

(19)



SUOMI - FINLAND
(FI)

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

(10) **FI 913537 A7**

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

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application **913537**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
**G02B 3/04
G02C 7/02**

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **23.07.1991**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **23.07.1991**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **25.01.1992**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

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

24.07.1990 US 557261

(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 • Roffman, Jeffrey H., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

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

Linssin muotoilumenetelmä ja tuloksena saatava epäpallomainen linssi

Förfarande för formning av en lins samt resulterande icke-sfärisk lins

Linssin muotoilumenetelmä

Tämä keksintö koskee menetelmää linssin muotoilemiseksi siten, että se tarjoaa optimaalisen linssi-silmäjärjestelmän, jossa on minimaalinen määrä kuva-aberratioita.

Tavallisen linssin pinnan kaarevuutta voidaan kuvata termeillä "kartiomaiset osat". Kartiomaisten osien ryhmä sisältää pallon, parabolin, ellipsin ja hyperbolin. Kaikkia kierroltaan symmetrisiä kartiomaaisia osia voidaan kuvata yksinkertaisen yhtälön avulla:

$$X = \frac{Y^2}{r + [r^2 - (k + 1)Y^2]^{1/2}}$$

jossa X on epäpallomaisen pinnan piste asennossa Y, r on keskisäde ja kappakerroin k on epäpallomaisuuskerroin.

Muut kartiomaiset vakiot eli epäpallomaisuuskertoimet sisältävät epäkeskisyyden e, joka on suhteessa kertoimeen k yhtälöllä $= -e^2$, ja rho-kertoimen p määriteltynä $(1 - e^2)$.

Epäpallomaisuuskertoimen arvo määrää kartiomaisten osien muodon. Pallolla $e = 0$ ja $k = 0$. Ellipsillä esiintyy epäkeskisyyttä asteikolla 0 - 1, ja kerroin k on arvojen 0 ja -1 välillä. Parabolia kuvaa yhtälö $e = 1$ ($k = -1$). Hyperbolilla e on suurempi kuin 1 ja k on pienempi kuin -1.

Tavallisesti useimpien linssien pinnat ovat pallomaisia tai lähes pallomaisia kaarevuudeltaan. Teoreettisesti, äärettömän ohuen linssin tapauksessa, pallomainen kaarevuus on ihanteellinen linssin läpi kulkevan valon tarkkaan kohdistamiseen. Kuitenkin todellisen linssin kaarevuudet ja paksuudet aiheuttavat tunnettuja optisia vääristymiä, mukaan lukien pallomaista vääristymää, koomaa, optista distorsiota, ja astigmaattisuutta; ts. linssin eri

alueiden läpi kulkeva tietystä pisteestä lähtevä valo ei tarkennu yhteen pisteeseen. Tämä aiheuttaa tietyn määrän epätarkkuutta. Edelleen, puhtaasti pallomaiset linssit ei sovi astigmaattisen näön korjaamiseen tai näkökankeuden voittamiseen.

Tästä syystä monia eri tyyppisiä linssejä on suunniteltu tarkoituksella minimoida palloaberratio, korjata okulaarista astigmaattisuutta, tai tarjota kaksipolttopisteinen vaikutus, joka mahdollistaa sen, että ei-mukautuva silmä näkee sekä lähellä että kaukana olevat esineet. Valitettavasti nykyiset muotoilut kärsivät vakavista puutteista, kuten epätarkkojen ja hämärien kuvien tuottamisesta tai kyvyttömyydestä tarjota terävä tarkennus kaikilla näköetäisyyksillä.

Epäpallomaisia linssejä, joissa on elliptisiä pintoja, on käytetty vähentämään optisia aberratioita. Tunnettuja esimerkkejä ovat parabolisten objektiivipeilien käyttö astronomisissa teleskoopeissa ja matalan epäkeskisyyden omaavien ellipsien käyttö kontaktilinssien aberratioiden korjaamiseksi.

Epäpallomaisen linssin suunnittelu erillään on tunnettua. On joukko kaupallisesti saatavissa olevia ohjelmistopakkauksia, jotka käyttävät edellä mainitun yhtälön variaatioita epäpallomaisen linssin muotoilun kehittämiseksi. Näistä esimerkkejä ovat: Super OSLO valmistajana Sinclair Optics, Inc., Code-V valmistajana Optical Research Associates ja GENII-PC valmistajana Genesee Optics, Inc.. Nämä optisen muotoilun ohjelmat ovat laajimmin käytettyjä saatavissa olevista pakkauksista. Huolimatta näiden kolmen menetelmän käyttämisestä eri lähtökohdista, kaikki pakkaukset ovat tuottaneet samanlaiset tulokset epäpallomaisen linssin suunnittelulaskelmissa. Käytettynä yksin kuvan korjaamiseen, huolellisesti suunnitellut elliptiset linssit todella tarjoavat paremman tarkennuksen. Kuitenkin, kun niitä käytetään järjestelmässä, joka sisältää

ihmisen silmän, elliptiset linssit eivät ole merkittävästi parempia kuin pallomaiset linssit. Tämä johtuu siitä, että silmä sisältää suuremman määrän aberratiota kuin elliptinen linssi kykenee korjaamaan osana koko korjaavaa linssi-

5

Ennen käytetyt menetelmät korjaavien linssien tuottamiseksi silmää varten ovat päätyneet linsseihin, jotka ovat ei-pallomaisia. Volkille myönnettyssä US-patentissa 4 170 193 kuvataan linssiä, joka korjaa riittämätöntä tarkennusta lisäämällä dioptrista voimaa kehän suuntaan. Koska tämä linssi ja muut aikaisemmat linssimallit eivät ole tarkasti pallomaisia, kyseessä ei ole puhdas epäpallo ja se sisältää korkeamman määrän deformaatiokertoimia. Tämä tuottaa pinnan, joka radikaalisti poikkeaa tässä ehdotetusta mallista. Litistytvä kaari, kuten hyperboli, vähentäisi hieman dioptrista voimaa kehän suuntaan. Aikaisemmat linssimallit, yrittäessään ratkaista erilaisia optisia ongelmia poikkeamalla tarkasti pallomaisesta linssimallista, eivät yritä päästä parempaan näkökykyyn vähentämällä sitä kuva-aberratiota, joka osuu silmän verkkokalvolle. Tärkeä syy yllä mainituin rajoituksin varustettujen linssimallien yleiseen käyttöön on koko linssisilmä-järjestelmän vaikutusten huomiotta jättäminen. Linssit on tavallisesti suunniteltu ikään kuin linssi olisi ainoa elementti, joka osaltaan aiheuttaa kuva-aberratioita, mutta silmässä on monia elementtejä, jotka vaikuttavat kuvan tarkentumiseen, sellaisia kuin sarveiskalvon pinnat ja silmän luonnollinen linssi. Vaikka elliptinen muoto oli hyödyllinen vähennettäessä linssin itsensä aberratioita, kun linssi asetetaan järjestelmään, joka sisältää kaikki ihmissilmän taittopinnat, tarvitaan ylimääräistä epäpallomaista korjausta.

30

Esillä oleva keksintö koskee tätä välttämätöntä korjausta, joka on löydetty tietystä hyperbolin tai parabolin muodoista, ja se tarjoaa linssin, joka tehokkaasti tarkentaa valon silmän verkkokalvolle, ja menetelmän sel-

35

laisen linssin valmistamiseen.

Keksinnölle on tunnusmerkillistä seuraavat menetelmävaiheet:

- a) sellaisen Fourier-muunnosfunktio mallin, joka generoi modulaatiosiirtotaajuuksia ihmisen silmälle sekä alustavan linssin muodostaminen, jossa linssissä on ainakin yksi kierroltaan symmetrinen, seuraavan yhtälön määrittelemä pinta:

$$X = \frac{Y^2}{r + [r^2 - (k + 1) Y^2]^{1/2}}$$

jossa X on epäpallomaisen pinnan piste asennossa Y, r on keskisäde ja k on yleisesti käytetty epäpallomaisuusvakio, jossa k:n arvo on pienempi tai yhtä paljon kuin -1,

(b) analyysin suorittaminen käyttäen mallia, joka on rakennettu niin, että se piirtää linssi-silmä-järjestelmän läpi kulkevat valonsäderadat,

(c) alustavan linssin epäpallomaisuusvakion k arvon variointi, jotta saavutetaan linssi-silmä-järjestelmä, jossa valonsäderatojen jälki on optimoitu kohdistumaan terävimmän minimoimalla mainittujen valonsäteiden aiheuttama täplä koko verkkokalvolla.

Esillä olevan keksinnön tarkoitus on tarjota menetelmä järjestelmälliseen lähestymiseen epäpallomaisen linssin suunnittelussa, jossa linssiä tarkastellaan ja se nähdään osana koko korjaavaa linssi-silmä-järjestelmää.

Esillä olevan keksinnön lisätarkoituksena on käyttää modulaatiosiirtofunktiota (modulaatioasteikkoa mustavalkoisesta harmaaseen) ja spatiaalitaajuutta (joka osoittaa sen asteen, johon kasvan spatiaalitaajuuden omaavia esineitä voidaan analysoida) etsittäessä parasta korjaavaa linssimallia huomioonottaen korjaava linssisilmä-järjestelmä.

Edelleen esillä olevan keksinnön tarkoituksena on

tarjota menetelmä, joka tuottaa linssin, joka optimoi kuvan tarkentumisen silmän verkkokalvolle ja joka minimoi kuva-aberraatiot ja epätarkkuuden.

5 Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on tarjota uusi epäpallomainen linssimalli, joka sopii käytettäväksi piilolasina, okulaarin sisäisenä linssinä, tai silmälasin linssinä.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on myös tarjota linssi käytettäväksi silmän pinnalla, sisällä tai sen läheisyydessä, jolloin linssin pinta kaareutuu hyperbolin muotoon.

Esillä olevan keksinnön lisätarkoituksena on tarjota linssi käytettäväksi silmän pinnalla, sisällä tai sen läheisyydessä, jolloin linssin pinta kaareutuu parabolin muotoon.

20 Tämän keksinnön muu tarkoitus on tarjota epäpallomainen linssi, joka sopii niiden käytettäväksi, jotka kärsivät näkökankeudesta, likinäköisyydestä, pitkänäköisyydestä, astigmaattisuudesta, tai muusta näkökyvyn puutteellisuudesta.

Kuvio 1 on edellä mainitun keksinnön mukaisen kontaktilinssin kuva edestä.

Kuvio 2 on poikkileikkauskuva, joka on otettu kuviossa 1 esitetystä linssistä linjalla 2-2.

25 Kuvio 3 on keksinnön mukaisen, okulaarin sisäisen linssin kuva edestä.

Kuvio 4 on poikkileikkauskuva, joka on otettu kuviossa 3 esitetystä linssistä linjalla 4-4.

30 Kuvio 5 vertaa graafisesti pistemäisestä valolähteestä verkkokalvolle heijastuvan kuvan kokoa pupillin halkaisijan toimintoina likinäköisen silmän/hyperbolisen kontaktilinssin järjestelmässä vastaavaan likinäköisen silmän/pallomaisen kontaktilinssin järjestelmässä ja emmetrooppiseen silmään, jossa kullakin linssillä on paras mahdollinen optinen kyky korjata silmän likinäköisyyttä.

Kuvio 6 näyttää parhaan tarkennusasennon suhteessa verkkokalvoon kuvion 5 kuville.

5 Kuvio 7 vertaa graafisesti saman keski- tai kärkisäteeseen omaavan pallomaisen pinnan ja epäpallomaisen pinnan kaarevuutta.

Kuvio 8 on tyypillisen modulaation siirtofunktion graafinen kaavio, joka näyttää silmän erotuskyvyn tavallisella oikaisulinssillä ja diffraktiorajoista johtuvan erotuskyvyn luontaisen rajan.

10 Kuvio 9A - F vertaavat modulaation siirtotaajuutta linssi-likinäkö-järjestelmän diffraktiorajaan.

Esillä oleva keksintö käyttää optista sädepiirrostekniikkaa silmän optiseen skemaattiseen tarkasteluun jotta saavutettaisiin tähän asti saavuttamattomissa ollut
15 suorituskkyky korjaavalta linssi-silmä-järjestelmästä. Silmämalli kehitettiin ihmisen silmän okulaarin fysiologiaan, fysiologiseen optiikkaan ja anatomiaan kohdistuneen laajan kirjallisen etsinnän jälkeen. Erityisesti mallin lähtökoh-
tana olivat Gullstrandin (1862 - 1930) Schematic Eyes.
20 Gullstrand loi nämä mallit hänen itsensä yhtä hyvin kuin muiden tutkijoiden kehittämän, silmän anatomiaa koskevan saatavilla olevan aineiston avulla. Gullstrandin silmät sisältävät keskiömäiset, pallomaiset pinnat, ja niitä käytettiin koko 1900-luvun arvioitaessa ensimmäistä luokkaa
25 (ts. paikkaa, ei aberration tasoa) silmän kuvan muodostuksessa. On saatu selville, että on olemassa yksilöllisiä vaihteluita Gullstrandin esittämistä keskiarvoista, ja lisäksi edistymisen metrologiassa mahdollisti yksityiskoh-
taisemman analyysin teon valon taitekertoimen hajaantumi-
30 sesta yhtä hyvin kuin eri elementtien epäpallomaisen kaarevuuden variaatioista. Käyttäen Gullstrandin Schematic-
kaaviota lähtökohtana, modernimman, silmän anatomiaa koskevan tiedon lisäksi, kehitettiin yhdistetty silmämalli.

35 Ensimmäisessä luokassa mallia voidaan tarkastella kolmen linssin yhdistelmä-järjestelmänä, linssien ollessa

korjaavat linssivälineet, sarveiskalvo ja silmän kristallinen linssi. Tämä voidaan edelleen jakaa kolmeentoista pintaan sädepiirrosanalyysin tekoa varten. Nämä pinnat ovat:

- 5 1) Objekti
- 2) Korjaavan linssin etupinta
- 3) Korjaavan linssin takapinta
- 4) Kyynelkerros
- 5) Sarveiskalvon epiteelinen kudokset
- 10 6) Sarveiskalvon endoteelinen vesikudokset
- 7) Silmäterä vesimäisellä pinnalla
- 8) Linssin etupinta
- 9) Linssin etumaisempi ydin
- 10) Linssin taaempi ydin
- 15 11) Linssin takapinta
- 12) Lasiainen
- 13) Verkkokalvo

Ei ole tavallista, että kuva osuu verkkokalvolle. Itse asiassa tämä on refraktiovirheen määritelmä. Käyttämällä sädepiirrostekniikkaa, varsinainen paikka suhteessa verkkokalvoon ja kuvan laatu voidaan määritellä.

Kuviot 1 ja 2 kuvaavat erästä suoritusmuotoa tämän keksinnön mukaisesta linssistä 1, joka sopii käytettäväksi kontaktilinssinä. Tässä linssissä on kierroltaan symmetrinen, hyperbolinen pinta 2 ja kovero, pallomainen pinta 3. Pallomaisessa pinnassa 3 on kaaren säde, joka mukautuu silmän ulkopinnalle niin, että linssi 1 voi mukavasti levätä silmän pinnalla. Piilolasin 1 koon pitäisi olla sopiva aiottuun tarkoitukseen, esim. noin 12 - 15 mm läpimitaltaan eikä enempää kuin noin 0,050 - 0,400 mm paksuudeltaan.

Kuviot 3 ja 4 kuvaavat tämän keksinnön mukaista okulaarin sisäistä linssiä 4. Tässä linssissä on kierroltaan symmetrinen hyperbolinen pinta 5 ja kupera pallomainen pinta 6. Okulaarin sisäisen linssin 4 pitäisi olla

noin 4 - 7 mm läpimitaltaan ja sen maksimaalinen paksuus noin 0,7 - 1,0 mm.

Tämän keksinnön linssit eivät rajoitu edellä mainittuihin fysikaalisiin ulottuvuuksiin; nämä ulottuvuudet
5 ovat vain karkeita suuntaviivoja. Minkä hyvänsä kokoinen linssi sopii tähän tarkoitukseen.

Tämän keksinnön mukaisessa linssissä voi olla kaksi symmetristä epäpallomaista pintaa mieluummin kuin yksi, mutta ainakin yhden pinnan täytyy olla symmetrinen epäpal-
10 lo kuten seuraavassa yhtälössä on määritelty:

$$X = \frac{Y^2}{r + [r^2 - (k + 1)Y^2]^{1/2}}$$

15 jossa X on epäpallomaisen pinnan piste kohdassa Y, r on keskisäde ja kappakerroin k on yleisesti käytetty epäpallomaisuusvakio, jossa k:n arvo on vähemmän tai yhtä paljon kuin -1. Edullisimmin kaari on hyperbolinen, ts. k on vähemmän kuin -1, vaikkakin parabolinen kaari (k = -1) on
20 myöskin keksinnön rajoissa. Epäpallomainen pinta voi olla kupera tai kovero; siellä, missä on kaksi epäpallomaista pintaa, kumpikin voi olla itsenäisesti kupera tai kovero.

Esillä olevan keksinnön linssi minimoi linssisilmäjärjestelmän optiset aberratiot. Tämä tuottaa paremman
25 tarkennuksen verkkokalvolle, kuten kuviossa 5 on kuvattu. Kuvio 5 on tehty tietokoneen sädepiirrosmenetelmillä, ja se osoittaa, että epätarkkuusalue verkkokalvolla on paljon pienempi likinäköisessä silmässä, joka on korjattu hyperbolisella etukaarella, kuin joko emmetrooppisessa (ts.
30 normaalissa) silmässä tai likinäköisessä silmässä, jotka on korjattu pallomaisella linssillä.

Lisäksi valo pyrkii kohdistumaan tarkemmin verkkokalvolle, kuten kuviossa 6 on näytetty. Kuvio 6 tehtiin tietokoneen sädepiirrostekniikalla samanaikaisesti kuvion
35 5 kanssa, ja se osoittaa, että tarkentuneen kuvan paikka

on lähinnä verkkokalvoa hyperbolisessa linssi/silmä-järjestelmässä.

Näiden etuisuuksien suorana seurauksena on, että esillä olevan keksinnön mukainen linssi voi tarjota hyväksyttävän näkökyvyn niille, jotka kärsivät astigmaattisuudesta tai näkökankeudesta. Tavallinen lähestymistapa korjattaessa astigmaattisuutta, on tarjota korjaava linssi, joka on säteittäisesti epäsymmetrinen säteittäisen epäsymmetrian vapaassa kompensaatiossa joko luonnollisessa silmän linssissä tai verkkokalvossa. Tämä lähestymistapa vaatii suuren linssimäärän tuotannon ja varaston tyydyttämään ei ainoastaan peruslääkemääräyksen vaan myös huolehtimaan silmän vapaan säteittäisen epäpallomaisuuden. Edelleen, linssillä täytyy olla keinot ylläpitää säteittäinen asen-
 10 tonsa suhteessa silmään kunnossa niin, että linssin säteittäinen vaihtelu sopii yhteen silmän säteittäisten vaatimusten kanssa. Tähän mennessä kehitetyt keinot eivät ole saaneet aikaan täydellistä tyytyväisyyttä.

Ei-mukautuvan luonnollisen silmän linssin kompensointi on perinteisesti hoidettu jaetulla linssillä, jossa kaksi tai useampi polttoväliä hoitavat kauko- ja lähinäön tai, kuten joissakin viimeaikaisissa malleissa, diffraktiivisella tai refraktiivisella linssillä, jossa kaksi tai useampi polttoväliä, jotka voivat tarjota riittävän lähi-
 20 tai kaukonäön. Tämän tyyppinen menetelmä jakaa kuitenkin saapuvan valon eri polttopisteisiin ja esittää kunkin polttopisteen verkkokalvon kaikissa pisteissä. Ilmeisesti tämä johtaa minkä hyvänsä yksityisen polttopisteen saata-
 25 vissa olevan valomäärän vähenemiseen ja kuvien kilpailuun verkkokalvolla.

Tämä epäpallomainen linssi ei tarjoa sisuaalista kompensointiastigmatismia tai näkökankeudesta kärsivälle graduoidulla voimalla tai moninkertaisilla polttoväleillä vaan parantaa korjaavaa linssi/silmä-järjestelmää
 35 siihen pisteeseen, jossa, huolimatta astigmaattisuuden ja

näkökankeuden aiheuttamista variaatioista, kokonaissuoritus on normaalin yksilön näön terävyyden rajoissa tai lähellä sitä. Tämä tapahtuu, koska edellä mainitun pisteen koko verkkokalvolle osuvasta kustakin kohdasta pienenee
 5 alle tuon mahdollisen ainoastaan paljaassa emmetrooppisessa silmässä, joka sisältää luonnollisen pallomaisen linsin. Epäpallomaisen korjaavan linssi/silmä-järjestelmän optisen paremmuuden johdosta, astigmaattisuuden tai näkökankeuden verkkokalvon pisteeseen aiheuttaman epätarkkuuden poistaa epäpallomainen parannus, ja se on näin ollen
 10 vähemmän kuin normaalisilmästä löydetty epätarkkuus - (tai sen rajoissa).

Sopivalla määrittelyllä itse asiassa mikä hyvänsä tarkennuksen vajoaus voidaan korjata tämän linssin avulla.
 15 Esillä olevan keksinnön mukaisen linssin tyypillinen optinen voima on ääriarvojen noin +20,00 ja noin -20,00 välillä.

Kuvio 7 kuvaa edellä määritellyn yhtälön mukaisen epäpallomaisen kaaren 10 ja pallomaisen kaaren 11 välistä eroa, kun molemmilla kaarilla on sama reunasäde, r . Anne-
 20 tulle etäisyydelle silmän korkeimmasta kohdasta 12, x_a tai x_b , on olemassa piste Y_a epäpallomaisella kaarella 10 ja piste Y_b pallomaisella kaarella 11. Mitä kauempana X_a tai X_b on huipusta 12, sitä suurempi on ero $Y_b - Y_a$.

25 Linssi, jossa on edellä mainitut ominaisuudet, on suunniteltu menetelmällä, jossa sädepiirrostekniikkaa käytetään laskettaessa valon säteiden kulkua oikaisevan linssi/silmä-järjestelmän läpi, käyttäen silmän monimutkaista, matemaattista mallia ja oikaisevaa linssiä. Paksuus, kaarevuus, linssin materiaalista riippuvainen, refraktiivinen indeksi vaihtelevat matemaattisesti ja sädepiirrostelasken-
 30 nat suoritetaan kustakin vaihtelusta, jotta löydetäisiin paras mahdollinen linssi tietylle silmälle. Optimaalinen linssi on sellainen, joka johtaa terävään tarkennukseen
 35 mahdollisimman vähäisin kuva-aberraatioin. On havaittu,

että useimmissa tapauksissa optimaalisen linssin kappa-kerroin on lukujen noin -1 ja noin -2 välillä.

5 Kuva-analyysi tarkoittaa optisen järjestelmän läpi kulkevan suuren sädemäärän kartoittamista piirtämällä. Sä-
teen piirtämisen perusyhtälö, toisin sanoen säteen kaaren
ja sen paikan määrittäminen, yhdestä optisesta väliaineesta
toiseen, aineiden välisen jakopinnan kautta, tapahtuu
klassisen ja perustavaa laatua olevan Snellin lain yhtälön
avulla: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$. Kolmentoista pinnan järjestelmäs-
10 sä tämä voi olla hyvin aikaa vievää jopa yhden ainoan sä-
teen osalta. Multippeli sädeanalyysi, joka käyttää useita
satoja säteitä, suorittaa huomattavan määrän työvaiheita
jopa yhden ainoan yksinkertaisen linssin osan tähden.

Kuvia voidaan analysoida useilla eri tavoilla.
15 Klassiset Seidel-aberratiot, tai kuvan laadun heikkene-
minen, voidaan laskea piirtämällä vain muutama säde. Laa-
jalti hyväksytty kuvan laadun määrittämismenetelmä on MTF
eli Modulation Transfer Function. Sitä voidaan pitää ai-
kaisempien rajoittavien ratkaisumenetelmien laajennuksena.

20 Kuvioon 8 viitaten, MTF tarjoaa modulaation, tai
kontrastin, erottelukyky (mitattuna nollasta yhteen) vas-
taan spatiaalitaajuus tai esineen hieno, yksityiskohtainen
koko. Kuviossa 8 näytetty tyypillinen Modulation Transfer
Function -menetelmän mukainen graafinen kuvio kuvaa lins-
25 sisarjasta koostuvan optisen järjestelmän, esimerkiksi ih-
misen silmä korjaavan linssin kera, korjausvoimaa, joka on
teoreettisesti saavutettavissa.

X-akselin alapuolella olevat esinepalkit esittävät,
nollasta rajataajuuteen, palkkeja, joilla spatiaalitaajuus
30 kasvaa. Y-akselin asteikolla 0 - 1 tapahtuu palkkien erot-
telukyvyn mittaaminen optisella menetelmällä ja joka on teo-
reettisesti mahdollinen diffraktiorajalla. Y:n arvolla
yksi palkit erottaa selvästi mustiksi ja valkoisiksi ku-
viksi. Kun Y:n arvo pienenee, kuvien valkoisen värin "har-
35 maantuminen" mustaksi lisääntyy. Y:n arvolla nolla palk-

keja ei voi ollenkaan erottaa.

Modulaatio voidaan määritellä laskemalla mustien ja valkoisten palkkien harmaantuminen kullakin spatiaalitaajuudella maksimi- ja minimi-tasolle. MTF-modulaatio tarkoittaa (maksimi-minimi)/(maksimi-minimi) erottelua. MTF rajoittuu arvossa tietylle tasolle, jota kutsutaan "diffraktiorajaksi" ("the diffraction limit"), joka olisi se tasomodulaatiokonstrastista, joka olisi saavutettavissa täydellisellä optisella järjestelmällä.

Minkä hyvänsä tyyppisen optisen instrumentin erotuskyky määritellään sen terävyyden mittaamisena, jolla hyvin lähellä yhdessä olevia pieniä kuvia voidaan erottaa toisistaan ja on suoraan verrannollinen objektiivin aukon läpimittaan ja kääntäen verrannollinen valon aallonpituuteen. Häiriökuvio, joka johtuu säteistä, jotka kulkevat aukon eri osien läpi tai tulevat himmeään esineen ympäriltä eri kohdista ja jotka sitten yhdistyvät yhdessä pisteessä, ilmoittaa diffraktion esiintymisen. Diffraktio- ja interferenssivaikutukset ovat tyyppillisiä kaikelle aaltoilmiölle. Diffraktio rajoittaa täten kaikkien optisten instrumenttien erottelukykä.

Kun musta-valkoiset palkit ovat jyrkeviä ja hajallaan, linssillä ei ole vaikeuksia niiden tarkassa jäljentämisessä. Mutta kun palkit lähenevät toisiaan, diffraktio ja linssin aberratiot saavat valon hajaantumaan kirkkaimista palkeista niiden välillä oleviin tummiin väleihin, sillä seurauksella, että vaaleat palkit himmenevät ja tummat välit kirkastuvat kunnes lopulta vaaleaa ei erota tummasta ja erotuskyky on menetetty.

MTF lasketaan piirtämällä suuri määrä järjestelmän läpi kulkevia säteitä ja arvioimalla näiden säteiden jakaantumistiheys tietyssä kuvan asennossa. Tässä kuvan asennossa olevat säteet sijoitetaan kuvan "täplään". Mitä pienempi täplän koko on, sitä parempi kuva. Menetelmä, jonka mukaan täplädiagrammi muutetaan MTF:ksi, on seuraa-

va: pistemäisen objektin kuvaa kutsutaan pisteen hajaantumisfunktioksi, koska kuvaan syntyy hieman epätarkkuutta sen lukiessa järjestelmän läpi. Kuva on täten hajaantunut. Soveltamalla Fourierin transformaatiofunktioita pisteen tai
 5 täplän hajaantumisfunktioon, MTF:n graafinen kaavio saadaan aikaiseksi. MTF:n taaajuus kulkee nolasta ("DC" sähkötekniikan termillä ilmaistuna) maksimiin eli rajataajuuteen, jonka takana objektia ei voi erottaa kuvassa.

Optisia järjestelmiä voidaan optimoida vaihtelemalla yhden tai useamman pinnan paksuutta, kaarevuutta, pinnan epäpallomaisuutta, materiaalia jne. Tunnettuja numeerisia menetelmiä käyttävät tietokoneet mahdollistavat nopean tulosten evaluoinnin varioimalla näitä parametreja, käsitteitä tai aberratiota, täplän kokoa tai MTF-menetelmää.
 10 Tämä suunnittelumenetelmä vaatii säteiden tiheyden analyysin kuvan asennossa. Tämä analyysi tehdään käyttämällä Fourierin transformaatiofunktioita jotta saadaan modulaation siirtotaajuuDET. Tietokonetta käytetään välttämättömän suurten laskelmamäärien suorittamiseksi kohtuullisessa ajassa. Esimerkki sellaisten laskelmien tuloksista
 20 esitetään kuvioissa 9A - 9F. Nämä kuviot vertailevat modulaation siirtotaajuutta diffraktiorajaan likinäköisen silmän-linssin-järjestelmässä, jossa kukin kuvio osoittaa tulokset erilaisille linssin kaarevuuksille. Nämä tulokset
 25 osoittavat, että parhaissa insseissä on hyperbolinen pinta, jossa k on arvojen -1 ja -2 välillä.

Silmän/korjaavan linssin mallissa muutokset rajoittuvat korjaavaan linssiin.

Käytettäessä piilolinssinä esillä oleva keksintö
 30 mielellään käsittää kuperan, epäpallomaisen etupinnan ja koveron, pallomaisen takapinnan, joka mukautuu silmän kaarevuuteen sopivasti.

Okulaarin sisäisessä linssimallissa linssissä on mielellään yksi kupera epäpallomainen pinta. Vastakkainen
 35 pinta on mielellään yhdessä tasossa oleva, koveron pallo-

mainen, kuperan epäpallomainen, koveron epäpallomainen tai kuperan pallomainen. Kuitenkin muutkin suoritusmuodot ovat mahdollisia.

5 Käytettäessä linssiä silmälaseissa linssi voi käsittää etu- ja takapinnat, jotka ovat itsenäisesti koverot tai kuperat, ja jompi kumpi tai molemmat näistä pinnoista voivat olla epäpallomaiset. Tyypillinen etupinta on kupera ja takapinta kovero.

10 Toinen käytetty lähestymistapa korjattaessa näön fokaaliongelmia on kirurginen toimenpide, jossa silmä leikataan mekaanisesti tai muotoillaan uudelleen laserin avulla. Erityisesti lasermenetelmä (excimerlaser sculpting methodology) sopii tämän keksinnön toteuttamiseen käytännössä. Tässä tapauksessa tarkoituksen mukainen, hyperbolinen sarveiskalvon muoto optimaalista näköä varten määriteltäisiin käyttäen tämän keksinnön menetelmää, ja siten tuotettu muoto tällä tunnetulla tekniikalla. Tulos ei vaatisi mitään ylimääräistä korjaavaa linssiä (ei edes useimmat astigmatit tai likinäköiset) ja se tuottaisi näön terävyyden paremmin kuin luonnollisesti "täydellinen" pallomainen linssi.

20 Vaikka esillä olevan keksinnön edut voidaan saavuttaa yhden ainoan epäpallomaisen pinnan käsittävällä järjestelmällä, tämä keksintö sisältää myös useiden epäpallomaisien pintojen käytön, joko yhdessä ainoassa linssissä tai linssien kombinaatiossa.

30 Tämän keksinnön mukainen linssi voidaan muodostaa mistä hyvänsä, sopivasta, korkealuokkaisesta optisesta materiaalista, kuten optisesta lasista tai muovista, mutta mielellään linssi tehdään optisesta, laadukkaasta, läpinäkyvästä muotoillusta muovista. Sopivia materiaaleja ovat myös polymeerit (sisältäen fluoropolymeerit), hartsimaiset materiaalit, kiinteät tai puolikiinteät hyytelömäiset materiaalit, lujat, kaasua läpäisevät materiaalit ja vastaavat. Tämän keksinnön mukaan rakennettu piilolinssi valmis-

tetaan mieluimmin hydrofiilisesta polymeerista, joka on saatu monomeeriin pohjautuvasta metakryylistä. Tämän keksinnön mukainen linssi voidaan yhdistää silmälaseihin, mutta ensisijaiset suoritusmuodot ovat piilolasit ja okulaarin sisäiset linssit.

Asiantuntijat löytävät tästä keksinnöstä monia suoritusmuotoja ja variaatioita. Esillä oleva keksintö ei rajoitu selitettyihin ja kuvailtuihin suoritusmuotoihin, vaan käsittää jokaisen tässä liitteessä olevien patenttivaatimusten suojapiiriin kuuluvan suoritusmuodon, joka on yhdenmukainen edellä esitetyn selvityksen ja siihen liittyvien kuvien kanssa.

Patenttivaatimukset:

1. Valmistusmenetelmä linssille, joka kohdistaa valon silmän verkkokalvolle, t u n n e t t u seuraavista menetelmävaiheista:

a) sellaisen Fourier-muunnosfunktioimallin, joka generoi modulaatiosiirtotaajuuksia ihmisen silmälle sekä alustavan linssin muodostaminen, jossa linssissä on ainakin yksi kierroltaan symmetrinen, seuraavan yhtälön määrittelemä pinta:

$$X = \frac{Y^2}{r + [r^2 - (k + 1)Y^2]^{1/2}}$$

jossa X on epäpallomaisen pinnan piste asennossa Y, r on keskisäde ja k on yleisesti käytetty epäpallomaisuusvakio, jossa k:n arvo on pienempi tai yhtä paljon kuin -1,

(b) analyysin suorittaminen käyttäen mallia, joka on rakennettu niin, että se piirtää linssi-silmä-järjestelmän läpi kulkevat valonsäderadat,

(c) alustavan linssin epäpallomaisuusvakion k arvon variointi, jotta saavutetaan linssi-silmä-järjestelmä, jossa valonsäderatojen jälki on optimoitu kohdistumaan terävimmän minimoimalla mainittujen valonsäteiden aiheuttama täplä koko verkkokalvolla.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että näin rakennettu linssi on piilolinssi.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että k:n arvo vaihtelee arvojen noin -1 ja noin 312 välillä optimoitaessa korjaavan linssi-silmä-järjestelmän suorituskykyä.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että modulaation siirtotaajuutta verrataan diffraktiorajaan optimoitaessa korjaavaa linssi-sil-

mä-järjestelmää.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n-
n e t t u siitä, että korjaavan linssi-silmä-järjestelmän
silmä on oikeataittoinen, ja optimointiprosessi tuottaa
5 näkökyvyn, joka ylittää normaalin silmän näkökyvyn.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n-
n e t t u siitä, että korjaava linssi-silmä-järjestelmä
optimoidaan asettamalla tarkennettu kuva lähinnä verkko-
kalvoa.

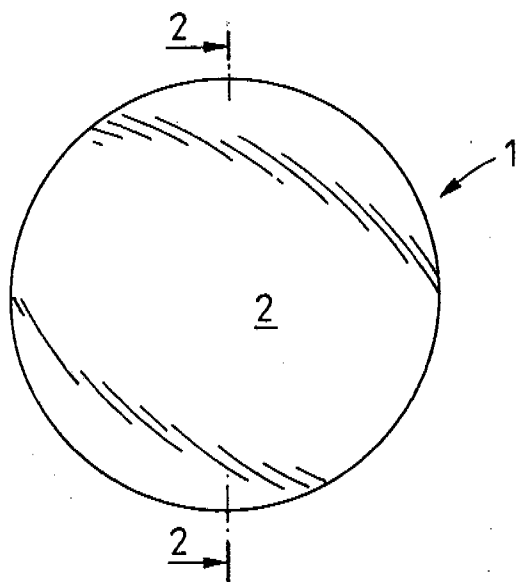


FIG. 1

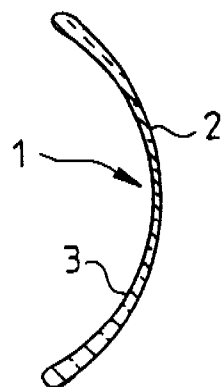


FIG. 2

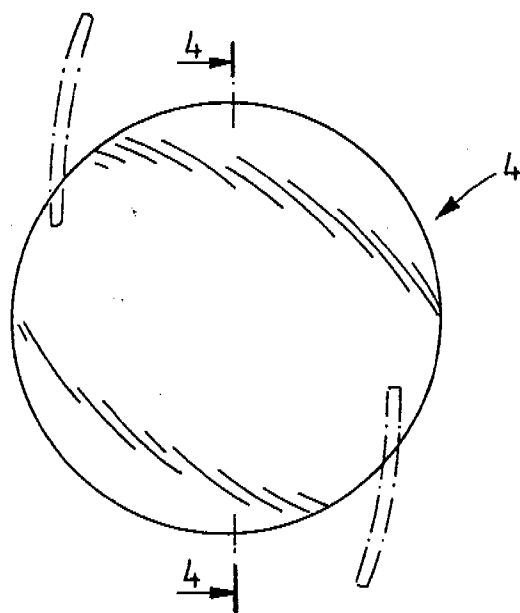


FIG. 3

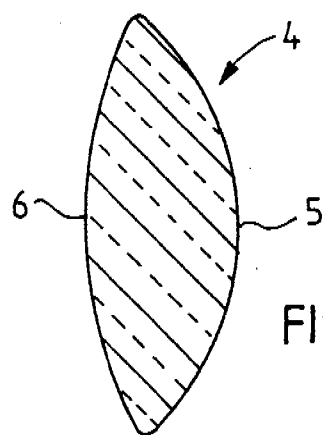


FIG. 4

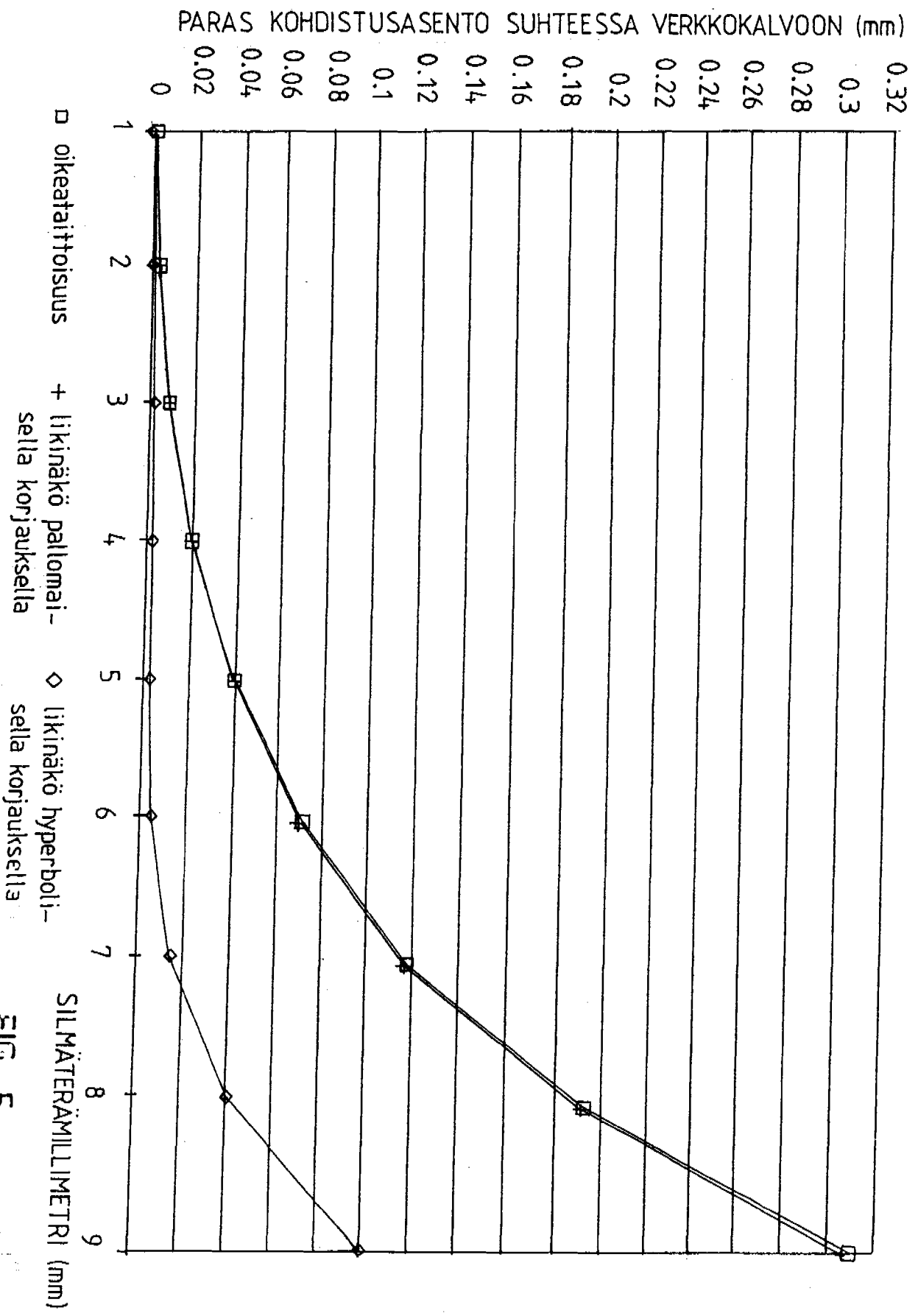


FIG. 5

PARAS KOHDISTUSASENTO SUHTEESSA VERKKOKALVOON (mm)

0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1
-1.1
-1.2
-1.3
-1.4
-1.5
-1.6
-1.7
-1.8
-1.9
-2
-2.1

□ oikeataitoisuus

+ likinäkö pallomai-
sella korjauksella

◇ likinäkö hyperboli-
sella korjauksella

SILMÄTERÄMILLIMETRI (mm)

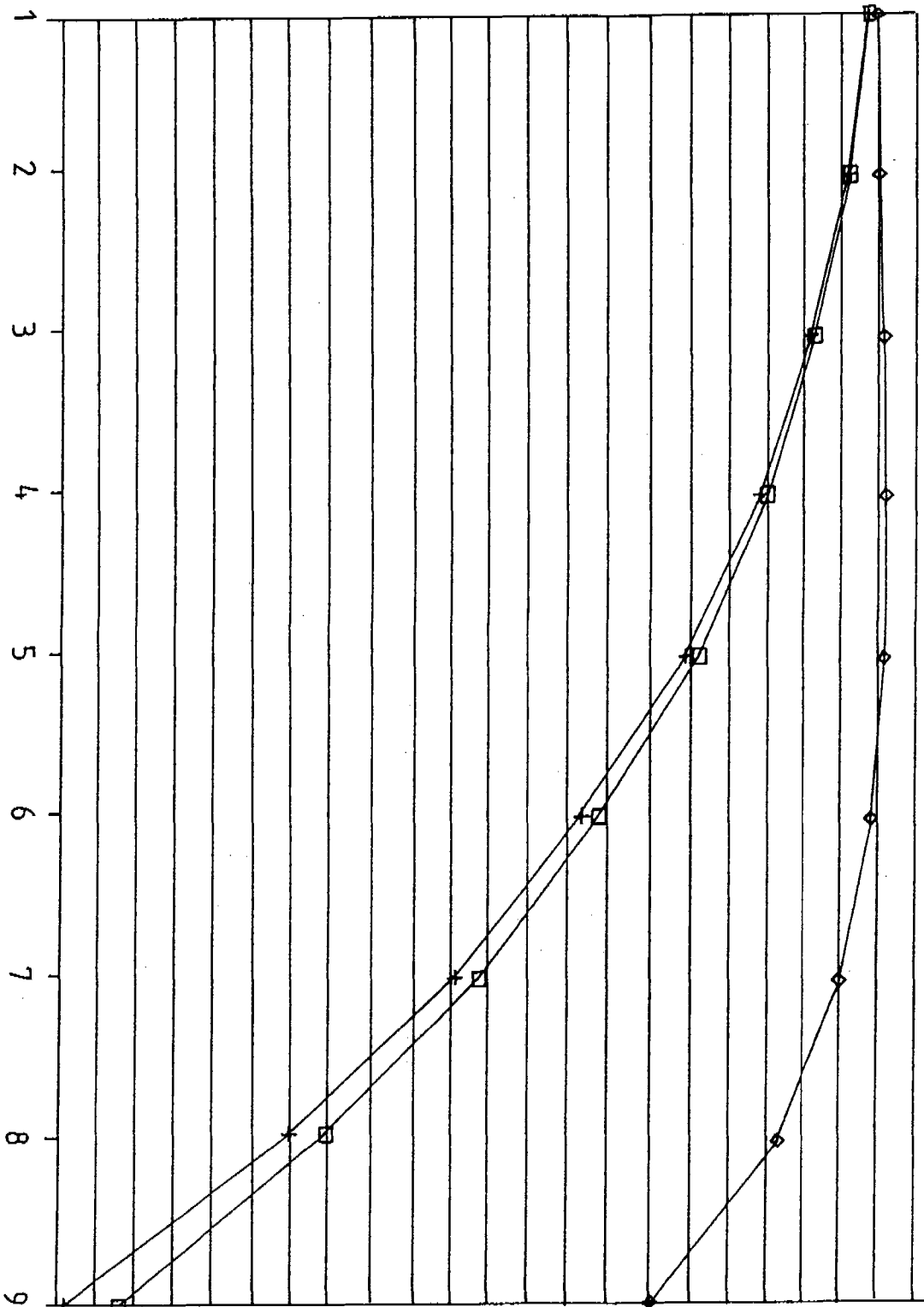


FIG. 6

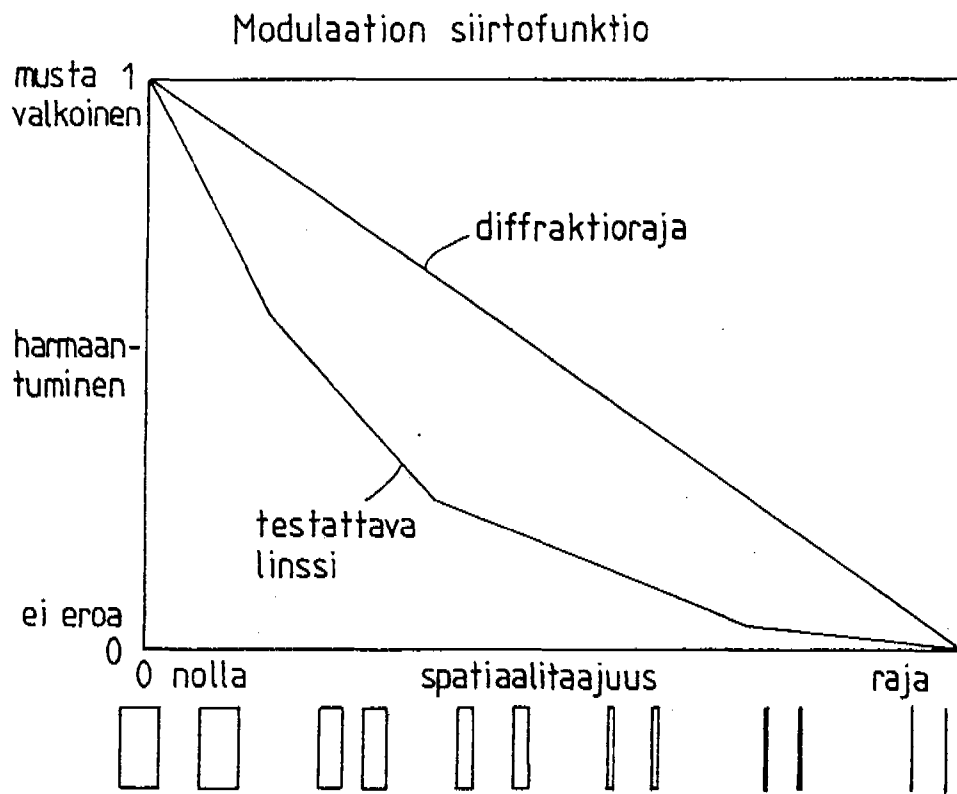


FIG. 8

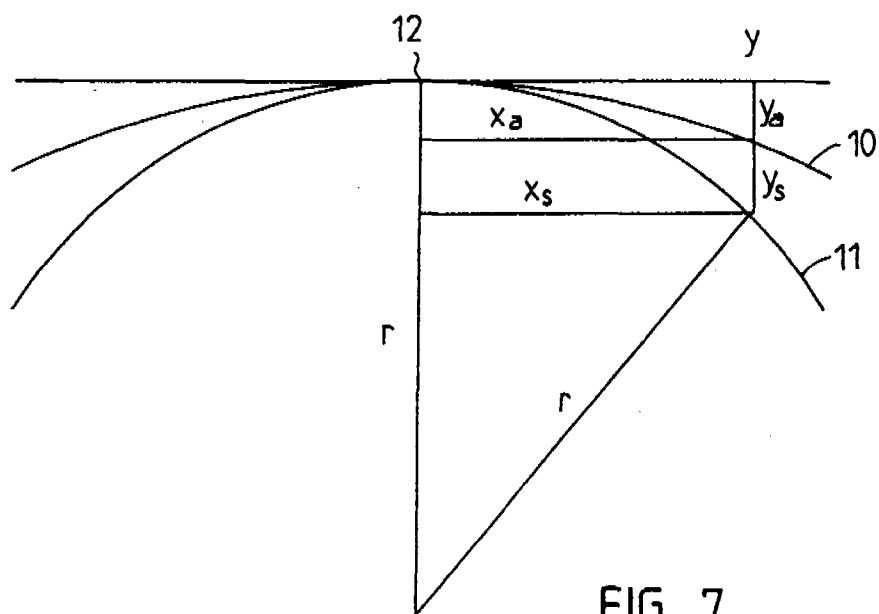
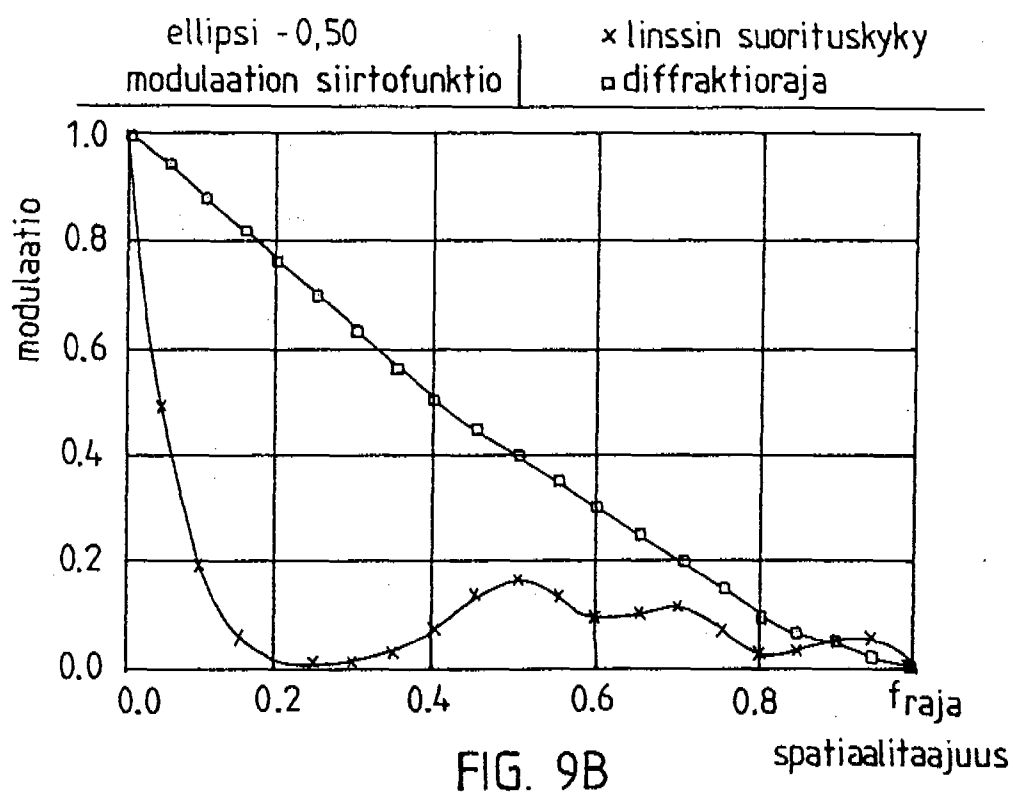
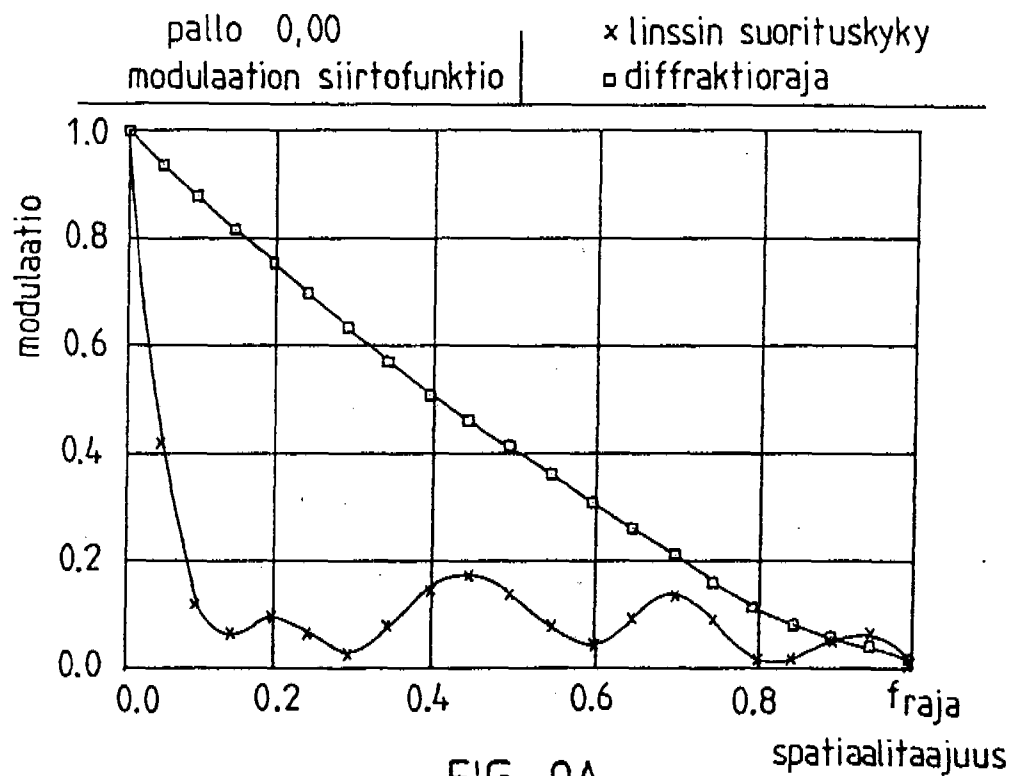
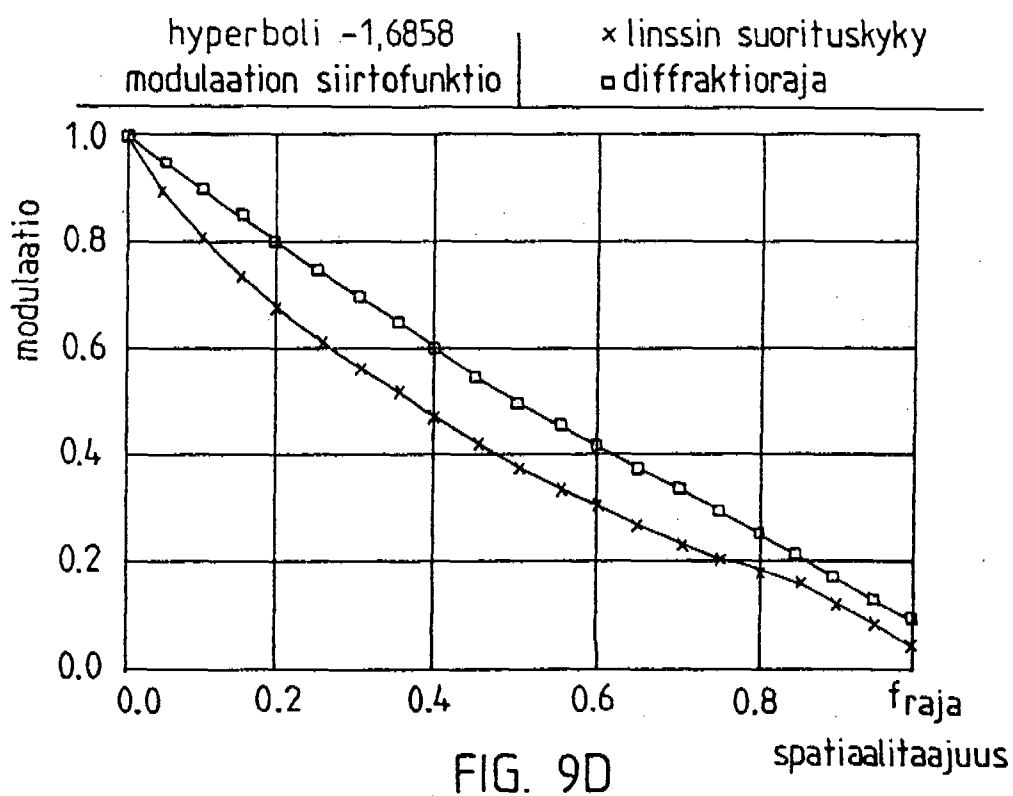
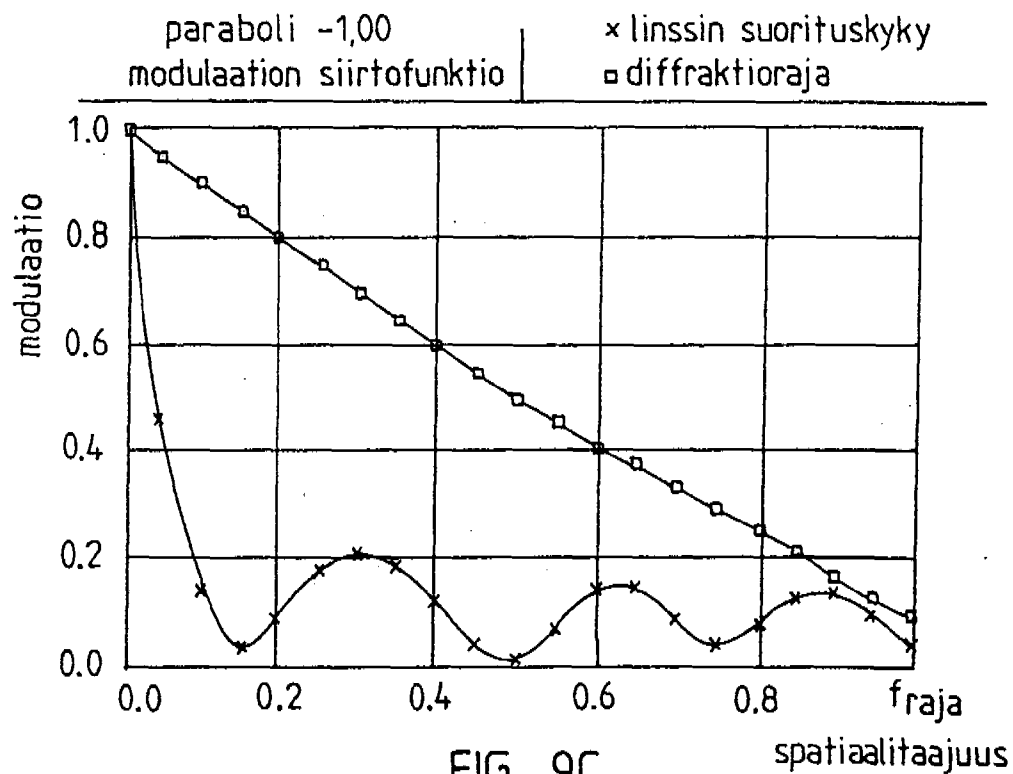


FIG. 7





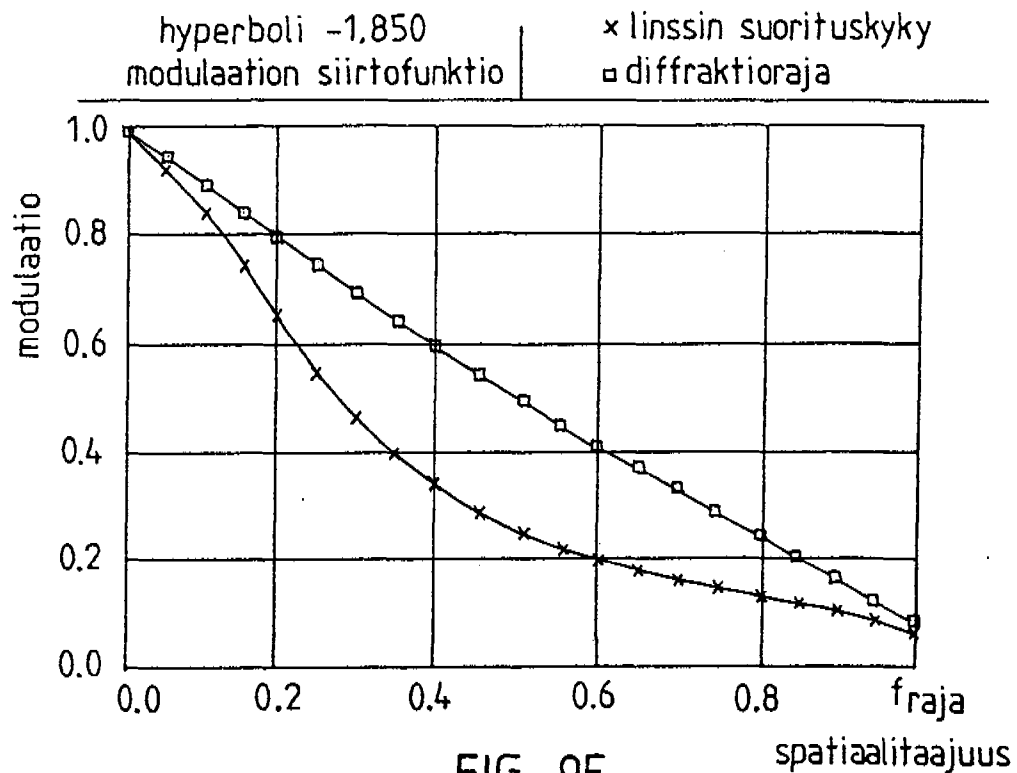


FIG. 9E

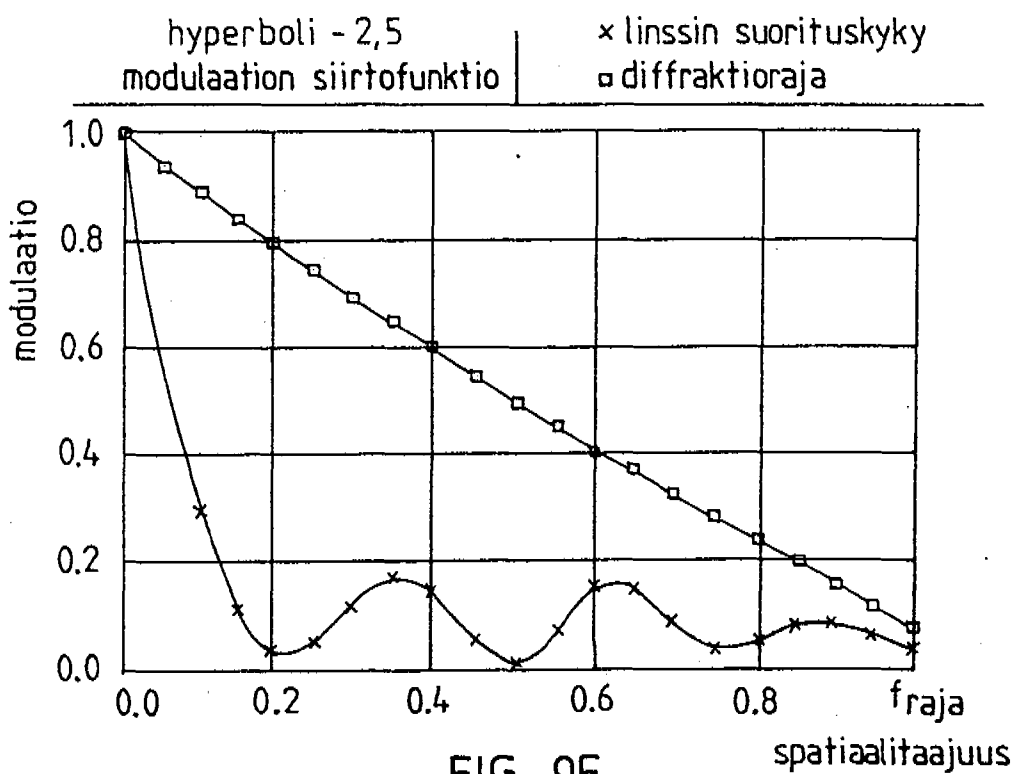


FIG. 9F

Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökningar

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer,
utläggnings- och patentskrifter:

FI

CH

DE

H 2817810 (G02C 7/04)

DK

FR

H 2615 965 (G02C 7/04)

GB

H 2183 246 (G02C 7/04)

NO

SE

US

Merkitse hakemusjulkaisuun (esim. saksal. Offenlegungsschrift) numeron
eteen H ja vastaavasti kuulutus- ja patenttijulkaisuun numeron eteen K ja P.

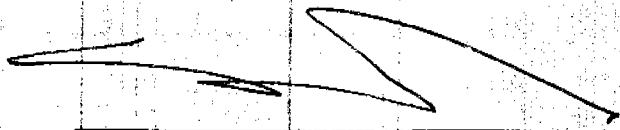
RF

H 362004 (G02C 7/02)

WO

H 89/04643 (A61F 2/16)

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:



Allekirjoitus