eli pyyhkäisy kyseisen
 20 renkaan ja kuvaelementtimatriisin lähialueiden yli. Kuvio
 17C valaisee tässä pyyhkäisyssä 240 olevien kuvaelement-
 tien intensiteettiarvoja I_1 , ja kuten siinä esitetään, ku-
 vion 17B tummilla alueilla on alempi eli nolla- I_1 -arvo, ja
 kuvion 17B vaaleilla alueilla olevilla kuvaelementeillä on
 25 korkeampi I_1 -arvo, kuten $T_{\max}$.

Viitaten kuvioon 18 ja kuvioihin 17C ja 17D, reu-
 nantunnistusprosessin ensimmäisessä vaiheessa 242 laske-
 taan kullekin kuvaelementille uusi arvo I_2 ; tarkemmin mää-
 riteltynä kunkin kuvaelementin I_2 -arvo asetetaan yhtä suu-
 30 reksi kuin tämän kuvaelementin ja sen välittömässä lähei-
 syydessä olevien kahdeksan naapurikuvaelementin I_1 -arvojen
 keskiarvo. Matriisin 46 kuvaelementtien I_1 - ja I_2 -arvojen
 erona on, että viimeksi mainitut arvot muuttuvat asteit-
 taisemmin I_2 -arvoltaan alimpien kuvaelementtien (jotka ovat
 35 yleensä kuvaelementtimatriisin tummilla alueilla olevia

kuvaelementtejä) ja I_2 -arvoltaan korkeimpien kuvaelementtien (jotka ovat yleensä kuvaelementtimatriisin vaaleilla alueilla olevia kuvaelementtejä) välillä. Tämä ero on parhaiten ymmärrettävissä vertaamalla kuvioita 17C ja 17D.

5 Sitten, vaiheessa 244, määritetään kullekin kuvaelementille lisäksi arvo I_3 ; tarkemmin määriteltynä kunkin kuvaelementin I_3 -arvo asetetaan yhtä suureksi kuin kyseisen kuvaelementin ja sen välittömässä läheisyydessä olevien kahdeksan naapurikuvaelementin pienin I_2 -arvo. Viitaten 10 kuvioihin 17D ja 17E, I_3 -arvot voivat vaihdella pyyhkäisyn 240 alueella hyvin samankaltaisella tavalla kuin I_2 -arvot tämän kuvaelementtipyyhkäisyn alueella. Periaatteellisena erona tavassa, jolla kuvaelementtien I_2 - ja I_3 -arvot vaihtelevat kuvaelementtimatriisin alueella, on, että I_3 -arvoltaan 15 korkeimpien kuvaelementtien muodostama vyöhyke on hieman kapeampi kuin I_2 -arvoltaan korkeimpien kuvaelementtien muodostama vyöhyke.

Reunantunnistusprosessin seuraava vaihe 246 on vielä uuden arvon I_4 määrittäminen kullekin kuvaelementille 20 yhtälöllä $I_4 = I_2 - I_3$. Viitaten erityisesti kuvioon 17F, pyyhkäisyn 240 useimpien kuvaelementtien I_4 -arvo on 0; renkaan 162 kahdella reunalla ja säteen suunnassa heti reunan sisäpuolella olevilla kuvaelementeillä on positiivinen I_4 -arvo. Seuraavaksi, vaiheessa 250, määritetään kullekin 25 kuvaelementille I_5 -arvo; tarkemmin määriteltynä kunkin kuvaelementin I_5 -arvo asetetaan yhtä suureksi kuin kyseisen kuvaelementin ja sen välittömässä läheisyydessä olevien kahdeksan naapurikuvaelementin suurin I_2 -arvo. Kuvaelementtimatriisin 46 useimpien kuvaelementtien I_5 -arvo on sama 30 kuin kyseisen kuvaelementin I_2 -arvo. Niiden kuvaelementtien kohdalla, jotka ovat korkeintaan määrättyllä etäisyydellä renkaan 150 reunoista, kuvaelementtien I_5 -arvot ovat kuitenkin suurempia kuin I_2 -arvot, ja I_5 -arvoltaan suurimpien kuvaelementtien muodostama vyöhyke on hieman leveämpi kuin 35 I_2 -arvoltaan suurimpien kuvaelementtien muodostama vyöhyke.

Reunantunnistusprosessin seuraava vaihe 252 on vielä uuden arvon I_6 määrittäminen kullekin kuvaelementille yhtälön $I_6 = I_5 - I_2$ mukaisesti. Viitaten erityisesti kuvioon 17H, useimpien kuvaelementtimatriisin kuvaelementtien I_2 -arvo on 0; kuvaelementeillä, jotka ovat renkaan 150 kahdella reunalla ja säteen suunnassa välittömästi sen ulkopuolella, on kuitenkin positiiviset I_6 -arvot. Seuraavaksi, vaiheessa 254, annetaan kullekin kuvaelementille I_7 -arvo; tarkemmin määriteltynä kunkin kuvaelementin I_7 -arvo asetetaan yhtä suureksi kuin pienempi kyseisen kuvaelementin arvoista I_4 ja I_6 . Viitaten kuvioon 17I, kuvaelementtimatriisin useimpien kuvaelementtien I_7 -arvo on 0; kuvaelementeillä, jotka ovat renkaan 150 kahdella reunalla ja sen välittömässä läheisyydessä on kuitenkin positiiviset I_7 -arvot. Täten kuvaelementtien I_7 -arvot identifioivat ne kuvaelementit, jotka ovat renkaan reunoilla.

Vaiheessa 256 voidaan sitten käynnistää kynnysarvo-aliohjelma renkaan 150 reunoilla olevien kuvaelementtien ja näytön 46 muiden kuvaelementtien välisen eron terävöittämiseksi. Tarkemmin määriteltynä kullekin kuvaelementille voidaan antaa vielä lisäksi arvo I_8 , joka on yhtä suuri kuin maksimivalaisuintensiteettiarvo $T_{\max}$ tai minimivalaisuintensiteettiarvo $T_{\min}$ sen mukaan, onko kyseisen kuvaelementin I_7 -arvo jonkin määrätyn kynnysarvon kuten arvon T_t ylä- vai vastaavasti alapuolella. Niinpä kullekin kuvaelementille, jonka I_7 -arvo on yli 32, voidaan antaa I_8 -arvo 255, ja kullekin kuvaelementille, jonka I_7 -arvo on korkeintaan 32, voidaan antaa I_8 -arvo 0.

Kuvio 17J esittää kuvaelementtimatriisin 46 kutakin kuvaelementtiä valaistuna I_8 -arvoaan vastaavalla intensiteetillä.

Arvojen $I_1 - I_8$ laskemisen ja käsittelyn aikana kunkin kuvaelementtiarvojoukko tallennetaan edullisesti vastaavaan yhteen muistirekisteriin esiprosessorissa 62 - tämä tarkoittaa, että I_0 -arvot tallennetaan esimerkiksi en-

simmaiseen rekisteriin, I_1 -arvot toiseen rekisteriin ja I_2 -arvot kolmanteen rekisteriin. Ei ole kuitenkaan välttämätöntä säilyttää kaikkia arvoja $I_1 - I_8$ koko aikaa, joka kuluu kunkin linssin kohdalla käsittelyyn; kunkin käsittelyjakson aikana voidaan esimerkiksi hävittää I_3 -arvot, kun I_4 -arvot on laskettu, ja I_5 -arvot, kun I_6 -arvot on määritetty.

Lisäksi ei ole välttämätöntä laskea arvoja $I_2 - I_8$ kaikille kuvaelementtimatriisin kuvaelementeille. Minkä tahansa määrättyä tyyppiä olevan oftalmisen linssin ollessa kyseessä linssin rengas esiintyy suhteellisen tarkasti rajatulla kuvaelementtimatriisin 46 alueella, ja arvot $I_2 - I_8$ tarvitsee määrittää vain kyseisellä alueella oleville kuvaelementeille. Käytännössä voi kuitenkin usein olla helpompaa yksinkertaisesti laskea arvot $I_2 - I_8$ kaikille kuvaelementtimatriisin 46 kuvaelementeille, sen sijaan että lisättäisiin lisäkäsittelyvaihe kiinnostuksen kohteena olevalla alueella olevien kuvaelementtien tunnistamiseksi.

Kun reunantunnistusohjelma on saatettu loppuun, linssintarkastusjärjestelmä käynnistää peitto-ohjelman, joka tuottaa joukon kuvaelementtien valaisuarvoja, joka on vapaa linssin pitelemiseen käytetyn linssintarkastuskupin reunan aiheuttamasta vaikutuksesta. Tarkemmin esitettynä välähdyslampusta 30 tulevan valosykyäksen valaistessa oftalmisen linssin valoa kulkee myös linssin sisältävän kupin läpi. Kupin reuna saattaa taivuttaa osaa tästä valosta niin paljon, että valo kulkee pysäyttimen 40 ohi ja kuvaelementtimatriisille 46 ja muodostaa sille kuvan tai osakuvan kupin reunasta, mitä merkitään kuviossa 19A numerolla 260. Tämä reunan kuva ei liity itse linssiin, ja siten tähän kupin reunan kuvaan liittyvät tiedot ovat tarpeettomia ja epätoivottavia itse linssin kuvaan liittyvien tietojen käsittelyn kannalta; peitto-ohjelma käynnistetään kupin reunan kuvan eliminoimiseksi kuvaelementtimatriisil-

ta 46 tai täsmällisemmin ilmaistuna sellaisen kuvaelementtien valaisuarvojoukon aikaansaamiseksi, joka on vapaa edellä mainittuun kupin reunan kuvaan 260 liittyvistä kuvaelementtitiedoista.

- 5 Kuvio 20 on vuokaavio, joka valaisee yhtä edullista peitto-ohjelmaa R_3 . Tämän ohjelman ensimmäisenä vaiheena 262 on määrittää onko epäkeskisyytestin vaiheessa 216 tai 226 löytynyt vähintään kolme kuvaelementtiä renkaan 162
- 10 epäkeseiseksi. Jos linssin on havaittu olevan pahasti epäkeskinen jommassa kummassa näistä kahdesta epäkeskisyytestin vaiheesta, peitto-ohjelma R_3 päättyy vaiheeseen 262.

- Ellei ohjelma R_3 pääty vaiheeseen 262, ohjelma etenee vaiheeseen 264, jonka tehtävänä on epäkeskisyytestin
- 15 aikana renkaan 150 ulkoreunaan 150a sovitettun ympyrän keskipisteen koordinaattien hankkiminen. Nämä koordinaatit on määritetty ja talletettu sitten joko prosessorin 64 muistiin tai muistilevylle 70 epäkeskisyytestin aikana, ja siten nämä koordinaatit voidaan saada yksinkertaisesti
- 20 hakemalla ne muistista. Kun nämä keskipistekoordinaatit on hankittu, peittoaliohjelma käynnistyy vaiheessa 266. Viitaten nyt kuvioon 19b, tämä aliohjelma asettaa itse asiasa kuvaelementtimatriisin 46 päälle pyöreän maskin 270, jonka keskipiste on edellä mainittujen keskipistekoordi-
- 25 naattien kohdalla ja jonka läpimitta on hieman suurempi kuin renkaan 150 ulkoreunaan sovitettun ympyrän läpimitta. Peittoaliohjelma antaa sitten arvon I_9 kullekin kuvaelementille sen perusteella, onko kyseinen kuvaelementti tämän maskin sisä- vai ulkopuolella. Tarkemmin määriteltynä
- 30 peittoaliohjelma antaa kullekin mainitun maskin ulkopuolella olevalle kuvaelementille I_9 -arvon 0 ja kullekin maskin sisäpuolella olevalle kuvaelementille I_9 -arvon, joka on yhtä suuri kuin kyseisen kuvaelementin I_8 -arvo.

- Täsmällisemmin ilmaistuna vaiheessa 266 siirretään
- 35 peitto-aliohjelmalle edellä mainitun keskipisteen koordi-

naatit (x_0, y_0) ja säteen arvo r_1 , joka valitaan hieman suuremmaksi kuin renkaan 150 ulkoreunaan sovitettun ympyrän säde. Sitten tämä aliohjelma muodostaa tiedoston f_2 kuvaelementtimatriisiin 46 kaikkien sellaisten kuvaelementtien osoitteista, jotka ovat korkeintaan etäisyydellä r_1 mainitusta keskipisteestä (x_0, y_0) . Sitten, vaiheessa 272, tarkistetaan kuvaelementtimatriisiin 46 kunkin kuvaelementin osoite sen määrittämiseksi, onko se tässä tiedostossa. Jos kuvaelementin osoite on tässä tiedostossa, kyseisen kuvaelementin I_9 -arvo asetetaan vaiheessa 274 yhtä suureksi kuin tämän kuvaelementin I_9 -arvo; jos kuvaelementin osoite ei kuitenkaan ole tässä tiedostossa, kyseisen kuvaelementin I_9 -arvo asetetaan vaiheessa 276 nolllaksi.

Alalla tunnetaan lukuisia eri peittoaliohjelmia ja niitä voidaan käyttää ohjelman R_2 vaiheessa 266.

Kuvio 19C esittää kuvaelementtimatriisiin 46 kuvaelementtejä valaistuina I_9 -arvojaan vastaavalla intensiteetillä.

Kun kuvion 20 esittämä peittomenettely on saatettu loppuun, prosessori 64 käynnistää lisämenettelyn, jota kutsutaan kuminauha-algoritmiksi. Tässä algoritmossa analysoidaan ja käsitellään yleisesti esitettynä data-arvoja, jotka koskevat kuvaelementtejä, jotka ovat renkaan reunassa 150a ja sen välittömässä läheisyydessä, ja kuvat 21A ja 21B esittävät vuokaaviota, joka valaisee yleisesti kuminauha-algoritmia. Viitaten näihin kuvioihin, tämän algoritmin ensimmäisenä vaiheena 280 on epäkeskisyydestin aikana linssin ulkoreunaan 150a sovitettun ympyrän keskipisteen koordinaattien ja säteen hankkiminen. Kuten edellä esitettiin, nämä arvot on määritetty ja talletettu epäkeskisyydestin aikana, ja nämä arvot voidaan hankkia hakemalla ne kyseisestä muistista.

Seuraava vaihe 282 kuminauha-algoritmissa on renkaan 150 ulkoreunalla 150a olevan kuvaelementin paikantaminen etsimällä sisäänpäin kuvaelementtimatriisiin vasem-

masta reunasta lähtien, kunnes löytyy valaistu kuvaelementti. On mahdollista, että jonkin määrätyn haun aikana löytynyt ensimmäinen valaistu kuvaelementti ei ehkä ole linssin kuvan reunalla vaan jossakin muualla ja valaistu taustakohinan vuoksi. Siksi vaiheessa 282 tehdään edullisesti useita pyyhkäisyjä eli hakuja useiden valaistujen kuvaelementtien löytämiseksi ja analysoidaan sitten näiden kuvaelementtien sijainnit tai verrataan niitä toisiinsa sen takaamiseksi, että linssin kuvan reunalta löytyy kuvaelementti.

Kun on löydetty ensimmäinen kuvaelementti linssin kuvan reunalta, kuminauha-algoritmi etenee vaiheeseen 284; tässä vaiheessa algoritmi aloittaa tästä ensimmäisestä kuvaelementistä, jäljittää linssin kuvan reunaa kuvan ympäri ja palaa lopulta mainittuun ensimmäiseen kuvaelementtiin. Tämän ensimmäisen jäljityksen aikana algoritmi rekisteröi tiedostoon f_3 useimpien tai kaikkien linssin kuvan ulkoreunalla olevien kuvaelementtien osoitteet; algoritmi tunnistaa myös suurehkot aukot linssin reunassa, näiden aukkojen pituudet, ja linssin reunalla olevat suurehkot ylimääräiset palat. Vaiheessa 286 algoritmi rekisteröi tiedostoon f_4 niiden kuvaelementtien osoitteet, jotka ovat päätepisteinä valituille viivoille, joita käsitellään jäljempänä yksityiskohtaisemmin ja joita piirretään linssin reunassa mahdollisesti olevien suurehkojen aukkojen poikki ja tällä reunalla mahdollisesti olevien suurehkojen ylimääräisten palojen poikki ja kummallekin puolelle.

Kun tämä ensimmäinen jäljitys linssin kuvan ympäri on saatettu loppuun, kuminauha-algoritmi määrittää vaiheessa 290, onko jokin mahdollisesti löytyneistä aukoista riittävän suuri aiheuttaakseen linssin hylkäämisen. Jos tällainen aukko löytyy, linssi hylätään, ja tulostin 76 kirjoittaa vaiheessa 292 viestin, joka ilmoittaa, että linssin reuna on huono.

Jos linssi läpäisee tämän aukkotestin vaiheessa 290, kuminauha-algoritmi tekee toisen kulun eli jäljityksen linssin kuvan reunan ympäri. Kuten kuvion 21B kohdassa 294 esitetään, algoritmi tunnistaa tässä toisessa jäljityksessä heikot piirteet, kuten pienehköt aukot ja pienehköt ylimääräiset kappaleet, joita suuntautuu säteen suunnassa sisään- tai ulospäin linssin ulkoreunasta, ja tämä algoritmi testaa kunkin tällaisen havaitun piirteen sen määrittämiseksi, tulisiko linssi hylätä sen vuoksi. Tämä tehdään yleisesti esitettyinä laskemalla ainakin kullekin linssin ulkoreunalta valitulle kuvaelementille säteen suuntaiseksi vektoriksi ja reunavektoriksi kutsuttujen kahden vektorin pistetulo kyseisen kuvaelementin kautta. Kuvaelementin kautta kulkeva säteen suuntainen vektori on vektori, joka kulkee myös renkaan 150 ulkoreunaan 150a sovitettun ympyrän keskipisteen kautta. Kuvaelementin läpi kulkeva reunavektori on vektori, joka kulkee kyseisen kuvaelementin läpi ja renkaan 150 ulkoreunalla olevan toisen kuvaelementin läpi, joka on määrätyn kuvaelementtimäärän verran taaksepäin eli vastapäivään ensin mainitusta kuvaelementistä laskettuna renkaan 150 ulkoreunaa 150a pitkin.

Sellaisen kuvaelementin ollessa kyseessä, joka on linssin reunan säännöllisessä, pyöreässä osassa, joka ei sisällä virhettä - aukkoa tai ylimääräistä palaa - näiden kahden edellä määritellyn vektorin pistetulo on suurin piirtein 0, koska tämän kuvaelementin läpi kulkevat säteen suuntainen vektori ja reunavektori ovat suurin piirtein kohtisuorassa toisiaan vastaan. Useimmilla tai kaikilla kuvaelementeillä, jotka ovat linssin reunan aukon tai ylimääräisen palan reunalla, kyseisen kuvaelementin läpi kulkevien reunavektorin ja säteen suuntaisen vektorin pistetulo ei kuitenkaan ole 0, koska nämä kaksi vektoria eivät ole kohtisuorassa toisiaan vastaan. Jos laskettu pistetulo on määrättyä suurempi, linssiä ei pidetä sopivana kuluttajakäyttöön ja se voidaan hylätä.

Jos linssi läpäisee testit, joita on käytetty lins-
sin reunan ympäri tehdyn toisen jäljityksen aikana, kumi-
nauha-algoritmi kiertää kolmannen kerran linssin kuvan
ulkoreunan ympäri, kuten esitetään kuvion 21B vaiheessa
5 296. Tämä kolmas kierros ei sisällä testejä sen määrittä-
miseksi, tulisiko linssi hylätä, vaan käsittelee tai val-
mistaa tietoja myöhempiä testejä varten. Tarkemmin määri-
teltynä tämä kolmas kierros tehdään data-arvojoukon tuot-
tamiseksi, joka on vapaa tiedoista, jotka liittyvät lins-
sissä mahdollisesti oleviin virheisiin, jotka esiintyvät
10 juuri renkaan 150 ulkoreunan 150 sisäpuolella. Tämä data-
arvojoukko vähennetään sitten data-arvojoukosta, joka si-
sältää mainittuihin virheisiin sisältyviä tietoja, jolloin
saadaan data-arvojoukko, joka sisältää vain mainittuihin
15 virheisiin liittyvät tiedot.

Tässä kolmannessa kierroksessa linssin reunan ympä-
ri kuminauha-algoritmi määrittää yleisesti esitettyä ren-
kaan 150 ulkoreunan 150a keskimääräisen paksuuden säteen
suunnassa; sitten algoritmi asettaa nollassi kaikkien nii-
den kuvaelementtien I_9 -arvot, jotka ovat juuri renkaan ul-
koreunan sisäpuolella. Jos renkaan ulkoreunan keskimääräi-
nen paksuus on esimerkiksi 6 kuvaelementtiä, kuminauha-
algoritmi voi asettaa nollassi kaikkien niiden kuvaele-
menttien I_9 -arvot, jotka ovat säteen suunnassa 7 - 27 kuva-
20 elementin verran sisäänpäin renkaan ulkoreunasta.

Kuviot 22 - 32 valaisevat kuminauha-algoritmia yk-
sityiskohtaisemmin. Tarkemmin määriteltynä kuvio 22 valai-
see yhtä sopivaa aliohjelmaa S_1 renkaan 150 ulkoreunalla
150a olevan ensimmäisen kuvaelementin $P(x,y)$ paikantami-
30 seksi. Vaiheessa 300 (x_0, y_0) asetetaan samaksi kuin epäkes-
kisyytestin aikana renkaan ulkoreunaan sovitetun ympyrän
keskipisteen koordinaatit; vaiheessa 302 r_0 asetetaan yhtä
suureksi kuin mainitun ulomman sovitetun ympyrän säde.
Sitten, kuten esitetään vaiheessa 304, tehdään useita vaa-
35 kasuoria pyyhkäisyjä kuvaelementtimatriisiin 46 poikki

aloittaen matriisin vasemman reunan keskipisteestä tai suunnilleen siitä. Täsmällisemmin esitettyinä prosessori 64 tutkii data-arvoja I_9 , jotka ovat esiprosessorin muistissa osoitteissa, jotka vastaavat valituissa vaakasuorissa ja-

5 noissa olevien kuvaelementtien osoitteita kuvaelementti-matriisilla. Kunkin tällaisen pyyhkäisyyn aikana prosessori 64 tarkistaa kunkin jossakin määrättyssä vaakasuorassa kuvaelementtijonossa olevan kuvaelementin I_9 -arvon ja tunnis-

10 taa tässä jonossa olevan ensimmäisen kuvaelementin, jonka I_9 -arvo on jonkin määrätyn arvon yläpuolella; edullisesti tehdään useita tällaisia pyyhkäisyjä, jolloin tuloksena on useita tunnistettuja kuvaelementtejä.

Kaikki nämä tunnistetut kuvaelementit ovat tyypillisesti renkaan 150 ulkoreunalla 150a. On kuitenkin mah-

15 dollista, että jossakin matriisilla ja mainitusta reunasta vasemmalle sijaitsevalla kuvaelementillä saattaisi olla korkea I_9 -arvo taustakohinan tai kuvaelementille linssin-tarkastusprosessin aikana osuvan hajavalon vuoksi ja täl-

lainen kuvaelementti saatettaisiin tunnistaa valaistuksi

20 kuvaelementiksi edellä mainituissa pyyhkäisyissä. Jotta estetään tällaisen kuvaelementin tunnistus reunakuvaelementiksi, aliohjelma S_1 tunnistaa ja hylkää tällaisten mahdollisten kuvaelementtien osoitteet vaiheessa 306. Tarkemmin määriteltynä aliohjelma määrittää ensin kunkin pyyh-

25 käisyissä tunnistetun kuvaelementin ja linssin kuvan ulkoreunaan epäkeskisyydestin aikana sovitetun ulomman ympyrän keskipisteen (x_0, y_0) etäisyyden toisistaan ja vertaa toiseksi kutakin määritettyä etäisyyttä r_0 :aan, joka on asetettu yhtä suureksi kuin mainitun sovitetun ulomman

30 ympyrän säde. Jos jonkin määrätyn kuvaelementin ja mainitun sovitetun ympyrän keskipisteen välinen etäisyys ylittää r_0 :n enemmän kuin määrätyn etäisyyden d_3 verran, tämän kuvaelementin ei katsota sijaitsevan renkaan 150 reunalla tai sen välittömässä läheisyydessä ja kyseisen kuvaelemen-

35 tin osoite hylätään. Kun kaikkien pyyhkäisyyn aikana löyty-

neiden kuvaelementtien osoitteet on tarkistettu sen määrittämiseksi, ovatko ne linssin reunalla tai sen välittömässä läheisyydessä, ja hylätty kuvaelementit, jotka eivät täytä tätä ehtoa, voidaan, kuten esitetään vaiheessa 310, valita mikä tahansa jäljellä olevista kuvaelementtiosoitteista kuvaelementiksi $P(x,y)$ ja aloittaa sitten ensimmäinen kierros linssin kuvan reunan ympäri.

Kuvio 23 valaisee yksityiskohtaisemmin, miten tämä ensimmäinen kierros tehdään, ja erityisesti ohjelmaa R_4 tämän kierroksen tekemiseksi. Lähtien kuvaelementistä $P(x,y)$ algoritmi etsii vaiheessa 312 eteenpäin eli myötäpäivään pitkin renkaan 150 ulkoreunaa joko tässä reunassa olevaa suurta aukkoa tai tällä reunalla olevaa suurta ylimääräistä palaa, mitä edustavat vaiheet 314 ja 320. Pitkin reunaa tehtävään etsintään voidaan käyttää mitä tahansa sopivaa aliohjelmaa tai menettelyä. Prosessori voi esimerkiksi tarkistaa kunkin tällä reunalla olevan kuvaelementin kohdalla, aloittaen kuvaelementistä $P(x,y)$, kolme tai viisi lähintä kuvaelementtiä kyseisen kuvaelementin ylä- tai alapuolella olevassa rivissä tai sen oikealla tai vasemalla puolella olevassa sarakkeessa sen mukaan, missä näytön 46 neljänneksessä tai sektorissa kyseinen kuvaelementti sijaitsee, linssin reunalla olevan seuraavan kuvaelementin tunnistamiseksi. Prosessori voi tämän seuraavan kuvaelementin kohdalla käyttää samaa menettelyä taas seuraavan linssin reunalla olevan kuvaelementin tunnistamiseksi.

Prosessori voi määrittää kullekin linssin reunalta löydetylle kuvaelementille myös tämän kuvaelementin ja linssin ulkoreunaan sovitettun ympyrän keskipisteen (x_0, y_0) välisen etäisyyden r . Prosessori voi päätellä, että on löydetty suuri aukko, kun määrätystä määrässä linssin reunalla olevia peräkkäisiä kuvaelementtejä kunkin elementin r on enemmän kuin määrätyn etäisyyden d_g verran pienempi kuin r_0 (toisin sanoen $r_0 - r > d_g$). Toisaalta prosessori

5 voi päätellä, että on löydetty suuri ylimääräinen pala, kun määrättyssä määrässä linssin reunalla olevia peräkkäisiä kuvaelementtejä kunkin elementin r on enemmän kuin määrätyn etäisyyden d_{ep} verran suurempi kuin r_0 (toisin sanoen $r - r_0 > d_{ep}$).

10 Jos löydetään aukko tai ylimääräinen pala, käynnistyy aliohjelma S_2 tai S_3 , joita molempia käsitellään yksityiskohtaisemmin jäljempänä, vaiheissa 316 ja vastaavasti 322. Ellei löydetä aukkoa eikä ylimääräistä palaa, ohjelma R_4 siirtyy vaiheeseen 324.

15 Vaiheessa 324 ohjelma R_4 määrittää, onko ensimmäinen kierros renkaan 150 reunan ympäri mennyt loppuun, ja tämän tekemiseen voidaan käyttää mitä tahansa sopivaa erityismenettelyä tai aliohjelmaa. Kuten edellä mainittiin, tehtäessä jäljitystä linssin reunan kuvan ympäri tehdään tältä reunalta löydettyjen kuvaelementtien osoitteista tiedosto f_3 . Tämä tiedosto voidaan tarkistaa vaiheessa 324 sen määrittämiseksi, onko tarkasteltavan reunakuvaelementin osoite jo tiedostossa. Jos kuvaelementin osoite on jo tiedostossa, katsotaan ensimmäisen kierroksen linssin reunan kuvan ympäri menneen loppuun; kierroksen katsotaan olevan kesken, jos tarkasteltavan kuvaelementin osoite ei vielä ole tiedostossa f_3 . Jos ensimmäinen kierros on saatettu loppuun, kuminauha-algoritmi siirtyy ohjelmaan R_5 , ja jos 20 ensimmäinen kierros linssin ympäri ei ole mennyt loppuun, algoritmi siirtyy vaiheeseen 326 ja tarkasteltavan reunakuvaelementin osoite lisätään tiedostoon f_3 . Sitten, vaiheessa 330, etsitään seuraava linssin reunalla oleva kuvaelementti, asetetaan $P(x,y)$ yhtä suureksi kuin tämän seuraavan kuvaelementin osoite, ja ohjelma R_4 palaa vaiheeseen 312.

35 Kuvio 24 on vuokaavio, joka esittää aliohjelmaa S_2 , joka käynnistyy aina löydettyäessä aukko renkaan 150 ulko-reunasta. Tämän aliohjelman ensimmäisenä vaiheena 332 on tunnistaa ja rekisteröidä tiedostoon f_4 aukon alussa ja

lopussa olevien kuvaelementtien osoitteet ja näiden kahden päätepistekuvaelementin välinen etäisyys. Näistä kahdesta kuvaelementistä käytetään kuviossa 25A merkintöjä P_1 ja vastaavasti P_2 . Kun löydetään aukko, toisin sanoen kun määrättyssä määrässä linssin reunalla olevia peräkkäisiä kuvaelementtejä kunkin elementin r on enemmän etäisyyden d_g verran pienempi kuin r_0 , voidaan viimeistä kuvaelementtiä, joka on linssin reunalla ennen mainittua määrättyä määrää peräkkäisiä kuvaelementtejä, pitää aukon alkupisteessä olevana kuvaelementtinä.

Kun on löydetty aukko, voidaan löytää myös aukon loppumiskohta tekemällä haku aukon poikki pitkin kuvaelementtejä, jotka ovat linssin ulkoreunaan epäkeskisyydestä sovitettulla ympyrällä, ja säteen suunnassa tietyn kuvaelementtimäärän verran sisään- ja ulospäin sovitettun ympyrän kyseisestä osasta lähtien, kunnes löydetään linssin reuna - toisin sanoen löydetään valaistuja kuvaelementtejä eli täsmällisemmin ilmaistuna kuvaelementtejä, joilla on korkea I_g -arvo. Kun linssin reuna on löydetty, aukon voidaan katsoa päättyneen, kun löydetään sarja peräkkäisiä kuvaelementtejä, jotka ovat korkeintaan määrättyllä etäisyydellä mainitusta sovitetusta ympyrästä, tarkemmin määriteltynä kun kyseisen sarjan kunkin kuvaelementin kohdalla $r_0 - r > d_g$. Viimeistä kuvaelementtiä, joka on linssin reunalla ennen kyseistä peräkkäisistä kuvaelementeistä koostuvaa sarjaa, voidaan pitää aukon lopussa olevana kuvaelementtinä.

Aliohjelman S_2 vaiheessa 340 kuvaelementtien P_1 ja P_2 välisellä suoralla - jana L_1 kuviossa 25b - olevien kuvaelementtien I_g -arvot asetetaan yhtä suuriksi kuin maksimivalaisuintensiteetti, ja aliohjelma palaa sitten ohjelmaan R_4 .

Kuvio 26 esittää vuokaaviota, joka valaisee aliohjelman S_3 , joka käynnistyy ohjelman R_4 vaiheessa 322, kun renkaan 150 reunalta löytyy ylimääräinen pala 350. Ohjel-

man S_3 muutamien ensimmäisten vaiheiden tehtävänä on piirtää erilaisia kyseiseen ylimääräiseen palaan liittyviä jäniteitä. Tarkemmin määriteltynä aliohjelma tunnistaa vaiheessa 352 kuviossa 25B näkyvät kuvaelementit P_3 ja P_4 , jotka ovat renkaan 150 reunalla ylimääräisen palan 350 alku- ja päätepisteessä, ja sitten, vaiheessa 354, kuviossa 25C näkyvällä kuvaelementtien P_3 ja P_4 välisellä janalla L_2 olevan kunkin kuvaelementin I_9 -arvoksi annetaan $T_{\max}$. Seuraavaksi, vaiheessa 356, aliohjelma tunnistaa kuvaelementin P_5 osoitteen, joka kuvaelementti on renkaan 150 reunalla määrätyn kuvaelementtimäärän verran taaksepäin, eli vastapäivään, ylimääräisen palan 350 alkupisteestä; vaiheessa 360 etsitään ylimääräisen kappaleen reunalla oleva kuvaelementti P_6 , joka on määrättyllä etäisyydellä d_4 kuvaelementistä P_5 . Seuraavaksi, vaiheessa 362 ja viitaten myös kuvioon 25D, kunkin kuvaelementtien P_5 ja P_6 välisellä suoralla L_3 olevan kuvaelementin I_9 -arvoksi annetaan $T_{\max}$.

Seuraavaksi, vaiheessa 364, aliohjelma tunnistaa toisen kuvaelementin P_7 osoitteen, joka elementti on renkaan 150 reunalla määrätyn kuvaelementtimäärän verran eteenpäin, eli myötäpäivään, ylimääräisen kappaleen loppupisteestä, ja sitten, vaiheessa 366, aliohjelma tunnistaa ylimääräisen palan reunalla olevan kuvaelementin P_8 , joka on määrättyllä etäisyydellä d_5 kuvaelementistä P_7 . Vaiheessa 370 annetaan kullekin kuvaelementille, joka on kuviossa 25E näkyvällä viivalla L_4 kuvaelementtien P_7 ja P_8 välissä, myös arvo $T_{\max}$. Asiaankuuluvien jäniteiden piirtämisen jälkeen aliohjelma palaa ohjelmaan R_4 .

Kun ensimmäinen kierros linssin reunan kuvan ympäri on saatettu loppuun, käynnistyy aliohjelma R_5 . Tätä ohjelmaa, jota valaistaan kuviossa 27, käytetään määrittämään, onko jokin aukoista, joita on ehkä löydetty ensimmäisen kierroksen aikana linssin reunan kuvan ympäri, kyllin laaja tehdäkseen linssistä soveltumattoman kuluttajan käytettäväksi. Ensimmäisenä vaiheena 376 ohjelmassa R_5 on määrit-

tää, löytyikö ensimmäisellä kierroksella linssin reunan ympäri itse asiassa aukkoja. Ellei aukkoja löytynyt, itse ohjelma R_5 päätetään ja kuminauha-algoritmi etenee ohjelmaan R_6 . Jos ensimmäisellä kierroksella linssin reunan ympäri kuitenkin löytyi aukkoja, ohjelma R_5 etenee vaiheeseen 380. Tässä vaiheessa verrataan yksi kerrallaan kunkin aukon leveyttä määrättyyn arvoon d_6 ; ja jos jonkin aukon leveys on suurempi kuin d_5 , linssi katsotaan sopimattomaksi kuluttajakäyttöön ja hylätään vaiheessa 382. Jos kaikkien aukkojen leveys on kuitenkin pienempi kuin d_5 , ohjelma R_5 keskeytyy ja kuminauha-algoritmi etenee ohjelmaan R_6 , joka tekee toisen kierroksen eli jäljityksen linssin reunan kuvan ympäri.

Ohjelmaa R_6 valaistetaan kuviossa 28. Kuten aiemmin mainittiin, tämä ohjelma etsii pääasiassa matalia aukkoja linssin reunasta ja linssin reunalla olevien pieniä ylimääräisiä paloja, joita ei ole tunnistettu aukoiksi tai ylimääräisiksi paloiksi ohjelmassa R_4 , joka oli ensimmäinen kierros linssin reunan ympäri. Tarkemmin määriteltynä vaiheessa 384 asetetaan kuvaelementin $P(x,y)$ osoite samaksi kuin tiedostossa f_3 olevan ensimmäisen kuvaelementin osoite. Sitten identifioidaan vaiheissa 386, 390 ja 392 kaksi vektoria V_1 ja V_2 , joita kutsutaan reunavektoriksi ja vastaavasti säteen suuntaiseksi vektoriksi, ja lasketaan näiden kahden vektorin pistetulo. Tarkemmin määriteltynä ensimmäinen vektori V_1 on vektori, joka kulkee kuvaelementin $P(x,y)$ ja linssin reunalla olevan toisen kuvaelementin kautta, joka on linssin reunalla määrätyn kuvaelementtimäärän verran taaksepäin eli vastapäivään kuvaelementistä $P(x,y)$, ja toinen vektori V_2 on renkaan 150 säteen suuntainen vektori, joka kulkee kuvaelementin $P(x,y)$ kautta. Näiden kahden vektorin kulmakertoimet ja pistetulo voidaan helposti määrittää niiden kuvaelementtien osoitteista, joiden kautta vektorit kulkevat.

Viitaten kuvioon 29, jos kuvaelementti $P(x,y)$ on linssin reunan säännöllisellä, pyöreällä osalla, kuvaelementin kautta kulkeva reunavektori V_1 on suurin piirtein linssin reunan tangentti, kuten esitetään kuviossa 29 kohdassa 394. Tämä vektori V_1 on myös suurin piirtein kohtisuorassa kyseisen kuvaelementin kautta kulkevaan säteen suuntaiseen vektoriin V_2 nähden, ja näiden kahden vektorin V_1 ja V_2 pistetulo on suurin piirtein 0. Jos kuvaelementti $P(x,y)$ on kuitenkin linssin reunan epäsäännöllisellä osalla, kuten aukon tai linssillä olevan ylimääräisen palan reunalla, kuten esitetään kuviossa 29 kohdissa 396 ja 400, reunavektori V_1 ja kuvaelementin $P(x,y)$ kautta kulkeva säteen suuntainen vektori eivät ole normaalisti kohtisuorassa toisiaan vastaan, ja näiden kahden vektorin pistetulo ei normaalisti ole 0.

Näiden kahden vektorin V_1 ja V_2 pistetuloa verrataan, vaiheessa 402, määrättyyn arvoon d_7 . Jos pistetulo on yhtä suuri tai suurempi kuin tämä määrätty arvo, mikä osoittaa, että kuvaelementin $P(x,y)$ alueella on huomattava aukko tai ylimääräinen pala, linssi katsotaan sopimattomaksi kuluttajakäyttöön ja se hylätään vaiheessa 404, ja koko ohjelma R_6 keskeytyy. Jos laskettu pistetulo on vaiheessa 402 pienempi kuin d_7 , mikä osoittaa, että linssin reunan mahdollinen poikkeama täydellisestä ympyrästä on kuvaelementin $P(x,y)$ alueella hyväksyttävissä rajoissa, ohjelma R_6 siirtyy vaiheeseen 406. Tässä vaiheessa ohjelma testaa, onko tämä toinen kierros eli jäljitys linssin reunan kuvan ympäri mennyt loppuun. Tämä tehdään tarkemmin määriteltynä määrittämällä, onko kuvaelementti $P(x,y)$ tiedoston f_3 viimeinen kuvaelementti. Jos asia on näin, toinen kierros on saatettu loppuun ja kuminauha-algoritmi etenee ohjelmaan R_7 . Jos vaiheessa 406 kuitenkin määritetään, että tämä toinen kierros linssin reunan kuvan ympäri ei ole mennyt loppuun, asetetaan vaiheessa 408 kuvaelementin $P(x,y)$ osoite samaksi kuin tiedoston f_3 seuraavan kuvaele-

mentin osoite ja ohjelma palaa vaiheeseen 386. Vaiheita 386 - 408 toistetaan, kunnes joko linssi hylätään tai on laskettu tiedoston f_3 kuhunkin kuvaelementtiin liittyvä kahden vektorin V_1 ja V_2 pistetulo ja havaittu sen olevan
 5 pienempi kuin d_7 , jolloin kuminauha-algoritmi etenee ohjelmaan R_7 , joka tekee kolmannen kierroksen eli jäljityksen linssin reunan ympäri.

Edellä mainittua pistetuloa ei edullisesti lasketa kaikille linssin reunalla oleville kuvaelementeille eikä
 10 erityisesti kuvaelementeille, jotka ovat sellaisien aukkojen tai ylimääräisen palojen reunoilla, jotka on löydetty linssin reunan ympäri tehdyn ensimmäisen jäljityksen aikana. Tätä pistetuloa ei ole välttämätöntä laskea näiden aukkojen ja ylimääräisten palojen kuvaelementeille, sillä
 15 tiedetään ennestään, että nämä kuvaelementit ovat joko aukolla tai ylimääräisellä palalla, ja voidaan säästää huomattava määrä käsittelyaikaa jättämällä määrittämättä näiden kuvaelementtien kautta kulkevat vektorit V_1 ja V_2 ja niiden pistetulo.

Kun ohjelma R_6 on saatettu loppuun, kuminauha-algoritmi etenee ohjelmaan R_7 , joka tekee kolmannen kierroksen eli jäljityksen linssin reunan ympäri. Kuten edellä esitettiin, tämän kolmannen kierroksen tarkoituksena on tuottaa uusi joukko data-arvoja I_{10} , jotka ovat vapaita lins-
 25 sissä juuri linssin ulkoreunan sisäpuolella mahdollisesti oleviin virheisiin liittyvistä tiedoista. Kuvio 30 esittää yksityiskohtaisemmin ohjelmaa R_7 , ja tämä ohjelma koostuu yleisesti esitettynä kolmesta osasta. Ensimmäisessä osassa kunkin kuvaelementin I_{10} -arvo asetetaan yhtä suureksi kuin
 30 kyseisen kuvaelementin I_9 -arvo; toisessa osassa lasketaan renkaan 162 ulkoreunalle 164 reunan keskimääräinen paksuusarvo N ; kolmannessa osassa asetetaan nollassi sellaisten kuvaelementtien I_{10} -arvot, jotka ovat määrättyllä alueella sisäänpäin mainitusta keskimääräisestä reunan
 35 paksuudesta.

Tarkemmin määriteltynä ohjelman R_7 vaiheessa 410 kunkin kuvaelementin I_{10} -arvo asetetaan yhtä suureksi kuin kyseisen kuvaelementin I_9 -arvo. Seuraavaksi, viitaten kuvioihin 30 ja 31, valitaan vaiheessa 412 määrätty määrä kuvaelementtejä, 414a - 414e kuviossa 31, renkaan 150 äärimmäiseltä ulkoreunalta 150a. Vaiheessa 416 ohjelma R_7 laskee sitten linssin kuvan kullakin säteellä, 420a - 420e kuviossa 31, joka kulkee kuvaelementtien 414a - 414e kautta, olevien valaistujen kuvaelementtien lukumäärän. Ohjelma voi esimerkiksi laskea renkaan äärimmäisellä ulkoreunalla olevan kuvaelementin ensimmäiseksi kuvaelementiksi, tehdä haun säteen suunnassa sisäänpäin tästä kuvaelementistä lähtien ja suurentaa lukumääräarvoa yhdellä kunkin tällä säteellä olevan valaistun kuvaelementin kohdalla. Vaiheessa 422 lasketaan valaistujen kuvaelementtien keskimääräinen lukumäärä sädetä kohden; tämä voidaan tehdä yksinkertaisesti jakamalla laskettujen valaistujen kuvaelementtien kokonaislukumäärä tehtyjen säteen suuntaisten pyyhkäisyjen lukumäärällä. Tämä keskiarvo ei tyypillisesti ole kokonaisluku ja siten tämä keskiarvo pyöristetään edullisesti ylöspäin seuraavaan kokonaislukuun.

Ohjelman R_7 seuraavassa vaiheessa tehdään kolmas kierros renkaan 150 ulkoreunan 150a ympäri. Tämän kierroksen aloittamiseksi valitaan aloituskuvaelementiksi $P(x,y)$ mikä tahansa tällä reunalla oleva kuvaelementti, kuten esitetään kuviossa 30 vaiheessa 424. Sitten, kuten esitetään vaiheissa 426 ja 430, reunan keskimääräisestä paksuudesta säteen suunnassa sisäänpäin olevien valittujen kuvaelementtien I_{10} -arvot asetetaan nolllaksi. Tarkemmin määriteltynä ohjelma laskee renkaan 162 ulkoreunalla olevan kunkin kuvaelementin kohdalla N kappaletta kuvaelementtejä sisäänpäin linssin sädetä pitkin. Sitten asetetaan nolllaksi kunkin sellaisen kuvaelementin I_{10} -arvo, joka kuuluu määrättyyn määrään kuvaelementtejä, jotka ovat vielä si-
sempänä kyseisellä säteellä. Viitaten kuvioon 32 nämä oh-

jelman vaiheet itse asiassa asettavat nolllaksi vinoviivoin varjostetulla alueella 432 olevien kuvaelementtien I_{10} -arvot.

Ohjelman R_7 vaiheessa 434 tarkistetaan, onko tämä
 5 kolmas kierros linssin reunan kuvan ympäri mennyt loppuun, ja tähän voidaan käyttää mitä tahansa sopivaa aliohjelmaa. Jos tämän kierroksen aloituskuvaelementiksi on esimerkiksi valittu ylin kuvaelementti tiedostossa f_3 , kierroksen voidaan katsoa menneen loppuun, kun ohjelma on toteuttanut
 10 vaiheet 326 ja 430 kyseisen tiedoston alimmalle kuvaelementille. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä erillinen luettelo ohjelman R_7 vaiheissa 426 ja 430 käytettyjen kuvaelementtien osoitteista ja tarkistaa luettelo joka kerta, kun siihen lisätään kuvaelementin osoite, jotta nähdään, onko
 15 lisättävä uusi osoite jo luettelossa. Jos lisättävä osoitearvo on jo tässä luettelossa, katsotaan kolmannen kierroksen linssin reunan kuvan ympäri menneen loppuun.

Ellei tämä kolmas kierros linssin kuvan ympäri ole mennyt loppuun vaiheen 434 kohdalla, asetetaan vaiheessa
 20 436 kuvaelementin $P(x,y)$ osoite samaksi kuin sen kuvaelementin osoite, joka on tarkasteltavaan kuvaelementtiin $P(x,y)$ nähden myötäpäivään seuraava renkaan 150 ulkoreunalla 150a. Tämä osoite voidaan ottaa esimerkiksi tiedostosta f_3 ja asettaa vaiheessa 436 kyseisen kuvaelementin
 25 $P(x,y)$ osoite yksinkertaisesti samaksi kuin osoite, joka on kyseisessä tiedostossa seuraavana käsiteltävän kuvaelementin osoitteen jälkeen. Ohjelma R_7 palaa sitten vaiheeseen 426, ja vaiheet 426, 430 ja 434 toistetaan uuden kuvaelementtiosoitteen $P(x,y)$ kohdalla.

30 Kun tämä kolmas kierros linssin reunan kuvan ympäri on saatettu loppuun, prosessori 64 poistuu ohjelmasta R_7 ja kuminauha-algoritmi päättyy.

Kun kuminauha-algoritmi on lopussa, toteutetaan joukko muita operaatioita, joiden yleisenä päämääränä on
 35 korostaa tarkasteltavassa tai tarkastettavassa linssissä

mahdollisesti olevia epäsäännöllisyyksiä ja tehdä siten helpommaksi näiden epäsäännöllisyyksien tunnistaminen myöhemmin.

- Ensimmäisellä näistä menettelyistä, jota kutsutaan täyttömenettelyksi, on määrä muodostaa lisäjoukko matriisissa 46 olevia kuvaelementtejä koskevia data-arvoja I_{11} , joita voidaan käyttää renkaan 150 ulkoreunassa, ulkoreunalla tai sen lähellä mahdollisesti esiintyvissä epäsäännöllisyyksissä olevien kuvaelementtien tunnistamiseen.
- 10 Tarkemmin määriteltynä, viitaten kuvioon 33, näitä data-arvoja käytetään sellaisten kuvaelementtien tunnistamiseen, joita on (i) linssin reunassa mahdollisesti esiintyvissä aukoissa, kuten 436, (ii) linssin reunan sisäpuolella mahdollisesti esiintyvissä epäsäännöllisyyksissä, kuten 440, (iii) linssin reunalla mahdollisesti esiintyvissä ylimääräisissä paloissa, kuten 442, ja (iv) mahdollisten ylimääräisten palojen ja niiden vieressä olevien, aliohjelman S_3 vaiheissa 362 ja 370 muodostettujen janojen L_3 ja L_4 välissä.
- 20 Täyttömenettely käsittää joukon erityistoimenpiteitä, joista käytetään merkintöjä MAX, PMAX, MIN ja PMIN ja joissa käsitellään kuvaelementteihin liittyvää perusdata-arvojoukkoa. MAX-operaatiossa annetaan jollekin määrätylle kuvaelementille uusi data-arvo, joka on yhtä suuri kuin
- 25 kyseisen kuvaelementin välittömässä läheisyydessä olevien kahdeksan naapurielementin korkein perusdata-arvo; PMAX-operaatiossa annetaan jollekin määrätylle kuvaelementille uusi data-arvo, joka on yhtä suuri kuin heti kyseisen kuvaelementin vasemmalla, oikealla, ylä- ja alapuolella olevien neljän kuvaelementin korkein perusdata-arvo. MIN-operaatiossa annetaan jollekin määrätylle kuvaelementille
- 30 uusi data-arvo, joka on yhtä suuri kuin kyseisen kuvaelementin välittömässä läheisyydessä olevien kahdeksan naapurielementin alin perusdata-arvo; PMIN-operaatiossa annetaan jollekin määrätylle kuvaelementille uusi data-arvo,
- 35

joka on yhtä suuri kuin heti kyseisen kuvaelementin vasemmalla, oikealla, ylä- ja alapuolella olevien neljän kuvaelementin alin perusdata-arvo.

Kuviot 34A - 34E valaisevat MAX-, PMAX-, MIN- ja PMIN-operaatioita. Tarkemmin määriteltynä kuvio 34A esittää 7x7-lukumatriisia; kukin luku edustaa siihen liittyvän kuvaelementin data-arvoa ja luvun asema matriisissa vastaa siihen liittyvän kuvaelementin osoitetta. Siten osoitteessa (1,1) olevan kuvaelementin data-arvo on 7, osoitteessa (4,1) olevan kuvaelementin data-arvo on 0 ja osoitteissa (4,2), (4,7) ja (5,2) olevien kuvaelementtien data-arvot ovat 7, 0 ja vastaavasti 0.

Kuvio 34b esittää arvoja, jotka on saatu, kun MAX-operaatio on toteutettu koko kuvion 34A esittämälle lukumatriisille. Niinpä kuviossa 34B osoitteessa (2,6) oleva data-arvo on esimerkiksi 7, koska kuviossa 34A yhdellä tämän kuvaelementtiosoitteen vieressä olevista kahdeksasta kuvaelementistä data-arvo on 7. Vastaavasti osoitteessa (6,2) oleva arvo on 7 kuviossa 34B, koska kuvion 34A mukaisessa datajoukossa yhdellä tämän kuvaelementtiosoitteen vieressä olevista kahdeksasta kuvaelementistä data-arvo on 7. Kuvio 34C esittää arvoja, jotka saadaan tulokseksi tehtäessä PMAX-operaatio koko kuvion 34A mukaisella datajoukolle; esimerkiksi osoitteissa (6,3) ja (6,4) olevat arvot ovat 7 kuviossa 34C, koska kumpikin näistä kahdesta kuvaelementtiosoitteesta on kuviossa 34A välittömästi oikealle kuvaelementistä, jonka arvo on 7.

Kuviot 34D ja 34E esittävät arvoja, jotka on saatu, kun MIN- ja PMIN-operaatiot on toteutettu kuvion 34A esittämälle matriisille. Kuviossa 34D esimerkiksi osoitteessa (4,3) oleva arvo on 0, koska kuviossa 34A yhdellä osoitteen (4,3) kahdeksasta naapurikuvaelementistä arvo on 0; Kuviossa 34E osoitteessa (4,2) oleva arvo on 0, koska kuviossa 34A kuvaelementillä, joka on heti tämän kuvaelementtiosoitteen oikealla puolella, arvo on 0.

Kuvio 35 valaisee yhtä edullista täyttömenettelyä R_6 . Siihen viitaten, menettely käsittää 14 erillistä operaatiota, jotka tehdään kuvaelementtimatriisin 46 data-arvoille, ja kukin näistä operaatioista toteutetaan yksi kerrallaan koko kuvaelementtimatriisin alueella. Nämä operaatiot ovat toteutusjärjestyksessä MAX, PMAX, PMAX, MAX, MAX, PMAX, PMAX, MIN, PMIN, PMIN, MIN, MIN, PMIN ja PMIN. Nämä operaatiot lähtevät kuvaelementtien I_9 -arvoista ja data-arvoja, jotka ovat tuloksena kaikkien 14 operaation loppuun saattamisen jälkeen, kutsutaan I_{11} -arvoiksi.

Näiden operaatioiden todellisena tuloksena on renkaan 150 ulkoreunassa, ulkoreunalla tai sen lähellä olevien aukkojen 436, ylimääräisten palojen 442 ja epäsäännöllisyyksien täyttäminen. Tarkemmin määriteltynä kuviot 33 ja 35 esittävät renkaan 150 samaa osaa; ensin mainittu kuvio esittää kuvaelementtejä valaistuina I_9 -arvoillaan ja jälkimmäinen kuvio esittää kuvaelementtejä valaistuina I_{11} -arvoillaan. Näiden kahden kuvion väliset erot osoittavat kuvion 35 mukaisen täyttömenettelyn vaikutuksen. Tämä ero on tarkemmin määriteltynä se, että aukoissa 436, ylimääräisissä paloissa 442, epäsäännöllisyyksissä 440 ja ylimääräisten palojen ja janojen L_3 ja L_4 välisillä alueilla olevien kuvaelementtien I_{11} -arvot ovat $T_{\max}$, kun taas kyseisten kuvaelementtien I_9 -arvot ovat 0.

Kuten ammattimiehet ymmärtänevät, tunnetaan muitakin erityisoperaatioita ja niitä niitä voidaan käyttää haluttujen I_{11} -arvojen aikaansaamiseksi edellä kuvatuille kuvaelementeille.

Kun täyttöoperaatio R_8 on saatettu loppuun, prosessori 64 käynnistää toisen peittomenettelyn R_9 sellaisen kuvaelementtien valaisuarvojen I_{12} joukon tuottamiseksi, joka on vapaa valosta, jota mahdollisesti osuu kuvaelementtimatriisille 46 epäkeskisyydestä renkaan 150 sisäreunaan 150b sovitettun ympyrän keskipisteen ympärille tietyn säteen määrittelemälle alueelle. Kuten jäljempänä

esitetään yksityiskohtaisemmin, tätä kuvaelementtien valaisuarvojen I_{12} joukkoa käytetään myöhemmin apuna linssin sisällä - toisin sanoen alueella, joka on säteen suunnassa renkaan 150 sisäreunan sisäpuolella - olevien virheiden tunnistuksessa.

Linssintarkastusprosessin tässä vaiheessa käytettävä peittomenettely R_9 on hyvin samankaltainen kuin kuvioiden 19A - 19C ja 20 esittämä peitto-ohjelma R_3 . Näiden kahden peittomenettelyn periaatteellisena erona on, että menettelyssä R_9 käytettävän maskin säde on hieman pienempi kuin renkaan 150 sisäreunaan sovitettun ympyrän säde, kun taas menettelyssä R_3 käytettävän maskin säde on hieman suurempi kuin renkaan 150 ulkoreunaan sovitettun ympyrän säde.

Kuvio 37 on vuokaavio, joka valaisee yhtä edullista peitto-ohjelmaa R_9 . Tämän ohjelman 446 ensimmäisenä vaiheena on määrittää, onko epäkeskisyydestin vaiheessa 216 tai 226 löydetty vähintään kolme kuvaelementtiä renkaan 150 sisäreunalta tai onko oftalmisen linssi havaittu pahasti epäkeskiseksi. Jos linssi on havaittu epäkeskiseksi jommassa kummassa näistä epäkeskisyydestin kahdesta vaiheesta, peitto-ohjelma R_9 keskeytyy vaiheessa 450.

Ellei ohjelma R_9 keskeydy vaiheessa 450, se etenee vaiheeseen 452, jonka tarkoituksena on saada koordinaatit epäkeskisyydestin aikana renkaan 150 sisäreunaan sovitettun ympyrän keskipisteelle. Nämä koordinaatit on määritetty ja talletettu sitten prosessorin muistiin epäkeskisyydestin aikana, ja nämä koordinaatit on saatavissa yksinkertaisesti hakemalla ne prosessorin muistista. Kun nämä keskipisteen koordinaatit on hankittu, peittoaliohjelma käynnistyy vaiheessa 454. Viitaten nyt kuvioihin 38A - 38C, tämä aliohjelma itse asiassa asettaa kuvaelementtimatriisiin 46 päälle pyöreän maskin 456, jonka keskipiste on edellä mainittujen keskipisteen koordinaateissa ja jonka läpimitta on hieman pienempi kuin renkaan 150 sisäreunaan 150b sovitettun ympyrän läpimitta, ja sitten peitto-

aliohjelma antaa kullekin kuvaelementille I_{12} -arvon. Tarkemmin määriteltynä peittoaliohjelma antaa kullekin mainitun maskin ulkopuolella olevalle kuvaelementille I_{12} -arvon, joka on yhtä suuri kuin kyseisen kuvaelementin I_8 -arvo, ja kullekin maskin sisäpuolella olevalle kuvaelementille peittoaliohjelma antaa I_{12} -arvon 0.

Täsmällisemmin ilmaistuna vaiheessa 452 peittoaliohjelmaan siirretään edellä mainitun keskipisteen koordinaatit (x_1, y_1) ja säde r_2 , joka valitaan hieman pienemmäksi kuin renkaan 150 sisäreunaan sovitettun ympyrän säde. Sitten tämä aliohjelma muodostaa vaiheessa 454 tiedoston f_5 kaikkien niiden matriisin 46 kuvaelementtien osoitteista, jotka ovat korkeintaan etäisyydellä r_2 kyseisestä keskipisteestä (x_1, y_1) . Sitten, vaiheessa 460, tarkistetaan matriisin 46 kunkin kuvaelementin osoite sen määrittämiseksi, onko se kyseisessä tiedostossa. Jos kuvaelementin osoite on tässä tiedostossa, kyseisen kuvaelementin I_{12} -arvo asetetaan nolllaksi vaiheessa 462: jos kuvaelementin osoite ei kuitenkaan ole kyseisessä luettelossa, kuvaelementin I_{12} -arvo asetetaan vaiheessa 464 yhtä suureksi kuin kyseisen kuvaelementin I_8 -arvo.

Alalla tunnetaan lukuisia erityisiä peittoaliohjelmaa edellä esitetyn päämäärän saavuttamiseksi ja ohjelman R_9 vaiheessa 454 voidaan käyttää mitä tahansa sopivaa aliohjelmaa.

Kuvio 38C esittää matriisin 46 kuvaelementtejä valaistuin intensiteeteillä, jotka ovat yhtä suuria kuin vastaavat I_{12} -arvot.

Kun tämä toinen peittomenettely on saatettu loppuun, toteutetaan lisäohjelma R_{10} , joka koostuu sarjasta operaatioita, jolloin saadaan joukko kuvaelementtien valaisuarvoja, jotka selvästi identifioivat kuvaelementit, jotka ovat tarkastettavassa linssissä mahdollisesti esiintyvissä epäsäännöllisyyksissä tai virheissä. Tarkemmin määriteltynä näiden lisäoperaatioiden tarkoituksena on

saada aikaan joukko kuvaelementtien valaisuarvoja, joka on vapaa taustakohinan eli -valon mahdollisesta vaikutuksesta matriisiin 46 samoin kuin renkaan 150 normaaliin eli säännöllisten reunojen 150a ja 150b mahdollisesta vaikutuksesta matriisiin 46. Nämä lisäoperaatiot esitetään kuvion 39 vuokaaviassa.

Vaiheessa 466 muodostetaan kullekin kuvaelementille uusi I -arvo, I_{13} ; tarkemmin määriteltynä kunkin kuvaelementin I_{13} -arvo saadaan vähentämällä kyseisen kuvaelementin I_{12} -arvo sen I_{10} -arvosta. Kuviot 40A, 40B ja 40C esittävät renkaan 163 yhdessä osassa olevia kuvaelementtejä valaistuin intensiteeteillä, jotka vastaavat niiden I_{10} -, I_{12} - ja vastaavasti I_{13} -arvoja, ja kuten on nähtävissä, vaiheen 466 käytännön vaikutuksena on kuvion 40B mukaisen kuvan vähentäminen kuvion 40A mukaisesta kuvasta, jolloin saadaan kuvion 40C mukainen kuva.

Sitten, vaiheessa 470, toteutetaan operaatio, jota kutsutaan siistimisoperaatioksi ja jonka tehtävänä on auttaa poistamaan väärät valaistut kuvaelementit. Tarkemmin esitettynä tehdään kuvaelementtien I_{13} -lähtien MAX-, MIN-, PMIN- ja PMAX-operaatiot mainitussa järjestyksessä koko kuvaelementtimatriisille 46, jolloin tuloksena on lisäjoukko kuvaelementtiarvoja, joita kutsutaan I_{14} -arvoiksi. Kuvio 40D esittää matriisin 46 kuvaelementtejä valaistuin intensiteeteillä, jotka ovat yhtä suuria kuin vastaavat I_{14} -arvot; kuten on nähtävissä vertaamalla kuvioita 40C ja 40D, siistimisoperaation vaikutuksena on yksinkertaisesti eliminoida erilaiset eristetyt kuvaelementit, jotka ovat syystä tai toisesta valaistuja kuviossa 40C.

Kun järjestelmä 10 on käsitellyt tiedot edellä kuvattujen ohjelmien $R_1 - R_{10}$ mukaisesti, tehdään virheanalyysi, ja kuviot 41A ja 41B esittävät vuokaaviota, joka valaisee yhtä edullista virheentoteamis- eli analyysiohjelmia R_{11} . Tämä analyysi on parhaiten ymmärrettävissä kuviossa 42, joka esittää renkaan 150 osan kuvaelementtejä va-

laistuin intensiteeteillä, jotka ovat yhtä suuria kuin vastaavat I_{14} -arvot.

Viitaten kuvioihin 41A, 41B ja 42, tämän virheanalyysin ensimmäisessä osassa, kuvion 41A vaiheissa 472 ja 474, tehdään luettelo niiden kuvaelementtien osoitteista, jotka ovat kunkin peräkkäisistä valaistuksista kuvaelementteistä koostuvan vaakasuoran sarjan, jota kutsutaan jonoksi, alussa ja lopussa. Tarkemmin määriteltynä prosessori 64 tekee itse asiassa pyyhkäisyä matriisin kunkin vaakasuoran kuvaelementtirivin yli, ja kunkin pyyhkäisyä aikana rekisteröidään aina kohdattaessa sarja valaistuja kuvaelementtejä tiedostoon f_6 tämän sarjan ensimmäisen ja viimeisen kuvaelementin osoite. Yksittäisen eristetyn valaistun kuvaelementin ollessa kyseessä - toisin sanoen valaistun kuvaelementin vasemmalla ja oikealla puolella olevien kuvaelementtien ollessa valaisemattomia - tämän valaistun kuvaelementin osoite rekisteröidään valaistun kuvaelementin muodostaman jonon ensimmäisen ja viimeisen kuvaelementin osoitteena.

Täsmällisemmin määriteltynä prosessori ei itse asiassa tee pyyhkäisyä kuvaelementtimatriisiin kuvan yli vaan kerää edellä mainitun osoiteluettelon tarkistamalla matriisiin 46 kuvaelementtien I_{14} -arvot, jotka on talletettu prosessorin muistiin.

Kun tiedosto f_6 on saatu valmiiksi, ohjelma R_{11} käynnistää vaiheessa 476 ryhmittelyohjelman erillisen tiedoston $f_{6a} \dots f_{6n}$ muodostamiseksi kullekin peräkkäisten valaistujen kuvaelementtien muodostamalle alueelle tai ryhmälle - täsmällisemmin esitettynä kullekin I_{14} -arvoltaan korkeiden peräkkäisten kuvaelementtien muodostamalle alueelle tai ryhmälle. Tämän ryhmittelyn tekemiseen voidaan käyttää mitä tahansa sopivaa ryhmittelyohjelmaa. Kun nämä erilliset tiedostot $f_{6a} \dots f_{6n}$ on muodostettu, vaiheessa 480 yhdistetään toistensa lähellä oleviin valaistuihin alueisiin, kuten 482 ja 484 kuviossa 42, liittyvät

tiedostot. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi määrittämällä, onko mikään valaistun alueen kuvaelementeistä korkeintaan jonkin määrätyn kuvaelementtimäärän, kuten kahden tai kolmen kuvaelementin, etäisyydellä toisen valaistun alueen yhdestäkään kuvaelementistä. Näiden lähekkäisten valaistujen alueiden katsotaan muodostavan itse asiassa yhden valaistun alueen.

Kun vaihe 480 on saatettu loppuun, vaiheessa 486 käynnistyvät aliohjelmat kunkin valaistujen kuvaelementtien muodostaman alueen pinta-alan ja painopisteen ja sitä rajoittavan laatikon laskemiseksi. Alalla tunnetaan lukuisia aliohjelmia näiden laskelmien tekemiseksi. Ohjelmassa R_{11} voidaan käyttää mitä tahansa tällaista sopivaa ohjelmaa, eikä näitä aliohjelmia tarvitse kuvata tässä yksityiskohtaisesti.

Seuraavaksi ohjelma R_{11} määrittää kunkin valaistun alueen yleisen sijainnin. Tarkemmin määriteltynä vaiheessa 490 hankitaan renkaan 150 ulko- ja sisäreunoihin 150a ja 150b sovitettujen kahden ympyrän keskipisteiden osoitteet ja säteet. Nämä tiedot on määritetty ja saatu epäkeskisyystestin aikana ja talletettu prosessorin muistiin, ja nämä tiedot voidaan saada yksinkertaisesti hakemalla ne prosessorin muistista. Sitten, vaiheessa 492, prosessori määrittää, sijaitseeko kunkin valaistusta kuvaelementeistä koostuvan alueen painopiste (i) linssin keskivyöhykkeellä (alueella, joka on säteen suunnassa katsottuna renkaan sisäreunaan sovitettujen ympyrän sisällä) vai (ii) linssin reunavyöhykkeellä (linssin alueella, joka on renkaan sisä- ja ulkoreunoihin sovitettujen kahden ympyrän välissä).

Tunnetaan lukuisia aliohjelmia sen määrittämiseksi, onko jonkin alueen painopiste ensimmäisen ympyrän sisällä vai kahden, yleisesti ottaen samankeskisen ympyrän välissä, eikä näitä aliohjelmia tarvitse kuvata tässä yksityiskohtaisesti.

Vaiheet 490 ja 492 eivät ole välttämättömiä järjestelmän 10 toiminnoille laajimmillaan ymmärrettynä. On kuitenkin edullista toteuttaa nämä vaiheet, ja kyseiset tiedot kerätään analyysitarkoituksiin ja erityisesti avuksi
 5 määritettäessä, missä kohdissa mahdolliset epäsäännöllisyydet tai virheet esiintyvät linssissä. Näistä tiedoista voi olla apua säädettäessä tai parannettaessa menettelyä tai materiaaleja, joita käytetään linssien valmistuksessa.

Kun vaiheet 490 ja 492 on saatettu loppuun, prosessori voi määrittää, onko kunkin valaistun kuvaelementtialueen koko riittävän suuri tullakseen luokitelluksi virheeksi, jonka vuoksi linssi voidaan hylätä. Tarkemmin määriteltynä vaiheessa 494 verrataan kunkin valaistun kuvaelementtialueen kokoa ennalta valittuun kokoon. Jos tämä
 10 valaistu alue on pienempi kuin mainittu ennalta valittu koko, valaistu alue ei riitä linssin hylkäämiseen. Jos tämä valaistu kuvaelementtialue on kuitenkin ennalta valittua kokoa suurempi, valaistu alue luokitellaan virheeksi, joka tekee linssistä sopimattoman kuluttajakäyttöön.
 15 Tämä ennalta valittu koko voidaan tallettaa esimerkiksi muistiyksikköön 70.

On myös edullista pitää yllä, vaiheessa 496, laskekentätietoja kustakin linssistä löydettyjen virheiden lukumäärästä. Nämä tiedot voivat olla myös käyttökelpoisia
 25 linssien valmistukseen käytettävien menetelmien ja materiaalien analysoimiseksi.

Vaiheessa 500 näytetään monitorilla 72 valaistujen kuvaelementtien muodostamat alueet; edellä mainittua kynnyskokoa suuremmat alueet esitetään laatikoituina. Sitten,
 30 vaiheessa 502, prosessori 64 tarkistaa, onko linssistä todellisuudessa löydetty virheitä. Jos on löydetty virhe, vaiheessa 504 muodostetaan hylkää linssi -signaali ja välitetään se monitorille 72 ja tulostimelle 76, ja linssi voidaan poistaa järjestelmästä 10. Ellei linssistä kuiten-
 35 kaan ole löydetty virheitä, ohjelma R_{11} yksinkertaisesti

päättyy. Sen jälkeen järjestelmä siirtää toisen linssin valaisualijärjestelmän 14 ohi ja tämän toisen linssin läpi johdetaan toinen valosykyäys. Tämä valo fokusoidaan kuva-elementtimatriisille 46 ja toistetaan edellä kuvattu käsittely sen määrittämiseksi, onko tämä toinen linssi hyväksyttävä kuluttajakäyttöön.

Vaikka on ilmeistä, että tässä esitetty keksintö on suunniteltu hyvin toteuttamaan edellä mainitut päämäärät, ymmärrettäneen, että ammattimiehet voivat kehittää lukuisia muunnoksia ja suoritusmuotoja, ja tarkoituksena on, että liitteenä olevat patenttivaatimukset kattavat kaikki tällaiset muunnokset ja suoritusmuodot, jotka ovat tämän keksinnön todellisen hengen mukaisia ja sen suoja-alan piirissä.

Patenttivaatimukset:

1. Laite sellaisen oftalmisen linssin kannattele-
seksi, jolla on määrätty kaarevuussäde, t u n n e t t u
5 siitä, että laite käsittää

runko-osan;

runko-osaan kytketyn syvennyksen oftalmisen linssin
pitelemiseksi, joka syvennys on suurin piirtein läpinäkyvä
ja sisältää

10 i) katkaistun kartion muotoisen sivuseinämän, jolla
on vakiokaltevuus, ja

ii) puolipallon muotoisen pohjaosan, jotka on kyt-
ketty sivuseinämään ja suuntautuu siitä alaspäin ja jolla
on vakiokaarevuussäde, joka on noin 10 % suurempi kuin
15 mainittu määrätty kaarevuussäde.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite, t u n -
n e t t u siitä, että

syvennyksellä on akseli ja syvennyksen sivuseinämä
on noin 20°:n kulmassa akseliin nähden ja

20 kunkin syvennyksen sivuseinämän paksuus on pienempi
kuin noin 0,254 mm (0,010 in).

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite käytettä-
väksi läpimitaltaan määrätyn oftalmisen linssin yhteydes-
sä, t u n n e t t u siitä, että syvennyksen pohjaosan
25 läpimitta on suurempi kuin mainittu määrätty läpimitta.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen laite, t u n -
n e t t u siitä, että syvennyksen syvyys on suurempi kuin
mainittu määrätty läpimitta.

5. Laite sellaisen oftalmisen linssin kannattele-
seksi, jolla on määrätty kaarevuussäde, t u n n e t t u
30 siitä, että laite käsittää

runko-osan;

runko-osaan kytkettyjä useita syvennyksiä joista
syvennyksistä kukin on suurin piirtein läpinäkyvä, tehty
35 sopivaksi pitelemään yhtä linsseistä ja sisältää

i) katkaistun kartion muotoisen sivuseinämän, jolla on vakiokaltevuus, ja

ii) puolipallon muotoisen pohjaosan, jotka on kytetty sivuseinämään ja suuntautuu siitä alaspäin ja jolla on vakiokaarevuussäde, joka on noin 10 % suurempi kuin mainittu määrätty kaarevuussäde.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laite, t u n - n e t t u siitä, että

kullakin syvennyksellä on akseli ja syvennyksen sivuseinäämä on noin 20°:n kulmassa akseliin nähden ja

kunkin syvennyksen sivuseinämän paksuus on pienempi kuin noin 0,254 mm (0,010 in).

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite käytettäväksi läpimitaltaan määrättyjen oftalmisten linssien yhteydessä, t u n n e t t u siitä, että

kunkin syvennyksen pohjaosan läpimitta on suurempi kuin mainittu määrätty läpimitta ja

kunkin syvennyksen syvyys on suurempi kuin mainittu määrätty läpimitta.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen laite, t u n - n e t t u siitä, että

mainitut useat syvennykset on järjestetty m x n - syvennymatriisiksi ja

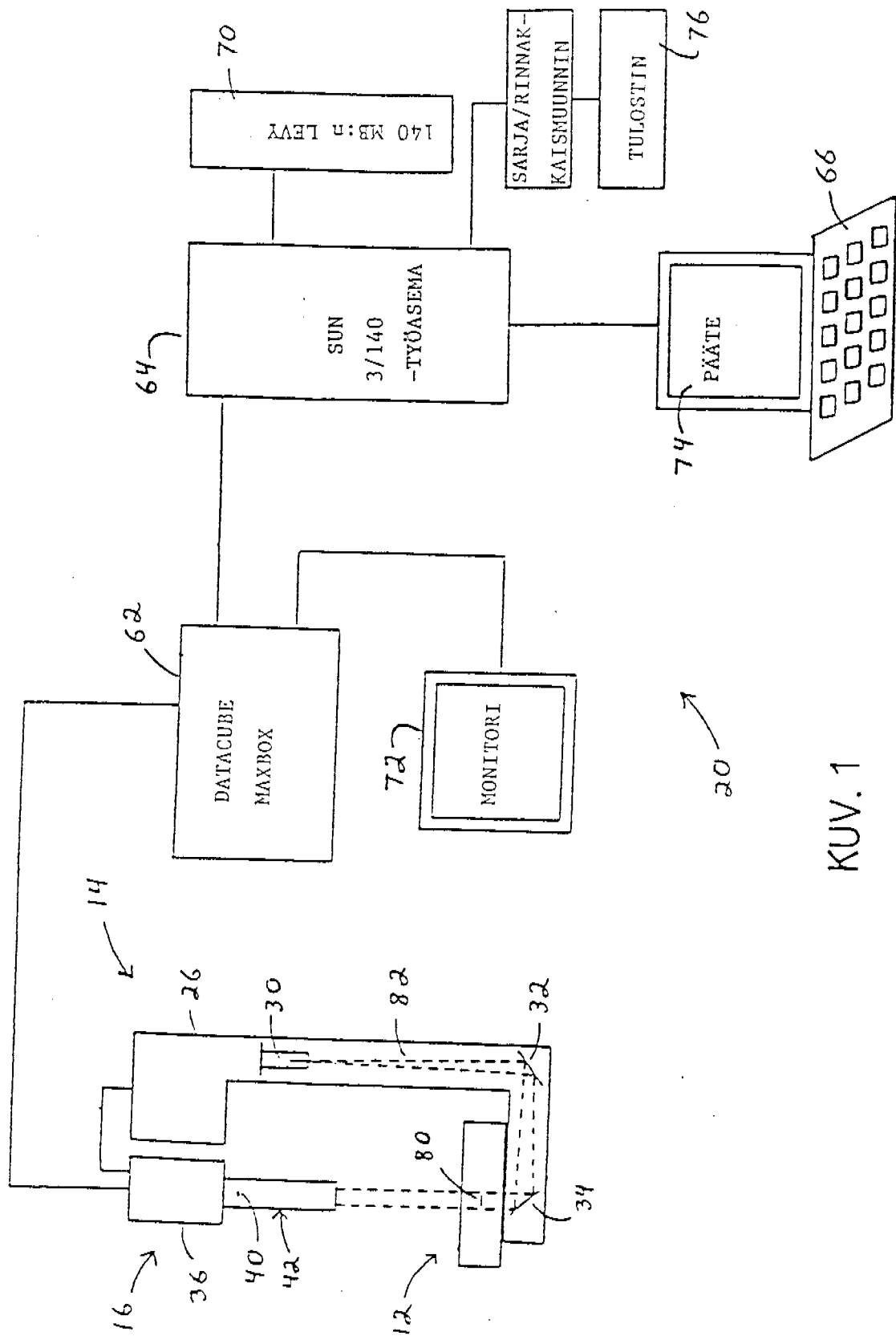
syvennysten akseleiden etäisyys toisistaan on noin 30 mm.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, t u n - n e t t u siitä, että

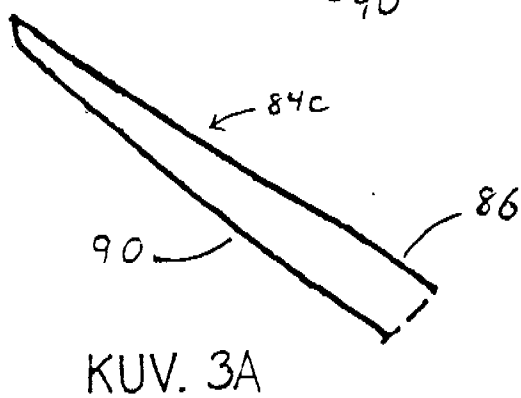
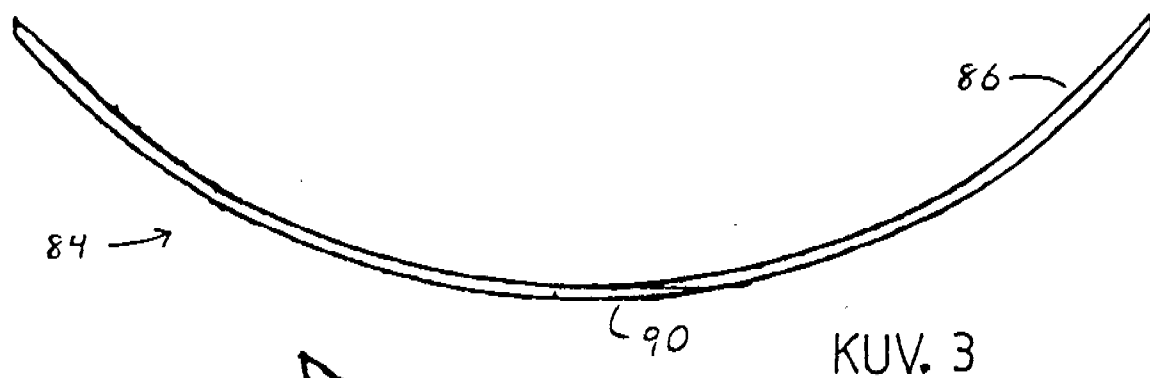
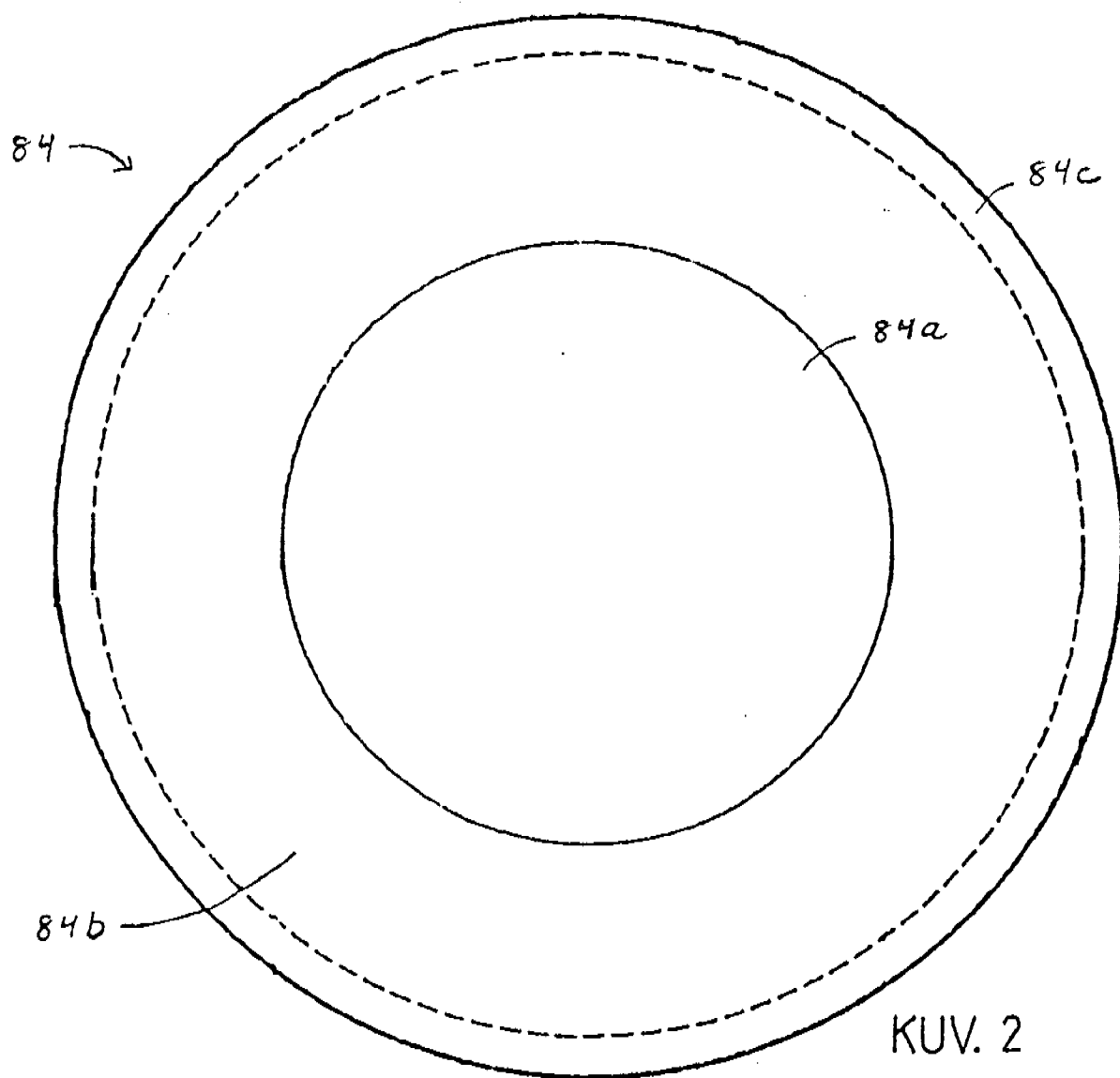
kukin syvennys sisältää pyöreän yläosan, jonka läpimitta on noin 22 mm;

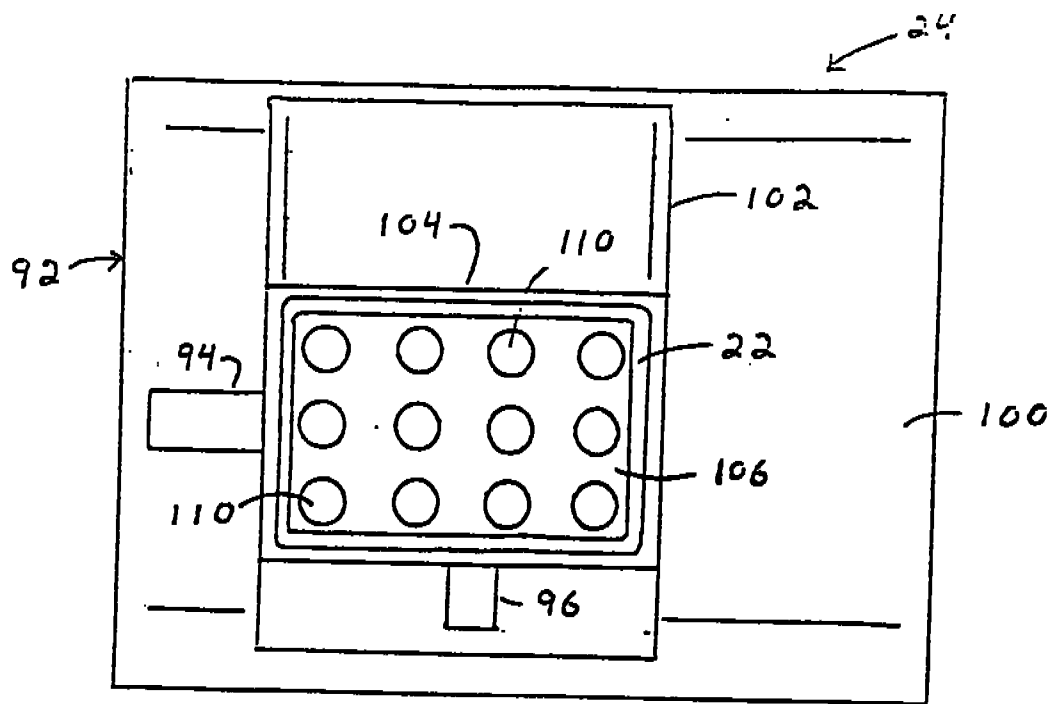
kunkin syvennyksen syvyys on noin 22 mm ja

kunkin syvennyksen kaarevuussäde on noin 11 mm.

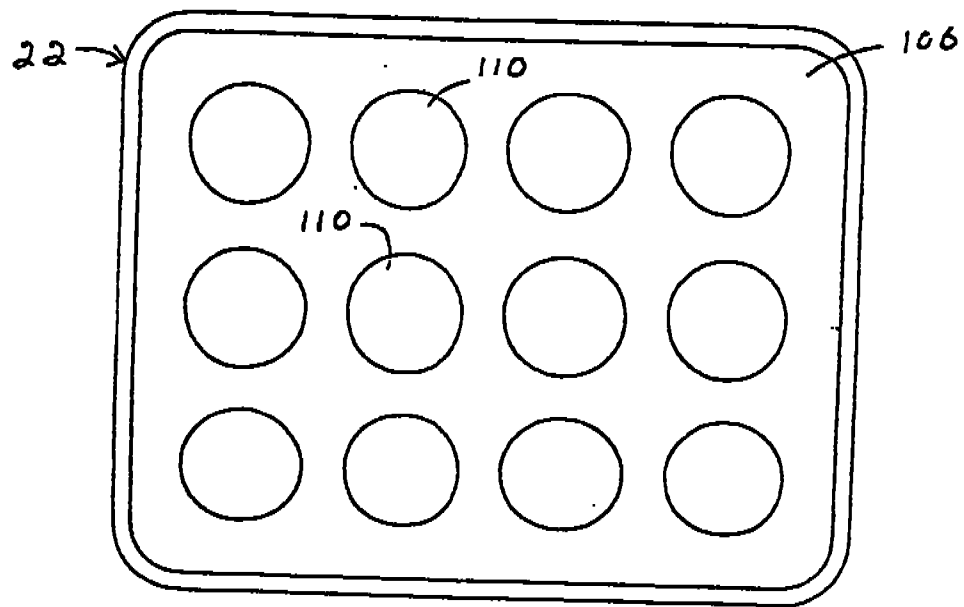


KUV. 1

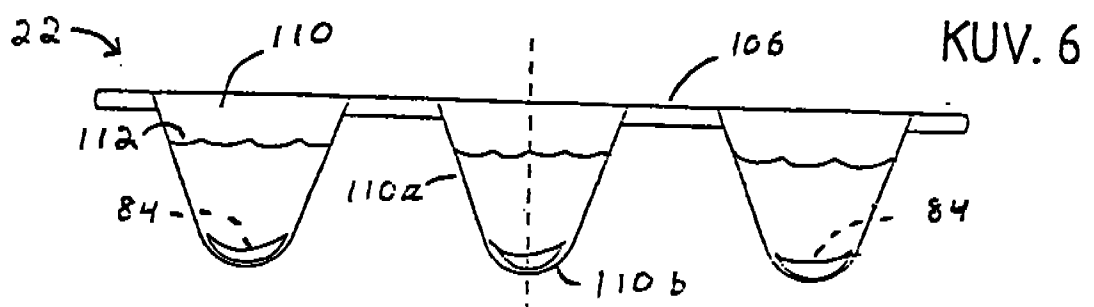




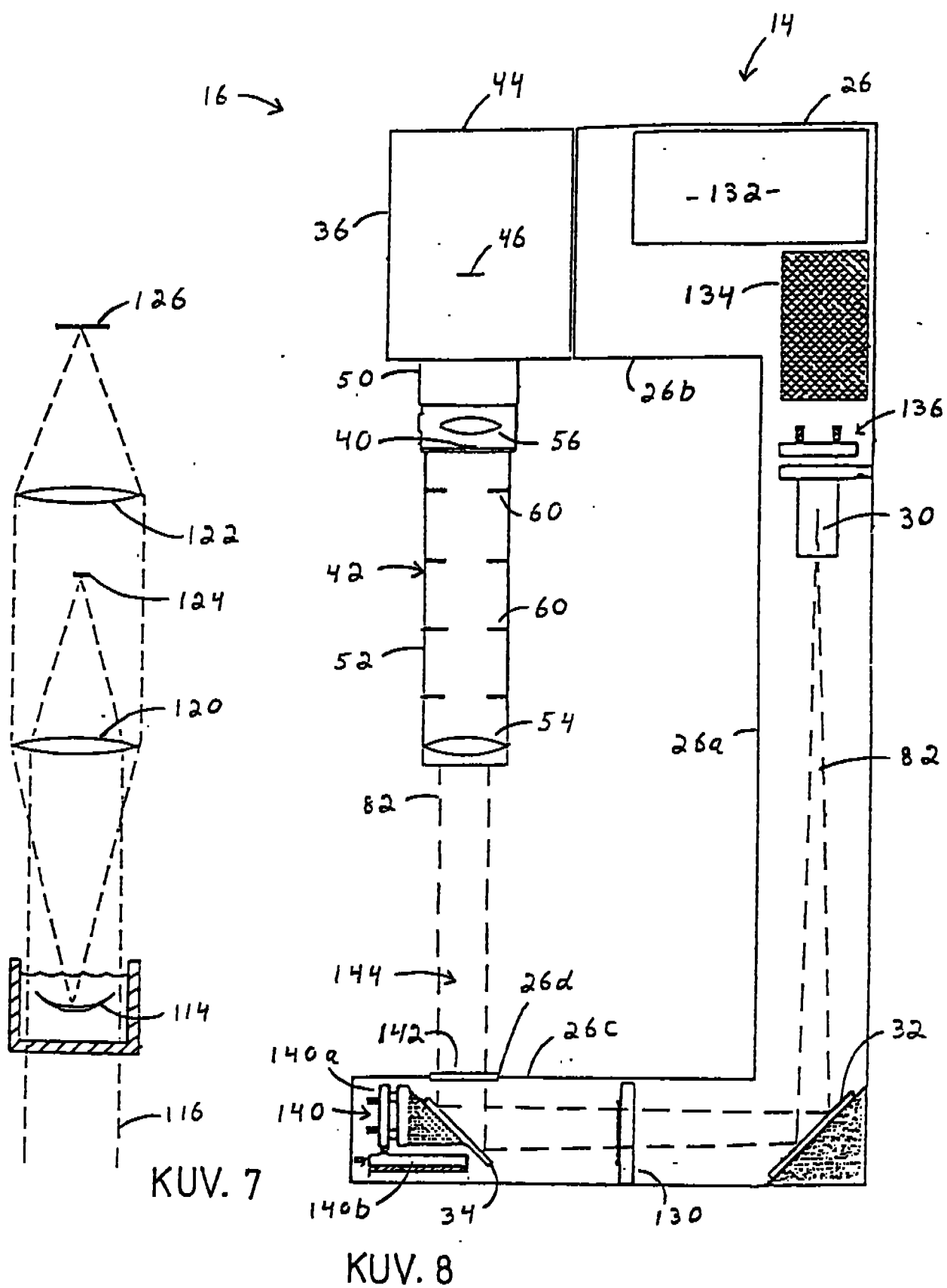
KUV. 4

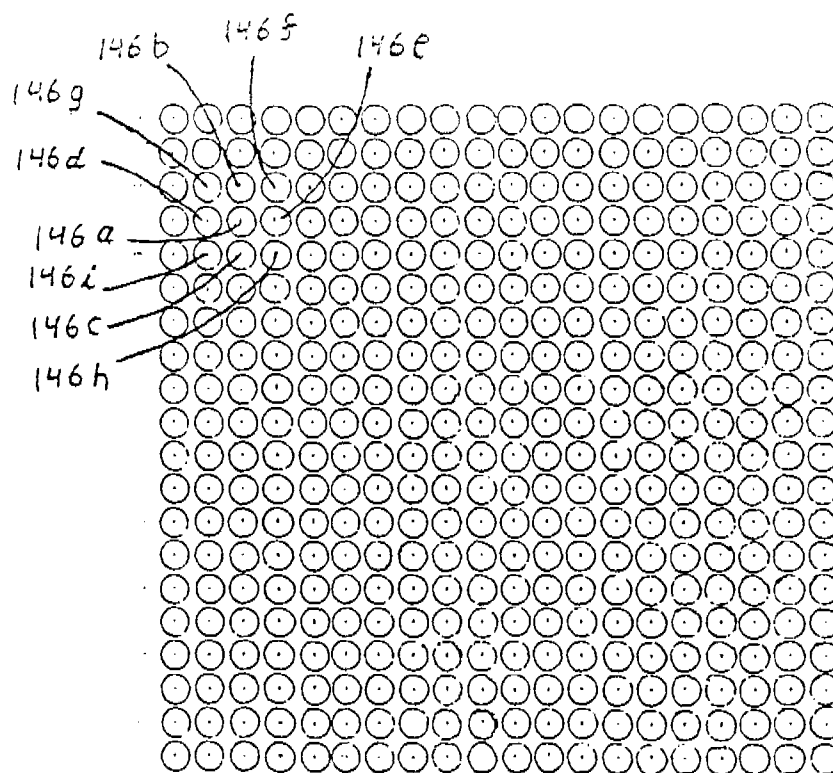


KUV. 5



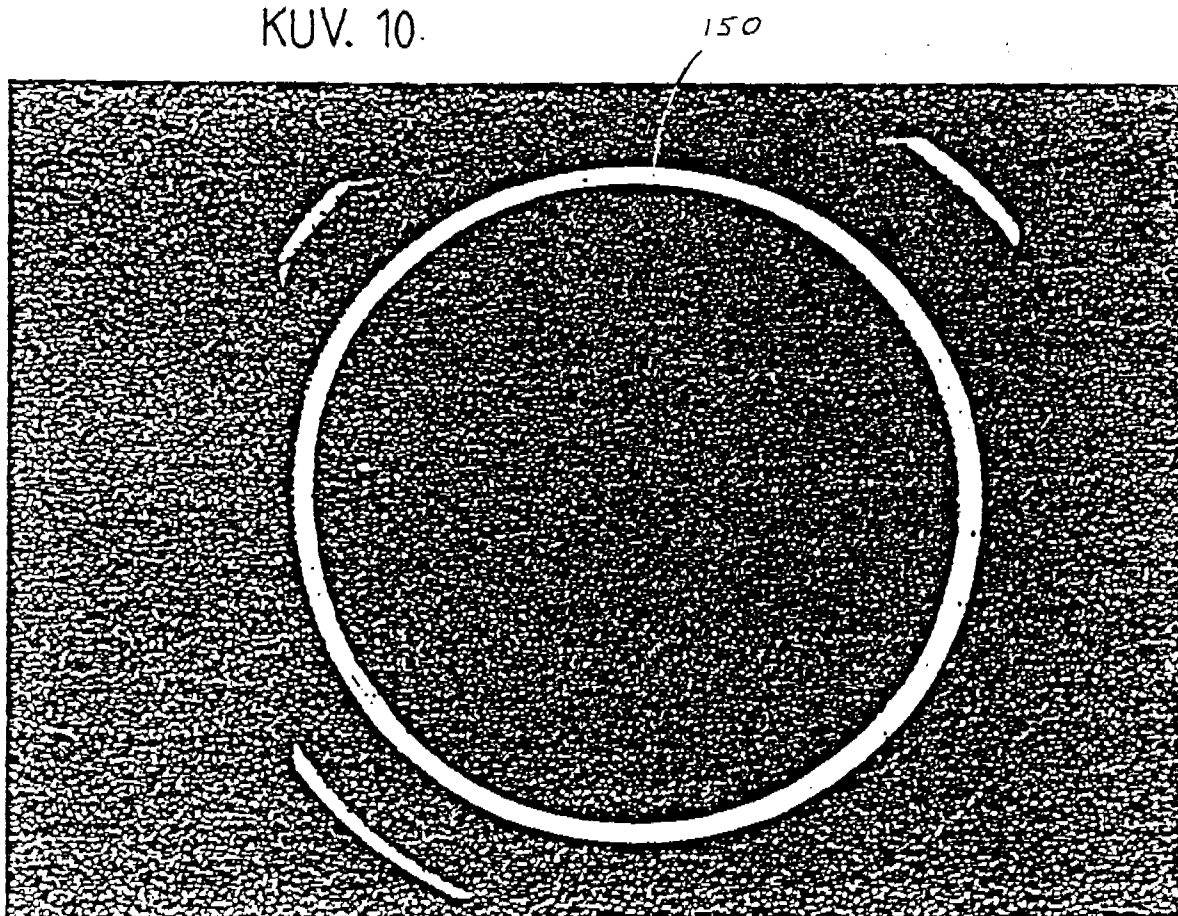
KUV. 6

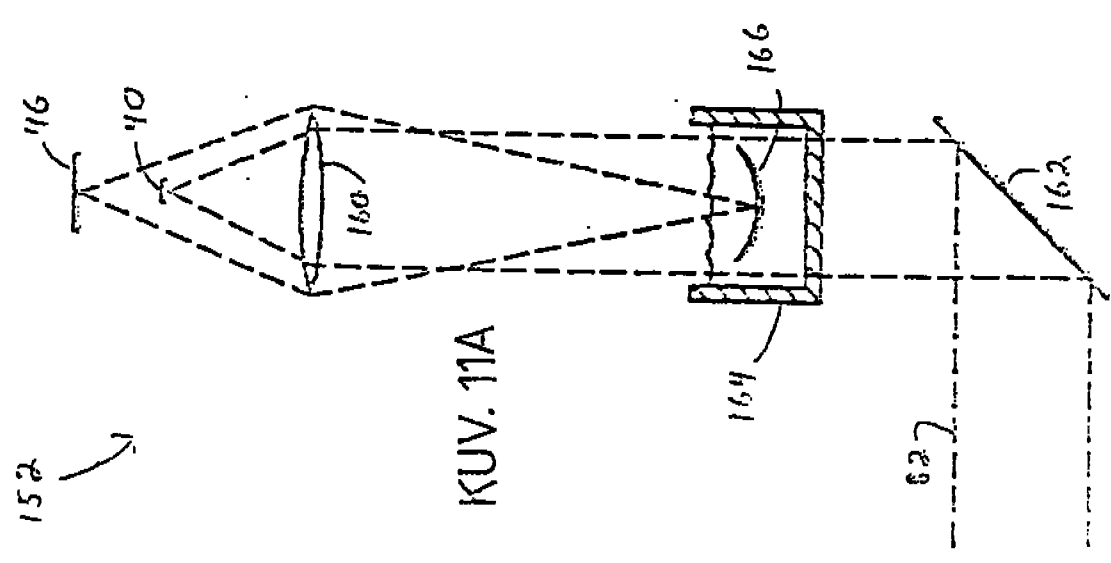
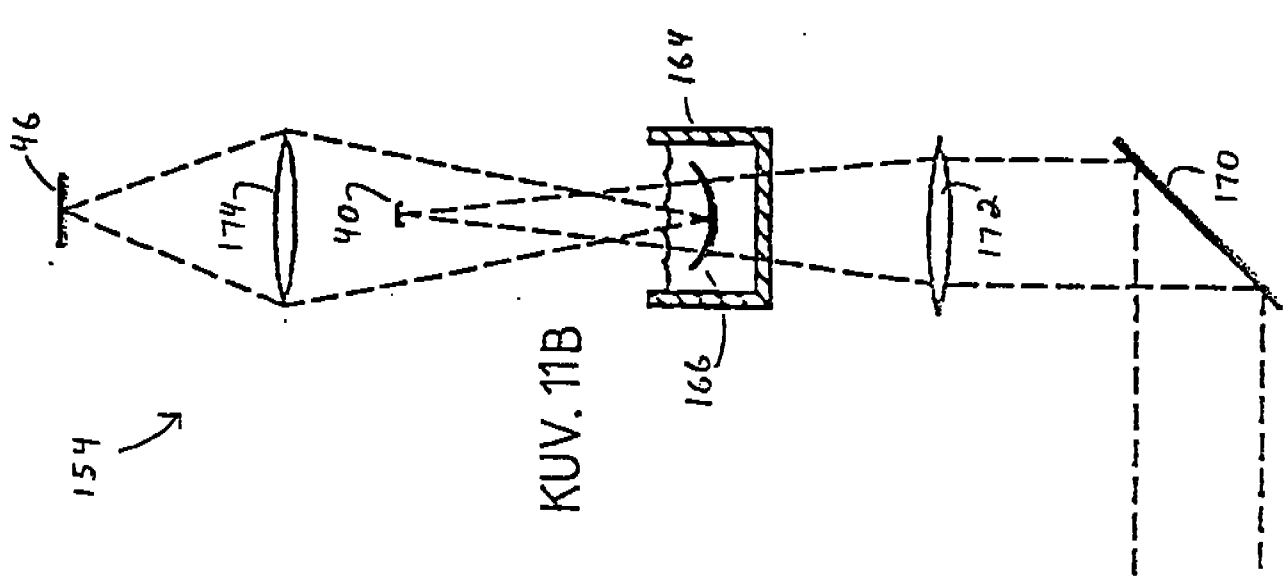
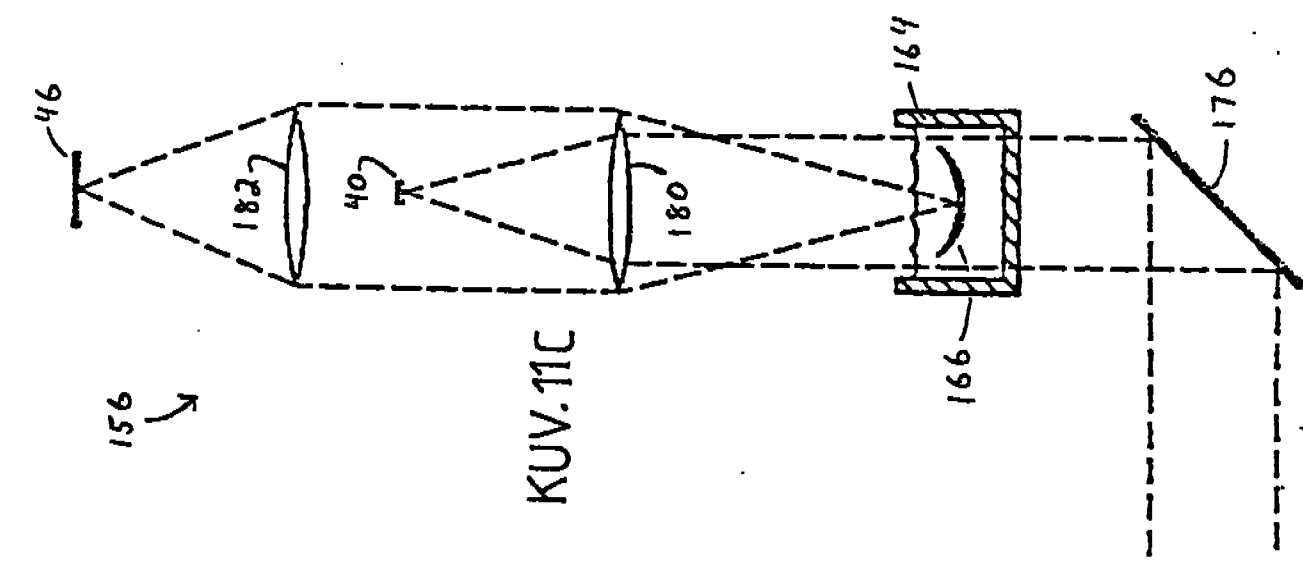


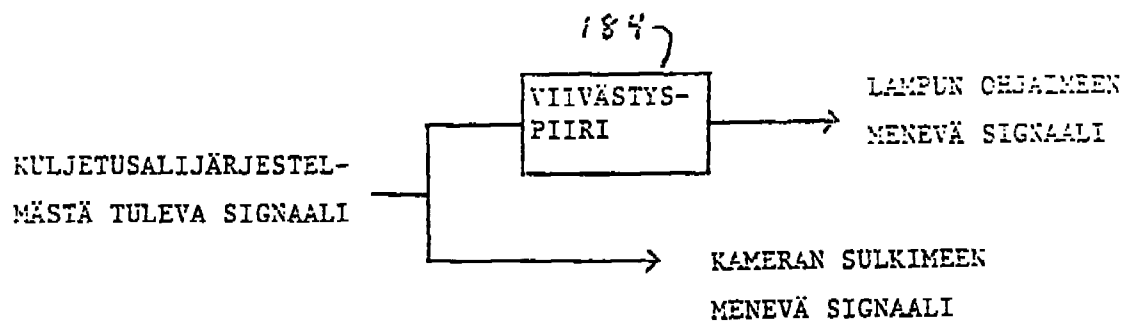


KUV. 9

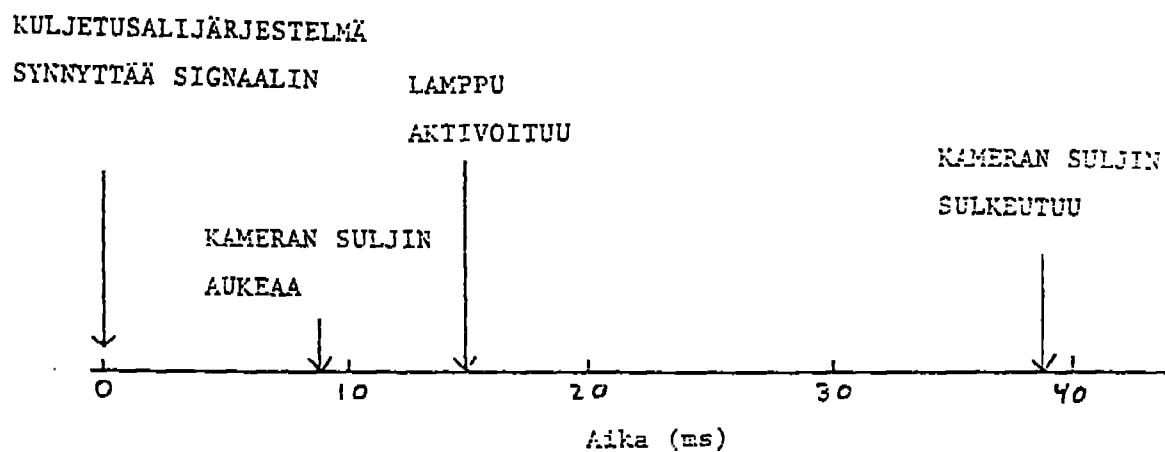
KUV. 10.





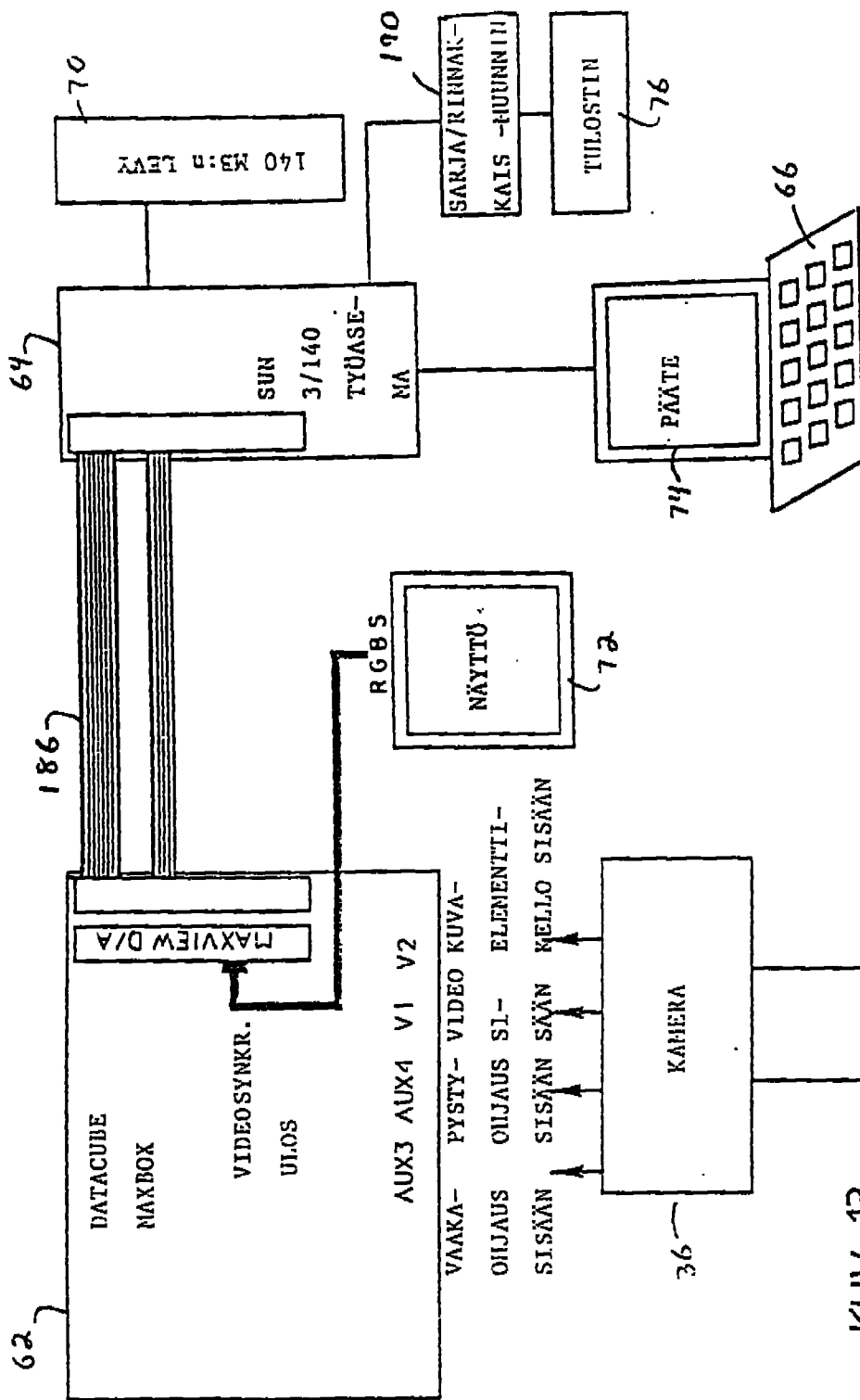


KUV. 12A

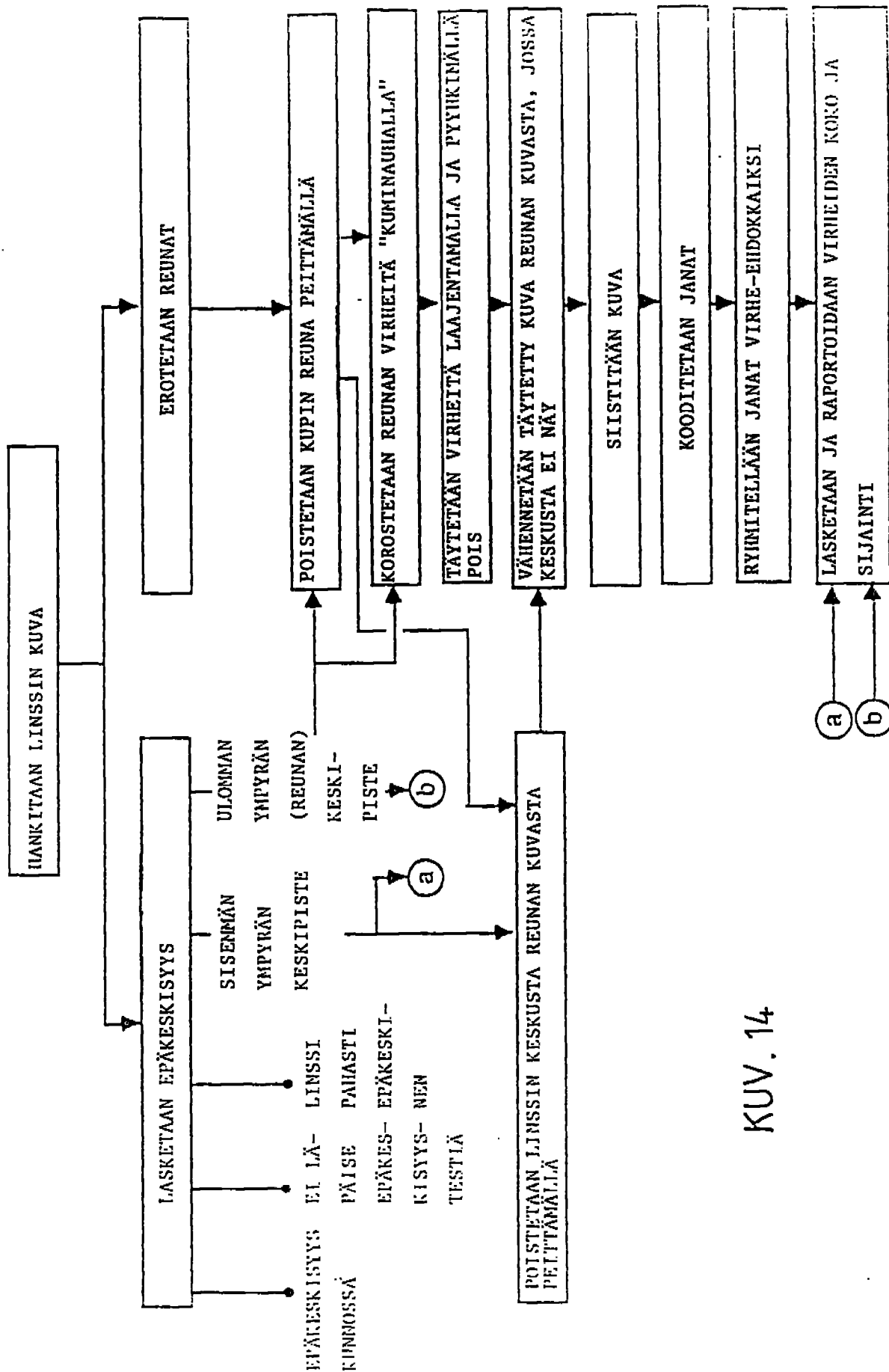


KUV. 12B

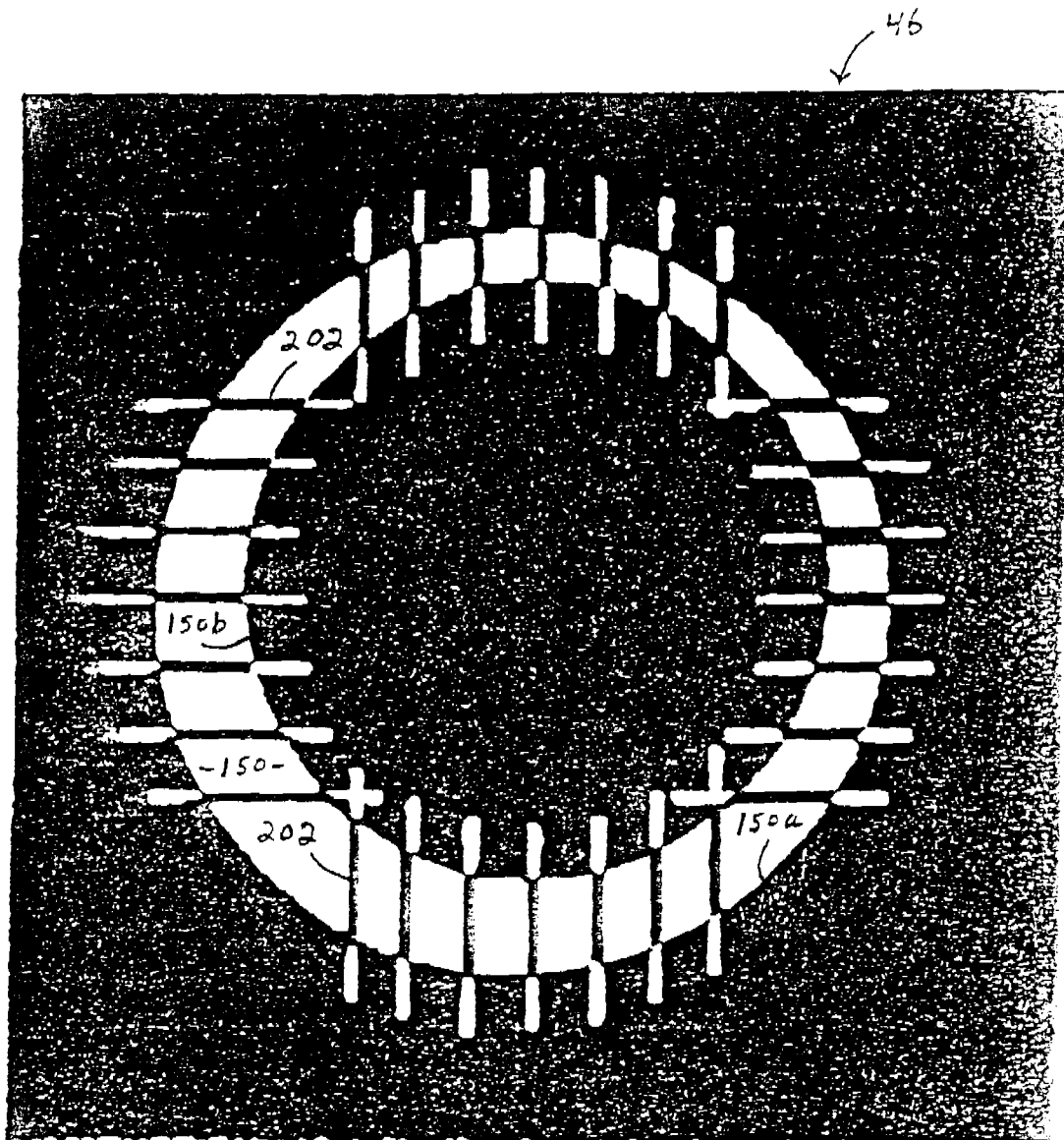
20



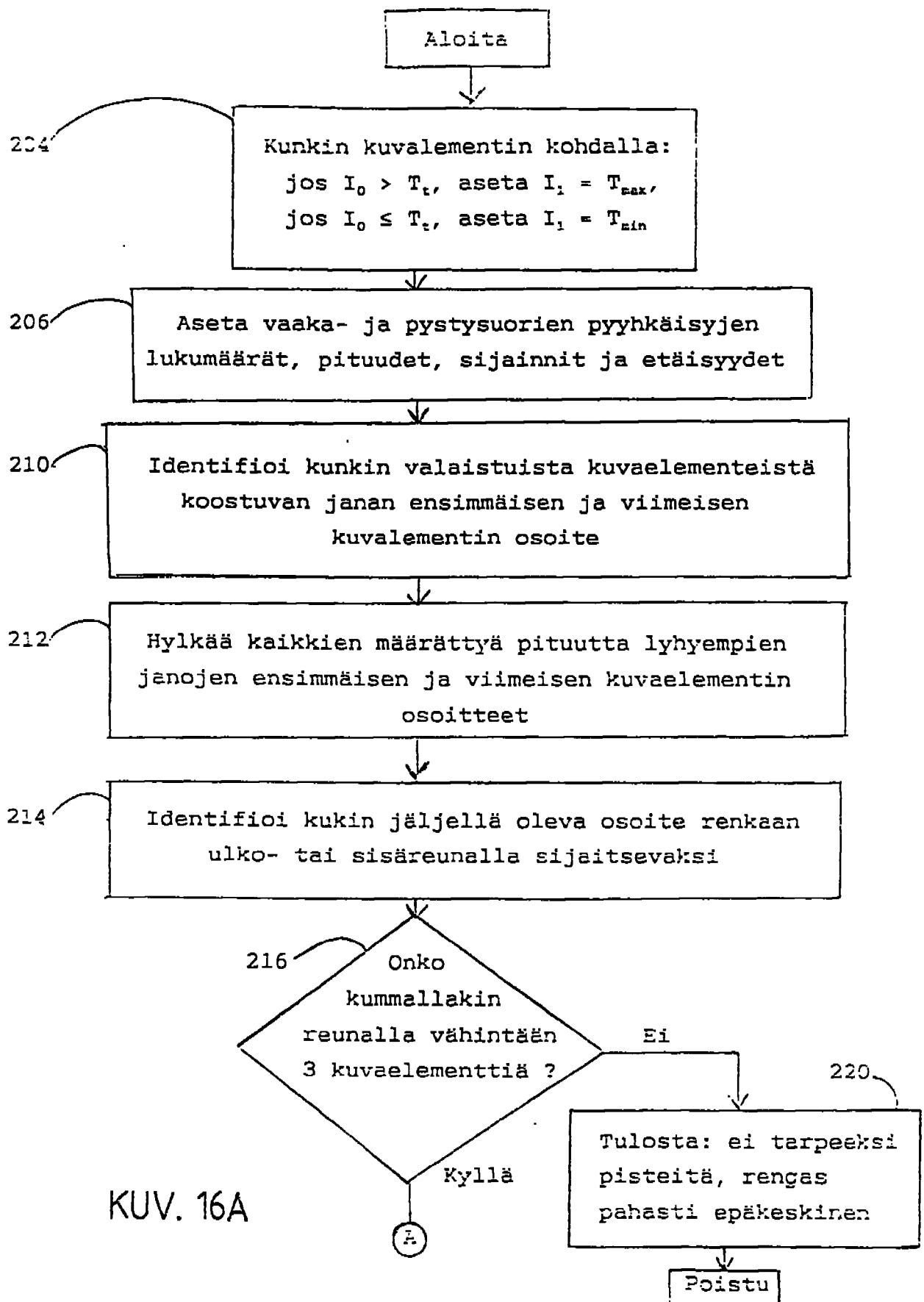
KUV. 13

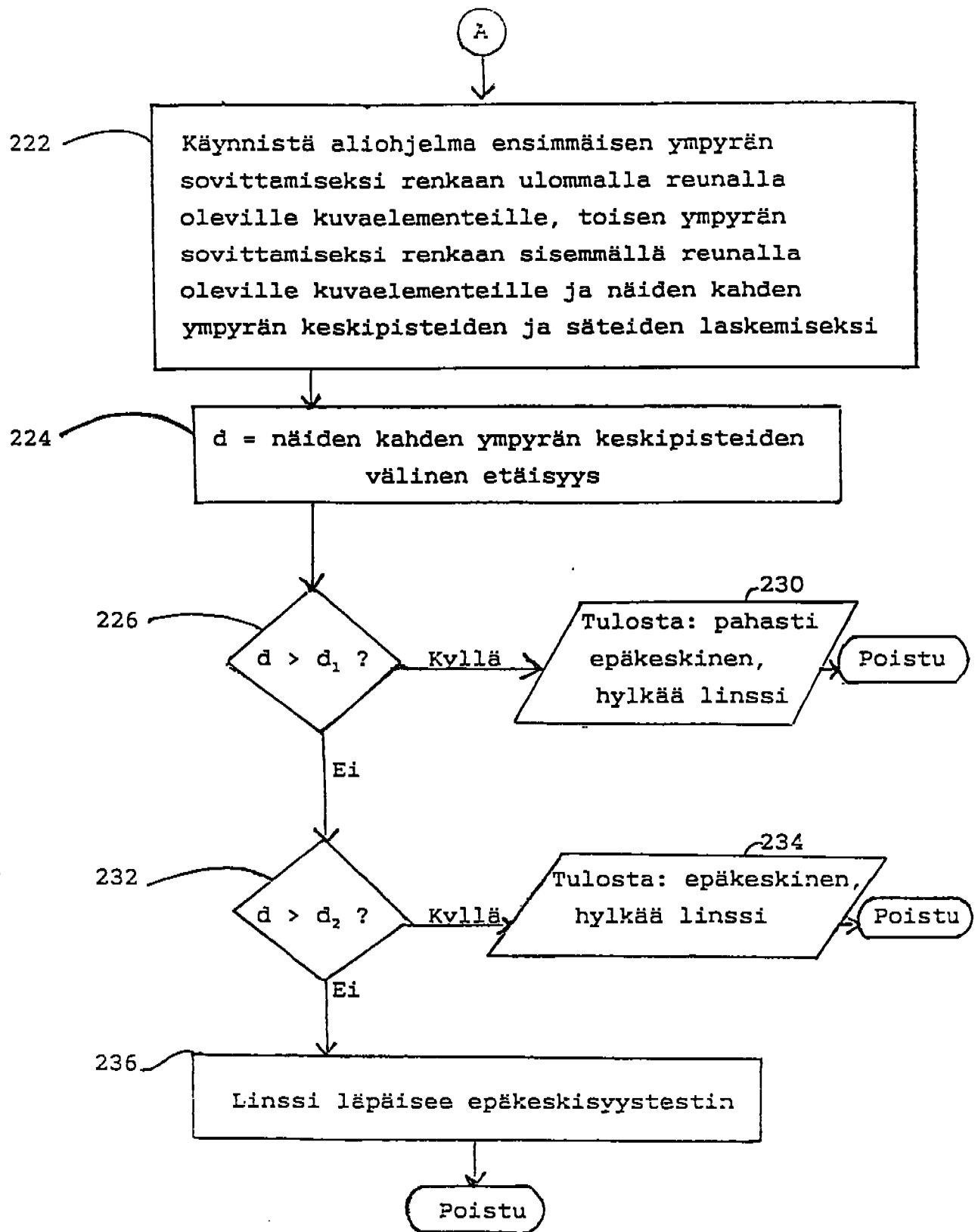


KUV. 14

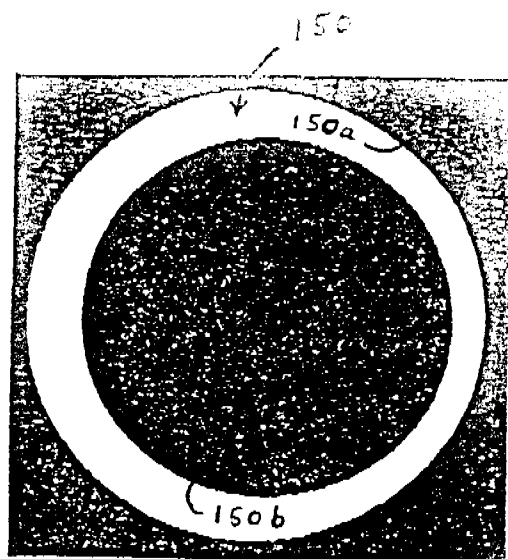


KUV. 15

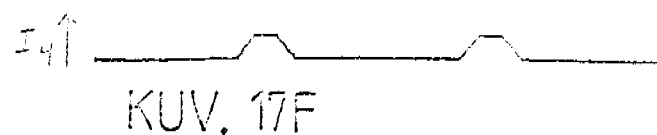




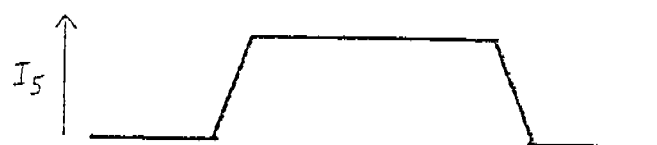
KUV. 16B



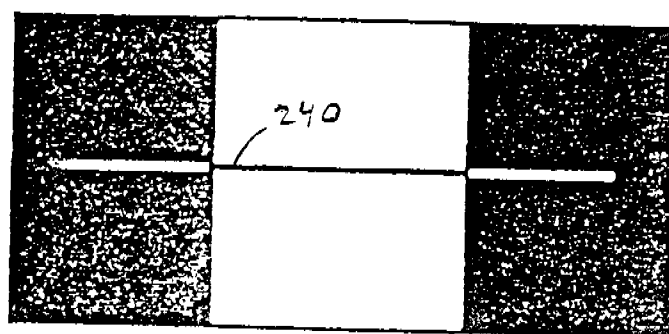
KUV. 17A



KUV. 17F



KUV. 17G



KUV. 17B



KUV. 17H



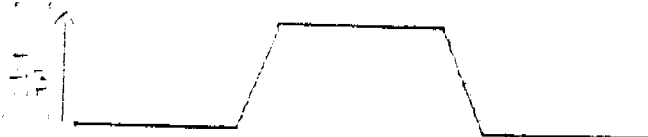
KUV. 17C



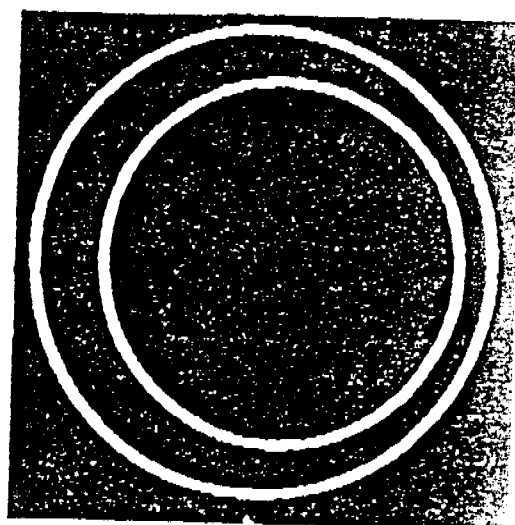
KUV. 17I



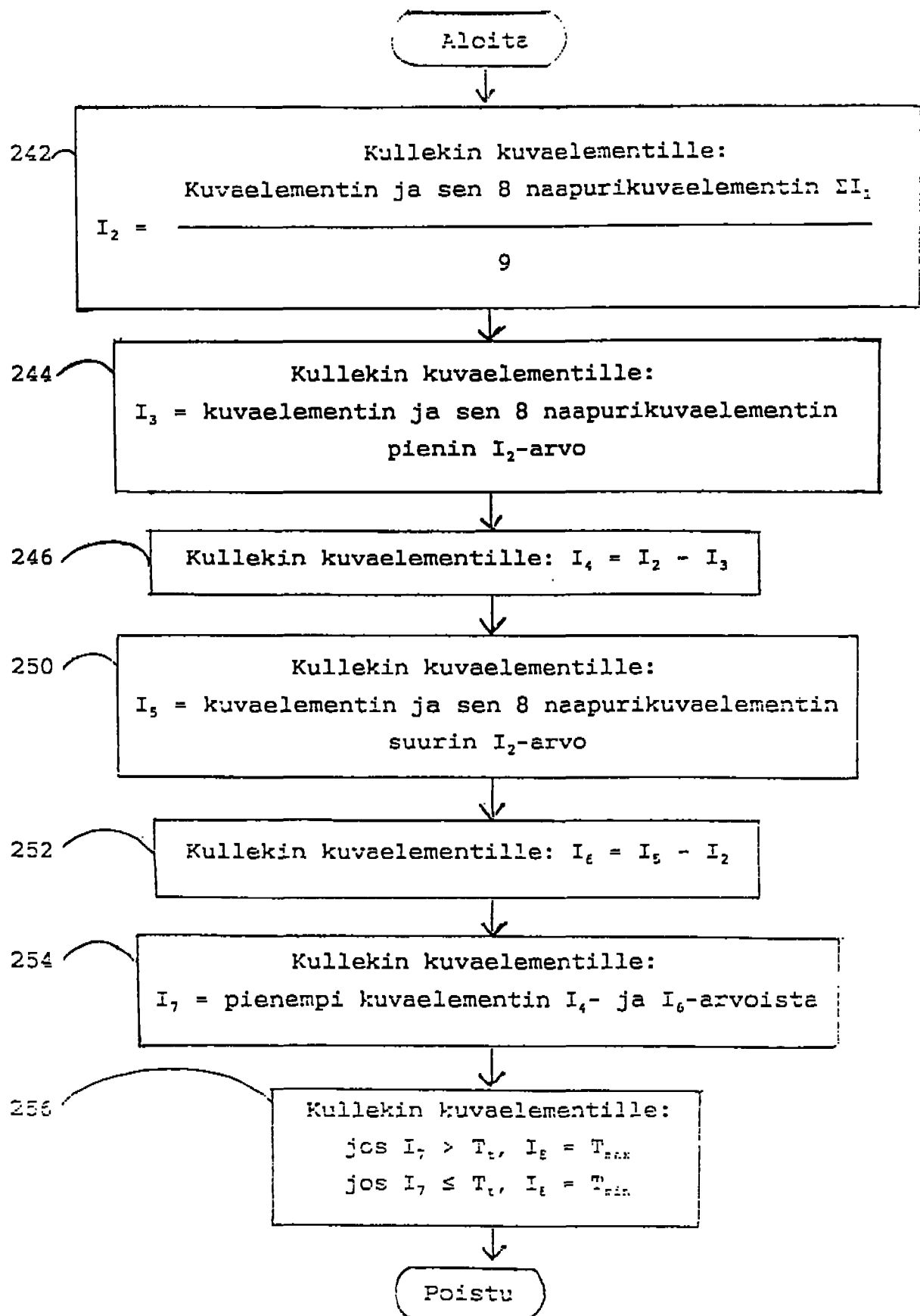
KUV. 17D



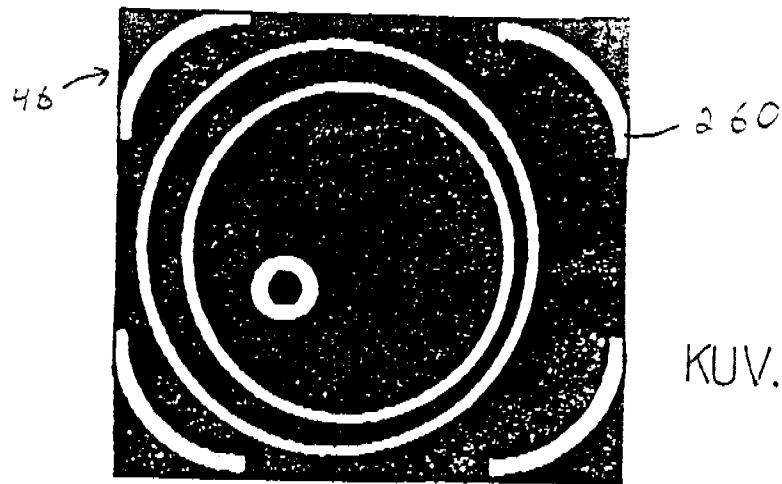
KUV. 17E



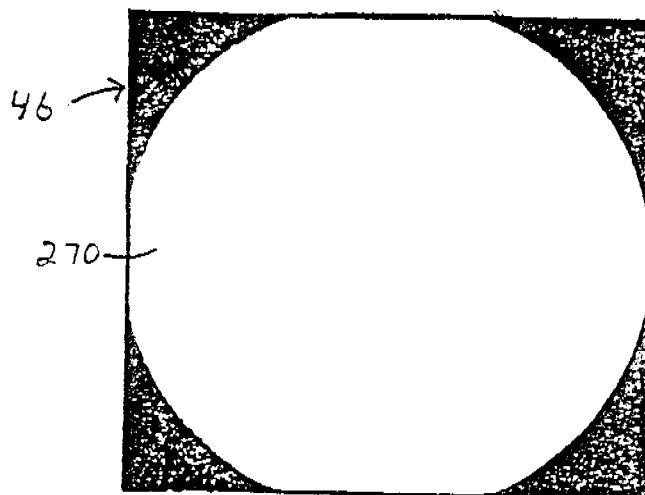
KUV. 17J



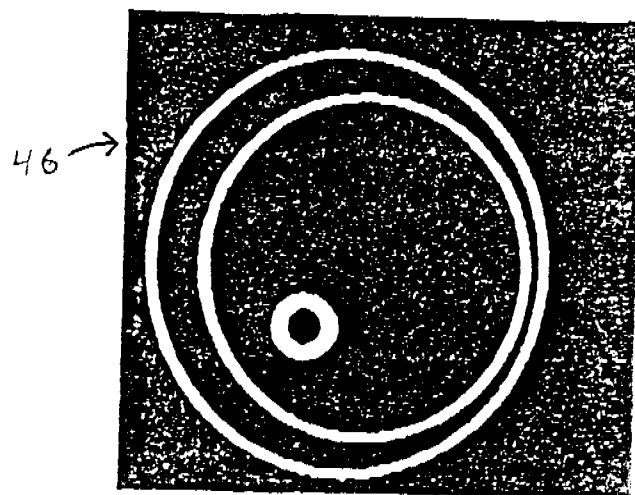
KUV. 18



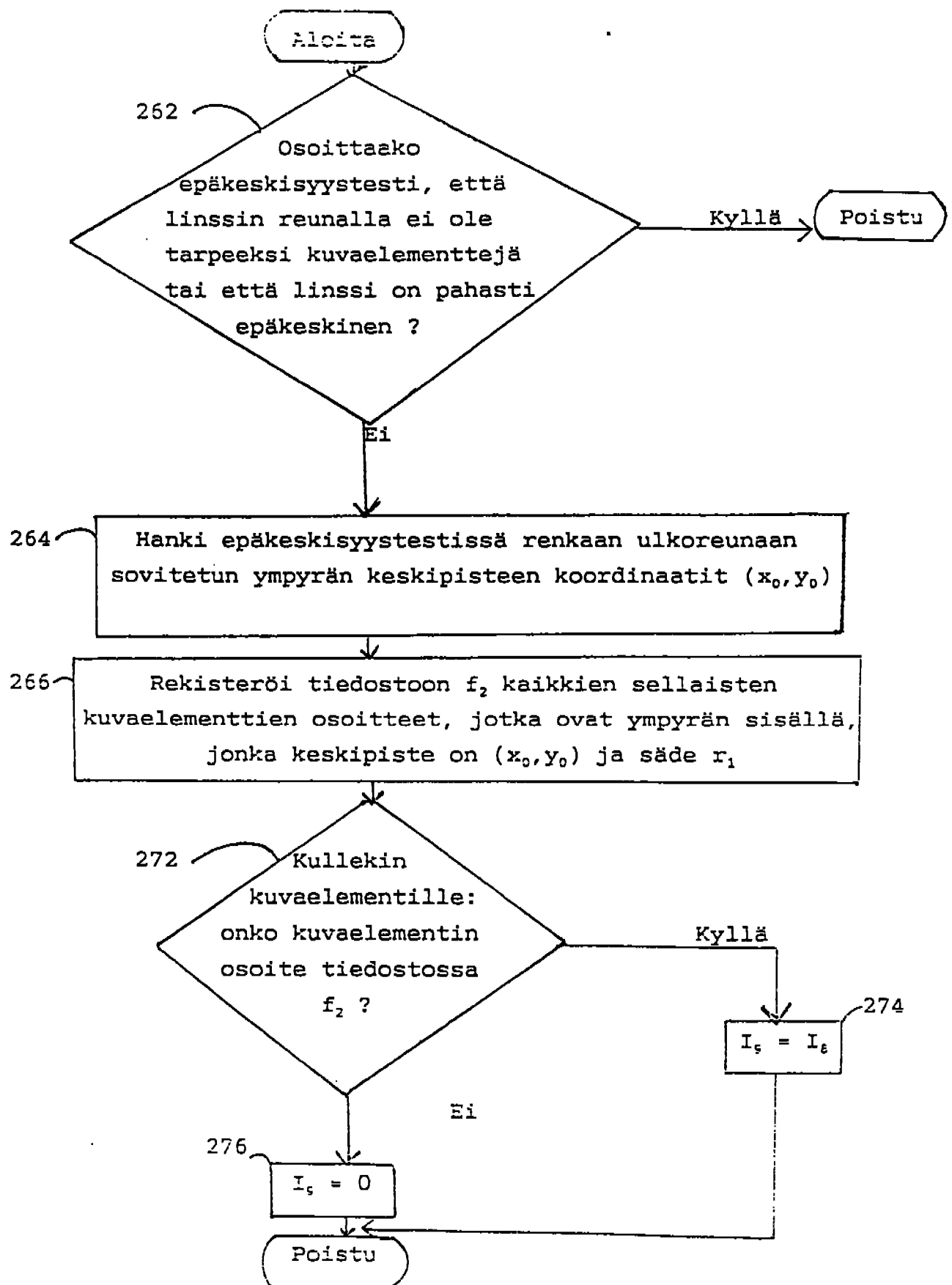
KUV. 19A



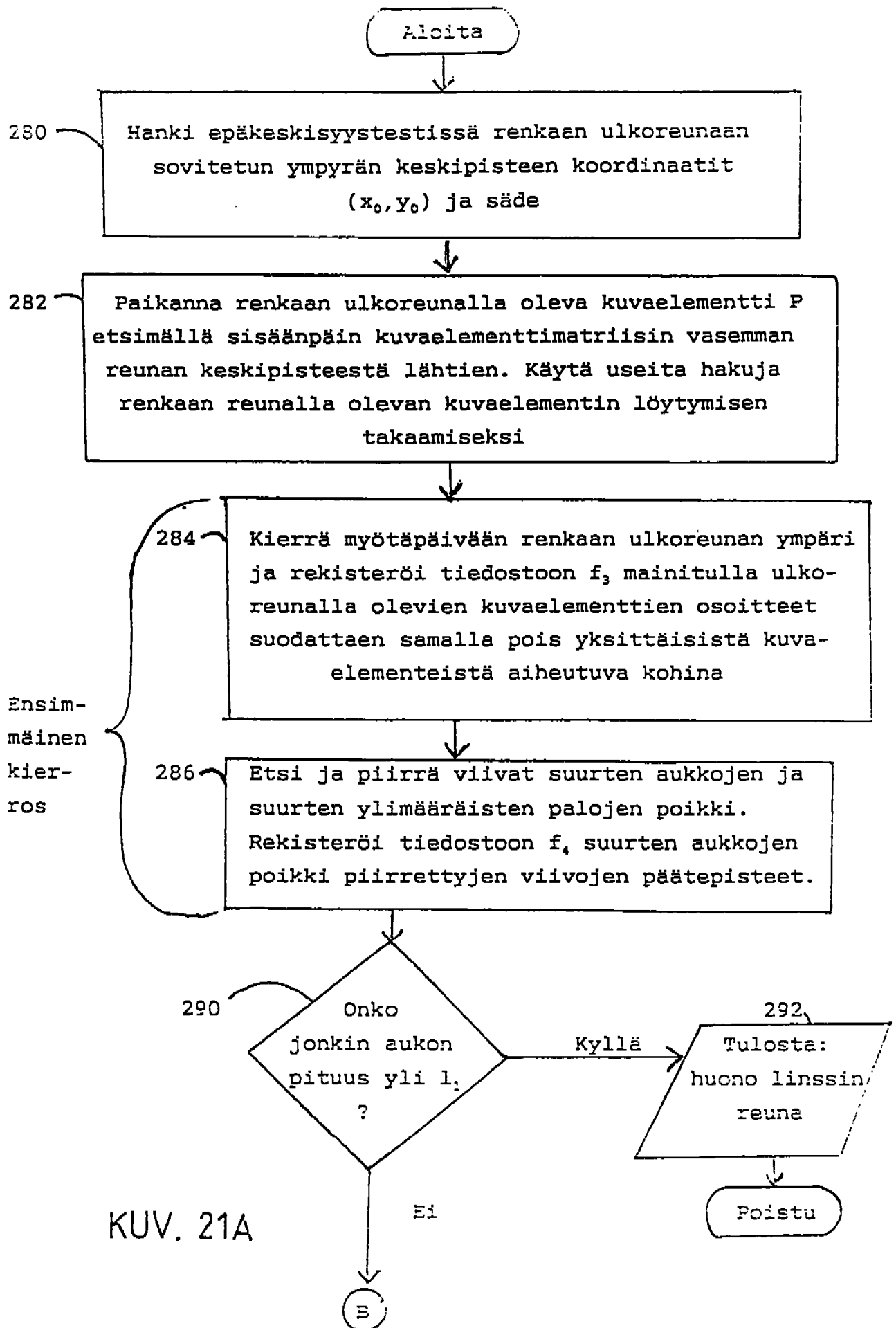
KUV. 19B

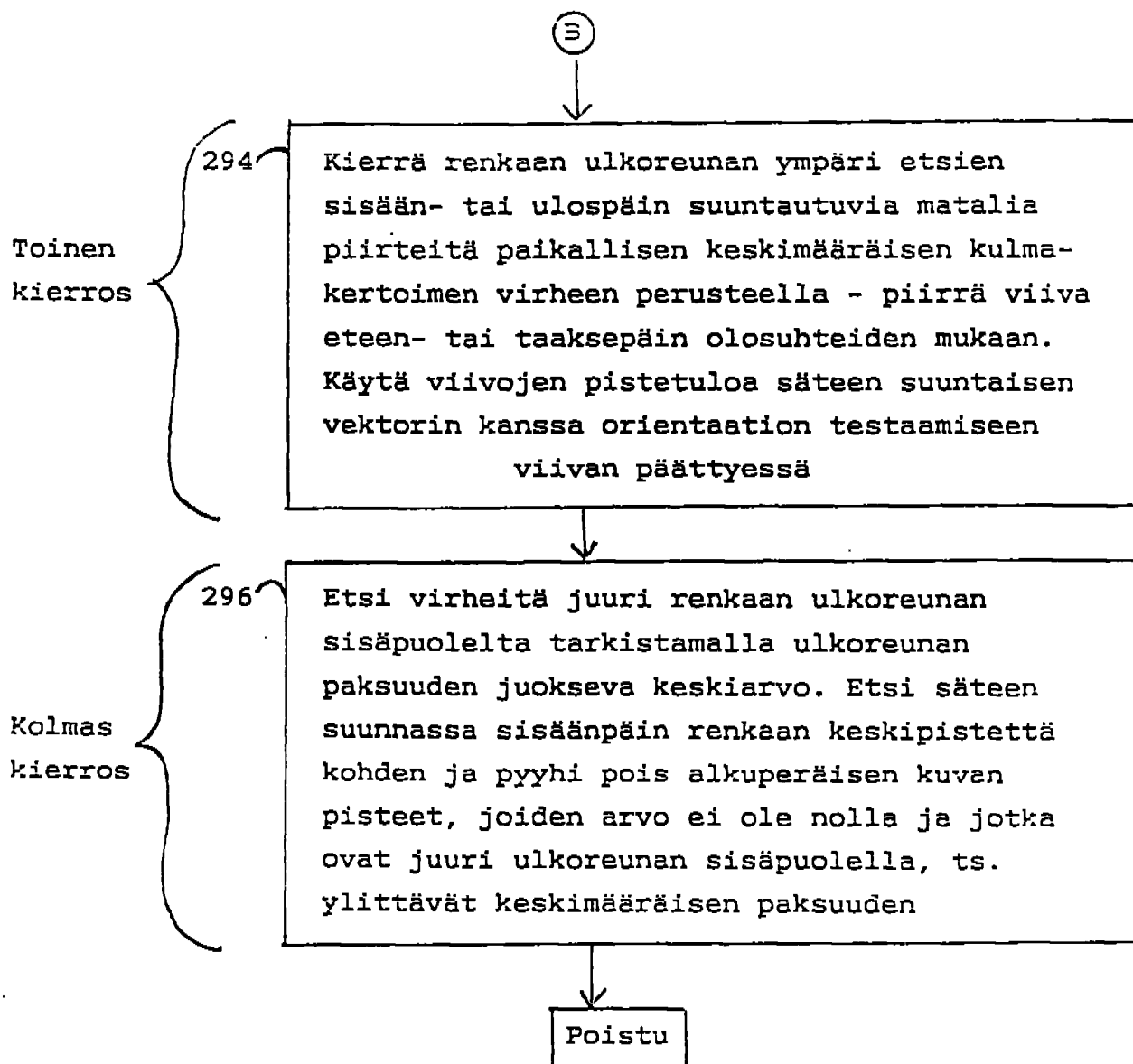


KUV. 19C

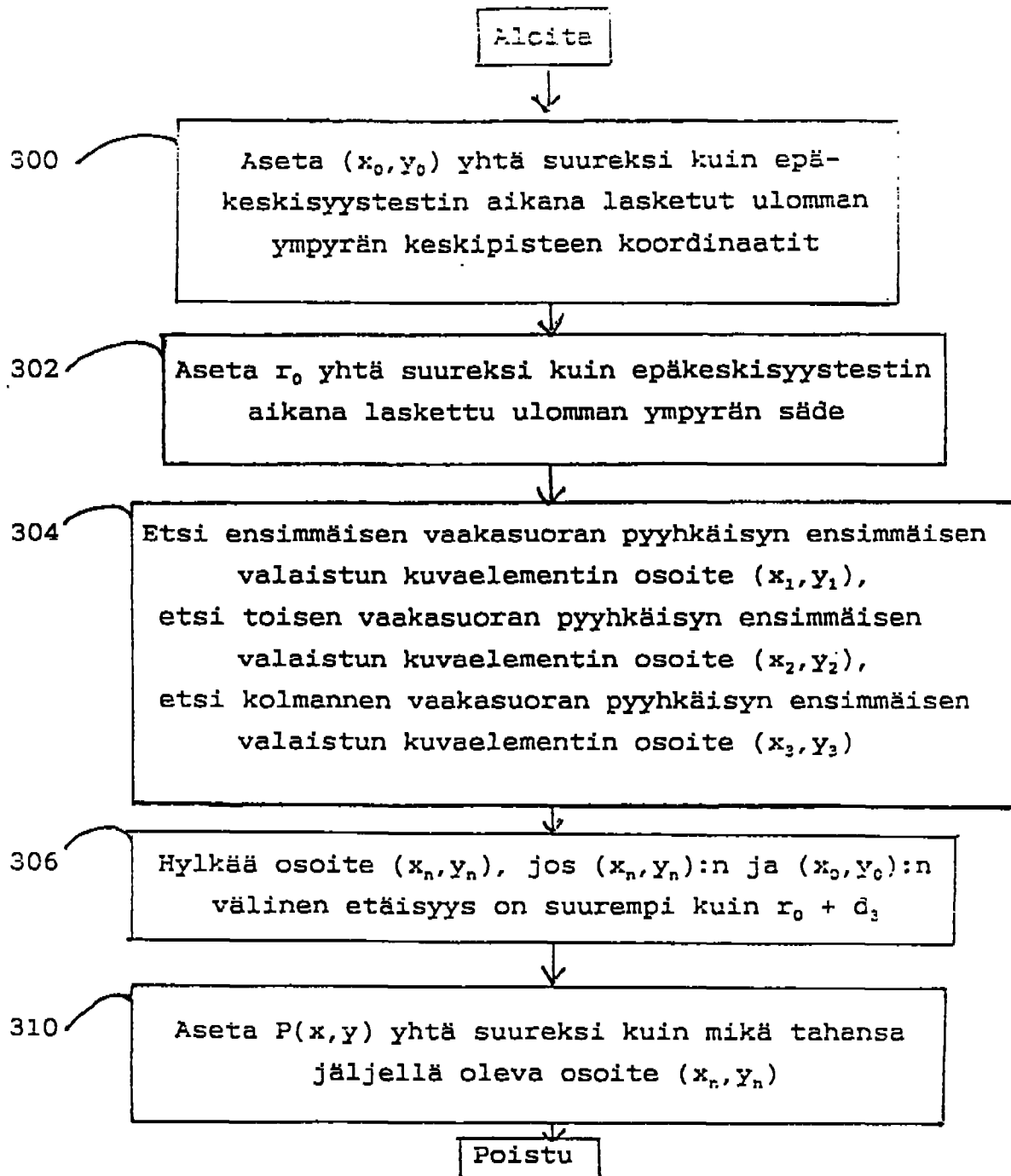


KUV. 20

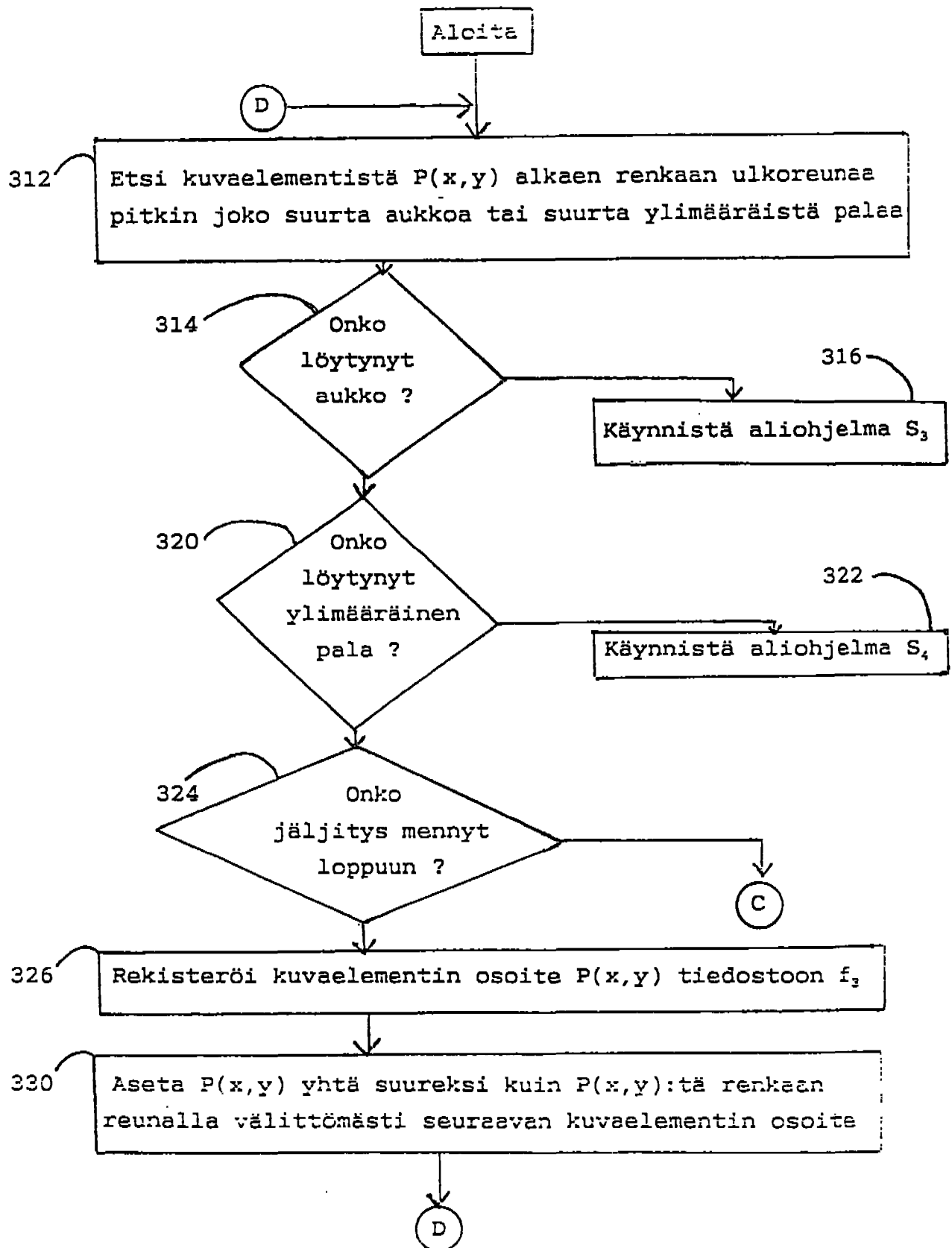




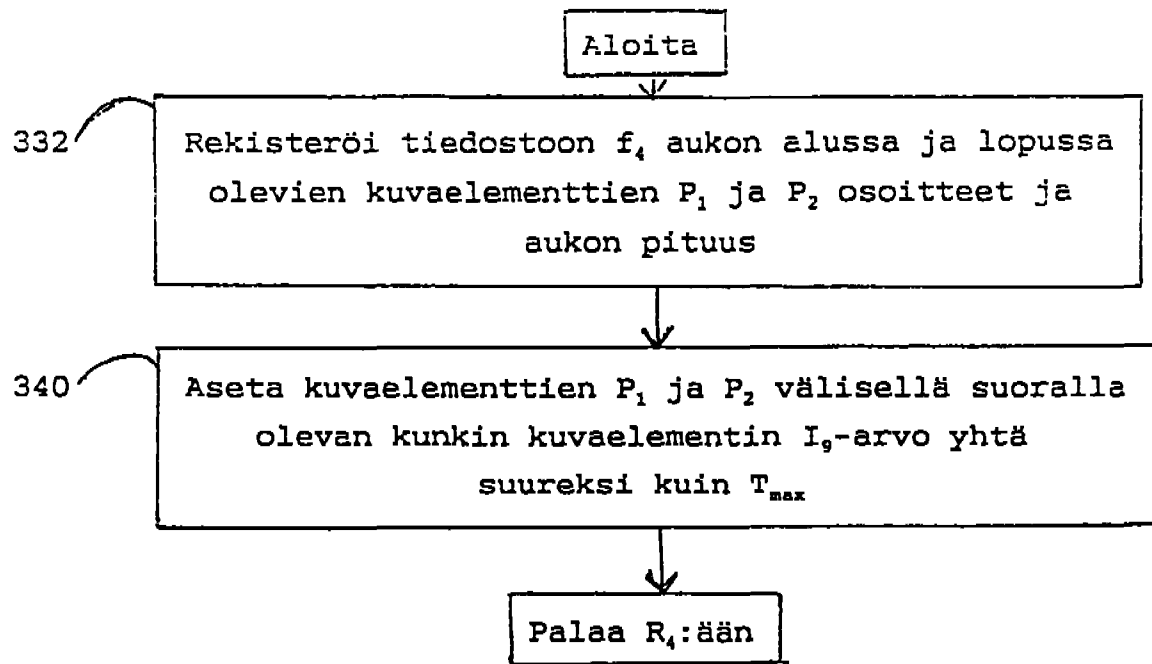
KUV. 21B



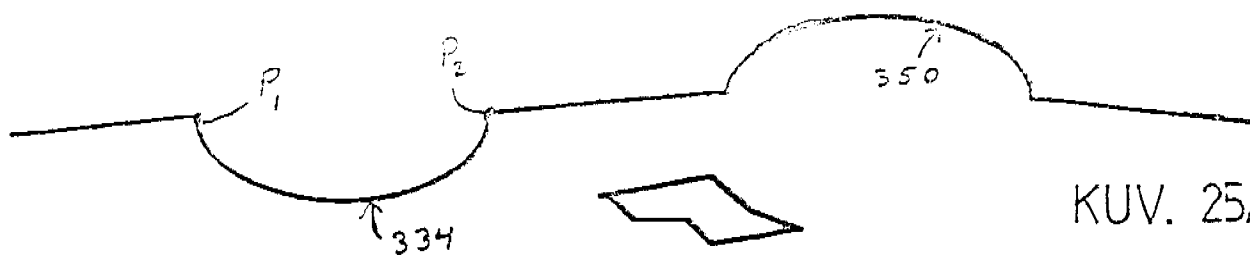
KUV. 22



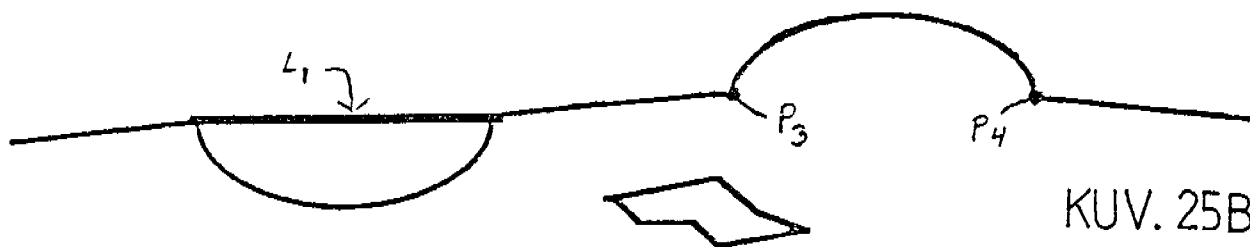
KUV. 23



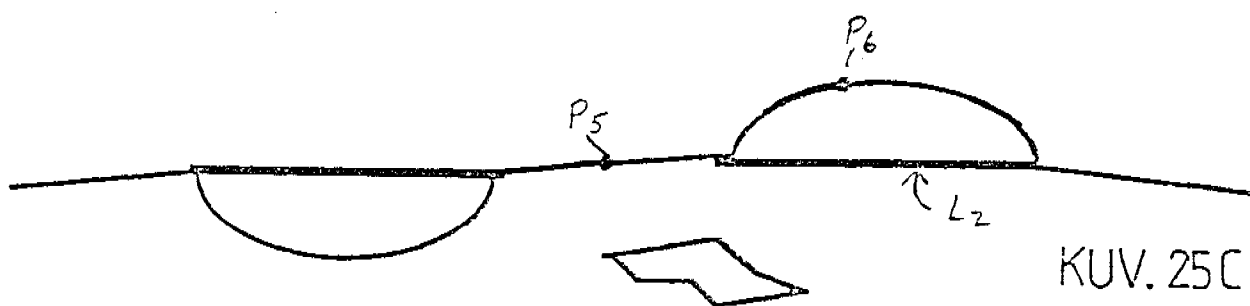
KUV. 24



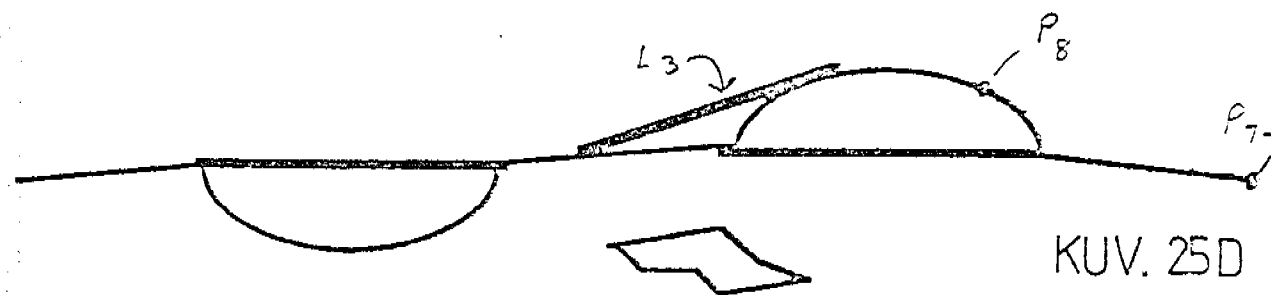
KUV. 25A



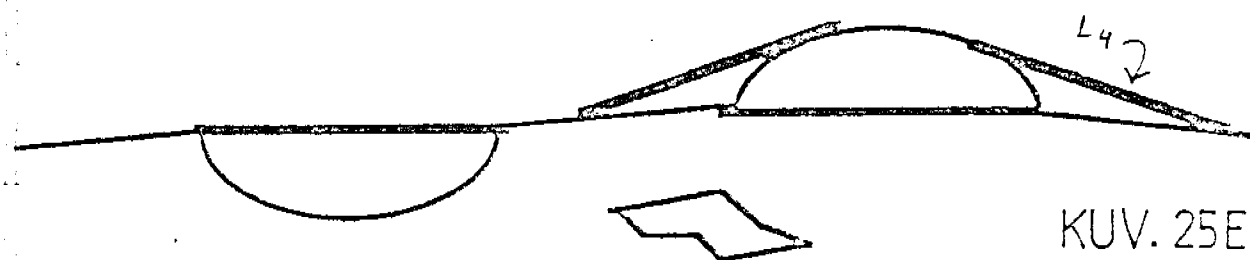
KUV. 25B



KUV. 25C



KUV. 25D



KUV. 25E

Alcote

352 Etsi renkaan reunalla ylimääräisen palan alussa ja lopussa olevat kuvaelementit P_3 ja P_4

354 Aseta kuvaelementtien P_3 ja P_4 välisellä suoralla olevan kunkin kuvaelementin I_9 -arvo yhtä suureksi kuin T_{max}

356 Etsi renkaan reunalta kuvaelementti P_5 , joka on määrätyn kuvaelementtimäärän verran taaksepäin ylimääräisen palan alusta

360 Etsi ylimääräisen palan reunalta kuvaelementti P_6 , joka on määrätyllä etäisyydellä d_4 kuvaelementistä P_5

352 Aseta kuvaelementtien P_5 ja P_6 välisellä suoralla olevan kunkin kuvaelementin I_9 -arvo yhtä suureksi kuin T_{max}

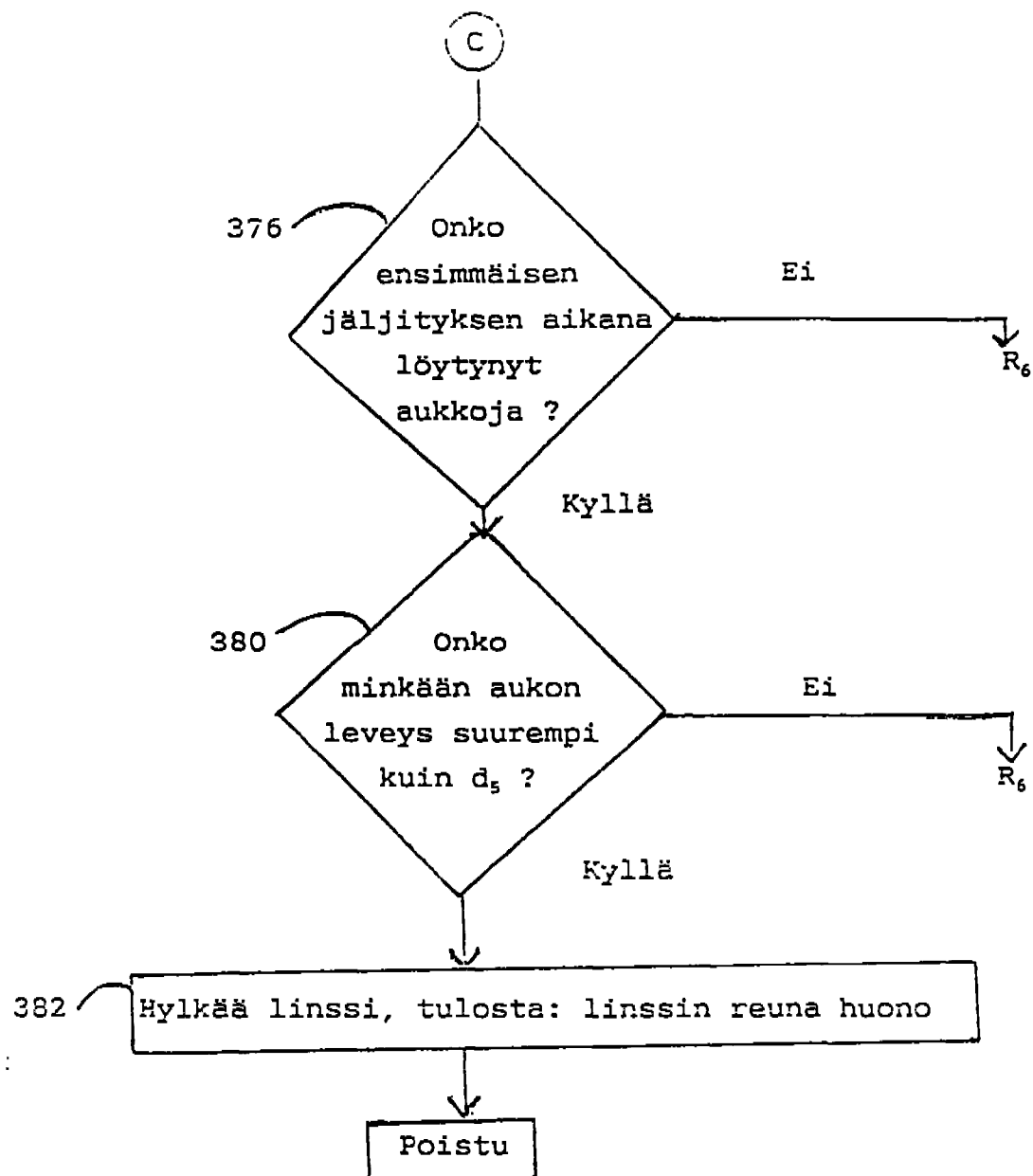
364 Etsi renkaan reunalta kuvaelementti P_7 , joka on määrätyn kuvaelementtimäärän verran eteenpäin ylimääräisen palan lopusta

366 Etsi ylimääräisen palan reunalta kuvaelementti P_8 , joka on määrätyllä etäisyydellä d_5 kuvaelementistä P_7

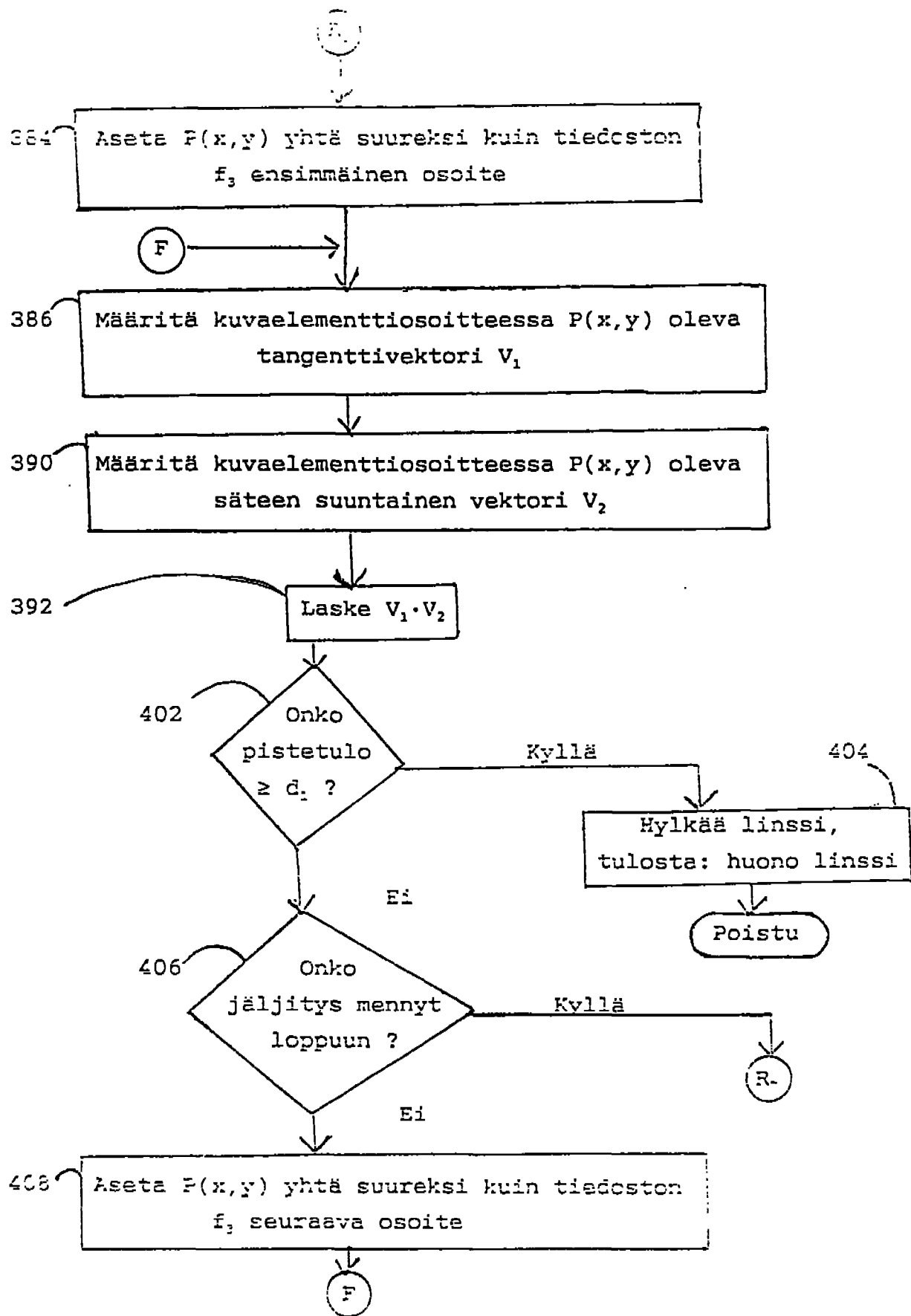
370 Aseta kuvaelementtien P_7 ja P_8 välisellä suoralla olevan kunkin kuvaelementin I_9 -arvo yhtä suureksi kuin T_{max}

Palaa R_4 :ään

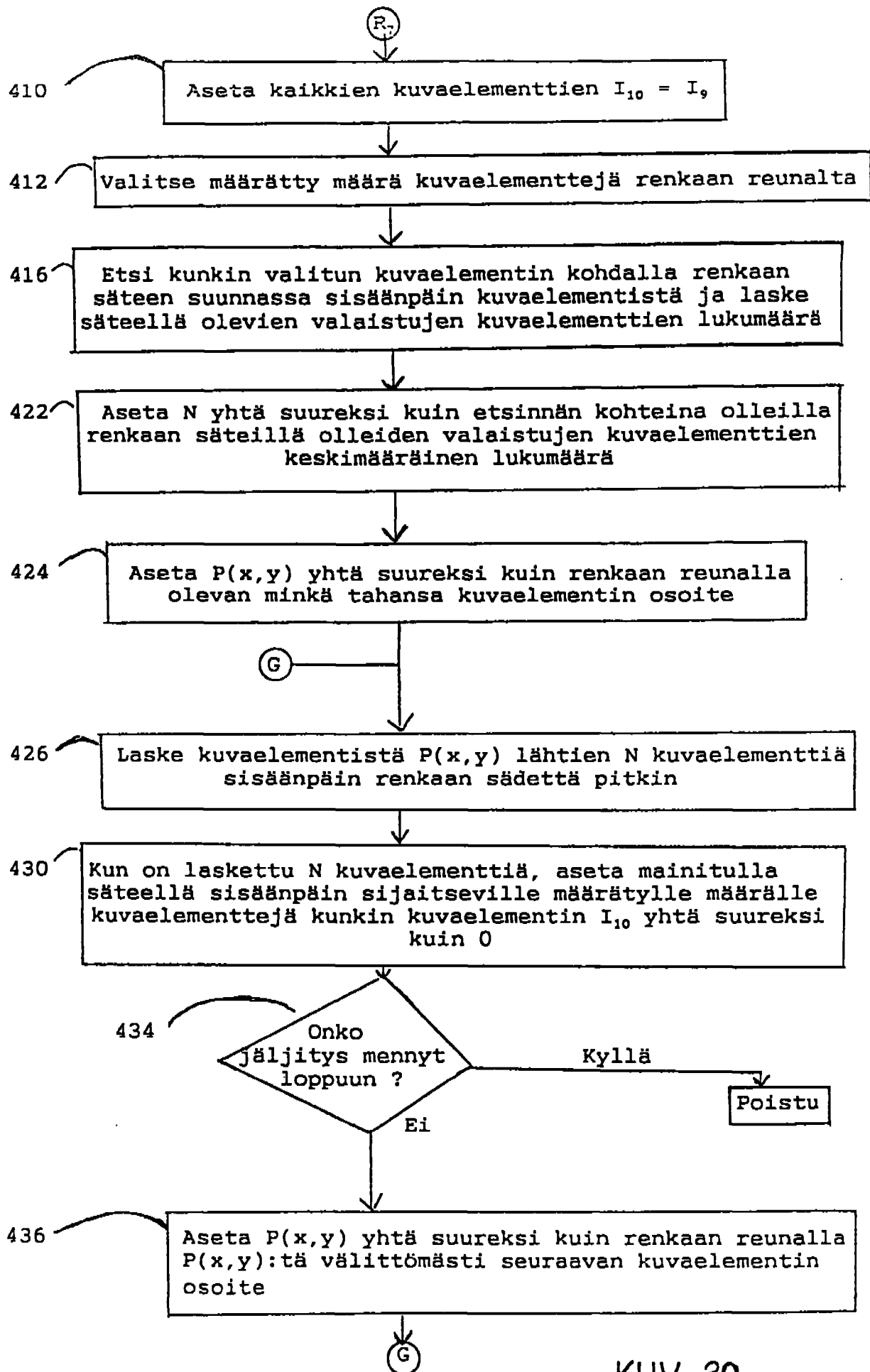
KUV. 26



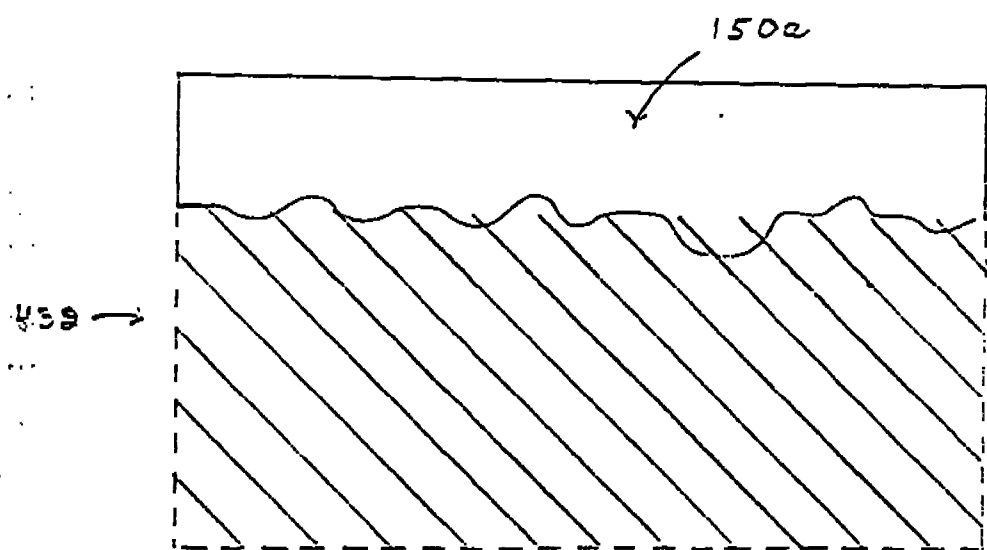
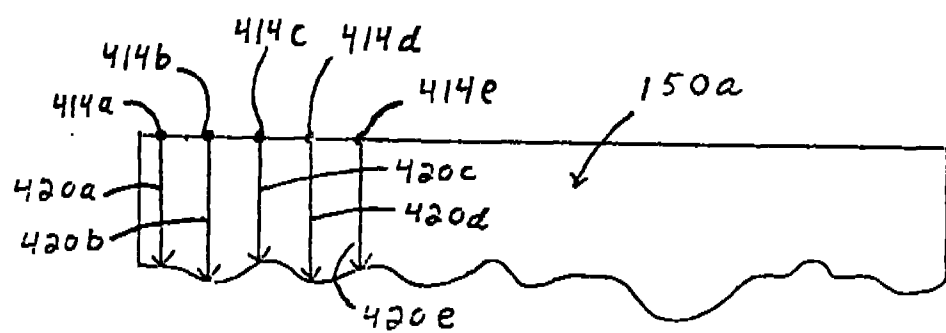
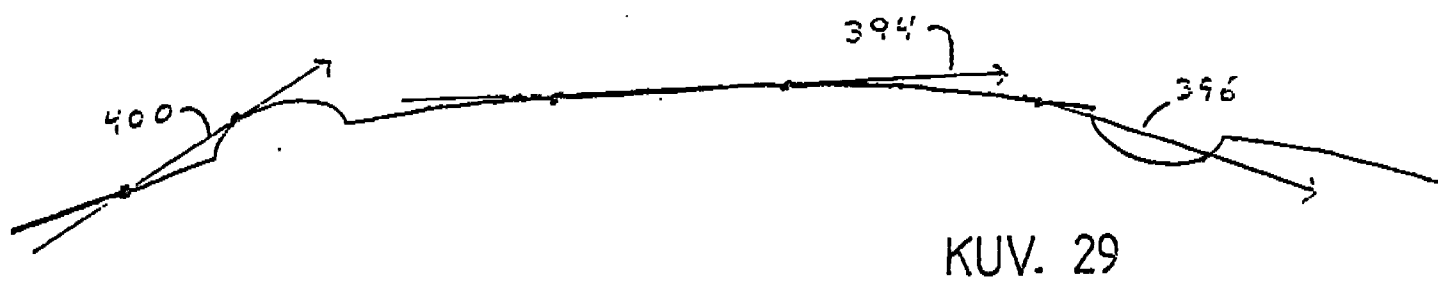
KUV. 27



KUV. 28



KUV. 30



KUV. 32

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	7	7	7	7	0	0
3	7	7	7	7	7	0	0
2	7	7	7	7	0	0	0
1	7	7	7	0	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

KUV. 34A

MAX

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	7	7	7	7	0	0
5	7	7	7	7	7	7	0
4	7	7	7	7	7	7	0
3	7	7	7	7	7	7	0
2	7	7	7	7	7	7	0
1	7	7	7	7	7	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

KUV. 34B

P MAX

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	7	7	0	0	0
5	0	7	7	7	7	0	0
4	7	7	7	7	7	7	0
3	7	7	7	7	7	7	0
2	7	7	7	7	7	0	0
1	7	7	7	7	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

KUV. 34C

MIN

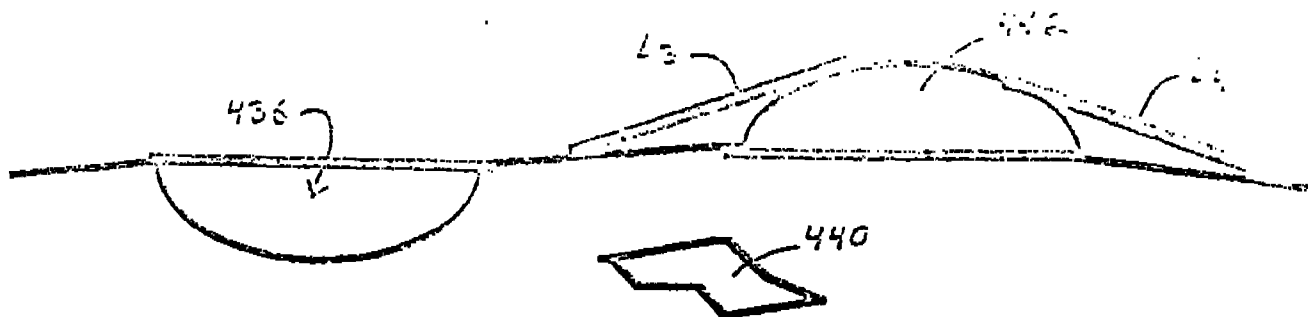
7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	7	0	0	0	0
2	7	7	0	0	0	0	0
1	7	7	0	0	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

KUV. 34D

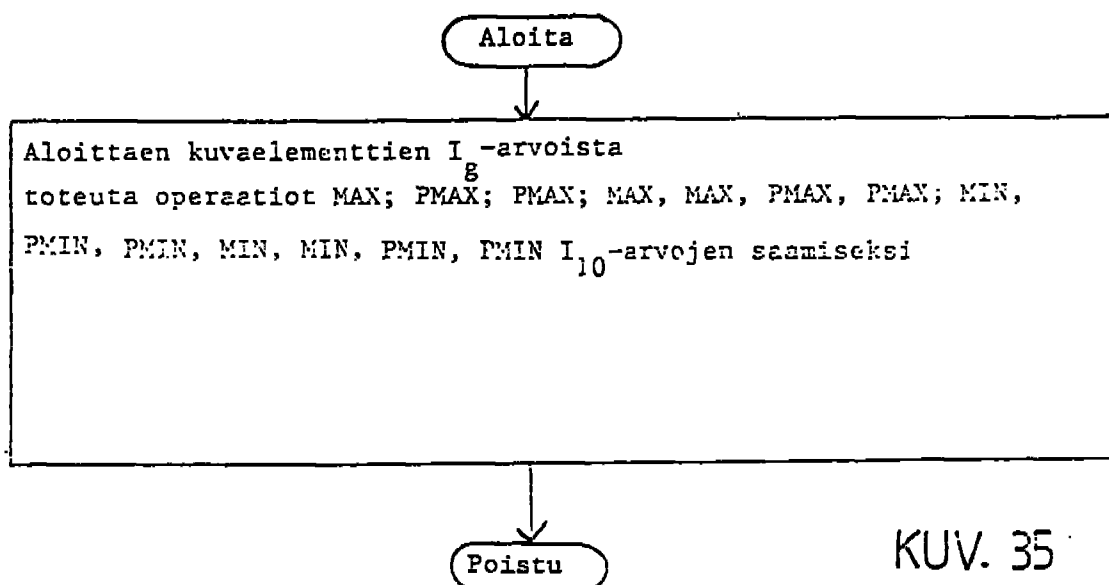
P MIN

7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	7	7	0	0	0
3	0	7	7	7	0	0	0
2	7	7	7	0	0	0	0
1	7	7	0	0	0	0	0
	1	2	3	4	5	6	7

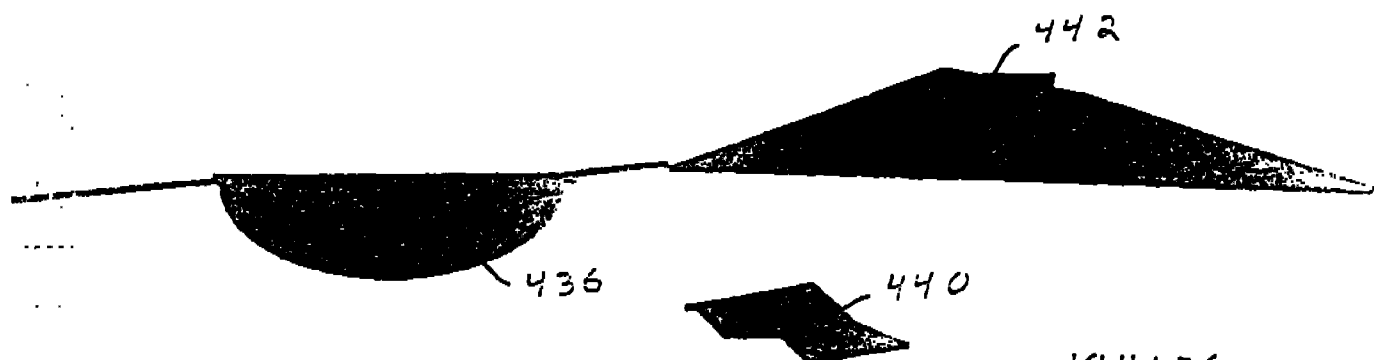
KUV. 34E



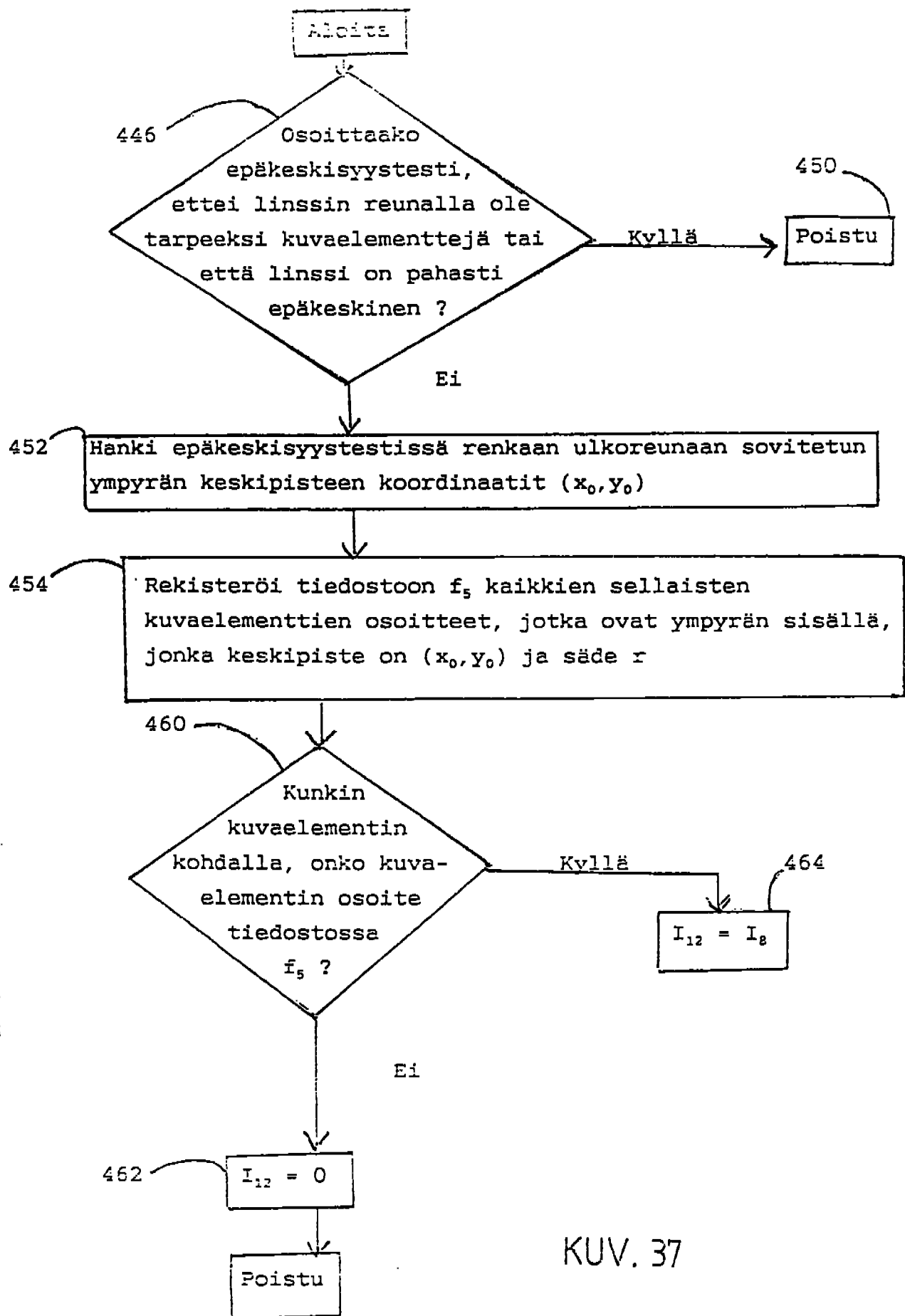
KUV. 33



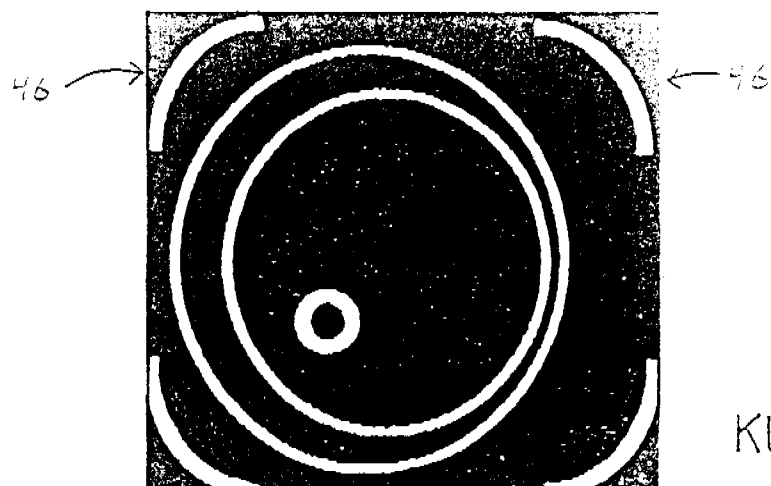
KUV. 35



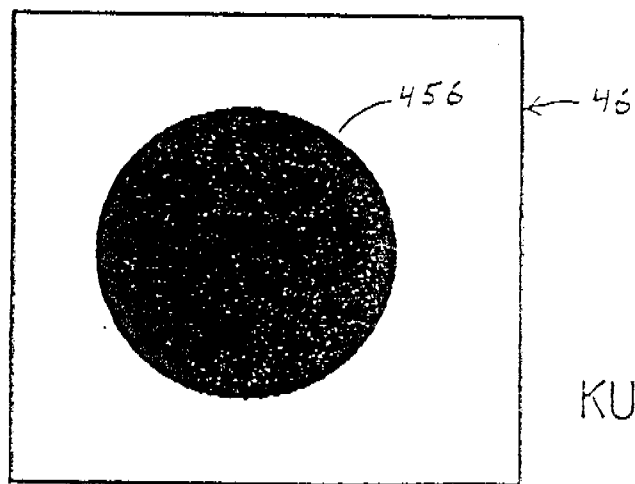
KUV. 36



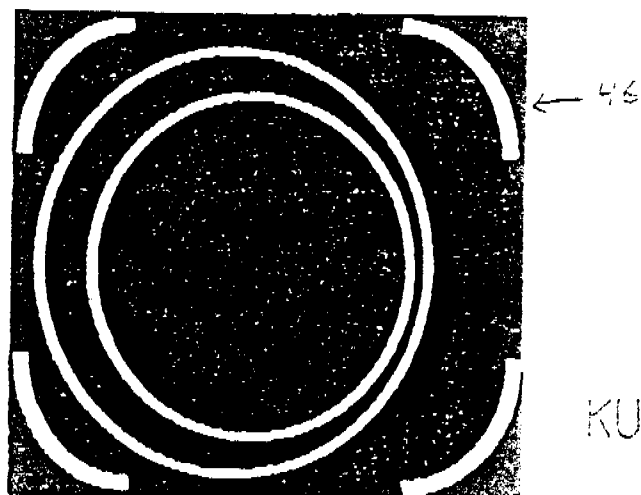
KUV. 37



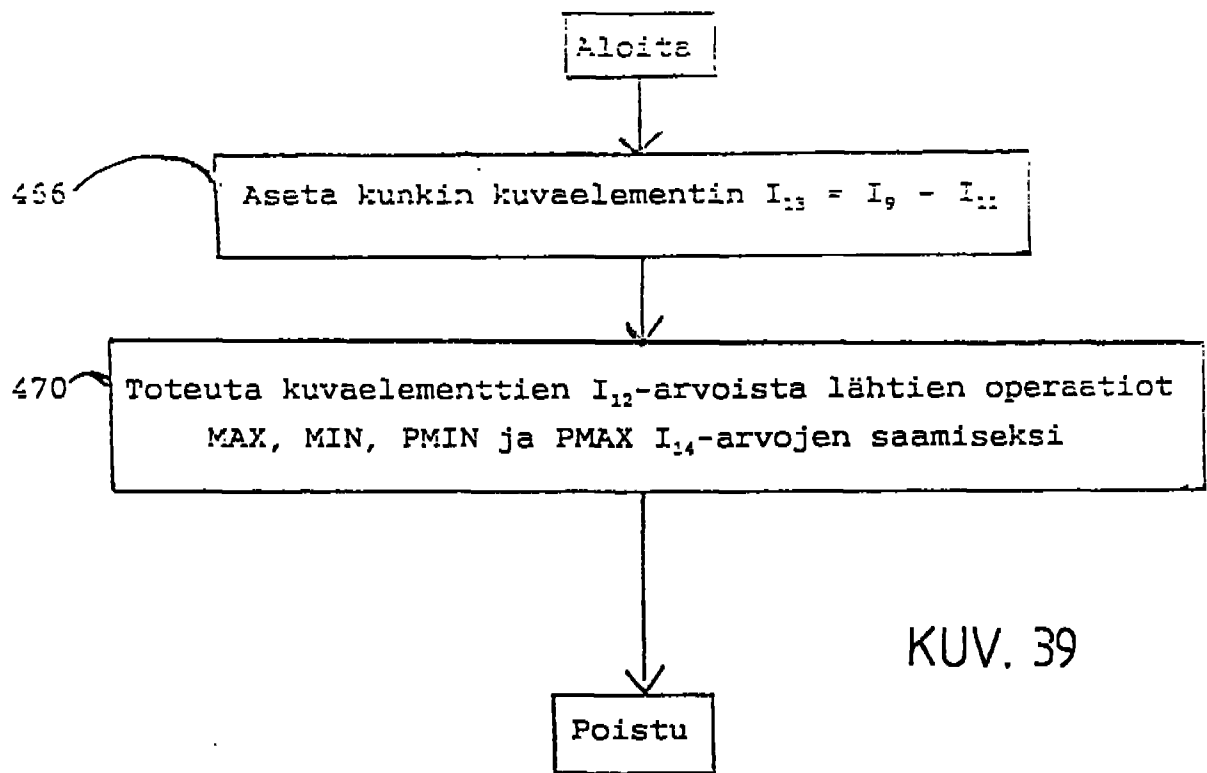
KUV. 38A



KUV. 38B



KUV. 38C



KUV. 40a



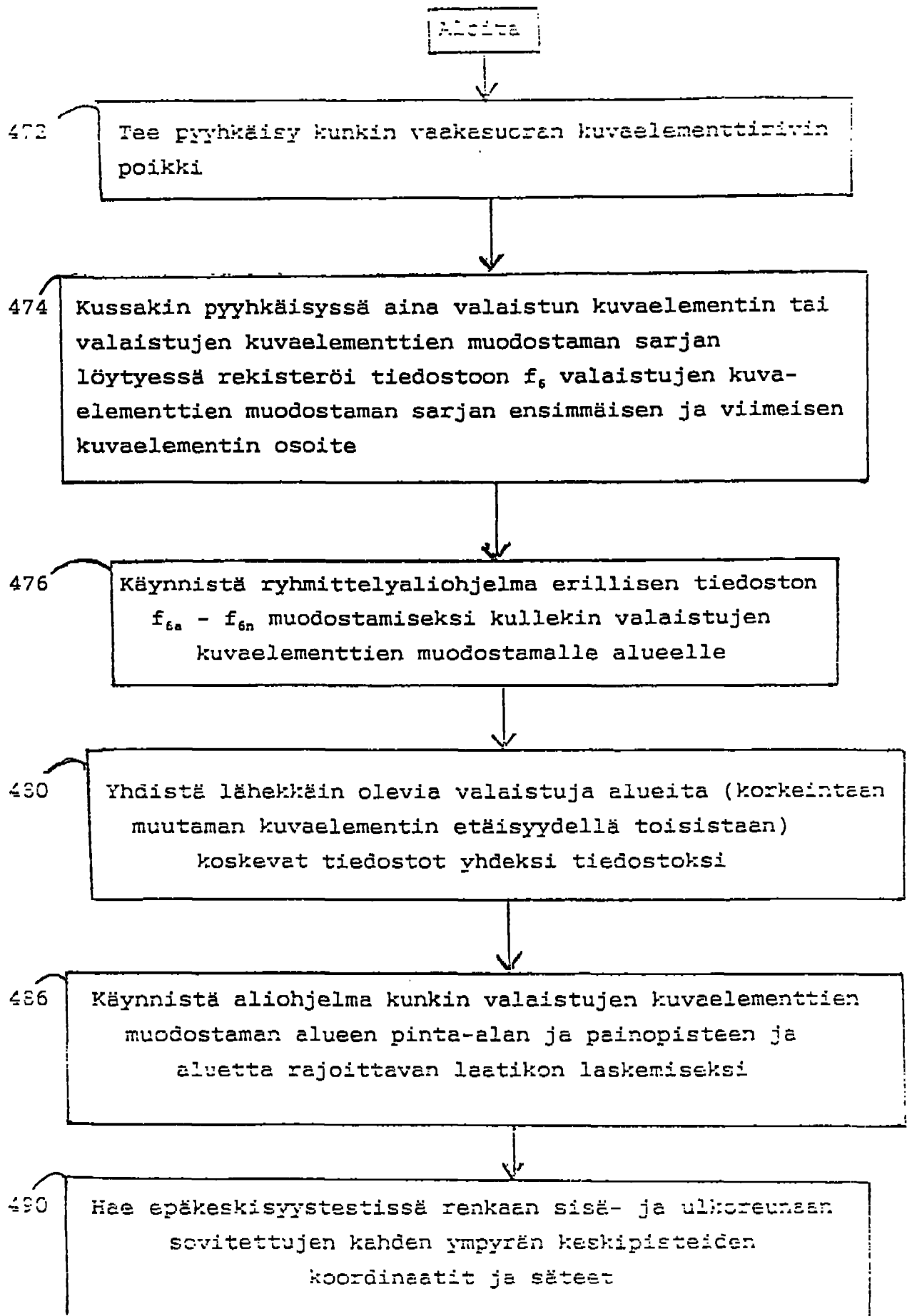
KUV. 40c



KUV. 40b

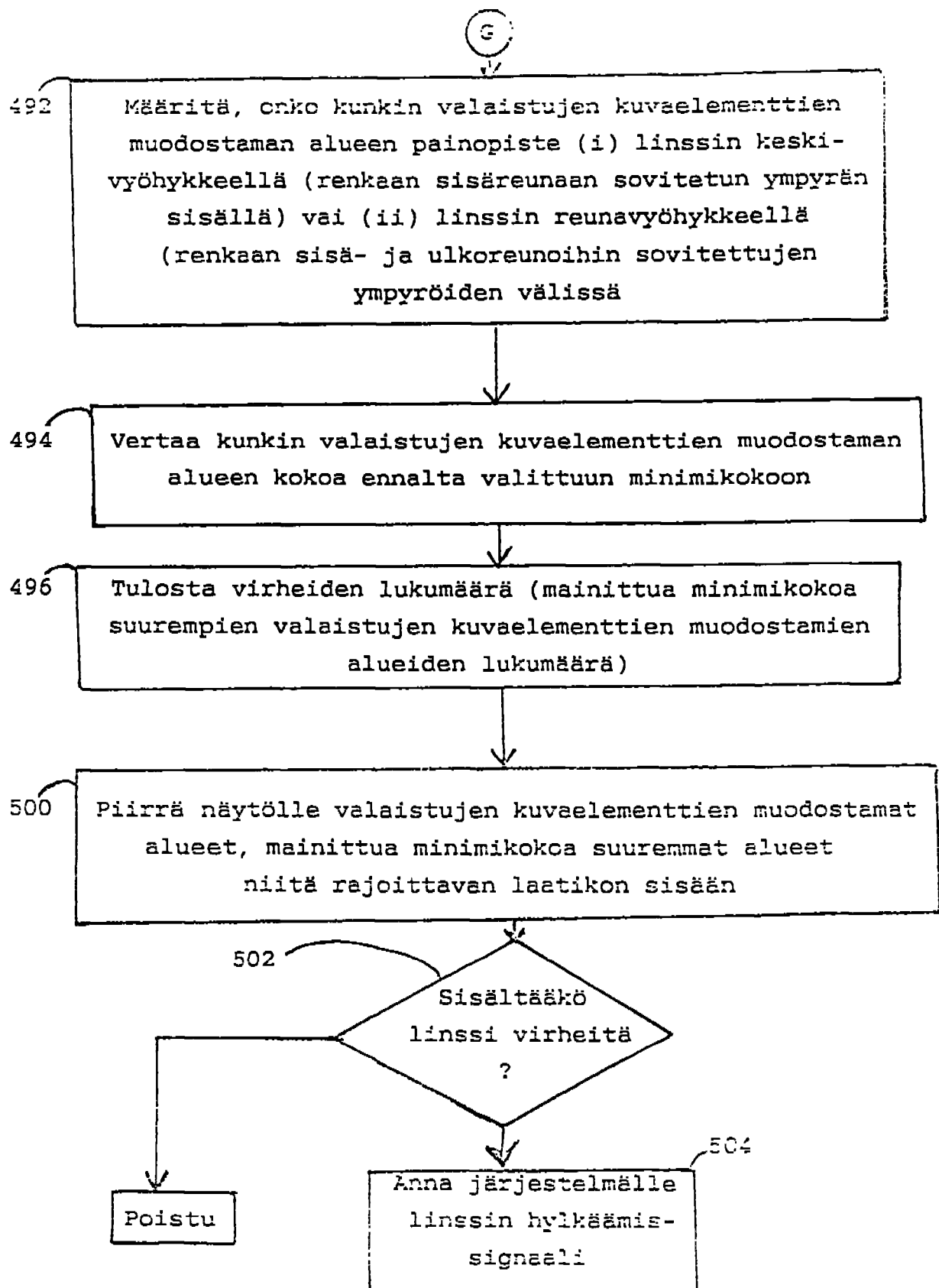


KUV. 40d



G

KUV. 41A



KUV. 41B



482



484



KUV. 42