(19)



SUOMI - FINLAND
(FI)

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

(10) **FI 900846 A7**

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

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 900846

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification
G02C 7/06

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **20.02.1990**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **20.02.1990**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **22.08.1990**

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

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

21.02.1989 US 313689 P

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • **Sola International Inc.,** 2420 Sand Hill Road, Suite 200, Menlo Park, CA 94025, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • **Winthrop, John T.,** Wellesley, MA 02181, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

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

Silmälasilinssi voimakkuuden portaattomalla lisäyksellä

Tämä keksintö liittyy silmälasilinsseihin, ja tarkemmin portaattomiin linsseihin ikänäön korjausta varten. Tämän hakemuksen kohteena ovat portaattomat linssit ammattityötä ja dynaamista toimintaa varten, hakijan aikaisemman hakemuksen yleislinssiä täydentämään, sekä yleiskäyttöisten ammattityötä ja dynaamista toimintaa varten tarkoitettujen linssien järjestelmä.

Ikänäköä, eli iän mukana esiintyvä silmän mukautumisen menetys, käsitellään klassisesti silmälasein, jotka on varustettu kaksi- tai kolmiteholinssein. Vaihtoehtoisesti voidaan määrätä kaksi paria yksiteholaseja, toiset lähikatselua ja toiset (mikäli tarpeen) kaukokatselua varten. Viime vuosina on portaattomista silmälasilinsseistä tullut kasvavan suosion saanut kolmas lähestymistapa ikänäön hallitsemiseksi. Sellaiset linssit tarjoavat kaksi erityistä etua kaksi- ja kolmitehoisiin nähden: niillä aikaansaadaan mukautumistehon jatkuva alue, eikä niissä ole mitään näkyviä jakoviivoja.

Portaattomilla linsseillä on kuitenkin myös tunnettuja haittoja. Erityisesti on välivoimakkuuden alueella poikkeuksetta ei-toivottua sivusuuntaista astigmatismia ja fokusointivirhettä. Lisäksi sellaiseilla linsseillä tavallisesti esiintyy vinovääristymää (ortoskopian häviämistä), samoin kuin ei-toivottua voimakkuutta ja prismaattista epätasapainoa kahden silmän katselussa. Nämä poikkeamat ovat luontaisia (ts. periaatteessa väistämättömiä), ja niiden vaikutuksen vähentämiseksi tai minimoimiseksi on uhrattu paljon vaivaa.

Portaattomilla linsseillä on toinen puute, joka mainitaan harvoin (jos koskaan). Useimmat portaattomat linssit,

niiden portaattomasti muuttuvasta voimakkuudesta huolimatta, on suunniteltu vakiomallisten kolmitehoisten mukaisesti. Toisin sanoen portaattoman pinnan kauko-osa on pallomainen ja täyttää linssin ylemmän puolen, aivan kuten yhtenäistyyppisen (Executive) kolmitehoisen kauko-osa; lukualue on myös pallomainen ja täyttää segmentin muotoisen alueen, joka on noin 15 mm etäisyydellä kaukokatselualueelta. Näitä pallomaisia kauko- ja lähikatselualueita yhdistää portaaton käytävä (jonka keskiviiva on tavallisesti napamainen), ja linssin luontaiset poikkeamat tiivistetään niihin alueisiin, jotka sijaitsevat jatkuvan käytävän ja lukualueen sivuilla. Nämä poikkeamat ovat epämiellyttävän voimakkaita (koska alue, johon ne on kohdistettu, on pieni), ja sen lisäksi kauko- ja välialueen väliseen siirtymään sekä väli- ja lukualueen väliseen siirtymään liittyy kaikkien optisten ominaisuuksien suhteellisen voimakkaat muutokset: keskivoimakkuus, astigmatismi ja prismaattisuus. Tyypillisten portaattomien linssien tarjoama näkökenttä ei siten ole millään lailla tasainen ja jatkuva; se on ennemminkin jaettu vuorottelevasti kirkkaisiin ja sameisiin alueisiin. Eräät potilaat eivät mahdollisesti hyväksy linssejä, joilla on tällaiset epäjatkuvat optiset ominaisuudet.

Tiivistettynä voidaan seuraavat kohdat mainita portaattoman linssin pääasiallisina suunnittelutavoitteina:

1. Optisesti pysyvät ja ilman poikkeamia olevat kauko- ja lähikatselualueet;
2. Portaaton käytävä, jolla on käyttökelpoinen leveys ja sopiva pituus;
3. Minimoitu pinta-astigmatismi;
4. Minimoitu sivusuuntainen voimakkuusvirhe;
5. Minimoitu vinovääristymä;
6. Minimoitu voimakkuuden ja astigmatismin epätasapaino kahdella silmällä katsottaessa;
7. Minimoitu pystysuuntainen prismaattinen epätasapaino kahdella silmällä katsottaessa;

8. Katselualueen jatkuvuus, ts. tasainen ja jatkuva optinen voimakkuus.

Ikävä kyllä kaikkia suunnittelutavoitteita ei voida täyttää samanaikaisesti, ja kompromissit ovat suunnittelussa väistämättömiä. Monet kompromissien muodot ovat mahdollisia, joista jokainen johtaa uuteen muotoon sille ominaisine piirteineen.

US-patentissa 4,056,311 kuvattu portaaton linssi (Winthrop, siirretty American Optical:ille, 1977) on pallomainen kauko-osa, joka täyttää linssin koko ylemmän puolen, ja suuri pallomainen lukualue. Vastaavasti astigmatismi lähialueella on erittäin tiivistetty ja suuruusluokkaa, jota ei voi jättää huomiotta. Lähialueen pallomaisilla alueilla on otettu huomioon ortoskopian korjaus, mutta tämä piirre johtaa ei-toivottuun poikkeaman tihentymiseen korjatun ja korjaamattoman alueen rajalla. Tämän mallin rakenne on samantapainen kuin kolmitehoisella, ja vastaavasti mallista puuttuu näköalueen jatkuvuus.

US-patentissa 4,307.945 esitetty malli (Kitchen ja Rupp, siirretty Itekille, 1981) käsittää myös pallomaisen, linssin ylemmän osassa olevan kauko-osan, suuren pallomaisen lukuosan, ja ortoskopian korjauksen välialueen pallomaisissa osissa. Portaattoman käytävän lähellä oleva astigmatismi pienennetään normaalisti odotettujen arvojen alapuolelle sallimalla astigmatismin esiintymistä käytävän keskiviivalla; käytävän molemmilla sivuilla jäljellä oleva astigmatismi ei kuitenkaan ole vähäinen. Poikkeamat ovat tiivistyneet erittäin voimakkaasti niiden alueiden välisille rajoille, joita ei ole korjattu ortoskopian suhteen. Tässä mallissa, joka periaatteessa on samantapainen kuin edellä selitetty, ei ole näköalueen jatkuvuutta.

US-patentissa 4,315,673 kuvattu linssimalli (Guilino ja Barth, siirretty Rodenstock:lle, 1982) on samantapainen

kuin molemmat edellä kuvatut mallit siten, että siinä on suuri, lähes pallomainen kauko-osa ja suuri, lähes pallomainen lukuosa. Tässä mallissa pannaan vähemmän painoa ortoskopian ylläpitämiseen kuin molemmissa edellä kuvatuissa malleissa. Tämä sallii hieman alemmat arvot astigmatismille ja mahdollistaa astigmatismin tasaisemman jakaantumisen kuin edellisissä malleissa. Näistä parannuksista huolimatta malli edelleen noudattaa kolmitehoista mallia ja vastaavasti siltä puuttuu näköalueen jatkuvuus.

Kanadalaisessa patentissa (583,087 (Davenport), US-patentissa 4,274,717 (Davenport) ja Alankomaissa julkaistussa hakemuksessa 71-07504 (Biessels) esitetään samantapaisia portaattomia linssejä, joissa portaaton pinta on jaettu kolmeen perinteiseen katselualueeseen, jolloin linssin yläpuoliskossa on suuri pallomainen kauko-osa, alapuoliskossa suuri pallomainen lukuosa, ja kauko- ja lukuosia yhdistävä keskellä oleva portaaton käytävä. Davenportin rakenteessa jatkuva pinta kehitetään ympyräperheen osilla, jotka ympyrät on muodostettu vetämällä vakiokaltevuudella varustettu kalteva taso useiden pallojen läpi. Biesselin rakenne on näennäisesti identtimen, paitsi että kaltevan tason kaltevuus voi muuttua. Kummallakin linssillä poikkeamien taso on merkittävä.

US-patentissa 4,514,061 (Winthrop) selitetty linssi vähentää perinteisen kolmen katseluvyöhykkeen linssin astigmatismin optisesti alhaiselle tasolle jakamalla välialueen poikkeamat tasaisesti Dirichlet:in periaatetta käyttämällä. Tällä linssillä, kuten edellä mainituissakin, on merkittäviä poikkeamia ja siltä puuttuu näkökentän jatkuvuus.

Kaikki edellä mainitut mallit (paitsi Biesselin linssi) ovat optisesti symmetrisiä käytävän meridiaanin suhteen. Jotta silmä voisi helposti siirtyä pitkin portaatonta käytävää, kaikkien linssien käytävien on oltava noin 9° kallistettuja pystytason suhteen, kun ne asennetaan kehyk-

seen. Tämä saattaa kuitenkin johtaa epämukavaan epätasaisuuteen linssien välillä katsottaessa kahdella silmällä keskiviivan sivulle välivoimakkuuden alueella. Eräisiin malleihin sisältyy asymmetria käytävän meridiaanin suhteen yrityksenä hallita näitä ei-toivottuja binokulaarisia vaikutuksia.

US-patentissa 3,785,724 (Maitenaz, siirretty Essilor:lle, 1974) kuvataan asymmetrinen linssi, jonka tarkoituksena on aikaansaada samanlainen astigmaattinen vaikutus kahden silmän katselussa väli- ja lähialueelle. Linssissä on kuitenkin myös pallomainen kaukoalue, joka käsittää linssin yläpuolen, sekä suuri pallomainen lukualue. Vastaavasti, vaikka astigmatismin vaikutukset kahden silmän katselussa voidaan kompensoida, astigmatismin suuruusluokka on valitettavan suuri. Lisäksi linssi, joka käsittää kolme erillistä katseluvyöhykettä kolmitehoisten tapaan, ei aikaansaa näköalueen jatkuvuutta.

US-patentissa 4,606,622 (Fueter ja Lahres, siirretty Zeiss:lle, 1986) esitetty asymmetrinen malli pyrkii kahden silmän katselussa vähentämään linssien välistä prismaattisuuden epätasapainon hyväksyttävälle tasolle. Tässä mallissa on kuitenkin myös lähes pallomainen kauko-osa, joka käsittää linssin ylemmän puoliskon, ja suuri lähes pallomainen lukuosa. Vastaavasti nousee astigmatismi välitasolla merkittäviin arvoihin. Lisäksi sellaisella mallilla ei voida aikaansaada näköalueen jatkuvuutta, edellä mainituista syistä.

US-patentista 3,687,528 (Maitenaz, siirretty Societe des Lunetiers:lle, 1972) on tunnettua, että portaattomien linssien luontaisen astigmatismin suuruusluokkaa voidaan pienentää sallimalla sen ulottuminen kauko-osan reuna-alueille. Tämä pieneneminen saavutetaan astigmatismin ja kaukokatselualueen voimakkuusvirheen muodostumisen kustannuksella. Jäljelle jäävä astigmatismi ei kuitenkaan ole

mitenkään vähäinen. Huolimatta astigmatismin pienentyneestä määrästä, tämän mallin rakenne ei kuitenkaan tarjoa optimaalista näköalueen jatkuvuutta.

US-patentissa 4,580,883 (Shinoara, siirretty Seiko:lle, 1986) kuvataan portaaton linssi, jossa portaaton pinta jälleen on jaettu kolmeen perinteiseen katseluvyöhykkeeseen: kauko-, väli- ja lähivyöhykkeeseen. Kuten edellisessä kappaleessa käsitellyssä mallissa, sallitaan astigmatismia kauko- ja lähivyöhykkeiden reunaosilla, ja tämä piirre edistää välialueella esiintyvän suurimman astigmatismin pienentämisessä. Lisäksi kauko- ja lähikatseluvyöhykkeet on suunniteltu siten, että ortoskopia ylläpidetään tarkasti näiden kahden alueen kaikissa pisteissä. Mutta ortoskopiaa ei ylläpidetä välivyöhykkeessä. Vastaavasti tämä linssi, joka käsittää kolme katselualuetta, jotka vuorottelevasti ovat korjattuja ja korjaamattomia ortoskopian suhteen, eivät täytä optisen jatkuvuuden vaatimusta.

US-patentissa 4,640,593 (Shinoara, siirretty Seiko:lle, 1987) selitetään parannuksia edellisessä kappaleessa mainittuun malliin kaukovyöhykkeen taitekertoimen ollessa voimakkaasti positiivinen, kuten vaaditaan voimakkaasti hypermetrooppisilla (kaukonäköisillä) potilailla. Tähän sisältyy "peruskäyräkertoimen" mukaan ottaminen, jolla kompensoidaan keskiviivan sivulle katsottaessa esiintyvää vinoastigmatismia. Se ei muuta kolmen erillisen katseluvyöhykkeen perusrakennetta, jotka vuorottelevasti ovat korjattuja ja korjaamattomia ortoskopian suhteen.

US-patentissa 2,878,721 (Kanolt, siirretty Farrand:lle, 1959) kuvataan linssi, jossa astigmatismin tasot on pienennetty suhteellisen alhaisiin arvoihin. Tämä saavutetaan jakamalla astigmatismi koko linssin alueelle. Tästä maksettu hinta on kuitenkin korkea: sekä kauko- että lähikeskipisteet ovat haitallisen astigmaattisia, ja voimakkuuden virhe näillä tasoilla on suuri. Vaikka sellai-

sella linssillä aikaansaadaankin näköalueen jatkuvuus, liian paljon on kuitenkin uhrattu sen saavuttamiseksi, eikä käyttäjä hyväksyisi sellaista linssiä.

Vastaavasti keksinnön tavoitteena on aikaansaada silmälasilinssi voimakkuuden portaattomalla lisäyksellä diopterivoimakkuuden mahdollisimman tasaisella jakautumalla ja ei-toivotun astigmatismin mahdollisimman alhaisella tasolla, jolloin ortoskopia ainakin likimain säilytetään linssin sivureunoilla, jolloin linssin kaikki voimakkuusvyöhykkeet täyttävät realistiset vaatimukset voimakkuuden stabiilisuuden suhteen ja kahden silmän katselun yhteensopivuuden suhteen.

Tämä ja muut tavoitteet saavutetaan keksinnön mukaisesti yhdistämällä portaattomaan linssiin seuraavat ominaisuudet:

A) Kauko- ja lähikatselun "alueet" eivät itse asiassa ole lainkaan alueita, vaan käsittävät kaksi matemaattista pistettä. Tällä tavalla ei-toivotun pinta-astigmatismin voimakkuus vähennetään minimitasolle jakamalla se tavallista suuremmalle alueelle, nimittäin koko linssin alueelle.

B) Kauko- ja lähivoimakkuuden pisteet liitetään portaattoman diopterivoimakkuuden napaviivalla. Voimakkuuden kasvun yleinen muoto napaviivaa pitkin määräytyy 1) kauko- ja lähivoimakkuuden pisteiden välittömän läheisyyden optisen stabiilisuuden vaatimuksista, ja 2) vaatimuksesta, että kasvun pitää olla tasaista. Tasaisuusominaisuus taataan vaatimalla, että kasvun keskineliögradientti, tai joku sen korkeamman asteen derivaatoista, on minimissään.

C) Kauko- ja lähiosan voimakkuuspisteet ovat pintavoimakkuuden ääriviivojen bipolaarisen järjestelmän napoja. Ääriviivat valitaan siten, että saavutetaan tasainen ja miellyttävä pintavoimakkuuden ja astigmatismin jakautuma. Tasaisuusominaisuus saavutetaan asettamalla vaatimukseksi, että määrätyn oheisfunktion, keskimääräiseen pintavoi-

makkuuteen läheisesti liittyvän funktion keskineliögradientti on minimissä.

Geometrisesti voidaan koko portaatonta pintaa pitää generoivan käyrän C kehittämänä, joka on muuttuvasäteisen pallon ja vastaavan muuttuvahalkaisijaisen pyöreän sylinterin välinen leikkauskäyrä. Leikkaavan pallon ja sylinterin dimensiot ja suhteelliset asemat valitaan siten, että aikaansaadaan lievästi kaareutuva pinta, joka takaa tasaisen optisen vaikutuksen.

Tässä keksinnössä ortoskopian ja kahden silmän yhteensopivuuden ylläpitämistä ei suoranaisesti käsitellä suunnitteluprosessissa. Sen sijaan keksinnön nämä toivottavat ominaisuudet syntyvät automaattisena seurauksena minimoidun poikkeaman ja voimakkuusgradientin ominaisuudesta. Lisäksi aikaansaadaan kahden silmän katselun hyväksyttävä suorituskyky asymmetriseen rakenteeseen turvautumatta.

Tässä hakemuksessa esitetään 1) portaattomat linssit ammattityötä ja dynaamista toimintaa varten, jotka täydentävät ja ovat yhteensopivia hakijan aikaisemman hakemuksen yleislinssien kanssa; ja 2) yleiskäyttöisten, ammattityötä ja dynaamista toimintaa varten tarkoitettujen bipolaarilinssien järjestelmä.

Ottaen huomioon, että piste on matemaattinen abstraktio, on ymmärrettävää ja alan ammattilaiselle ilmeistä, että keksintö liittyy portaattoman voimakkuuden linsseihin, joissa kauko- ja/tai lähiosat lähestyvät pisteitä, tai toisin sanoen, joissa kauko- ja/tai lähiosien ympärillä olevan vakiokeskivoimakkuuden ääriviivat suppenevat tai konvergoivat kohti pistettä. Vastaavasti ymmärretään, että tässä hakemuksessa ja patenttivaatimuksissa käytetty termi "piste" sisältää osia, jotka suppenevat pisteeseen tai muotoon, jossa vakiokeskivoimakkuuden ääriviivat suppenevat tai konvergoivat kohti pistettä.

Keksinnön muut ominaisuudet ja edut ilmenevät seuraavaa selitystä lukemalla oheisten piirustusten yhteydessä, joissa:

kuviot 1A ja 1B ovat kuvantoja päältä ja vastaavasti leikkauksena erästä tekniikan tason tyyppiä edustavasta portaattomasta silmälasilinssistä;

kuvio 2 on graafinen esitys, joka havainnollistaa kuvioiden 1A ja 1B linssin napaviivan evoluuttaa;

kuvio 3 on graafinen kuva, joka esittää kuvioiden 1A ja 1B linssin portaattoman pinnan rakennetta;

kuvio 4 on tekniikan tason portaattoman voimakkuuden silmälasilinssi päältä nähtynä, jossa esitetään sen erilaisia katseluvyöhykkeitä sekä vastaavan taittokertoimen graafinen esitys;

kuviot 5A, 5B ja 5C esittävät ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus, vakio pinnan astigmatismi, ja vastaavasti isometrinen käyräesitys pinnan astigmatismista, joka vastaa kuvion 4 tekniikan tason mukaista linssiä;

kuvio 6 on päältä nähty kuvanto, jossa havainnollistetaan naopjen sijaintia optisen voimakkuuden bipolaarisessa järjestelmässä, joka on ominainen esillä olevan keksinnön mukaiselle edustavalle linssille;

kuviot 7A ja 7B ovat ääriviivaesityksiä, joilla havainnollistetaan geometristä muunnosta tekniikan tason mukaisesta portaattomasta linssistä esillä olevaa keksintöä edustavaksi;

kuvio 8 on graafinen esitys, jossa kaaviollisesti havainnollistetaan sylinteripintojen muodostamista esillä olevan keksinnön tavoitteiden täyttämiseksi;

kuvio 9 on graafinen esitys, jossa kuvataan esillä olevan keksinnön mukaisesti suunnitellun tyypillisen linssin rakennetta johon sisältyy napaviivan kahdeksannen asteen voimakkuuslaki;

kuviot 10A, 10B ja 10C esittävät ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus, vakio pinnan astigmatismi, sekä vastaavasti isometrinen käyräesitys pinnan astigmatismista, joka vastaa kuvion 9 tyypillistä mallia;

kuvio 11 on graafinen esitys, joka kuvaa esillä olevan keksinnön mukaisesti suunnitellun tyypillisen linssin rakennetta johon sisältyy napaviivan lineaarinen voimakkuuslaki;

kuviot 12A, 12B, 12C esittävät ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus, pinnan vakio astigmatismi, sekä vastaavasti isometrinen käyräesitys pinnan astigmatismista keksinnön mukaisella linssillä, joka erityisesti soveltuu väli- ja lähietäisyyksien toimintaan;

kuviot 13A, 13B ja 13C esittävät ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus, vakio pinnan astigmatismi, sekä vastaavasti isometrinen käyräesitys pinnan astigmatismista keksinnön mukaisella linssillä, joka erityisesti soveltuu lähi- ja välietäisyyksien toimintaan;

kuviot 14A, 14B ja 14C esittävät ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus, vakio pinnan astigmatismi, sekä vastaavasti isometrinen käyrä-

esitys pinnan astigmatismista keksinnön mukaisella linssillä, joka erityisesti soveltuu dynaamiseen ulkotoimintaan.

Esillä olevan keksinnön mukaiset bipolaariset portaattomat linssit voidaan tehdä lasista tai muovista, jolla on homogeeninen taitekerroin. Tässä selitetyissä keksinnön suoritusmuodoissa portaatonta voimakkuuden muutosta varten tarvittavat muuttuvat kaarevuudet rajoittuvat linssin kuperalle puolelle, kun taas kovero puoli on varattu tavalliseen tapaan reseptin mukaista hiomista varten, ja kuperaan puoleen jatkossa "portaattomana pintana". Keksintö ei kuitenkaan rajoitu linsseihin, joilla on kuperat portaattomat pinnat, ja sitä voidaan yhtä hyvin soveltaa linsseihin, joilla on koverat portaattomat pinnat.

Esillä olevan keksinnön muodostava linssi on parannus aikaisempiin malleihin nähden, ja esillä olevan muodon parempaa ymmärtämistä varten viitataan tekniikan tasoon, josta esimerkkinä on kanadalainen patentti 583,087.

Kuvioihin 1A ja 1B viitaten tekniikan tason linssissä 10 on kaksi portaatonta pintaa 12, jotka sivuavat pystytasoa 14 geometrisessa keskipisteessä O, ja toinen pystytaso 16 kulkee keskipisteen O läpi suorassa kulmassa ensimmäiseen tasoon nähden jakaen linssin kahteen symmetriseen puolikkaaseen. Toista tasoa 16 kutsutaan pystysuuntaiseksi päämeridiaaniksi, ja sen leikkauskäyrää merkitään MM' kuviossa 2, jossa portaatonta pintaa edustaa meridiaaniviiva 18.

Portaattoman linssin toiminnalliset vaatimukset määräävät, että meridiaania pitkin oleva pinta ja sen osittaiderivaattojen, ainakin toiseen asteeseen ja edullisesti kolmanteen asteeseen saakka, on oltava jatkuvia. Portaattoman voimakkuuden muutoksen aikaansaamiseksi meridiaaniviivan kaarevuus kasvaa jatkuvasti, ennalta määrätyllä tavalla

linssin yläpuoliskon minimiarvosta alapuoliskon maksimiarvoon. Tätä kaarevuuden muutosta pitkin pystymeridiaania kutsutaan meridiaani-voimakkuuslaiksi.

Meridiaaniviivan 18 kaarevuuden keskipisteiden kuviossa 2 esitetty ura muodostaa jatkuvan tasokäyrän mm', jota sanotaan meridiaaniviivan evoluutaksi. Kaksi vastaavaa pistettä (Q, q) yhdistävä sädevektori qQ on kohtisuorassa meridiaaniviivaan 18 pisteessä Q ja sivuaa evoluuttaa mm' pisteessä q.

Kuvio 3 havainnollistaa edustavan portaattoman voimakkuuden linssin rakennetta. Portaaton pinta kehitetään pyöreällä kaarella C, joka on vaakasuuntainen ja jonka muuttuva säde kulkee peräkkäin meridiaaniviivan 18 jokaisen pisteen Q läpi. Erityisesti jokaisen pisteen Q läpi kulkeva generaattori C määritellään säteellä qQ ja q keskipisteenä varustetun pallon ja pisteen Q läpi kulkevan vaakatason leikkausviivana. Näin ollen koko portaatonta pintaa voidaan pitää viivan C kehittämänä tai pyyhkimänä, jolloin viiva C on muuttuvasäteisen pallon ja vastaavan muuttuvakorkeuksisen vaakatason leikkausviiva. Tämän rakenteen seurauksena ovat pääkaarevuudet yhtäsuuret meridiaaniviivan jokaisessa pisteessä Q, joka johtaa siihen, että pinnalla ei ole astigmatismia meridiaaniviivalla.

Tämän tekniikan tason mukaisen linssin portaaton pinta 12 voidaan helposti kuvata algebran termein. Määritellään kuviossa 1 esitetty suorakulmainen koordinaattijärjestelmä, jonka origo yhtyy pisteesen O, ja jonka x-y-taso yhtyy sivuajatasoon pisteessä O. x-akseli osoittaa kohti kasvavaa optista voimakkuutta. Tässä järjestelmässä z-akseli on kohtisuorassa pintaa vastaan pisteessä O, ja pinnan 12 yhtälö voidaan kirjoittaa muotoon $z = f(x,y)$.

Kun meridiaaniviivan pisteen Q x-koordinaatti merkitään u, voidaan evoluutan vastaavan pisteen q koordinaatit (ξ, η, ξ) ilmaista parametrin u funktiona:

$$\xi = u - r \sin \theta$$

$$\eta = 0 \qquad (1)$$

$$\zeta = r \cos \theta + \int_0^u \tan \xi \, du$$

jossa

$$\sin \theta = \int_0^u \underline{du} \qquad (2)$$

ja $r = r(u) = qQ$. On huomattava, että $\sin(\theta)=0$ kun $u=0$, joten portaaton pinta on x-y-tason sivuaja origossa O.

Säteellä r(u) ja keskipisteellä Q varustetun pallon yhtälö ilmaistuna x-y-tason suhteen voidaan kirjoittaa:

$$z = \xi(u) - (r(u)^2 - [x - \xi(u)]^2 - y^2)^{1/2} \qquad (3)$$

Pisteen Q kautta kulkevan vaakasuoran tason yhtälö on:

$$x = u \qquad (4)$$

Yhtälö (3) edustaa pallojen perhettä, ja yhtälö (4) samansuuntaisten tasojen perhettä. Jokaisen perheen jäsenet kehitetään yhdellä ainoalla parametrillä u. Jokaiselle u:n arvolle on olemassa yksi ainoa pallo ja sitä leikkaava taso. Pallon ja tasopinnan välinen leikkauskäyrä merkitään C, ja se on esitetty kuviossa 3. Kun u muuttuu maksimi- ja minimiarvojen välillä, käyrä C pyyhkii koko portaattoman pinnan. Eliminoimalla tekijä u yhtälöistä (3) ja (4) saadaan pinnan parametritön algebrallinen yhtälö: $z = f(x,y)$, jossa

$$f(x,y) = \xi(x) - (r(x)^2 - [x - \xi(x)]^2 - y^2)^{1/2} \qquad (5)$$

Jos linssin 10 meridiaanin voimakkuuslailla on kuviossa 4 esitetty tavanomainen muoto, niin mallin alueet DP ja RP ovat pallomaiset ja ulottuvat linssin koko leveyden yli. Sellainen malli aikaansaa täyden kauko- ja lukumahdollisuuden, mutta kuten tiedetään, astigmatismi lähialueella on liian voimakas. Kuvioissa 5A, 5B ja 5C kuvataan tämän tekniikan tason mukaisen linssin pintavoimakkuus- ja astigmatismi-ominaisuuksia.

Edellä mainituissa viitteissä on kuvattu pallomaisten vyöhykkeiden DP ja RP monia erilaisia mallimuunnelmia, mutta näissä kaikissa ovat muunnetut pallomaiset vyöhykkeet DP ja RP rajallista kokoa, ja sellaiset linssit eivät vähennä ei-toivottua astigmatismia suurimmalla mahdollisella tavalla.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti aikaansaadaan silmälasilinssi voimakkuuden portaattomalla lisäyksellä mahdollisimman tasaisella diopterivoimakkuuden jakautumalla ja mahdollisimman alhaisella ei-toivotun astigmatismin tasolla pienentämällä pallomaisten alueiden DP ja RP pinta-alat nollaan. Toisin sanoen esillä olevan keksinnön alueet DP ja RP ovat tarkkaan ottaen matemaattisia pisteitä, eivät pinta-aloja. Tätä rakennetta havainnollistetaan kuviossa 6, jossa pisteet F ja N ovat optisen voimakkuuden bipolaarisen järjestelmän navat.

Kun vyöhykkeet DP ja RP on redusoitu matemaattisiksi pisteiksi, niitä ympäröivän portaattoman pinnan oikea muoto on määritettävä. Tämä aikaansaadaan periaatteessa soveltamalla tekniikan tasosta lähtien geometrista muunnosta, jonka luonnetta havainnollistetaan kuvioissa 7A ja 7B. Kuviossa 7A on esitetty tekniikan tason linssi, jossa on tasojen x = u perheen jäsenten ja x-y-tason leikkaukset. Nämä leikkaukset muodostavat samansuuntaisten suorien viivojen perheen, jotka vuorostaan ovat samansuuntaisia kuin suoraviivaiset DP ja RP rajat. Kuten kuvio 7B osoittaa,

siirryttäessä esillä olevan keksinnön suoritusmuotoon, jossa DP ja RP ovat pisteitä, muuntuu samansuuntaisten suorien viivojen perhe pyöreiden kaarien perheeksi, joilla on muuttuvat säteet. Kuviossa 7B esitetyn linssin pyöreät kaaret edustavat pyöreiden sylinterien yksiparametrisen perheen leikkauksia x-y-tason kanssa. Tasojen alkuperäisen perheen jokaista jäsentä kohti on olemassa sylinterien perheen vastaava jäsen. Leikkaavien pallojen ja sylinterien perheiden vastaavat jäsenet leikkaavat generoivalla käyrällä C. Lisäksi nämä vastaavat jäsenet tunnistetaan samalla parametrilla u, jossa u on kummankin linssin meridiaanilla olevan pisteen Q x-koordinaatti. Muuttamalla parametria u sen maksimi- ja minimiarvojen välillä, saatetaan käyrä C pyyhkimään keksinnön koko portaaton pinta.

Uudelle pinnalle saadaan helposti yhtälön (5) mukainen algebrallinen yhtälö. Sylinterin muotoisten pintojen perheen minkä tahansa jäsenen yhtälö voidaan kirjoittaa muotoon:

$$x = g(y,u) \qquad (6)$$

Tämä yhtälö voidaan raktaista parametrin u osalta, jolloin saadaan yhtälö:

$$u = h(x,y) \qquad (7)$$

joka suppenee yhtälöksi (4) tekniikantason mukaisen linssin tapauksessa. Uuden linssin portaattoman pinnan yhtälö saadaan eliminoimalla parametri u yhtälöistä (7) ja (3). Täsmällisemmin:

$$f(x,y) = \xi[h(x,y)] - \\ - (\{r[h(x,y)]\}^2 - \{x-\xi[h(x,y)]\}^2 - y^2)^{1/2} \qquad (8)$$

Tuloksena olevan portaattoman pinnan yksityiskohtainen muoto riippuu luonnollisesti voimakkuuden muutoksen muodosta pitkin meridiaani-napaviivaa, sekä yhtälön (6)

edustamien pyöreiden sylinterien välisistä etäisyyksistä. Keksinnön tavoitteiden täyttämiseksi voimakkuuden kasvu meridiaanilla sekä sylinterin muotoisten pintojen väliset etäisyydet valittava niin, että ne tuottavat loivasti kaartuvan pinnan, jolloin taataan tasainen optinen vaikutus.

Kuten edellä mainittiin, määräytyy voimakkuuden kasvu pitkin käyrää FN kahdesta tekijästä: 1) optisen stabiilisuuden vaatimuksista lähellä pisteitä F ja N, ja 2) vaatimuksesta että kasvu $k(u) = 1/r(u)$ on parametrin u tasainen funktio.

1) Optisen stabiilisuuden alue on sellainen, jossa dioptrivoimakkuus ei havaittavasti muutu. Pisteiden F ja N ympärillä olevan stabiilin alueen vaadittu koko riippuu luonnollisesti silmälasien aiotusta sovellutuksesta. Esimerkiksi yleiskäyttöön tarkoitettujen silmälasien linssi vaatii suuremman stabiilin kaukokatselualueen, ja pienemmän lähikatselualueen, kuin ammattikäyttöön tarkoitettu linssi, joka on suunniteltu erityisesti lyhyellä etäisyydellä tapahtuvaa työtä varten.

Pisteen F ympärillä olevan stabiilin alueen piste riippuu esillä olevassa keksinnössä oleellisesti kaarevuuden k(u) kasvunopeudesta, funktiona etäisyydestä pisteeseen F. Mitä hitaampi kasvunopeus, sitä suurempi on kaukokatselun stabiili alue. Samalla tavalla, mitä hitaampi kasvunopeus k(u) on funktiona etäisyydestä pisteesen N, sitä suurempi on stabiili lähikatselualue.

Sisältäköön k(u) kaiken asteen derivaattoja. Tällöin funktion k(u) kasvunopeudet pisteissä F ja N voidaan suhteuttaa ensimmäisten ei-häviävien derivaattojen asteisiin näissä pisteissä. (Sarjassa $au^4 + bu^5$ ensimmäinen ei-häviävä derivaatta kohdassa u=0 on neljännen asteen derivaatta.) Mitä korkeampi aste ensimmäisellä ei-hä-

viävällä derivaatalla on, sitä hitaampi on kasvunopeus. Esimerkiksi funktiolla k(u), jonka ensimmäinen ei-häviävä derivaatta pisteessä F on d^8k/du^8, on pienempi kasvunopeus kuin sellaisella, jonka ensimmäinen ei-häviävä derivaatta on d^2k/du^2. Valitsemalla pisteissä F ja N ensimmäisten ei-häviävien derivaattojen asteet sopivasti, voidaan säätää stabiilien kauko- ja lähikatselualueiden kokoja.

2) Keksinnön tavoitteiden tyydyttämiseksi on funktion k(u) oltava tasaisin funktio u:sta joka täyttää funktion ja sen derivaattojen käyttäytymisen pisteissä F ja N. Tasaisuuden kriteerinä voidaan kohtuullisesti vaatia, että k(u):n keskimääräinen neliögradientti on minimissä; tai toisin sanoen, että k(u) minimoi Dirichlet:n integraalin:

$$I = \int_F^N |k'|^2 \, du \qquad (9)$$

jossa $k' = dk(u)/du$, edellyttäen että $k(F) = k_1$ ja $k(N) = k_2$. Tämä integraali on muotoa:

$$I = \int_F^N f(u,k,k')du \qquad (10)$$

joka minimoidaan funktiolla k(u), joka täyttää Euler-Lagrange:n yhtälön:

$$\delta f/\delta k - (d/du)(\delta f/\delta k') = 0 \qquad (11)$$

joka suppenee alla olevaksi, koska $f = |k'|^2$:

$$k'' = 0 \qquad (12)$$

Näin ollen:

$$k(u) = c_0 + c_1 u \qquad (13)$$

jossa c_0 ja c_1 ovat vakioita, jotka määräytyvät k:n arvoista pisteissä F ja N. Siten tasaisuuden kriteeriä (9) vastaava

funktio on lineaarinen funktio u:sta. Kriteeri (9) ei päde sellaisilla funktioilla, joilla ensimmäiset ei-häviävät derivaatat pisteissä F ja N ovat toisen tai ylemmän kertaluvun derivaattoja. Tarvitaan yleisempi kriteeri tasaisuudelle.

Olkoot m ja n funktion k ensimmäisten ei-häviävien derivaattojen kertaluvut pisteissä F ja vastaavasti N. Olkoon p = m + n. Tällöin yhtälön (9) sijasta vaaditaan, että k minimoi integraalin:

$$I = \int_F^N |d^{p-1}k/du^{p-1}|^2 \, du \qquad (14)$$

Funktio k, joka minimoi (14):n saadaan Euler-Lagrange:n yhtälöstä:

$$d^pk/du^p = 0 \qquad (15)$$

jonka ratkaisu on kertalukua p-1 oleva polynomi:

$$k(u) = \sum_{n=0}^{p-1} c_n u^n \qquad (16)$$

jossa p kerrointa määritetään p ääripisteen ehdoista. Jos k_F ja k_N merkitsevat kaarevuuksia pisteissä F ja vastaavasti N, ja jos F sijaitsee kohdassa u=L, kuten esitetään kuviossa 9, niin yhtälö (16) voidaan kirjoittaa muotoon:

$$k(u) = k_F + (k_N - k_F) \sum_{n=1}^{p-1} c_n (u + L)^n \qquad (17)$$

(Tekijät c_n tässä yhtälössä eivät ole samoja kuin yhtälössä (16).) Yhtälö (17) määrittelee tasaisimman kaarevuusfunktion k(u), joka täyttää annetut ääripisteiden ehdot.

Kun on määritelty kauko- ja lähikatselun "alueet" pisteillä F ja N, ja kun on määritelty voimakkuuslain k(u) muoto

näiden pisteiden välissä, jäljelle jää linssin muun osan portaattoman pinnan muodon määritteleminen. Keksinnön tavoitteiden täyttämiseksi voimakkuuden ja astigmatismin tulee jakautua mahdollisimman tasaisesti linssin koko pinta-alalle. Tämän saavuttamiseksi näyttää ensin järkevältä määritellä leikkauskäyrät C leikkaavien pallojen ja sylintereiden vastaavien jäsenten välillä, joiden kaarevuuksilla on vakio keskimääräinen pinnan kaarevuus $\underline{k}(x,y)$, sekä niiden välien määrittäminen vaatimalla, kuten meridiaanivoimakkuuslain tapauksessa, että $\underline{k}$ minimoi Dirichlet:n integraalin:

$$I = \int |\overline{k}_x^2 + \overline{k}_y^2 | dx\, dy \qquad (18)$$

jossa alaindeksit x ja y merkitsevät osittaisderivaattoja näiden muuttujien suhteen. Tämä lähestymistapa ei kuitenkaan ole matemaattisesti käyttökelpoinen. Sen sijaan on käytännöllistä käyttää keskimääräisen kaarevuuden $\overline{k}$ sijasta apufunktiota $\phi(x,y)$.

Kuten kuviossa 8 esitetään, määritellään x-y-tasossa apufunktio $\phi(x,y)$. Funktio ϕ ei edusta varsinaista portaatonta pintaa, vaan sitä käytetään sylinterin muotoisten pintojen välimatkojen määrittelemiseksi. Tällä funktiolla on seuraavat raja-arvot:

$$\phi(x,y) = \begin{cases} c_1 & \text{kun } (x,y) = \text{DP -napa, F} \\ c_2 & \text{kun } (x,y) = \text{RP -napa, N} \\ 0 & \text{äärettömyydessä} \end{cases} \qquad (19)$$

jossa c_1 ja c_2 ovat vakioita. Nämä rajaehdot täyttävä tasaisin funktio $\phi(x,y)$ johdetaan seuraavista näkökohdista:

Jos ongelma olisi yksiulotteinen eikä kaksiulotteinen, olisi ilmeistä että jos $\phi(x)$:llä on raja-arvot $\phi(0)=c_1$ ja $\phi(1)=c_2$, niin tasaisin funktio välillä x=0 ja x=1 olisi

lineaarinen funktio $\phi(x) = c_1 + (c_2 - c_1)x$. Tämä funktio täyttää differentiaaliehdon:

$$d^2\phi/dx^2 = 0 \qquad (20)$$

Täten vaadittu vunktio $\phi(x,y)$ täyttää kaksiulotteisessa tapauksessa kaksiulotteisen Laplace-yhtälön:

$$[\ \delta^2/\delta x^2 + \delta 2/\delta y2]\ \phi(x,y) = 0 \qquad (21)$$

joka on ratkaistava ottaen huomioon raja-arvoehto (19). Yhtälön (21) täyttäviä funktioita sanotaan harmonisiksi funktioiksi.

Edellä oleva tulos voidaan johtaa täsmällisemmin. Tasaisuuden kriteerillä tulee vaatia, että derivaattojen $\delta\phi/\delta x$ ja $\delta\phi/\delta y$ moduulien keskiarvot ovat minimissä. Vaihtoehtoisesti, jos tarkastellaan näiden suureiden neliöiden summia, ts. Dirichlet-integraalia

$$\int_{-\infty}^{+\infty}\int [(\ \delta\phi/\delta x)^2 + (\delta\phi/\delta y)^2]\ dx\ dy \qquad (22)$$

niin Euler-Lagrangen variaatiolaskennalla yhtälö (22) minimoituu, kun $\phi(x,y)$ täyttää Laplace:n yhtälön, yhtälön (21). Tosiseikka, että yhtälö (22) minimoituu funktiolla, joka täyttää Laplace:n yhtälön, tunnetaan Dirichlet:n prinsiippinä, eli minimi-potentiaalienergian prinsiippinä. Dirichlet:n prinsiippiä noudattaa sähköpotentiaalin jakautuma varatun sähköjohtimen ympärillä, samoin kuin lämpötilan pysyvän tilan jakautuma lämpöjohtimessa. Sellaiset luonnonmukaiset jakautumat ovat tasaisia siinä mielessä, että niitä määrittelevät kentät minimoivat Dirichlet:n integraalin. Kuten alla osoitetaan, on portaattoman linssin Dirichlet:n prinsiipillä johdetulla pinnalla samalla tavalla ominainen tasaisuus.

Apufunktion $\phi(x,y)$ käyttämiseksi muodostetaan ns. tasokäyrät

$$\phi(x,y) = c = \text{vakio} \qquad (23)$$

jotka ovat käyriä, joilla on vakio ϕ-arvo. Nämä käyrät voidaan ilmaista yhtälöissä (6) tai (7) esitetyssä muodossa, ja niitä voidaan siten pitää vaadittua sylinteriperhettä edustavina.

Kuvioissa 6 ja 9 esitettyä bipolaarisen rakenteen osalta Laplace:n yhtälön ratkaisu on erityisen yksinkertainen, ehdon (19) täyttyessä. Vakio ϕ-arvon käyrät yhtyvät tarkasti sylinterin muotoisen bipolaarisen koordinaattijärjestelmän pyöreisiin koordinaattikäyriin. Olkoon koordinaattijärjestelmän napojen välinen etäisyys h, jolloin napa DP on sijoitettu etäisyydelle L origon O yläpuolelle, kuten esitetään kuviossa 9. Jos mielivaltaisen pisteen (x,y) läpi kulkeva tasokäyrä leikkaa x-akselin pisteessä u(x,y), niin laskemisen jälkeen havaitaan, että

$$u = h/2 - L + g - (\text{sgn } p)\ (g^2 - [h/4]^2)^{1/2} \qquad (24)$$

jossa

$$g = (1/2)\ (p + [1/p][y^2 + (h^2/4)]) \qquad (25)$$

ja

$$p = x - (h/2) + L \qquad (26)$$

Tämä lause u(x,y) antaa yhtälöön (3) sijoitettuna täydellisen algebrallisen määritelmän keksinnön mukaisen bipolaarisen linssin portaattomalle pinnalle. Erilaisia suoritusmuotoja kehitetään muuttamalla meridiaanin voimakkuuslakia r = r(u).

Tiivistäen bipolaarinen portaaton pinta f(x,y) määritellään seuraavien yhtälöiden joukolla:

$$z = f(x,y)$$

$$= \xi(u) - (r(u)^2 - [x - \xi(u)]^2 - y^2)^{1/2}$$

jossa

$$\xi(u) = u - r(u) \sin \theta(u)$$

$$\xi(u) = r(u) \cos \theta(u) + \int_0^u \tan \theta(u)\, du$$

$$\sin \theta(u) = \int_0^u [du/r(u)]$$

$$u = h/2 - L + g - (\text{sgn } p)\ (g^2 - [h/4]^2)^{1/2}$$

$$g = (1/2)\ (p + [1/p][y^2 + (h^2/4)])$$

$$p = x - (h/2) + L$$

h = napojen DP ja RP pystysuuntainen etäisyys

L = navan DP pystysuuntainen etäisyys origon O yläpuolella

ja meridiaanin voimakkuuslaki on n:nnen asteen polynomi

$$(1/r(u)) = (1/r_D) + ((1/r_R) - (1/r_D)) \sum_{n=1}^{N} [c_n(u + L)^n]$$

r_D = portaattoman pinnan kaarevuuden säde navalla DP

r_R = portaattoman pinnan kaarevuuden säde navalla RP

c_n = vakiokertoimia

Ensimmäinen numeerinen esimerkki

Seuraavassa esitetään tyypillinen esimerkki linssistä, joka on suunniteltu keksinnön mukaisesti edellä mainittujen periaatteiden mukaisesti, ja joka soveltuu yleiseen käyttöön.

Linssille on tunnusomaista kahdeksannen asteen polynomin muodossa oleva voimakkuuslaki, joka on esitetty kuviossa 9, ja joka määritellään yhtälöllä:

$$1/r(u) = (1/r_D) + ((1/r_R) - (1/r_D)) \sum_{n=1}^{8} [c_n(u + L)^n] \quad (27)$$

jossa

$$c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = 0$$

$$c_5 = 56/h^5$$

$$c_6 = -140/h^6 \quad (28)$$

$$c_7 = 120/h^7$$

$$c_8 = -35/h^8$$

Huomaa että $1/r = 1/r_D$, kun $u = -L$ (napa DP), ja $1/r = 1/r_R$, kun $u = -L + h$ (napa RP). Suure

$$A = (n - 1)\,[(1/r_R) - (1/r_D)] \quad (29)$$

jossa n on linssimateriaalin taitekerroin, edustaa monitaitteisen linssin "lisävoimakkuutta". Tällä erityisellä voimakkuuslailla aikaansaadaan asteittain muuttuva pintavoimakkuus napojen DP ja RP läheisyydessä. Linssi aikaansaa siten sopivan fokaalisen stabiilisuuden kauko- ja lähikatselukentissä.

Yhtälön (27) voimakkuuslain määrittelemä portaaton pinta lasketaan seuraavassa linssille, jolla lukemisen voimak-

kuuden lisäys on 2,00 diopteria. Linssillä oletetaan olevan taitekerroin 1,498; ja seuraavat parametriarvot oletetaan:

$$h = 37{,}71 \text{ mm}$$
$$L = 10{,}65 \text{ mm}$$
$$r_D = 83{,}00 \text{ mm} \qquad (30)$$
$$r_R = 62{,}25 \text{ mm}$$

Kuviot 10A, 10B ja 10C esittävät elektronisella tietokoneella suoritetun yhtälöiden laskennan tulokset, käyttäen parametrien annettuja arvoja. Kuvio 10A esittää ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus; kuvio 10B esittää ääriviivoja, joilla on vakio pinnan astigmatismi; ja kuvio 10C esittää kolmiulotteisen jakautuman pinnan astigmatismista. Näiden kaavioiden tarkastelu osoittaa, että linssin voimakkuuden ja astigmatismin ominaisuudet ovat tasaiset ja hitaasti muuttuvat. Portaattoman käytävän pienin leveys, mitattuna 1,0 diopterin astigmatismin käyrien välillä, on noin 9 mm. Sen lisäksi pinnan astigmatismi saavuttaa maksimiarvon, joka on täsmälleen 1,51 diopteria; tämän on noin 0,4 diopteria pienempi astigmatismi kuin millään muulla tällä hetkellä saatavissa olevan 2,00 diopterin lisävoimakkuuden portaattomalla linssillä. Tämä esimerkki toteuttaa siten keksinnön tavoitteet.

Toinen numeerinen esimerkki

Seuraavana on esimerkki linssistä, jolla on mahdollisesti alhaisin mahdollinen astigmatismi portaattomalla linssillä, jolla on napana oleva pystysuora meridiaani. Koska astigmatismi syntyy voimakkuusgradienteista, sellaisella linssillä on oltava mahdollisimman alhainen voimakkuusgradientti bipolaarisen rakenteen napojen välillä. Tämä aikaansaadaan lineaarisella voimakkuuslailla, joka esitetään kuviossa 11, ja joka määritellään yhtälöllä

$$1/r(u) = (1/r_D) + ((1/r_R) - (1/r_D))\ (u + L)/h \quad (31)$$

Lineaarisen voimakkuuslain määrittelemä pinta lasketaan nyt yhtälössä (30) annettuja parametrien arvoja käyttäen. Kuvio 12A esittää ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus; kuvio 12B esittää ääriviivoja, joilla on vakio pinnan astigmatismi; ja kuvio 12C on kolmiulotteinen esitys pinnan astigmatismista. Pinnan suurin astigmatismi on täsmälleen 0,66 diopteria, eli 1/3 lisävoimakkuudesta. Tämä saattaa hyvinkin edustaa portaattomalla linssillä mahdollista minimiarvoa napaviivan pystysuuntaista meridiaania käyttäen, vaikkei mitään todistusta tälle otaksumalle ole olemassa. Kuviosta 10A nähdään, että voimakkuuden jakautuma napojen DP ja RP läheisyydessä on suhteellisen epästabiili. Tästä syystä, ja huolimatta sen alhaisesta astigmatismin tasosta, linssi ei ehkä ole toivottava yleiskäyttöä varten. Se sopii itse asiassa parhaiten katselutehtäviin, joissa vaaditaan vain kapeata näkökenttää, esimerkiksi tietokoneen työasemilla, jotka käsittävät näppäimistön ja videonäyttöpäätteen.

Kolmas numeerinen esimerkki

Kolmantena esimerkkinä on linssi, joka erityisesti on suunniteltu lähi- ja välietäisyyksien toimintaan. Sitä on pidettävä ammattikäyttöön tarkoitettuna linssinä, eikä yleislinssinä. Tämän linssin meridiaanin voimakkuuslaki aikaansaa suuren, stabiilin lähikatselualueen ja suhteellisen pienen kaukokatselualueen. Voimakkuuslaki on neljännen asteen polynomi, jonka kertoimet ovat

$$c_1 = 0$$
$$c_2 = 6/h^2$$
$$c_3 = -8/h^3 \quad (32)$$
$$c_4 = 3/h^4$$

Näillä kertoimilla määritelty portaaton pinta lasketaan numeerisesti linssille, jolla on voimakkuuden lisäys 2,00 diopteria. Taitekerroin on 1,498 ja seuraavat parametrien arvot oletetaan:

$$h = 43{,}03 \text{ mm}$$

$$L = 20{,}29 \text{ mm}$$

$$r_D = 83{,}00 \text{ mm} \qquad (33)$$

$$r_R = 62{,}25 \text{ mm}$$

Tietokoneen laskentatulokset näillä yhtälöillä esitetään kuvioissa 13A, 13B ja 13C. Kuviot 13A ja vastaavasti 13B esittävät ääriviivoja, joilla on vakio keskimääräinen pintavoimakkuus ja vakio pinnan astigmatismi; kuvio 13C esittää kolmiulotteisesti pinnan astigmatismin jakautumaa. Kuvioiden 13A ja 13B tarkastelu paljastaa, että 1) ammattikäyttöön tarkoitetun linssin lähikatselualue on merkittävästi leveämpi kuin kuvioissa 10A ja 10B esitetyllä yleiskäyttöisellä linssillä; 2) ammattikäyttöön tarkoitetun linssin kaukokatselualue on merkittävästi kapeampi kuin yleiskäyttöisellä linssillä; ja 3) välikatselualue on leveämpi kuin yleiskäyttöisellä linssillä. Ammattikäyttöön tarkoitetun linssin maksimaalinen astigmatismi on jopa pienempi kuin yleiskäyttöisellä linssillä: 1,10 ja vastaavasti 1,51 diopteria voimakkuudeltaan +2,00 olevalla linssillä. Lisäksi ammattikäyttöön tarkoitetun linssin suurin astigmatismi sijaitsee linssin 0-180° viivan yläpuolella, jossa se ei häiritse lähikatselutoimintaa. Kuvio 13C esittää bipolaariperiaatteella suunniteltujen linssien ominaista tasaisuutta.

Ammattikäyttöön tarkoitettu linssi edustaa yleiskäyttöisen linssin eräänlaista käänteistä muotoa; sillä saavutetaan parannettu lähivaikutus kaukovaikutuksen kustannuksella. Vastaavasti ammattikäyttöön tarkoitettu linssi sopii sellaisiin katselutehtäviin, joissa väli- ja lähietäisyyden

toiminta on vallitsevana. Tämä linssi toimii erityisen hyvin tietokonetyäskentelyn ympäristössä (esim. tietokonepäätteellä, henkilökohtaisella tietokoneella tai sanojenkäsittelypäätteellä). Tässä sovellutuksessa linssi asennetaan kehykseen siten, että optinen voimakkuus 15° vaakatason alapuolella (ts. videomonitorin tavallisessa keskipisteessä) on kolme neljännestä linssin lisävoimakkuudesta. Tämä voimakkuus on sopiva tyypillisillä ruudun etäisyyksillä (43 - 84 cm). Linssin lukemisen keskipiste sijaitsee silloin 33° vaakatason alapuolella, ts. 16 mm sen pisteen alapuolella jossa vaakataso leikkaa linssin, ja kaukokatsomisen keskipiste 25° vaakatason yläpuolella, ts. 12 mm sen pisteen yläpuolella, jossa vaakataso leikkaa linssin. Kaukokeskipisteen korkeus, vaikkei se ole mukava pitkäaikaista kauaksi katsomista varten koska päätä on hieman kallistettava sen käyttämiseksi, on kuitenkin täysin toimiva normaalia konttoritoimintaa ajatellen.

Neljäs numeerinen esimerkki

Neljäs ja viimeinen esimerkki on linssi, joka korostaa kaukokatsomista lähikatsomisen kustannuksella. Tätä linssiä voidaan pitää dynaamisen toiminnan linssinä (esim. urheilutoimintaa varten). Meridiaanin voimakkuuslaki aikaansaa laajan, stabiilin kaukokatselualueen ja suhteellisen pienen lukualueen. Voimakkuuslaki on kahdeksannen asteen polynomi, jonka kertoimet ovat:

$$c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0$$

$$c_6 = 28/h^6$$

$$c_7 = -48/h^7 \qquad (34)$$

$$c_8 = 21/h^8$$

Näiden kertoimien määritelemä portaaton pinta lasketaan nyt numeerisesti linssille, jonka lukemisen voimakkuuden

lisäys on 2,00 diopteria. Taitekerroin 1,498 ja seuraavat parametrien arvot oletetaan:

$$h = 44{,}14 \text{ mm}$$
$$L = 19{,}30 \text{ mm}$$
$$r_D = 83{,}00 \text{ mm} \qquad (35)$$
$$r_R = 62{,}25 \text{ mm}$$

Kuvioissa 14A ja 14B esitetään tietokoneella muodostetut vakio keskimääräinen pintavoimakkuus- ja vastaavasti vakio pinnan astigmatismi-käyrät; kolmiulotteinen käyrä pinnan astigmatismista esitetään kuviossa 14C. Kuvioista 14A ja 14B on ilmeistä, että 1) dynaamisen toiminnan linssin kaukokatselualue on suurempi kuin kuvioissa 10A ja 10B esitetyllä yleiskäyttöisellä linssillä; 2) dynaamisen toiminnan linssin lukualue on kapeampi kuin yleiskäyttöisellä linssillä; ja 3) molempien linssien portaattomat käytävät ovat likimain yhtä pitkät (17 mm) ja leveät (minimi 10 mm 1,0 diopterin astigmatismin käyrien välillä). Dynaamisen toiminnan linssin pinnan astigmatismin maksimi on yhtä suuri kuin yleiskäyttöisellä linssillä (1,51 diopteria), mutta se sijaitsee alempana linssikappaleessa, jossa se muodostaa pienemmän esteen kauko- ja kauko-väli-alueen-katselulle. Kuviossa 14C esitetään jälleen bipolaariperiaatteeseen perustuvien linssien ominainen tasaisuus.

Dynaamisen toiminnan linssi on tarkoitettu käytettäväksi sellaisissa katsomisen tilanteissa, joissa kauko- ja kauko-välietäisyydet ovat vallitsevina, ja jossa vaaditaan kuvaa ilman vääristymää. Siten se on erikoiskäyttöön tarkoitettu linssi, joka sopii esimerkiksi ammattikuljettajalle ja urheiluhenkiselle ihmiselle.

Selityksen helppouden johdosta keksintöä yleensä samoinkuin neljää esimerkkilinssiä on kuvattu sellaisina, että niillä on pystysuora symmetriaviiva. Tämä viiva kulkee

portaattoman käytän keskellä ja jakaa linssin kahteen symmetriseen puolikkaaseen. Käytännössä linssien symmetriaviivaa on kuitenkin kierrettävä pystysuunnasta, niin että aikaansaadaan tehollinen 2,5 mm sisennys lähikatselun osassa. Tämä kiertäminen, jota luonnollisesti sovelletaan silmälasien kumpaankin linssiin, takaa sen että katseviivat voivat kaikilla etäisyyksillä kulkea pitkin portaattomia käytäviä kirkaan kuvan aikaansaamiseksi.

Keksinnölle ominaisen alhaisen astigmatismin tärkeänä seurauksena on se, että kahden silmän näkemistä ei haitata lukualueen sisennyksen kiertämisellä. Useimpien tekniikan tason mukaisten linssien tapauksessa astigmatismitasot ovat niin korkeat, että kiertäminen vaikuttaa haitallisesti kahden silmän toimintaa, jolloin eräissä tapauksissa tulee välttämättömäksi järjestää asymmetrinen rakenne. Esillä olevan keksinnön tapauksessa astigmatismitasot ovat niin alhaiset, ja astigmatismi niin tasaisesti jakautunutta, että on täysin tarpeetonta järjestää asymmetriaa lukualueen sisennyskiertämisen vaikutusten kumoamiseksi.

Keksinnön edellä selitetyt ja esimerkeissä 1 - 4 havainnollistetut eri suoritusmuodot muodostavat portaattomien linssien järjestelmän. Yleiskäyttöinen linssi (esimerkki 1), ammattikäyttöön tarkoitettu linssi (esimerkki 3) ja dynaamisen toiminnan linssi (esimerkki 4) täydentävät toisiaan toiminnallisesti. Järjestelmä aikaansaa siten optimaalisen hyödykkeen jokaista katseluvaatimusta varten. Koska lisäksi kaikki linssimallit perustuvat samaan bipolaariseen suunnitteluperiaatteeseen, ovat linssit keskenään täysin yhteensopivia. Tällä taataan vaihtamisen helppous mallista toiseen. Kokemukset yleiskäyttöisillä ja ammattikäyttöön tarkoitetuilla linsseillä on todella osoittanut, että usein on vaikea kertoa mitä silmälasia on käyttämässä.

Markkinoilla on nykyisin monia yleiskäyttöisiä portaattomia ja muutamia ammattikäyttöön tarkoitettuja portaattomia. Vaikka nämä linssien kaksi tyyppiä ovat täysin toisiaan täydentäviä, ne eivät tarjoa mallien yhteensopivuutta, eivätkä siten muodosta linssien järjestelmää edellä määritellyssä mielessä. Esillä oleva keksintö tarjoaa siten portaattomien linssien järjestelmän, jolla on sekä toiminnallinen että mallien yhteensopivuus.

On ymmärrettävä, että tässä käytetty termi "linssi" on tarkoitettu sisältämään silmälasituotteet kaikissa mahdollisissa alalla yleisissä muodoissa, ts. mukaan lukien linssiaihiot, jotka vaativat toisen puolen (kuperaa tai koveraa) viimeistelyä, samoin kuin molemmilta puolilta viimeistellyt linssit, jotka "irrotetaan" tai "leikataan" (hiotaan) kokoon ja muotoon, joka vaaditaan silmälasikehysten laseilta. Esillä olevat linssit voidaan muodostaa lasista tai mistä tahansa tunnetusta ja käytetystä eri silmälasialan muovista. Jos toinen puoli viimeistellään, ts. se puoli joka ei ole portaattoman pinnan käsittävällä puolella, voidaan toiselle puolelle muodostaa resptin mukaisia pinnan kaarevuuksia, jolloin linssin RP keskitetään tavanomaiseen tapaan.

Alan ammattilainen ymmärtää selvästi, että keksintöön liittyy monia muotoja ja sovellutuksia, joita ei tässä ole käsitelty, ja jotka voidaan sovittaa määrättyihin vaatimuksiin. Näihin sialtyvät rajoituksetta, sellaisten meridiaanin voimakkuuslakien käyttäminen, jotka eivät minimoi Dirichlet:n yhtälön (14) integraalia, esim. ei-polynomi voimakkuuslait; tai välit, jotka poikkeavat Dirichlet:n yhtälön (22) integraalin määräämistä. Vastaavasti kaikki sellaiset muodot ja sovellutukset sisältyvät keksinnön suoja-alaan, joka määritellään oheisissa patenttivaatimuksissa.

Patenttivaatimukset

1. Ammattikäyttöön tarkoitettu linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että se käsittää: linssikappaleen, jolla on portaaton voimakkuuspinta lähiosalla, jossa on ensimmäinen tehollisesti vakiovoimakkuus, kauko-osa, jossa on toinen tehollisesti vakiovoimakkuus, sekä väliosa, jossa on asteettainen muuttuva voimakkuus pitkin lähiosan ja kauko-osan välissä olevaa meridiaania, jolloin mainitun ammattikäyttöön tarkoitetun linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa suhteellisen suuren ja stabiilin lähikatseluosan ja suhteellisen pienen kauko-osan;
jolloin ainakin toinen mainituista kauko- ja lukuosista määritellään optisen stabiilisuuden alueena, jossa voimakkuus muuttuu asteettain mutta visuaalisesti ei-havaittavasti pisteen ympärillä ja sitä kohti;
jolloin linssin portaattoman voimakkuuspinnan muoto vaikuttaa jakaen pinnan astigmatismin oleellisesti koko linssin pinnalle mainitun yhden osan mainitusta pisteestä toiseen osaan.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen ammattikäyttöön tarkoitettu linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että linssin suurin astigmatismi sijaitsee linssin 0-180° viivan yläpuolella.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen ammattikäyttöön tarkoitettu linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että linssin lisäävän voimakkuuden pääosa sijaitsee linssin valitun osan alapuolella.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen ammattikäyttöön tarkoitettu linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että mainittu pääosa on noin 75%.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen silmälasilinssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että

mainittu optisen stabiilisuuden alue mainitun pisteen ympärillä on tehollisesti pallomainen.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen silmälasilinssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että sekä kauko- että lukuosa määritellään optisen stabiilisuuden alueena, jossa voimakkuus muuttuu asteettain, mutta visuaalisesti ei-havaittavasti pisteen ympärillä ja sitä kohti.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että mainitut optisen stabiilisuuden alueet mainitun kahden etäisyydellä toisistaan olevan pisteen ympärillä ovat tehollisesti pallomaiset.

8. Ammattikäyttöön tarkoitettu linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että se käsittää linssikappaleen, jolla on portaaton voimakkuuspinta, joka määritellään yhtälöllä:

$$z = f(x,y)$$

$$= \xi(u) - (r(u)^2 - [x - \xi(u)]^2 - y^2)^{1/2}$$

jossa

$$\xi(u) = u - r(u) \sin \theta(u)$$

$$\xi(u) = r(u) \cos \theta(u) + \int_0^u \tan \theta(u)\, du$$

$$\sin \theta(u) = \int_0^u [du/r(u)]$$

$$u = h/2 - L + g - (\operatorname{sgn} p)\ (g^2 - [h/4]^2)^{1/2}$$

$$g = (1/2)\ (p + [1/p][y^2 + (h^2/4)])$$

$$p = x - (h/2) + L$$

$$(1/r(u)) = (1/r_D) + ((1/r_R) - (1/r_D)) \sum_{n=1}^{N} [c_n(u + L)^n]$$

h = napojen DP ja RP pystysuuntainen etäisyys

L = navan DP pystysuuntainen etäisyys origon O yläpuolella

r_D = portaattoman pinnan kaarevuuden säde navalla DP

r_R = portaattoman pinnan kaarevuuden säde navalla RP

c_n = vakiokertoimia

N = voimakkuuslain polynomin aste

ja jossa polynomi-voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa suhteellisen suuren, stabiilin kaukokatselualueen ja suhteellisen pienen lähikatselualueen.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen ammattikäyttöön tarkoitettu linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että voimakkuuslaki on neljännen asteen polynomi, jonka kertoimet ovat $c_1 = 0$, $c_2 = 6/h^2$, $c_3 = -8/h^3$, $c_4 = 3/h^4$.

10. Dynaamisen toiminnan linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että se käsittää linssikappaleen, jolla on portaaton voimakkuuspinta lähiosalla, jossa on ensimmäinen tehollisesti vakiovoimakkuus, kaukoosa, jossa on toinen tehollisesti vakiovoimakkuus, sekä väliosa, jossa on asteettainen muuttuva voimakkuus pitkin lähiosan ja kauko-osan välissä olevaa meridiaania, jolloin mainitun dynaamisen toiminnan linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa suhteellisen suuren ja stabiilin kaukokatseluosan ja suhteellisen pienen lähiosan;
jolloin ainakin toinen mainituista kauko- ja lukuosista määritellään optisen stabiilisuuden alueena, jossa voimak-

kuus muuttuu asteettain mutta visuaalisesti ei-havaittavasti pisteen ympärillä ja sitä kohti;
jolloin linssin portaattoman voimakkuuspinnan muoto vaikuttaa jakaeu pinnan astigmatismin oleellisesti koko linssin pinnalle mainitusta yhden osan mainitusta pisteestä toiseen osaan.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen dynaamisen toiminnan linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että linssin suurin astigmatismi sijaitsee linssin 0-180° viivan alapuolella.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen silmälasilinssi, **tunnettu** siitä, että mainittu optisen stabiilisuuden alue mainitun pisteen ympärillä on tehollisesti pallomainen.

13. dynaamisen toiminnan linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että että se käsittää linssikappaleen, jolla on portaaton voimakkuuspinta, joka määritellään yhtälöllä:

$$z = f(x,y)$$

$$= \xi(u) - (r(u)^2 - [x - \xi(u)]^2 - y^2)^{1/2}$$

jossa

$$\xi(u) = u - r(u) \sin \theta(u)$$

$$\xi(u) = r(u) \cos \theta(u) + \int_0^u (0-u) \tan \theta(u) \, du$$

$$\sin \theta(u) = \int_0^u [du/r(u)]$$

$$u = h/2 - L + g - (\text{sgn } p) \, (g^2 - [h/4]^2)^{1/2}$$

$$g = (1/2) \, (p + [1/p][y^2 + (h^2/4)])$$

$$p = x - (h/2) + L$$

$$(1/r(u)) = (1/r_D) + ((1/r_R) - (1/r_D)) \sum_{n=1}^{N} [c_n(u + L)^n]$$

h = napojen DP ja RP pystysuuntainen etäisyys

L = navan DP pystysuuntainen etäisyys origon O yläpuolella

r_D = portaattoman pinnan kaarevuuden säde navalla DP

r_R = portaattoman pinnan kaarevuuden säde navalla RP

c_n = vakiokertoimia

N = voimakkuuslain polynomin aste

ja jossa polynomi-voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa suhteellisen suuren, stabiilin kaukokatselualueen ja suhteellisen pienen lähikatselualueen.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen dynaamisen toiminnan linssi portaattomalla voimakkuuden muutoksella, **tunnettu** siitä, että voimakkuuslaki on kahdeksannen asteen polynomi, jonka kertoimet ovat $c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0$, $c_6 = 28/h^6$, $c_7 = -48/h^7$, $c_8 = 21/h^8$.

15. Portaattomien linssien sarja joka sisältää yleiskäyttöisen portaattoman linssin, ammattikäyttöön tarkoitetun portaattoman linssin ja dynaamisen toiminnan portaattoman linssin, **tunnettu** siitä, että jokainen mainituista linsseistä käsittää linssikappaleen, jolla on portaaton voimakkuuspinta lähiosalla, jossa on suhteellisen suuri voimakkuus, ja kauko-osa, jossa on suhteellisen pieni voimakkuus, jolloin lähiosan ja kauko-osan vakiovoimakkuuden alueet käsittävät oleellisesti kaksi etäisyydellä toisistaan olevaa pistettä linssin portaattoman voimakkuuden pinnalla, jolloin molempia mainittuja pisteitä ympäröi optisen stabiilisuuden alue ja portaattoman voimakkuuden alue, jolloin mainittua kahta etäisyydellä toisistaan

olevaa pistettä yhdistää portaattomasti muuttuvan diopterivoimakkuuden napaviiva, ja jolloin pinta on muotoiltu jakamaan pinnan astigmatismin oleellisesti koko linssin pinnan yli mainittujen kahden etäisyydellä toisistaan olevan pisteen välillä, jolloin mainitun ammattikäyttöön tarkoitetun linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa stabiilin ja suuren lähiosan verrattuna yleiskäyttöisen linssin lähiosaan ja pienen kauko-osan mainitun yleiskäyttöisen linssin kauko-osaan, ja jolloin mainitun dynaamisen toiminnan linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa stabiilin ja suuren kauko-osan verrattuna yleikäyttöisen linssin lähiosaan ja pienen lähiosan verrattuna yleiskäyttöisen linssin lähiosaan.

16. Portaattomien silmälasilinssien sarja joka sisältää yleiskäyttöisen portaattoman linssin, ammattikäyttöön tarkoitetun portaattoman linssin ja dynaamisen toiminnan portaattoman linssin, **tunnettu** siitä, että jokainen mainituista linsseistä käsittää:

linssikappaleen, jolla on lähiosa ja kauko-osa, jolloin lähiosalla on suurempi voimakkuus kuin kauko-osalla;

pinnan vakiona pysyvän keskimääräisen voimakkuuden ääriviivojen sarja, joka ulottuu kauko-osasta lähiosaan ja jossa voimakkuus kasvaa pitkin meridiaania kuljettaessa kauko-osasta lähiosaan;

jolloin ainakin toinen mainituista kauko- ja lähiosista määritellään optisen stabiilisuuden alueena, jossa peräkkäiset vakiona pysyvän keskimääräisen voimakkuuden ääriviivat konvergoivat kohti pistettä;

jolloin linssin portaattoman voimakkuuspinnan muoto tehollisesti jakaa pinnan astigmatismin oleellisesti koko linssin pinnalle mainitun yhden osan mainitusta pisteestä toiseen osaan; ja

jolloin mainitun ammatikäyttöön tarkoitetun linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa stabiilin ja suuren lähiosan verrattuna yleiskäyttöisen linssin lä-

hiosaan ja pienen kauko-osan mainitun yleiskäyttöisen linssin kauko-osaan, ja jolloin mainitun dynaamisen toiminnan linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa stabiilin ja suuren kauko-osan verrattuna yleikäyttöisen linssin lähiosaan ja pienen lähiosan verrattuna yleiskäyttöisen linssin lähiosaan.

17. Portaattomien silmälasilinssien sarja joka sisältää yleiskäyttöisen portaattoman linssin, ammattikäyttöön tarkoitetun portaattoman linssin ja dynaamisen toiminnan portaattoman linssin, **tunnettu** siitä, että jokainen mainituista linsseistä käsittää linssikappaleen, jolla on lähiosa ja kauko-osa, jolloin lähiosalla on suurempi voimakkuus kuin kauko-osalla, jolloin ainakin toinen mainituista kauko- ja lähiosista määritellään optisen stabiilisuuden alueena, jossa on pintojen peräkkäin erilaisten vakiona pysyvien keskimääräisten voimakkuuksien ääriviivojen sarja pisteen ympärillä, jolloin mainitun optisen stabiilisuuden alueen voimakkuuden muuton ei ole havaittavaa, voimakkuuden jatkuvan muutoksen meridiaani mainitun kauko-osan ja mainitun lähiosan välillä, ja jolloin linssin portaattoman voimakkuuspinnan muoto tehollisesti jakaa pinnan astigmatismin oleellisesti koko linssin pinnalle kauko-osasta lähiosaan, jolloin mainitun ammatikäyttöön tarkoitetun linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa stabiilin ja suuren lähiosan verrattuna yleiskäyttöisen linssin lähiosaan ja pienen kauko-osan mainitun yleiskäyttöisen linssin kauko-osaan, ja jolloin mainitun dynaamisen toiminnan linssin meridiaanin voimakkuuslaki tehollisesti aikaansaa stabiilin ja suuren kauko-osan verrattuna yleiskäyttöisen linssin lähiosaan ja pienen lähiosan verrattuna yleiskäyttöisen linssin lähiosaan.

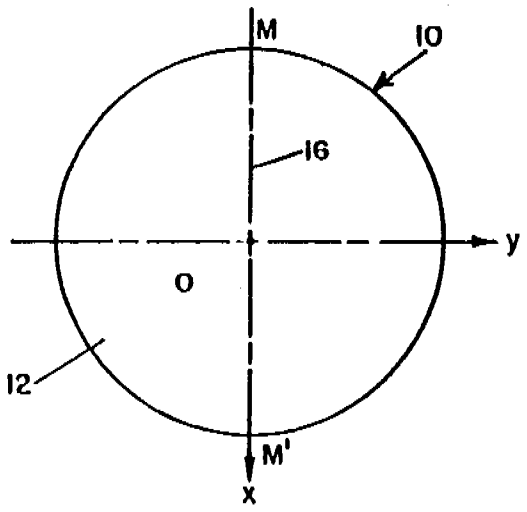


FIG. 1A

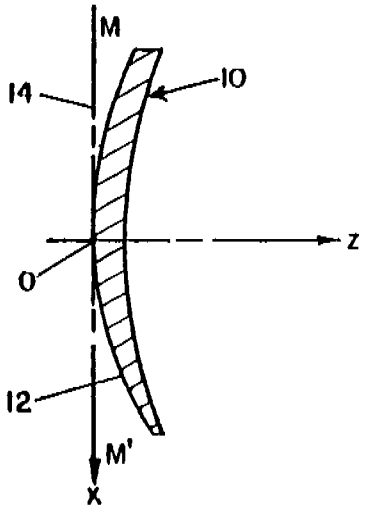


FIG. 1B

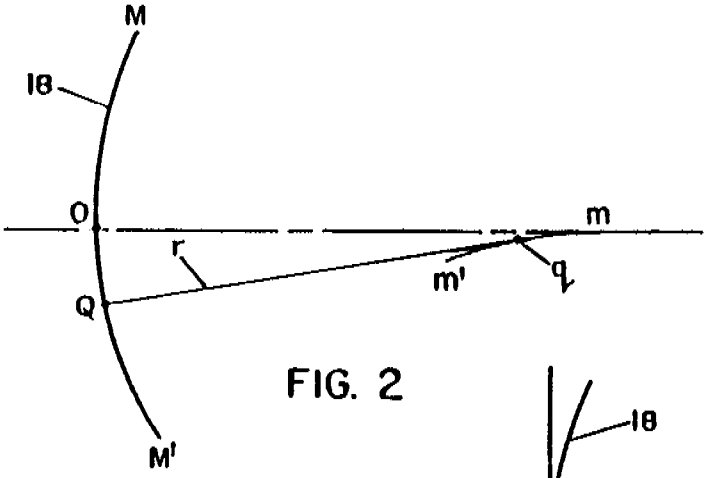


FIG. 2

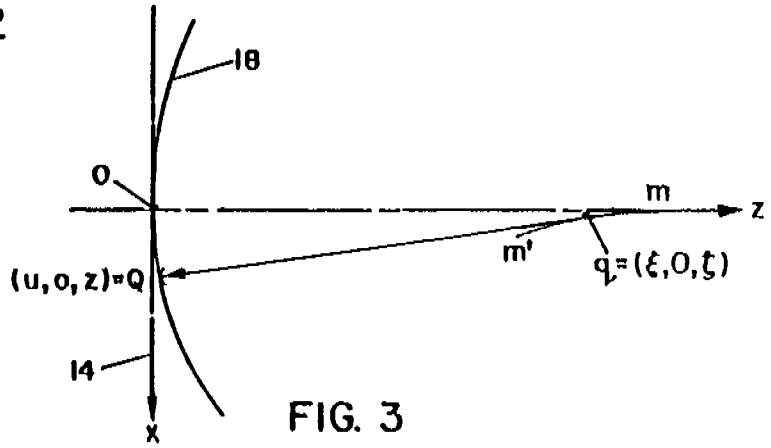


FIG. 3

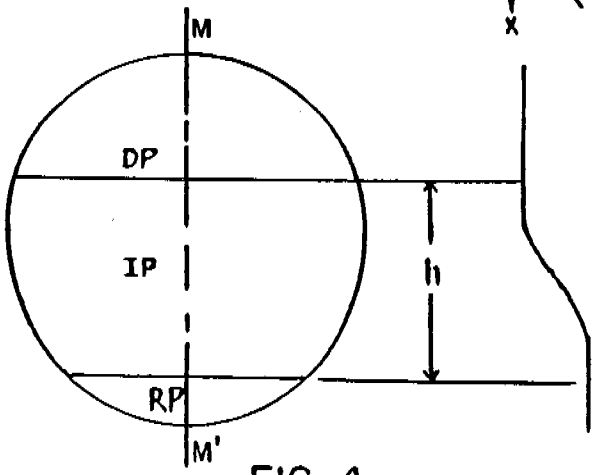


FIG. 4

FIG. 5A

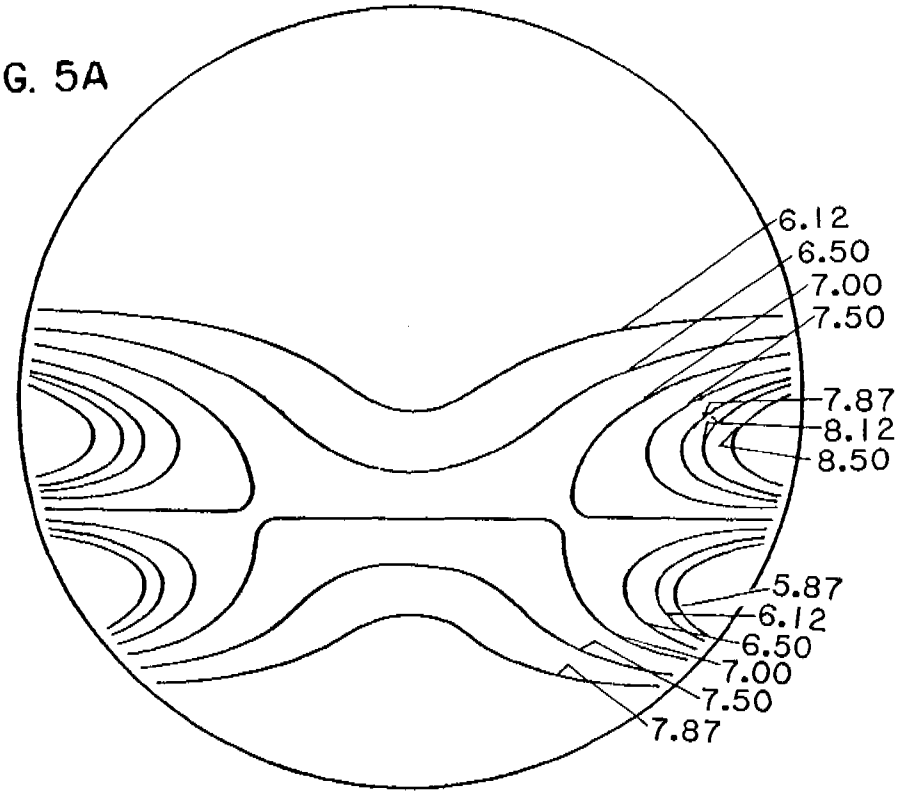
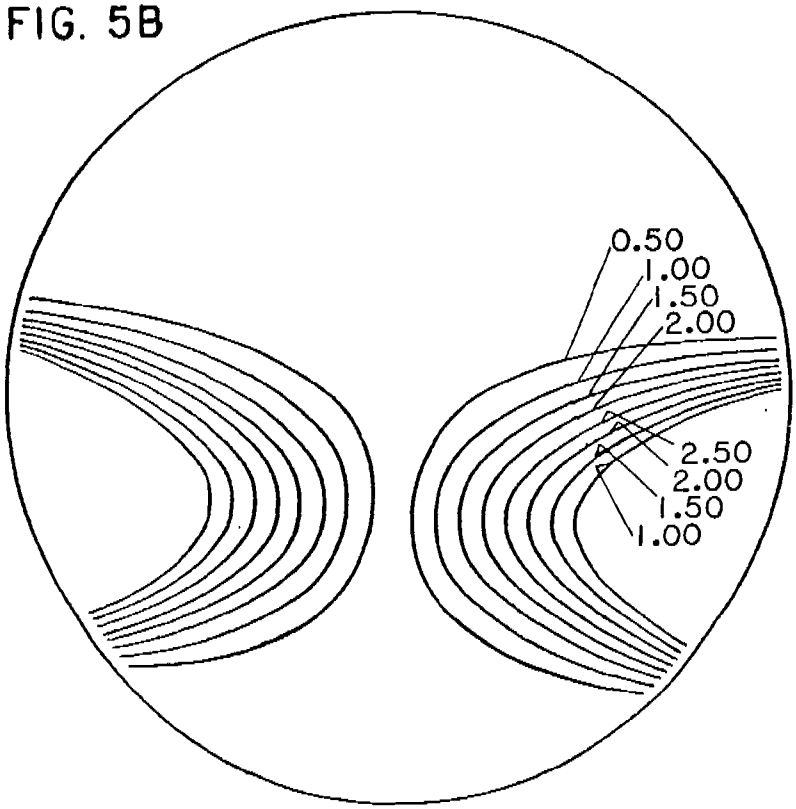

6.12
6.50
7.00
7.50
7.87
8.12
8.50
5.87
6.12
6.50
7.00
7.50
7.87

FIG. 5B


0.50
1.00
1.50
2.00
2.50
2.00
1.50
1.00

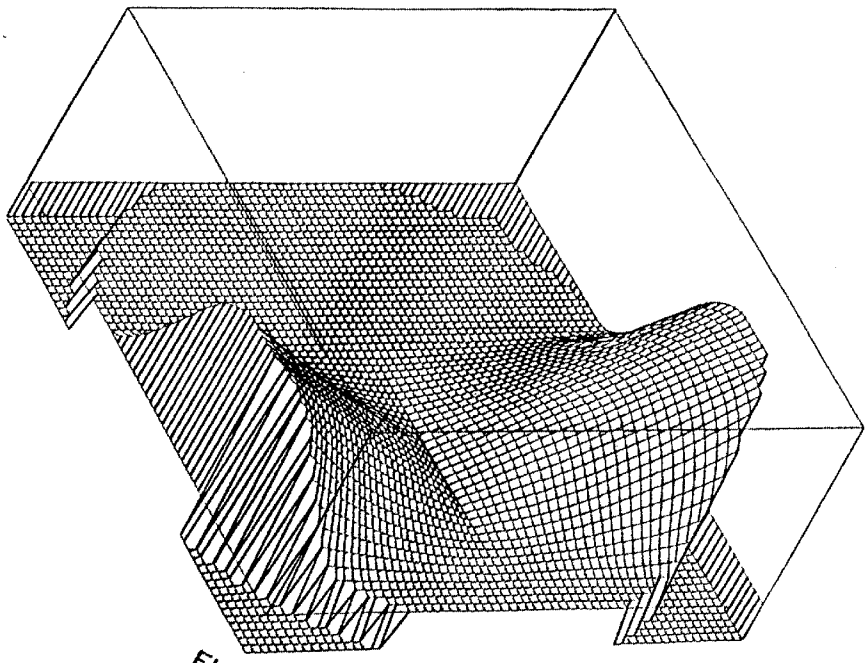


FIG. 5C

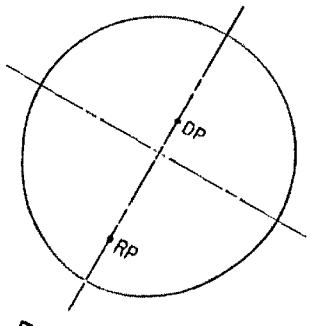


FIG. 6

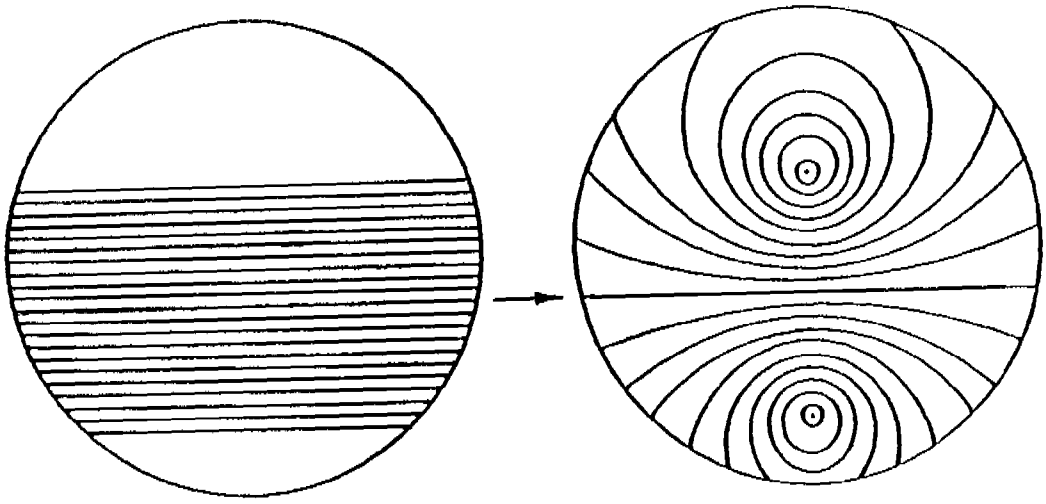


FIG. 7A

FIG. 7B

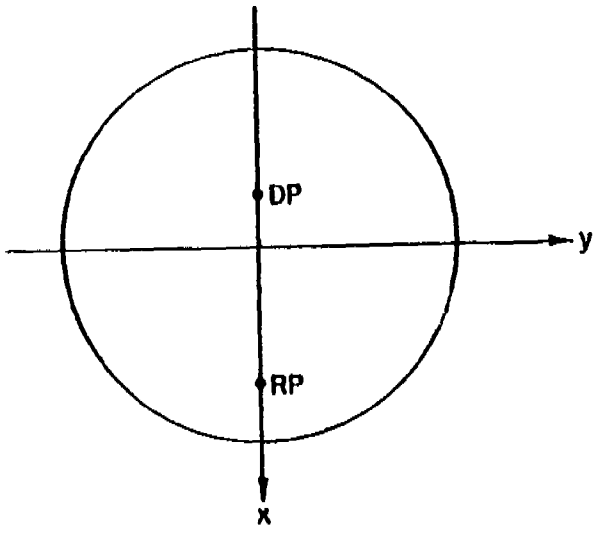


FIG. 8

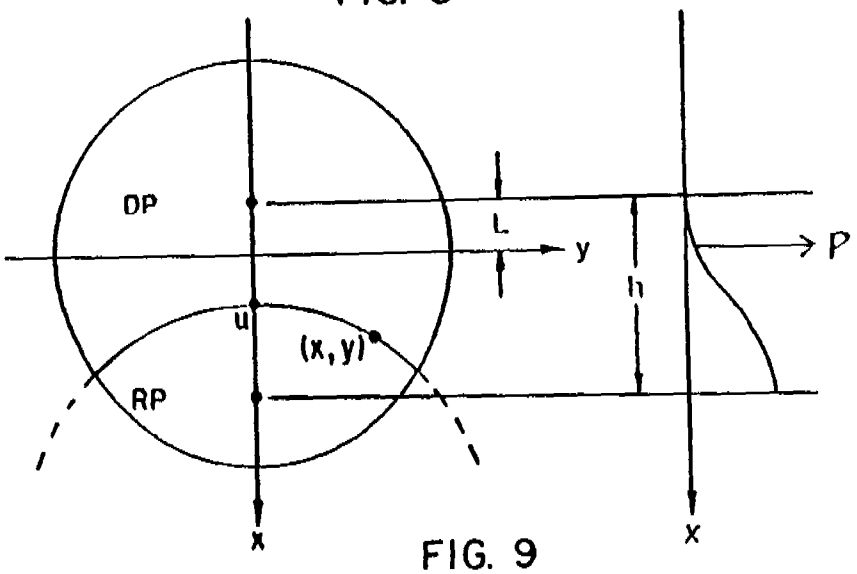


FIG. 9

FIG. 10A

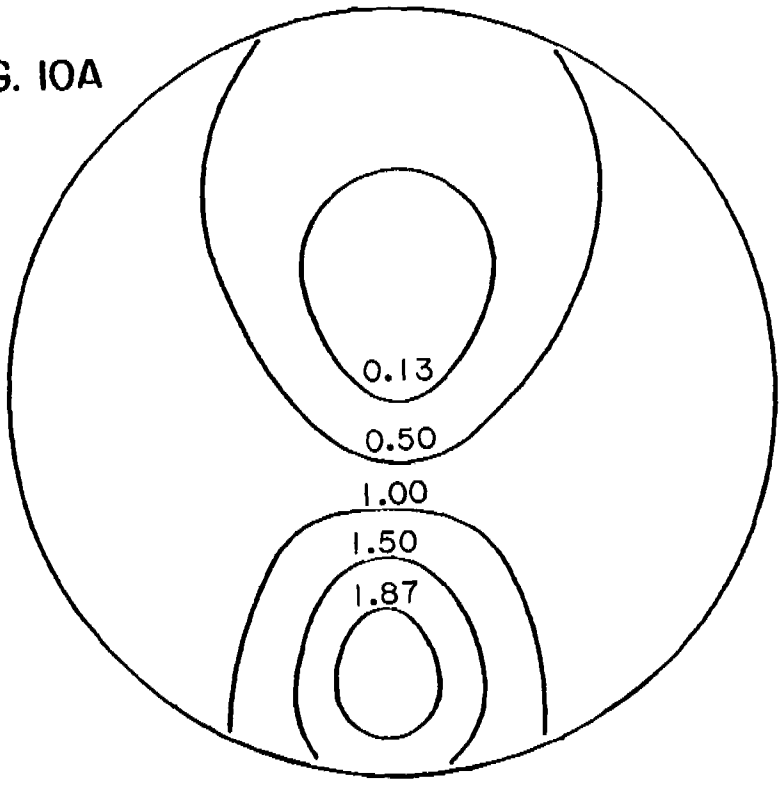
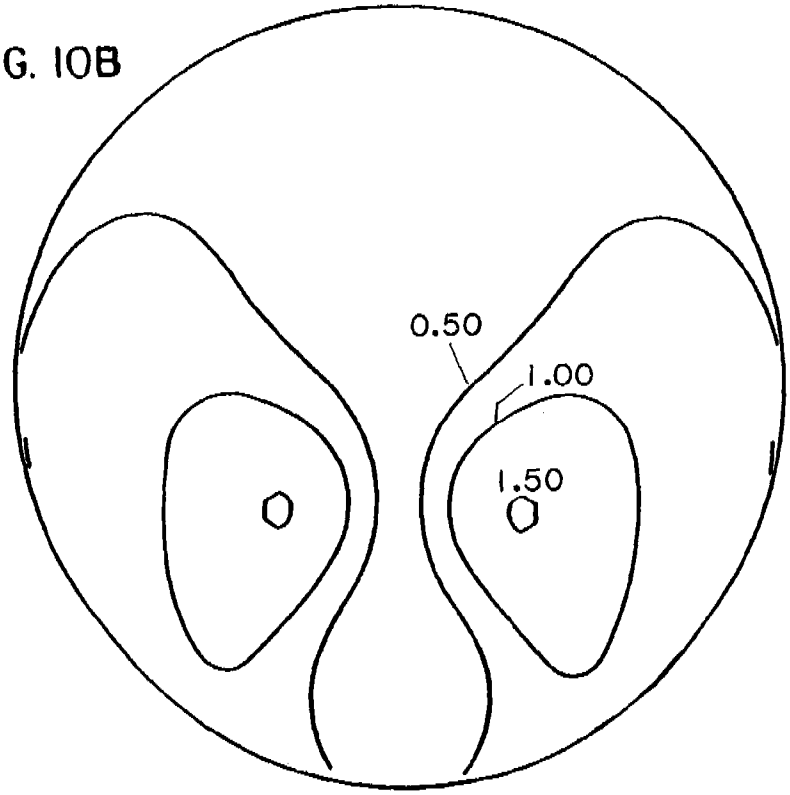


FIG. 10B



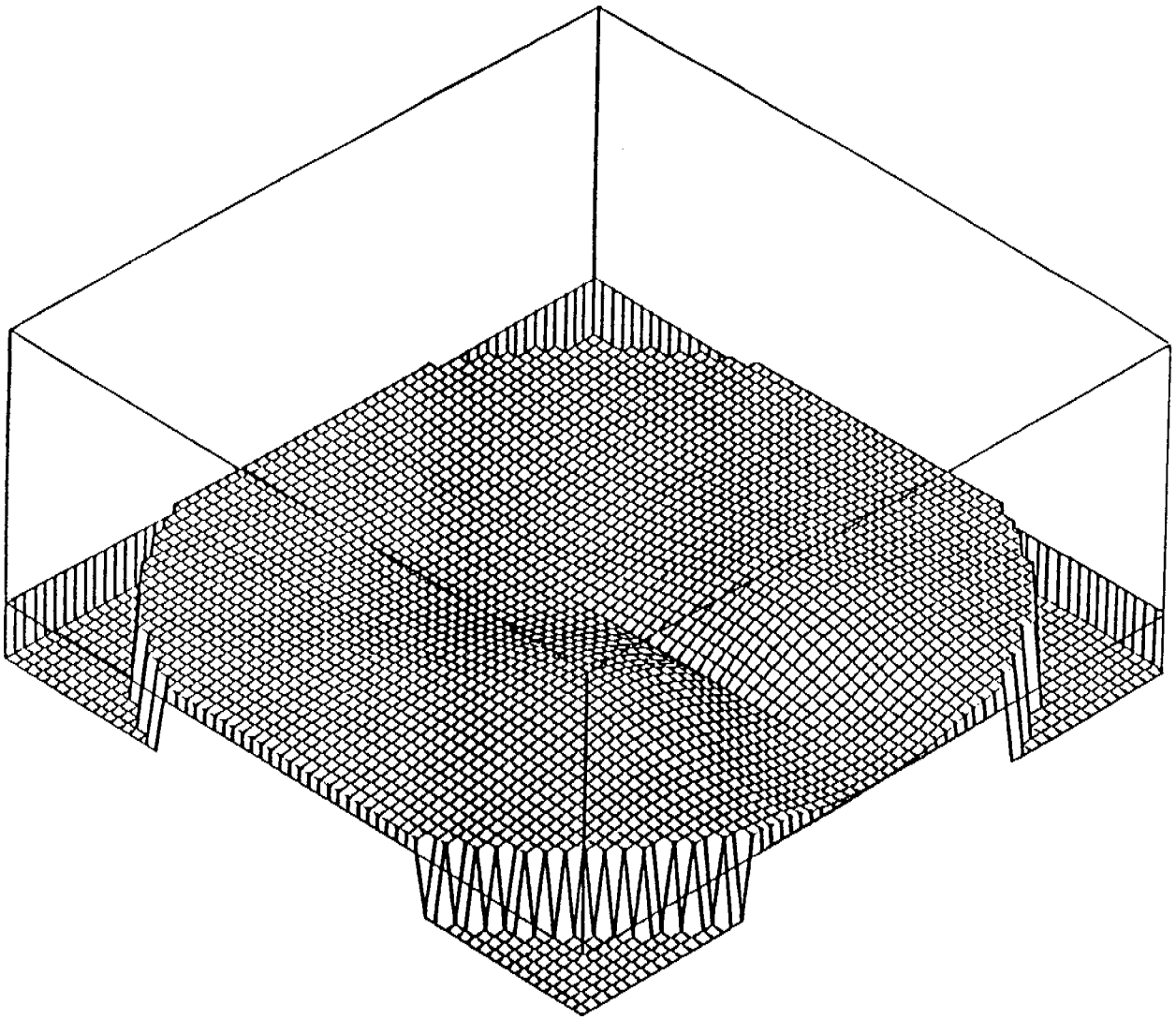


FIG. 10C

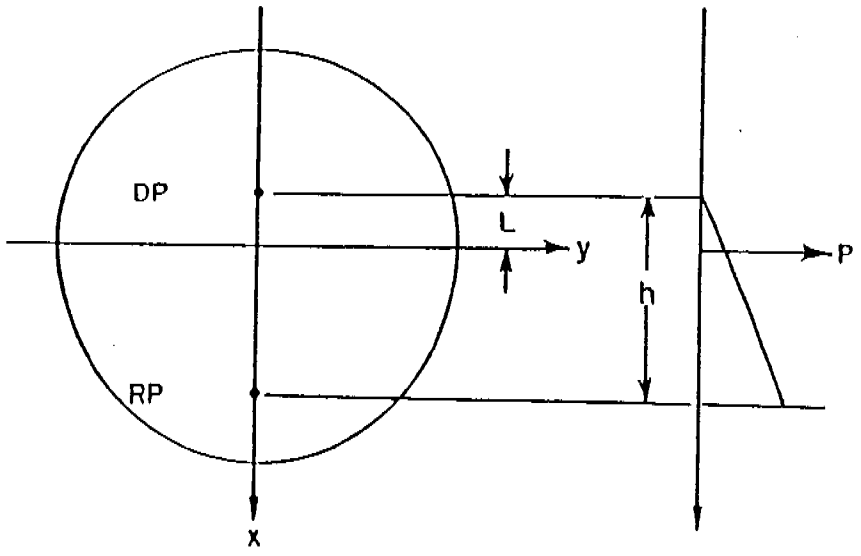


FIG. 11

FIG. 12A

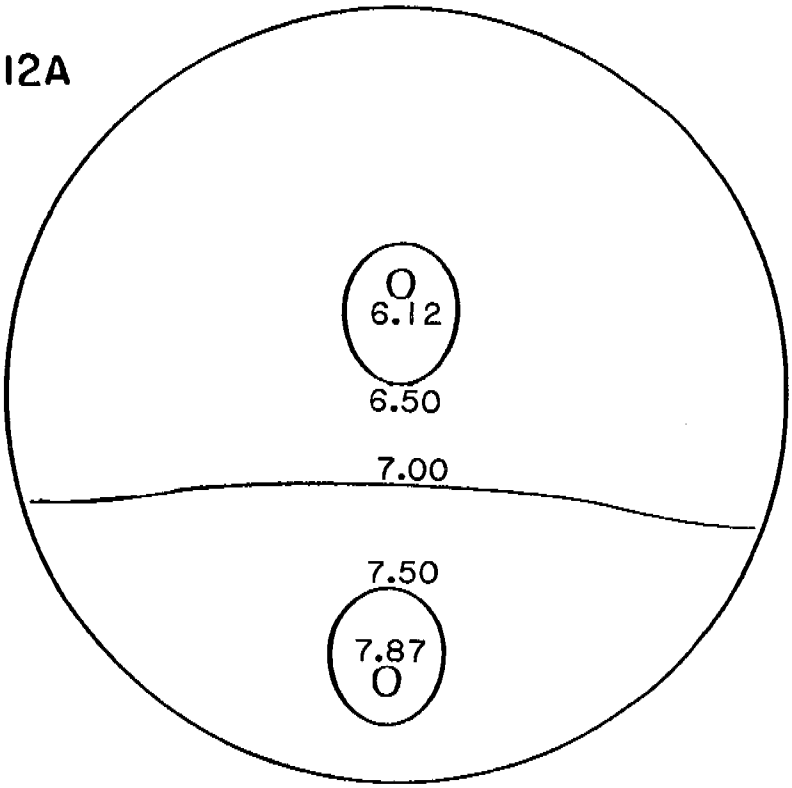
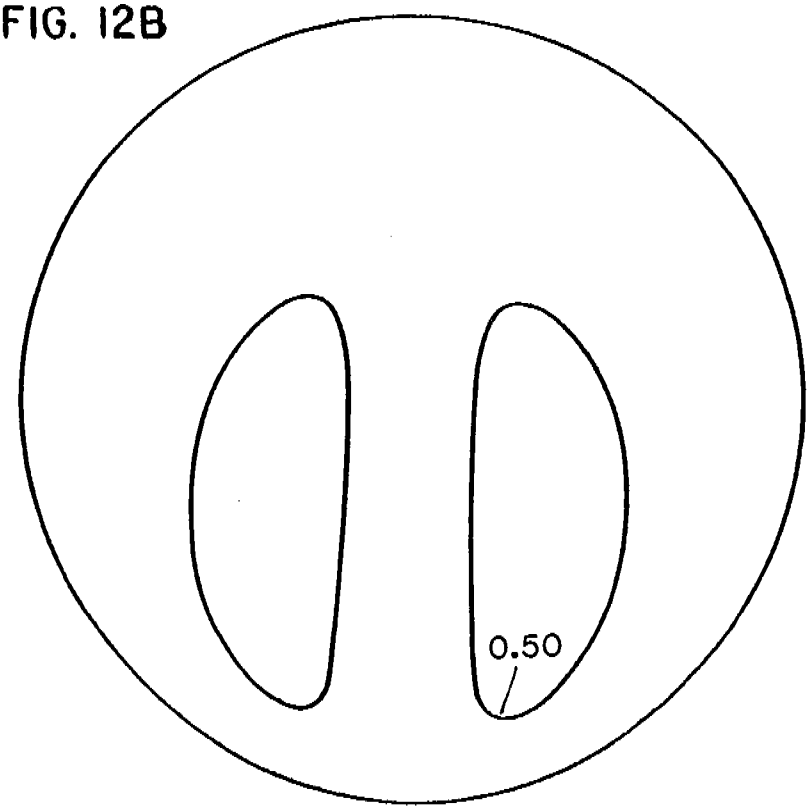


FIG. 12B



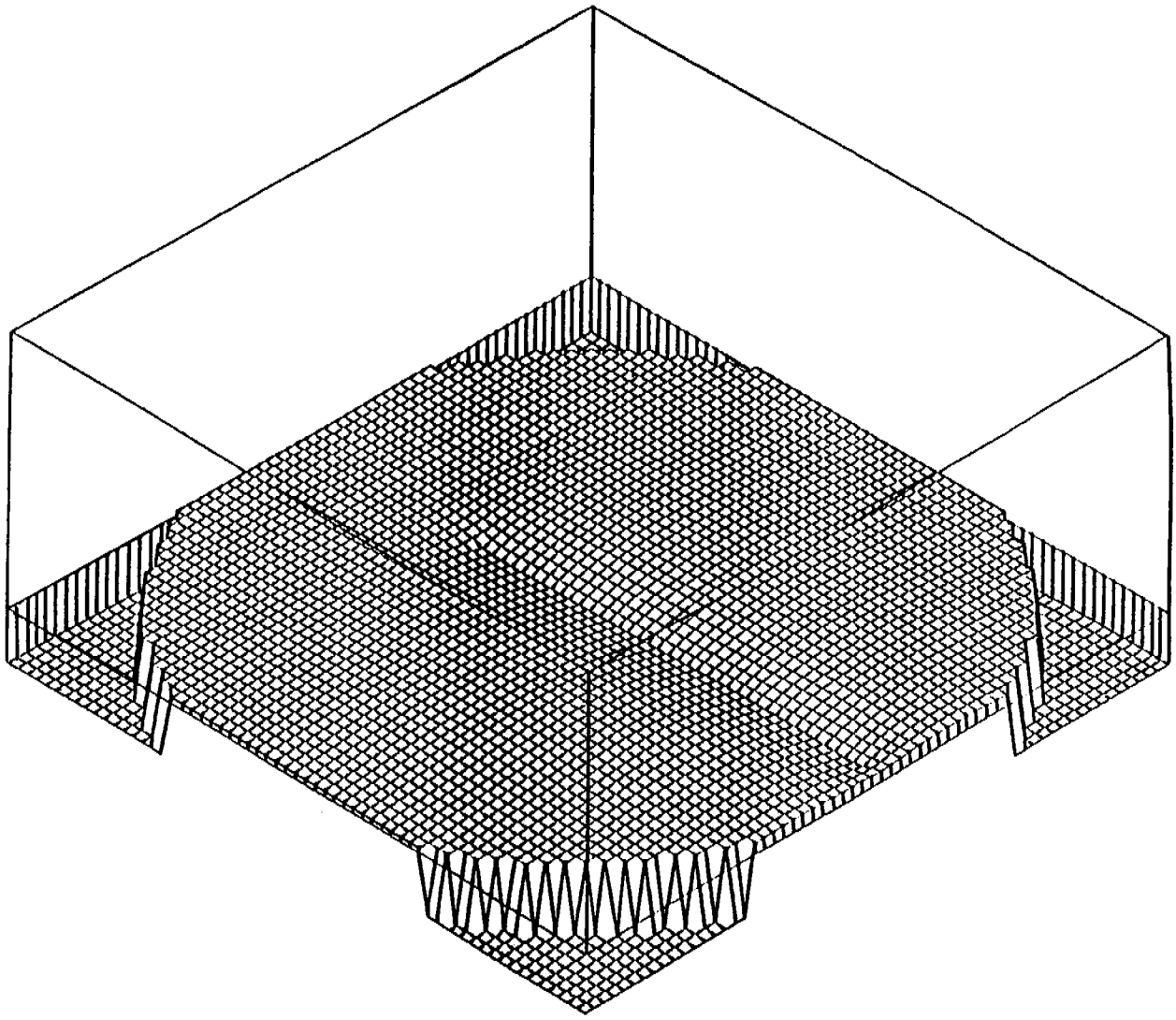


FIG. 12C

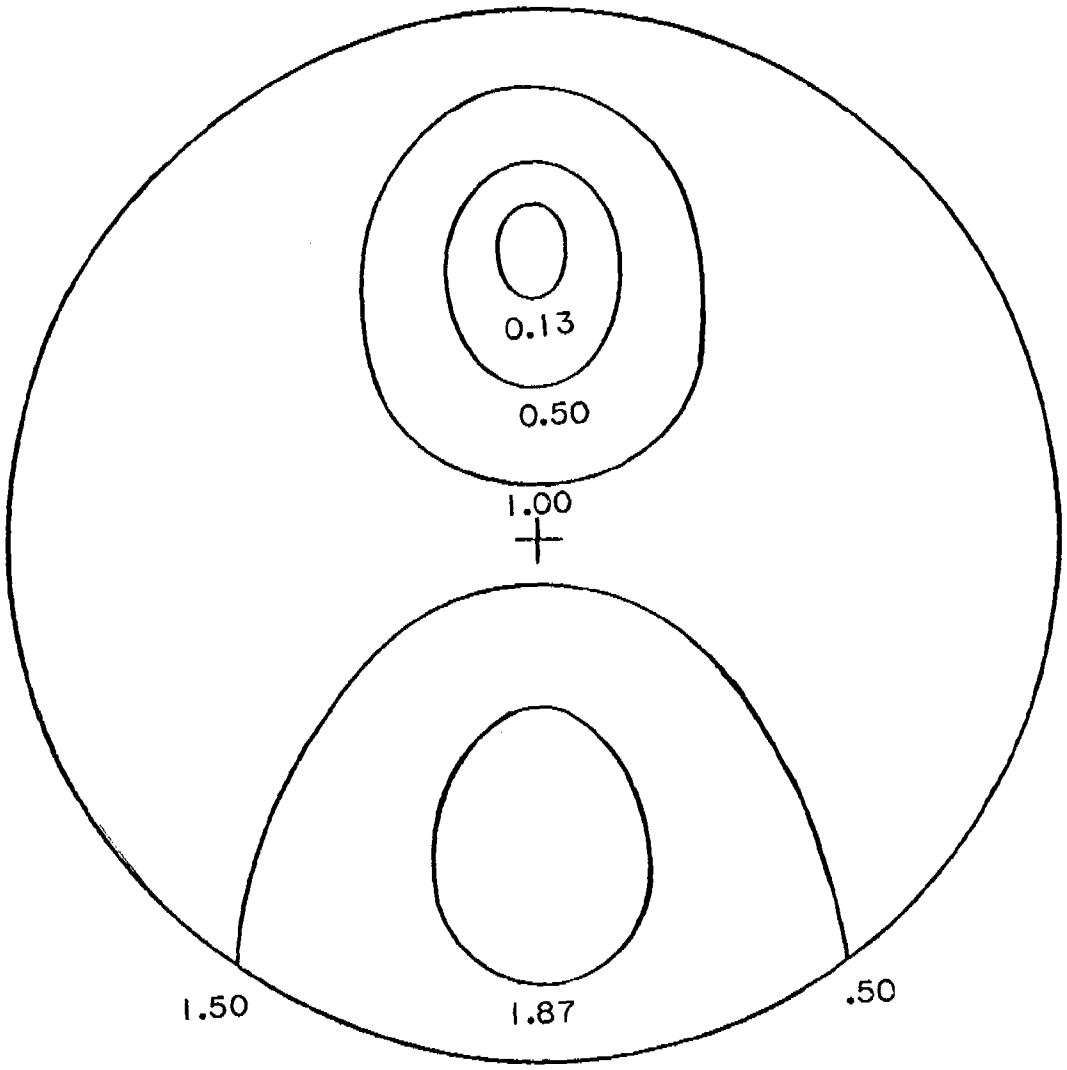


FIG. 13A

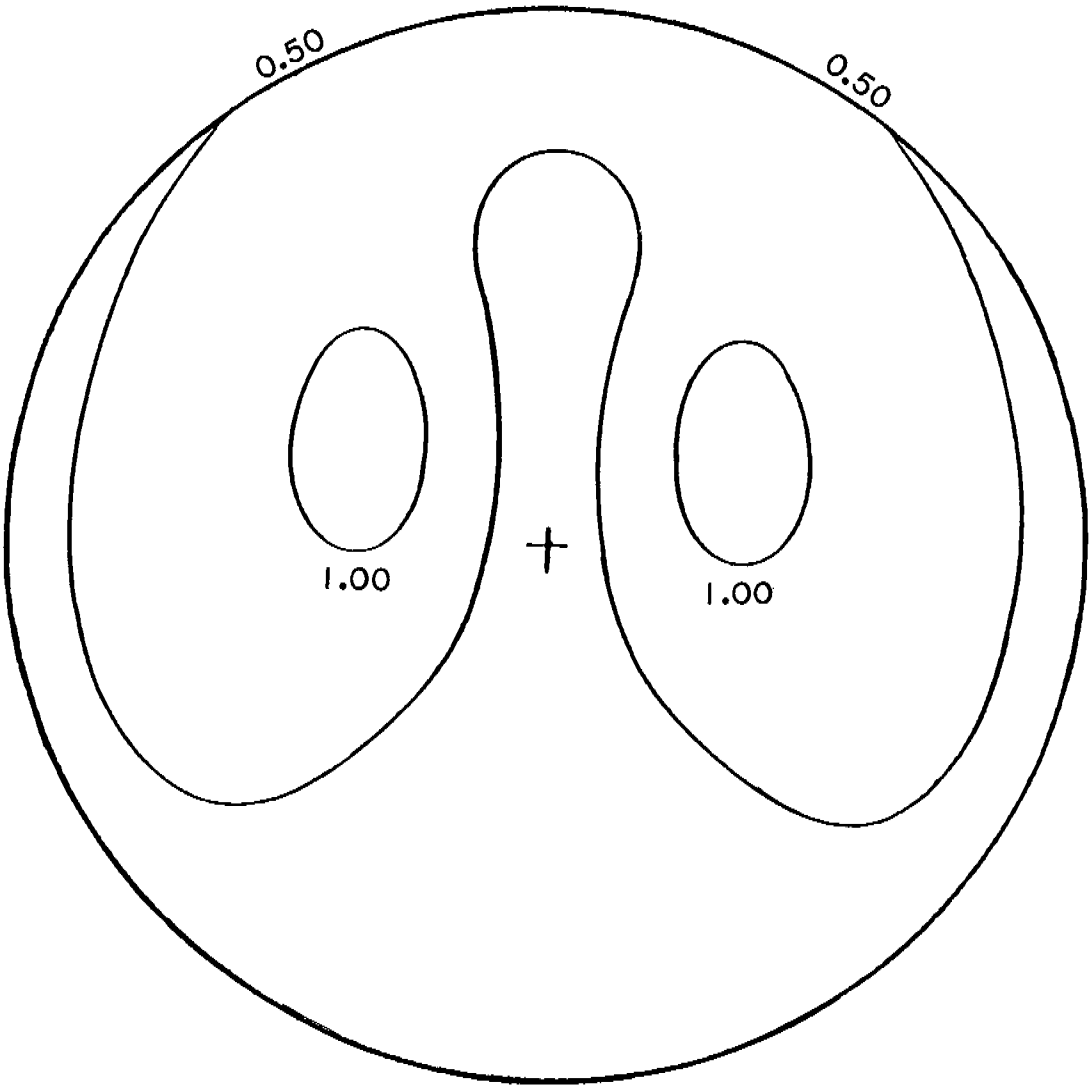


FIG. 13B

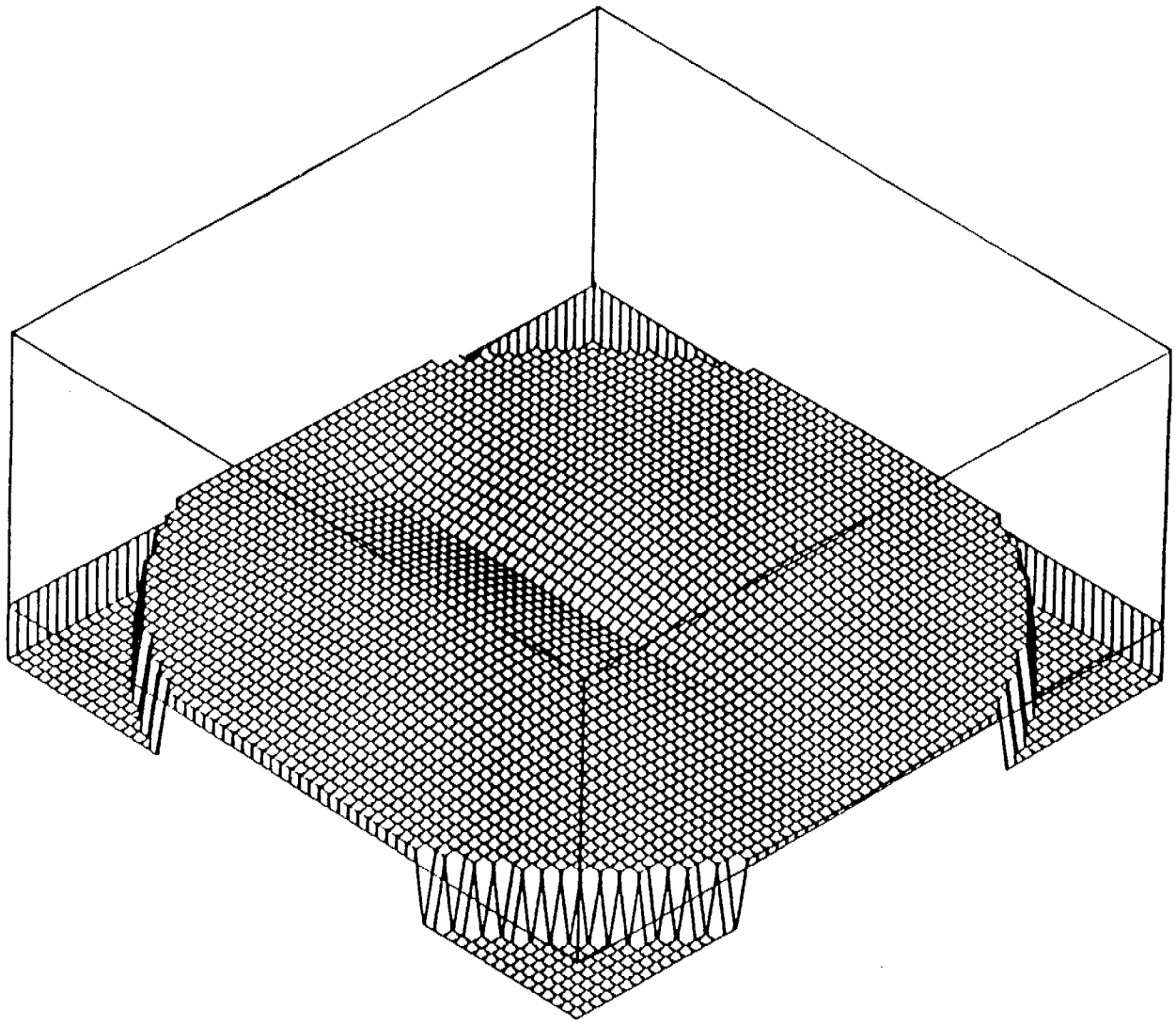


FIG. 13C

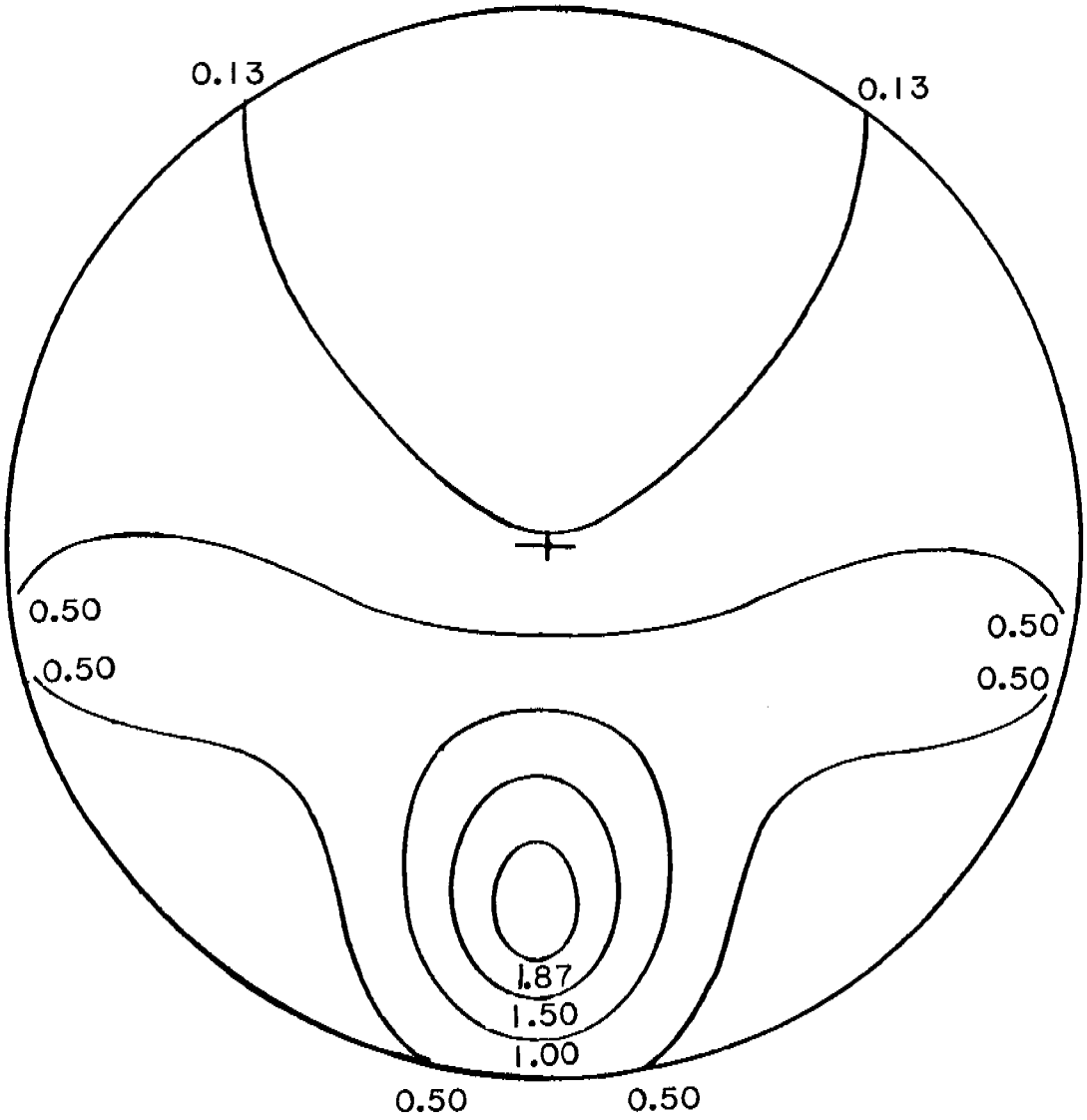


FIG. 14A

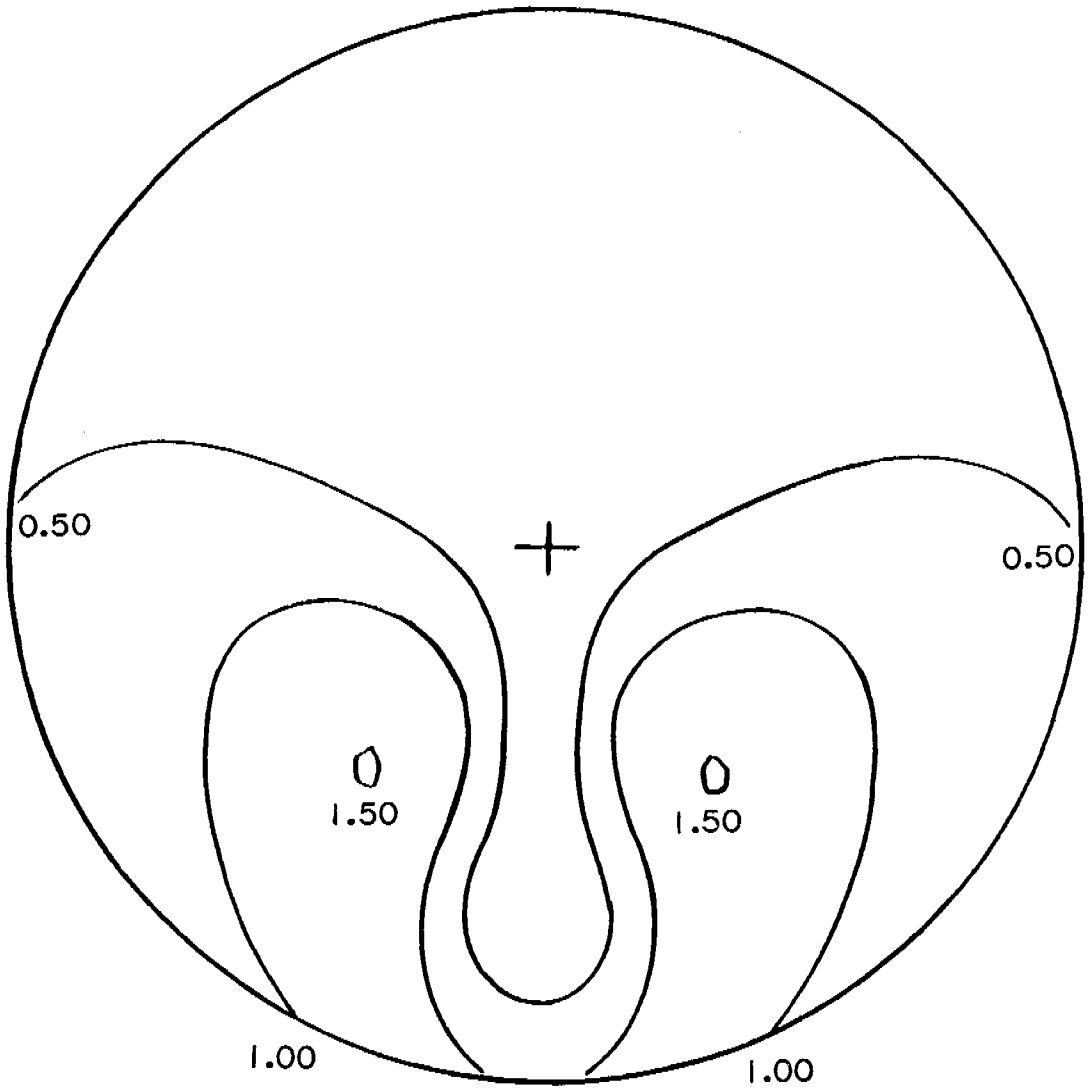


FIG. 14B

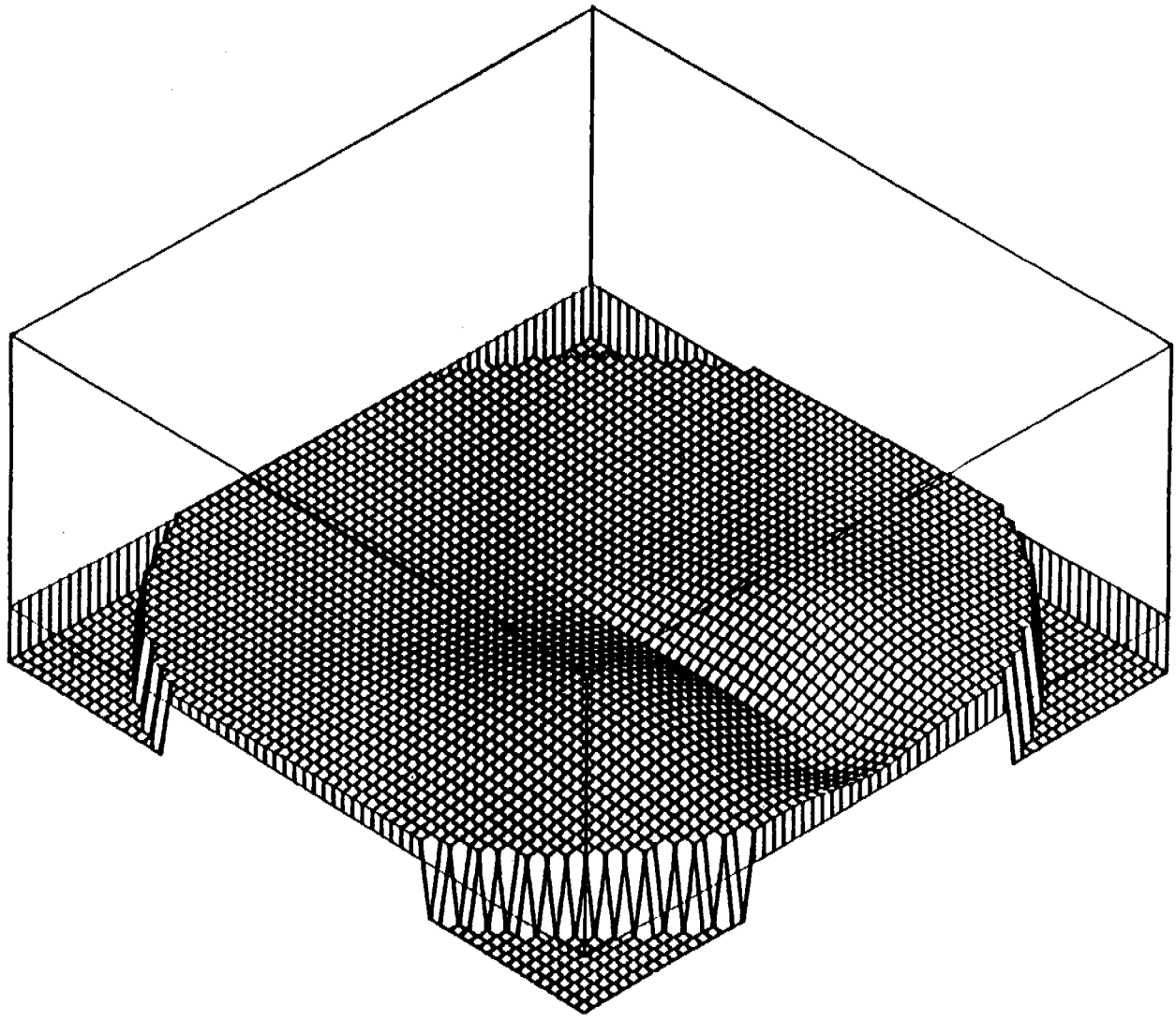


FIG. 14 C