



NORGE

(12) UTLEGNINGSSKRIFT

(19) NO

(11) 180357

(13) B

(51) Int Cl⁶ G 02 B 3/10, G 02 C 7/02

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr	884243	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	23.09.88	(85) Videreføringsdag	24.09.87, US, 100773
(24) Løpedag	23.09.88	(30) Prioritet	01.08.88, US, 226669
(41) Alm. tilgj.	28.03.89		
(44) Utlegningsdato	23.12.96		

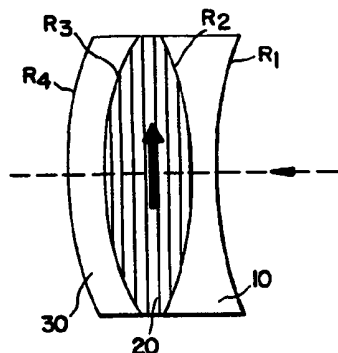
(71) Søker	Werner J. Fiala, Sechshausenstrasse 83, A-1150 Wien, AT
(72) Oppfinner	Søkeren
(74) Fullmektig	Tandbergs Patentkontor AS, 0306 OSLO

(54) Benevnelse **Dobbeltbrytende linsesystem med flere brennpunkter**

(56) Anførte publikasjoner FR A 1236413, US 2317809, US 3758201, US 3990798

(57) Sammendrag

Dobbeltbrytende linsesystem med flere brennpunkter, særlig anvendbart for oftalmiske linser, innbefattet linser for intraokulært bruk, kontaktlinser og brilleglass, og optiske instrumenter og innretninger som omfatter fotoapparater, teleskoper, mikroskoper, kopieringsmaskiner, spektrografiske instrumenter etc.



Foreliggende oppfinnelse bygger videre på US patent-søknad nr. 100 773 av 24/9-1987.

Oppfinnelsen angår et flerkomponents optisk linsesystem med flere brennpunkter og som kan være akromatisk, dvs. korri-
5 gert for ulik brytning av lys med forskjellig bølgelengde, og nærmere bestemt angår oppfinnelsen et slikt system hvor minst én av systemets linsekomponenter er en birefraktiv eller dobbeltbrytende linse.

Dobbeltbrytende linser har vært kjent en viss tid.

10 Blant annet beskriver patentskriftet GB nr. 231 848 en birefraktiv linse som benyttes som en polarisator. Siden en dobbeltbrytende linse generelt spalter et lys til to ortogonalt polariserte lysstråler med oftest forskjellig inklinasjon kan enten et membranfilter eller en isotopisk linse benyttes for å sperre
15 den ene av de to polariserte stråler slik at det kun fremkommer én stråle med en bestemt polarisering av lyset. US-PS 2 317 809 beskriver en plankonveks birefraktiv linse som med sin konvekse side er sementert til en plankonkav isotopisk linse. Linsekombinasjonen virker som en linse med positiv
20 forstørrelse for lys med en bestemt polarisasjon og som en parallell plate uten forstørrelse overfor lys med polarisasjon i et plan normalt på det første. Linsekombinasjonen er bygget inn i en søker for fotografiske formål. I GB-PS 865 361 er en prismatisk dobbeltbrytende linse kombinert med en isotro-
25 pisk deklinse slik at denne linsekombinasjons to ulike forstørrelser eller optiske styrker blir liggende like langt fra dens "målstyrke" (eng.: target power). Dette linsesystem benyttes i et optisk apparat for undersøkelse av et menneskes øye, og apparatet skiller de to avbildninger som dannes av
30 henholdsvis den ordinære og den ekstraordinære strålebunt slik at to avbildninger med forskjellig oppløsning eller avbildningsskarphet samtidig kan betraktes ved siden av hverandre under øyeundersøkelsen. US-PS 3 211 048 viser til en plankonveks/plankonkav dobbellinse av identiske dobbeltbrytende materialer. I den kombinasjonslinse som dannes kan så
35 den ene av de to dobbeltbrytende linser erstattes av en isotropisk linse med plan side. Kombinasjonslinsen er sammenbygget med en spredeinnretning, dvs. et prisme, og en polariseringsinnretning i et spektrometer. US-PS 3 432 238 viser også til doble plankonkav/plankonvekse dobbeltbrytende linser for

å tilveiebringe faseforskyvninger av innfallende polarisert lys. De resulterende interferensmønstre benyttes deretter i et apparat av spektrometertypen.

Siden en dobbeltbrytende linse har én linsestyrke
5 eller forstørrelse for lys med polarisasjon i ett plan og en annen styrke for lys som er polarisert i et plan vinkelrett på det første, kan organer som er innrettet for å dreie polarisasjonsplanet benyttes for å velge den ene eller den andre linsestyrke, dersom det innfallende lys er lineært polarisert. I
10 US-PS 3 410 624 benyttes elektrooptiske aktiveringsorganer (i form av en Kerr-celle) sammen med dobbeltbrytende linser og prizmer. I dette patentskrift redegjøres for at m systemer som hver omfatter en linse og en elektrooptisk celle kan tilveiebringe 2^m brennpunkter. En tilsvarende sammenstilling
15 av n elektrooptiske celler og n dobbeltbrytende linser er beskrevet i FR-PS 1 552 198. US-PS 3 520 592 og artikkelen "Multiple Imagery with Birefringent Lenses" av Eng. et al. i tidsskriftet Applied Optics, Vol. 8, nr. 10, pp. 2117-2120, oktober 1969, beskriver begge optiske fokuseringssystemer som
20 benytter én eller flere birefraktive linser, idet hver linse er kombinert med en aktiveringsinnretning for å dreie lysets polarisasjonsplan eller velge ut bestemte plan. US-PS 3 563 632 angir en digital modulatorinnretning for endring av optisk brennvidde, og modulatorene omfatter en rekke innrettede trinn
25 som hver omfatter en Kerr-celle og en dobbeltbrytende linse med progressiv krumming, og samtlige trinn er neddykket i en felles elektrolytt-tank. Linsene er slik formet at elektrolyttens brytningsindeks blir temperaturkompensert. US-PS 3 565 510 angir anvendelsen av to dobbeltbrytende linser for
30 hver Kerr-celle innenfor et tilsvarende system som det nevnt ovenfor. I artikkelen "Binary polarizing lenses" av Osipov, i Optical Technology, Vol. 40, nr. 5, pp. 277-279 (mai 1973) beskrives en binært polariserende linsekombinasjon som består av plankonvekse og plankonkave dobbeltbrytende linser. Denne
35 linsekombinasjon kan så benyttes sammen med en isotropisk linse for å fremskaffe en parallell referansestråle og en fokusert signalstråle med innbyrdes ortogonal polarisering for bruk i forbindelse med lasere. US-PS 3 758 201 viser en dobbellinse med en plankonveks og en plankonkav dobbeltbrytende enkeltlinse

. innenfor et linsesystem for isotropisk variabel forstørrelse. Dette system anvendes ved øyeundersøkelser. US-PS 3 990 798 beskriver en dobbellinse med en plankonveks og en plankonkav dobbeltbrytende enkeltlinse for anvendelse som eller i et
5 mikroskopokular for å kunne avbilde objekter slik at forskjellige objektplan avbildes i ett og samme avbildningsplan. Plankonveks/plankonkave dobbellinser av dobbeltbrytende materiale er også beskrevet i US-PS 4 566 762 hvor det angis et bifokalt system hvor avbildningene av objekter med forskjellig avstand
10 fra observatøren fremkommer med samme forstørrelse. US-PS 4575849 beskriver plankonveks/plankonkav-linsekombinasjoner som benyttes som faseplater i en kombinasjonsinnretning for optisk filtrering og polarisering. Endeling beskrives i US-PS 2317809 en kombinasjon av to linser, den ene dobbeltbrytende og med sin minste brytningsindeks lik den andre linses brytningsindeks.

Det fremgår fra den kjente teknikk at dobbeltbrytende
15 linser hovedsakelig har blitt benyttet i linsesammenstillinger hvor enkeltlinsene har vært plankonvekse og plankonkave. Slike sammenstillinger er i ett tilfelle benyttet sammen med en isotropisk linse for å fremskaffe en parallell stråle av polarisert lys (artikkelen av Osipov). En kombinasjon av en prisma-
20 tisk dobbeltbrytende og en prismatisk isotropisk linse er beskrevet i det ovenfor nevnte GB-PS 865 361 for å danne to sideliggende avbildninger av ett og samme objekt, med formål øyeundersøkelser. Videre er det foreslått forskjellige løsninger hvor det benyttes en dobbeltbrytende linse og en aktive-
25 ringsinnretning for valg eller dreining av lysets polarisasjonsplan for å få varierende brennvidder.

I den kjente teknikk som fastlegges ved de nå nevnte patentskrifter er det benyttet uorganiske krystaller såsom kvarts- og feltspatkrystaller som det dobbeltbrytende linsemateriale. Dobbeltbrytning kan også oppnås ved å bruke enkelte
30 organiske polymerer. For eksempel beskriver US-PS 4 384 107; 4 393 194; 4 933 196; 4 433 132; 4 446 305; 4 461 886; 4 461 887; 4 503 248; 4 520 189; 4 521 588; 4 525 413; 4 575 547; 4 608 429 og 4 628 125 polymerer som fremviser
35 gode dobbeltbrytningsegenskaper som tilsvarende de optiske brytningsegenskaper som kjennes fra enaksede krystaller. Slike birefraktive polymerer foreslås anvendt sammen med isotropiske sjikt i flersjikts lysoverførende og polariserende innretninger.

Det at en rekke polymerer kan være dobbeltbrytende

. under spesielle forhold, såsom ved strekkpåkjenninger, er kjent. Hele det teknologiske område som dekker fotoelastisitet og påkjenningsanalyse ved hjelp av polarisert lys bygger på dette fenomen. Det er likeledes kjent at dobbeltbrytningen i et poly-
5 mer gjerne er knyttet til strekk som overskrider dets normale elastisitetsområde, og en omtale av dette kan blant annet finnes i US-PS 3 522 985.

Oftalmiske linser, dvs. linser for menneskers visuelle korreksjon, med flere brennpunkter og særlig kontaktlinser
10 med denne egenskap er allerede kjent, for eksempel fra US-PS 3 794 414; 4 162 122; 4 210 391; 4 340 283; 4 338 005; 4 637 697; 4 641 934; 4 642 112 og 4 655 565. Felles for disse linser er at det optiske medium som benyttes ved fremstillingen er isotropisk. Flerbrennpunktsegenskapene oppnås i samtlige av
15 disse beskrevne linser ved en passende geometrisk utforming.

Det er et hovedformål med den foreliggende oppfinnelse å skaffe tilveie et flerfokalt, dvs. bifokalt, trifokalt, kvad-
rofokalt etc. dobbeltbrytende linsesystem som eventuelt kan være kromatisk korrigeret og hvor minst to brennpunkter kan
20 velges helt uavhengig av hverandre.

Det er et annet formål med oppfinnelsen å frembringe et slikt dobbeltbrytende linsesystem hvor det forefinnes et minimum av uønskede brennpunkter eller dioptriske styrker.

Det er nok et formål med den foreliggende oppfinnelse
25 å fremskaffe et multifokalt dobbeltbrytende linsesystem som kan være akromatisk eller ikke være korrigeret for kromatisk aberrasjon og som er overlegent andre sammenlignbare kjente linsesystemer med flere brennpunkter både når det gjelder av-
bildningsklarhet, kromatisk spredning og valgfrihet når det
30 gjelder forstørrelser.

Det er et særlig formål med oppfinnelsen å kunne skaffe tilveie et dobbeltbrytende linsesystem av denne type, fremstilt fullstendig eller delvis av optisk klassifiserte polymerer.

35 Et annet formål med den foreliggende oppfinnelse er å kombinere et dobbeltbrytende linsesystem som eventuelt kan være akromatisk, med ett eller flere lyspolariseringsorganer og eventuelt ett eller flere polarisasjonsfiltre, for å kunne tillate valg av forstørrelse eller forstørrelseskombinasjoner ut fra en rekke tilgjengelige.

Videre er det et formål med oppfinnelsen å kunne fremskaffe et linsesystem av denne type, hvor minst én linseflate kan gis en form uavhengig av de fysiske parametre for det medium som benyttes ved fremstillingen av de enkelte linsekomponenter og uavhengig av de valgte brennpunkter.

Det er dessuten et særlig formål med oppfinnelsen å kunne frembringe et dobbeltbrytende linsesystem som fremviser en vilkårlig grad av kromatisk aberrasjon i det minste i ett av de valgte brennpunkter.

10 Nok et formål med oppfinnelsen er å kunne skaffe tilveie oftalmiske linser, særlig linser for brilleglass, kontaktlinser og intraokulære linser, dvs. linser for hel eller delvis erstatning av øyets linse, basert på det dobbeltbrytende linsesystem som kan være kromatisk korrigert eller ikke.

15 Andre formål med oppfinnelsen omfatter anvendelse av et slikt dobbeltbrytende linsesystem i eller i forbindelse med andre optiske innretninger som diagnoseinstrumenter for øyeundersøkelser, kameraer, teleskoper og kikkerter, mikroskoper, reproduksjonsapparater, optiske benker, spektrografiske
20 instrumenter etc.

I samsvar med formålene er det skaffet til veie et kromatisk ukorrigert multifokalt dobbeltbrytende linsesystem med en gjennomgående stråleakse A, med en første dobbeltbrytende linsekomponent hvis optiske akse Ω står hovedsakelig normalt på stråleaksen A, og minst én andre linsekomponent anordnet inntil
25 den første linsekomponent, hvor linsekomponentenes tilstøtende linseflater har tilnærmet komplementær sfærisk form og samme krumningsradius R_2 , R_3 , og hvor hver andre linsekomponent består av en dobbeltbrytende linse eller en isotropisk linse, og
30 dette linsesystem er kjennetegnet ved å være et oftalmisk linsesystem som - for en innfallende lysstråle med punktformet tverrsnitt og som passerer linsesystemet parallelt med dettes gjennomgående stråleakse A - samtidig fremviser minst to brenn-

5 punkter som kan legges på vilkårlige steder i den ene eller den andre brennvidderetning langs stråleaksen A og på denne, og at krumningen av en av linsekomponentenes tilstøtende og ikke tilstøtende første eller andre linseflate er valgt uavhengig av de minst to brennpunkter.

10 Det er videre i samsvar med oppfinnelsen skaffet til veie et multifokalt dobbeltbrytende linsesystem som er akromatisk for minst ett brennpunkt eller som fremviser en forhåndsbestemt kromatisk aberrasjon for minst ett brennpunkt, som omfatter en første dobbeltbrytende linsekomponent hvis optiske akse Ω står
15 hovedsakelig normalt på stråleaksen A, og minst én andre linsekomponent anordnet inntil den første linsekomponent, hvor linsekomponentenes tilstøtende linseflater har tilnærmet komplementær sfærisk form og samme krumningsradius R_2, R_3 og hvor hver andre linsekomponent består av en dobbeltbrytende linse
20 eller en isotropisk linse, og dette linsesystem er særlig kjennetegnet ved å være et oftalmisk linsesystem som - for en innfallende lysstråle med punktformet tverrsnitt og som passerer linsesystemet parallelt med dettes gjennomgående stråleakse A - samtidig fremviser minst to brennpunkter som kan legges på
25 vilkårlige stedet i den ene eller den andre brennvidderetning langs stråleaksen A og på denne, og videre ved at minst det ene av de to brennpunkters brennvidde er tilnærmet den samme for minst to vesentlig forskjellige bølgelengder av fokusert lys.

30

35

Med uttrykket "anordnet inntil" omfattes også det tilfelle hvor de enkelte linser eller -komponenter har direkte kontakt med hverandre over hovedsakelig hele de motstående flater, og for dette tilfelle kan gjerne uttrykket "komposittlinse" benyttes. Det sistnevnte uttrykk skal også gjelde i de tilfeller hvor hver enkeltlinses motstående flate har en viss, liten avstand fra hverandre i retning av den felleshovedakse, typisk opptil noen få millimeter.

Uttrykket "tilnærmet identisk form eller komplementær krumming", som anvendt for de motsatt stående flater på den første og den andre linsekomponent i det multifokale dobbeltbrytende linsesystem, angir at dersom disse flater føres inn til kontakt med hverandre vil de hovedsakelig få anlegg over hele flaten. I tilfellet "tilnærmet identisk" menes at flatene er tilnærmet plane, dvs. at de har en tilnærmet uendelig krumningsradius, og i tilfellet "tilnærmet komplementær krumming" gjelder dette særlig hvor den ene flate er konveks og den andre komplementært konkav.

Uttrykkene "kombinasjonslinse" eller "sammensatt linse" skal i det følgende forstås som et linsesystem som består av minst to enkeltlinser, også kalt linsekomponenter, idet de to motsatte linseflater på respektive hver linsekomponent tilnærmet har identisk form eller komplementær krumming slik at de to enkeltlinser kan kittes sammen over disse flater slik at det dannes et plankonkavt/plankonvekst linsesystem. Uttrykkene skal også gjelde et linsesystem hvor de motsatt stående linseflater er adskilt en viss avstand slik at én eller flere optiske innretninger forskjellig fra en linse, såsom et polariseringsorgan kan skytes inn mellom linsekomponentene.

Uttrykket "linser i kontakt" vil vise til et linsesystem som omfatter minst to linsekomponenter og hovedsakelig tilfredsstillende det krav at systemets optiske styrke (dioptri)

er lik summen av enkeltstyrkene av hver av linsekomponentene.

Uttrykket "ikke kromatisk korrigeret" henspeiler på at en linse eller et linsesystem har én eller flere optiske styrker som fremdeles til en viss grad er avhengig av det fokuserte (dvs. det gjennomgående) lys på grunn av spredningsegenskapene i det dobbeltbrytende og/eller isotropiske optiske medium som er benyttet ved fremstilling av linsen eller linsesystemet.

Uttrykket "akromatisk" defineres som den egenskap ved et linsesystem med én eller flere styrker, hvor minst én optisk styrke fremviser en dioptriverdi som er den samme for minst to ulike bølgelengder av det fokuserte og gjennomgående lys.

De multifokale akromatiske eller ikke kromatisk korrigerete dobbeltbrytende linsesystemer som den foreliggende oppfinnelse omfatter, bygger på en rekke permutasjoner og kombinasjoner av dobbeltbrytende linsekomponenter sammen med minst én annen dobbeltbrytende linsekomponent og/eller minst én isotropisk enkeltlinse slik som omtalt ovenfor, forutsatt at minst to av de fremviste brennpunkter eller optiske styrker i et slikt system er valgbare på forhånd, at de valgte brennpunkter ligger langs samme "linseakse" for lys som faller inn parallelt med denne, og at et vilkårlig kurveområde på enten den første eller den andre linsekomponent velges uavhengig av de forhåndsvalgte brennpunkter. Innenfor de begrensninger som disse forutsetninger innebærer vil det være mulig å fremstille et linsesystem ut fra et meget stort omfang av multifokale optiske løsninger, slik at et stort antall praktiske krav kan tilfredsstilles. På denne måte omfatter oppfinnelsen for eksempel linsesystemer hvor én enkelt dobbeltbrytende linse er kombinert med én eller flere isotropiske enkeltlinser for å danne en sammensatt linse eller et system av kaskademonterte linser, én dobbeltbrytende enkeltlinse som kan kombineres med minst én annen dobbeltbrytende linsekomponent, enten til en kombinasjonslinse eller et system av kaskadekoblede enkeltlinser som ovenfor, eventuelt med tillegg av én eller flere isotropiske enkeltlinser, etc. Utover dette, og hvilket skal forklares nærmere i det følgende, kan hvilket som helst av de dobbeltbrytende linsesystemer med flere brennpunkter som oppfinnelsen omfatter anvendes sammen med andre polariserende

media eller polarisasjonsfiltre anordnet mellom enkeltstående dobbeltbrytende linsekomponenter og/eller foran eller bak linsesystemet for å gi ytterligere valgmuligheter av de optiske styrker ut fra et større antall tilgjengelige slike.

⁵ Valgomfanget av optisk styrke eller forstørrelse i et slikt multifokalt dobbeltbrytende linsesystem i samsvar med oppfinnelsen kan utnyttes fordelaktig i en rekke anvendelser, særlig ved konstruksjon av oftalmiske bifokale linser hvor til og med relativt store dioptriforskjeller lett kan oppnås ¹⁰ med temmelig tynne linser, og i forskjellige typer optiske instrumenter og apparater som innbefatter teleskoper, linser for fotoapparater eller videokameraer, mikroskoper, kopieringsmaskiner, reproduksjonsapparater, optiske benker og prøveoppstillinger, spektrografiske instrumenter etc.

¹⁵ Oppfinnelsen skal nå gjennomgås i detalj ved beskrivelse av forskjellige utførelseseksempler som støtter seg til de ledsagende illustrasjoner, hvor fig. 1 viser en skjematisk tegning av et dobbeltbrytende linsesystem i samsvar med oppfinnelsen og som utviser en "perfekt geometri", fig. 2 viser ²⁰ skjematisk en dobbeltbrytende linsekomponent som er tiltenkt anvendelse i oppfinnelsens linsesystem, fig. 3A, 3B, 4 og 5 viser skjematisk forskjellige andre utførelsesformer av dobbeltbrytende linsesystemer i samsvar med oppfinnelsen, fig. 6 viser skjematisk et forenklet dobbeltbrytende linsesystem i samsvar med oppfinnelsen, her i kombinasjon med polarisasjonsorganer, fig. 7 viser skjematisk et linsesystem som består av to dobbeltbrytende linser med samtidig mer enn to optiske styrker, fig. 8 viser skjematisk det samme linsesystem kombinert med polariseringsorganer, og fig. 9A og 9B viser skjematisk ²⁵ forfra og fra siden et brilleglass som benytter et dobbeltbrytende linsesystem i samsvar med oppfinnelsen. ³⁰

Nå skal foretrukne utførelsesformer av multifokale dobbeltbrytende linsesystemer som ikke er kromatisk korrigeret gjennomgås:

³⁵ Samtlige kjente dobbeltbrytende linsesystemer har en optisk akse (dvs en akse som går gjennom det indre av det krystallinske dobbeltbrytende medium og som står normalt på det som kan kalles "stråleaksen" og som generelt er linsesystemets gjennomgående, sentrale hovedakse. Se særlig fig.6). Et dobbeltbrytende

lensesystem har to karakteristiske brytningsindekser, nemlig n_o (for de ordinære bølger eller stråler) og n_e (for de ekstraordinære bølger eller stråler), men brytningsindeksen n_e tilkjennegis kun for det tilfelle hvor e-strålene (de ekstraordinære) passerer den dobbeltbrytende linse normalt på linsens optiske akse. For alle andre retninger av det innfallende lys vil e-strålene få en effektiv brytningsindeks $n_{e,eff}$ mellom n_o og n_e . I dette generelle tilfelle vil det ikke være mulig å forutsi med særlig stor sannsynlighet hvilken optisk brytningsevne det dobbeltbrytende lensesystem kommer til å få for e-strålene.

Av denne grunn kan det være ønskelig å benytte et bifokalt lensesystem som fremviser to uavhengig valgbare optiske styrker (inverse brennvidder) med det tilleggstrekk at de ekstraordinære stråler da vil måtte passere den dobbeltbrytende linse i en retning som er begrenset til å være perpendikulær på den optiske akse. Dette tilfelle, hvor altså e-strålene passerer den dobbeltbrytende linse i en retning som ligger normalt på den optiske akse, vil heretter kalles den "perfekt geometriske" utførelse av det dobbeltbrytende beskrevne lensesystem.

Fig. 1 viser en typisk utførelse av et dobbeltbrytende lensesystem med "perfekt geometri", og systemet omfatter en isotropisk linsekomponent 10 med sfæriske flater R_1 og R_2 , og en isotropisk linsekomponent 30 med tilsvarende sfæriske flater R_3 og R_4 , og disse linsekomponenter er henholdsvis plassert foran og bak en dobbeltbrytende linsekomponent 20 med komplementære sfæriske flater R_2 og R_3 . Den dobbeltbrytende linsekomponent 20 har sin optiske akse indikert med en oppovervendt pil (og denne optiske akseretning vil være tilsvarende indikert med piler i de etterfølgende illustrerte eksempler). Kalles de valgte optiske styrker (som også fastlegger de tilsvarende brennvidder) for henholdsvis D_a og D_b for det viste lensesystem, gjelder følgende begrensninger for et bifokalt lensesystem med perfekt geometri:

$$D_{34} + D_o + D_{12} = D_a \quad (1a)$$

$$D_{34} + D_e + D_{12} = D_b \quad (1b)$$

• samt begrensningen for den "perfekte geometri":

$$(n_e - 1) \frac{1}{R_2} = -D_{12} \quad (2)$$

⁵ hvor D_{12} og D_{34} henholdsvis er de optiske styrker (dioptrier) for den fremre og bakre isotropiske linsekomponent, og hvor D_o og D_e er styrkene av de dobbeltbrytende linsekomponenter for henholdsvis o- og e-strålene.

For denne "perfekt geometriske" utførelsesform gjelder ¹⁰ likheten:

$$\frac{D_o}{n_o - 1} = \frac{D_e}{n_e - 1} \quad (3)$$

¹⁵ eller:

$$D_e = m \cdot D_o, \quad (4)$$

hvor $m = \frac{n_e - 1}{n_o - 1}.$ (5)

²⁰ Ut fra dette kan det perfekt geometriske bifokale linsesystem vist på fig. 1 beskrives av likningene:

$$D_o = \frac{D_a - D_b}{n_o - n_e} \times (n_o - 1) \quad (6a)$$

$$D_e = \frac{D_a - D_b}{n_o - n_e} \times (n_e - 1) \quad (6b)$$

$$D_{34} = D_a - D_o - D_{12} \quad (7)$$

³⁰

Hvis for eksempel krummingsradius for den sfæriske flate R_3 velges kan flaten R_2 beregnes ut fra likningene (6a) eller (6b). Deretter kan krummingsradius for flaten R_1 beregnes ut fra den da beregnede krummingsradius for flaten R_2 og likning (2), og sammen med den først bestemte radius for flaten R_3 og likning (7) kan endelig flaten R_4 beregnes. I prinsippet kan hvilken som helst av de fire krumme flater først velges.

I den mer generelle utførelse av et dobbeltbrytende linsesystem uten perfekt geometri går e-strålene gjennom linsen i en retning som ikke nødvendigvis er normalt på den optiske

akse. E-strålene blir følgelig brutt med brytningsindekser som ligger mellom ytterverdiene n_e og n_o , angitt som tidligere som den vilkårlige brytningsindeks $n_{e,eff}$. Siden hverken denne varierende brytningsindeks $n_{e,eff}$ eller strålingsbanene for ⁵ e-strålene i den dobbeltbrytende linse kjennes på forhånd, og siden banene og den variable brytningsindeks er innbyrdes avhengige, kan ikke den praktiske virkning av et linsesystem som benytter dobbeltbrytende linser beregnes direkte ut fra de kjente verdier for n_e og linsens geometri.

¹⁰ En fornuftig beregning av de optiske egenskaper for dobbeltbrytende linser må baseres på en detaljert studie av strålegangen gjennom en slik linse. En slik stråleganganalyse omfatter bestemmelsen av de tredimensjonale komponenter av lysgangvektorene før og etter en vilkårlig orientert grenseflate ¹⁵ mellom et isotropisk og et dobbeltbrytende medium. For en gitt orienteringsretning av den optiske akse for det dobbeltbrytende medium tar beregningen utgangspunkt i en Huygensoppstilling, dvs. det generelle tilfelle hvor et plan tangerer en elliptisk toroide. Det vises her til side 138 i "Concepts of Classical ²⁰ Optics" av J. Strong, W.H. Freeman and Company (1958). Med et gangspunkt i en slik stråleberegning som naturligvis også kan anvendes for de ordinære stråler, vil praktisk talt samtlige aktuelle linseparametre såsom linsenes optiske styrke, avbildningsskarphet, og kromatisk og sfærisk aberasjon kunne utledes. ²⁵ Anvendelsen av Fresnels grenseflateformel for lysgjennomgangen gjennom en grenseflate mellom to optiske media tillater videre beregning av de overførte lysintensiteter gjennom en flersjikts linse.

Det skal nå vises til eksempler av dobbeltbrytende ³⁰ linsesystemer uten perfekt geometri, og eksemplene er i samsvar med oppfinnelsen og støtter seg til figurene 2-5. I eksemplene benyttes følgende symboler:

Verdi	Definisjon
-------	------------

³⁵ DVO	De ordinære strålers bakre optiske toppunktstyrke (eng.: "back vertex power"), beregnet fra gjengse optiske styrkeberegninger for denne parameter.
DVE	De ekstraordinære strålers bakre optiske toppunktstyrke ut fra samme type beregninger.

Verdi	Definisjon
DO	De ordinære strålers bakre toppunktsstyrke beregnet ut fra strålegangen.
DE	De ekstraordinære strålers bakre toppunktsstyrke beregnet ut fra en tilsvarende stråleanalyse.
ACM	Fokuseringsskarphetsforholdet, dvs. forholdet mellom arealet av minste brenn"punkt" og arealet (dvs. tverrsnittet) av linsen.
PTR	Gjennomsnittlig prosentvis overført intensitet ut fra den innfallende intensitet knyttet til en bestemt optisk styrke.
n_o	Den dobbeltbrytende linses brytningsindeks for de ordinære stråler.
n_e	Den dobbeltbrytende linsekomponents brytningsindeks for de ekstraordinære stråler i det tilfelle hvor disse står normalt på den optiske akse.
n_{12}	Den isotropiske linsekomponents brytningsindeks, idet denne linsekomponent har krumme flater med henholdsvis krummingsradius R_1 og R_2 .
n_{34}	Den isotropiske linsekomponents brytningsindeks, idet denne linsekomponent har krumme flater med henholdsvis krummingsradius R_3 og R_4 .
γ	Vinkelen mellom den optiske akse og linseaksen, dvs. linsesystemets hovedakse.
α_r	Vinkelen mellom den innfallende lysstråle og linseaksen.
α_p	Vinkelen mellom det plan som dannes mellom de innfallende lysstråler og linseaksen og det plan som dannes mellom den optiske akse for den dobbeltbrytende linsekomponent og linseaksen.

Verdi Definisjon

R_1, R_2, R_3 og R_4 Krummingsradier for de sfæriske linseflater i linsesystemet i henhold til fig. 2-5.

d Diameteren av linsesystemet.

C_{12}, C_{23} og C_{34} Linsenes sentrale tykkelse i linsesystemet ifølge fig. 2-5.

DF Linsesystemets optiske styrke (i dioptrier) uttrykt som den inverse avstand mellom linsesystemets brennpunkt og sentrum av dets bakre flate.

D_{pr} Den optiske prismestyrke målt i prismatiske dioptrier (1 prismatisk dioptri = 1 cm avvik/m).

Spesifikasjonene for den dobbeltbrytende linsekomponent vist på fig. 2 er følgende:

Frontflatens krummingsradius	:	$R_2 = 7,5 \text{ mm}$
Baksideflatens krummingsradius	:	$R_3 = 7,8 \text{ mm}$
Sentral tykkelse	:	$C_{23} = 0,05 \text{ mm}$
Linsesystemets diameter	:	$d = 6 \text{ mm}$
Orientering av den optiske akse	:	$\gamma = 90^\circ$
Brytningsindekser	:	$n_o = 1,443; n_e = 1,8$
Det innfallende lys' orientering	:	$\alpha_r = 0^\circ$

Tabell 1A: Beregnede verdier for de ordinære stråler gjennom den dobbeltbrytende linsekomponent ifølge fig. 2

DVO	DO	ACM	PTR
2,39	2,84	$4,8 \cdot 10^{-3}$	93%

Tabell 1B: Beregnede verdier for de ekstraordinære stråler i den dobbeltbrytende linsekomponent vist på fig. 2

DVE	DE	ACM	PTR
4,42	5,11	$2,85 \cdot 10^{-3}$	79%

Disse data viser at de aktuelle optiske styrker DO og DE er større enn de tilsvarende styrker DVO og DVE. Dette skyldes den endelige utstrekning i tverretningens spredning av den innfallende lysstråle. Det kan vises at dersom det innfallende lys har null spredning vil DO og DVO falle fullstendig sammen, mens DE og DVE tilnærmet faller sammen. I det tilfelle hvor det innfallende lys faller langs linsesystemets hovedakse vil de to brennpunkter også befinne seg nøyaktig langs denne. Merk at avbildningsskarpheten for e-strålene er særdeles god i forhold til o-strålenes skarphet. Transmisjonstapene for e-strålene vil være større enn for o-strålene siden de første får større avbøyning.

I det dobbeltbrytende linsesystem som er vist på fig. 3A og 3B er den dobbeltbrytende linsekomponent 20 ifølge fig. 2 kombinert med en isotropisk linsekomponent 10 på den ene side og en tilsvarende isotropisk linsekomponent 30 på den motsatte side. Eneste forskjell mellom disse to linsesystemer er orienteringen av den dobbeltbrytende linsekomponents 30 optiske akse, hvilken i dette tilfelle står tilnærmet normalt på hoved- eller linseaksen (fig. 3A) og tilnærmet 60° i forhold til linseaksen (fig. 3B). Linseparametrene for begge disse linsesystemer er valgt slik at systemet blir så og si afokalt for de ordinære stråler (dvs. disse stråler får ingen fokusering eller forstørrelse), mens systemet utviser en positiv optisk styrke for e-strålene. Parametrene er følgende:

Radier	: $R_1 = 7,85 \text{ mm}$
	$R_2 = 7,5 \text{ mm}$
	$R_3 = 7,8 \text{ mm}$
	$R_4 = 7,8 \text{ mm}$
30 Sentral tykkelse	: $C_{12} = 0,04 \text{ mm}$
	$C_{23} = 0,05 \text{ mm}$
	$C_{34} = 0,03 \text{ mm}$
Linsesystemets diameter	: $d = 6 \text{ mm}$
Linsemediets brytningsindeks	: $n_{12} = 1,443$
35	$n_o = 1,443; n_e = 1,8$
	$n_{34} = 1,443$
Det innfallende lys' orientering	: $\gamma = 90^\circ$
Det innfallende lys' retning	: $\alpha_r = 0^\circ$

Tabell 2A: Beregnede verdier for o-strålene i en dobbeltbrytende linsekomponent i henhold til fig. 3A

DVO	DO	ACM	PTR
-0,10	-0,10	$0,75 \cdot 10^{-3}$	93%

Tabell 2B: Beregnede verdier for e-strålene i den dobbeltbrytende linsekomponent ifølge fig. 3A

DVE	DE	ACM	PTR
1,93	2,11	$7,5 \cdot 10^{-3}$	85%

Igjen gjelder at de to brennpunkter blir beliggende eksakt på linsesystemets hovedakse når de innfallende lysstråler ligger parallelt med denne. Den transmitterte intensitet av e-strålene har øket i sammenlikning med tilfellet med den enkle dobbeltbrytende linse (fig. 2), men fokuseringsskarpheten har blitt noe dårligere.

Med fortsatt henvisning til linsesystemet ifølge fig. 3A, skal spesifikasjonene for linsesystemet når det innfallende lys har en retning som danner en vinkel med systemets hovedakse presenteres. De beregninger som har ført til tallene i de oppsatte tabeller Tabell 3 og Tabell 4 begrenses til de ekstraordinære stråler, siden de ordinære stråler følger et forløp som kan bestemmes ut fra kjente isotropiske linser.

I Tabell 3 vises de oppnådde data for en lysstråle som faller inn parallelt med den dobbeltbrytende linsekomponents optiske akse:

Tabell 3: Retningen av det innfallende lys:
 $\alpha_r = 30^\circ$ $\alpha_p = 0^\circ$

DVE*	DF	ACM	PTR	D_{pr}
1,93	1,93	$98 \cdot 10^{-3}$	89%	0,75

* Beregnet for lys som faller inn langs linsesystemets hovedakse.

Ut fra disse data fremkommer at det dobbeltbrytende linsesystem i samsvar med den foreliggende oppfinnelse fremviser en effektiv optisk styrke DF som i praksis er identisk med styrken

DVE for det akseparallele innfallende lys. Ut fra et linsekonstruksjonssynspunkt kan et slikt særtrekk være fordelaktig, særlig når det gjelder en oftalmisk linse, gjerne en kontaktlinse hvor det er ønskelig å opprettholde samme effektive optiske styrke (dioptri) uansett hvilken vinkel det innfallende lys får i forhold til linseaksen, selv om det vil bli noe reduksjon i skarphet ved større vinkler.

I den neste tabell, Tabell 4, vises data for samme linsesystem, hvor også nå lysstrålen faller inn under vinkelen 30° i forhold til linsesystemets hovedakse, men hvor nå polarisasjonsplanet er dreid 90° :

Tabell 4: Retning av det innfallende lys:
 $\alpha_r = 30^\circ, \alpha_p = 90^\circ$

DVE*	DF	ACM (e-stråler)	PTR	D_{pr}
1,93	2,24	$35 \cdot 10^{-3}$	89%	0,74

* Beregnet for akseparallelt innfallende lys.

For denne type innfallende lys viser sammenliknende studier at det dobbeltbrytende linsesystem ifølge oppfinnelsen hovedsakelig tilsvarer et isotropisk linsesystem med samme styrke DVE. De praktiske konsekvenser av dette for eksempel for fremstillingen av en kontaktlinse er at de vanlige optiske sammenhenger og egenskaper også kan anvendes for det foreliggende dobbeltbrytende linsesystem, under forutsetning av at det innfallende lys er som angitt.

De kombinerte data fra Tabell 3 og 4 indikerer at en bifokal kontaktlinse kan lages ved å benytte e-strålegangen for nærbetrakningsfeltet og o-strålegangen for fjernbetrakningsfeltet i linsen. De samme resultater viser videre at den optiske akse for en bifokal kontaktlinse bør orienteres hovedsakelig vertikalt når synsfeltet hovedsakelig strekker seg horisontalt, dvs. fra venstre mot høyre. Hvis omvendt synsfeltet hovedsakelig ligger vertikalt indikerer resultatene fra fig. 3 og 4 at den optiske akse for en bifokal kontaktlinse i dette tilfelle bør ligge tilnærmet horisontalt.

Som forklart ovenfor kreves bare én dobbeltbrytende linsekomponent og én isotropisk slik for å kunne fremskaffe to uavhengige og forhåndsvelgbare optiske styrker. Imidlertid

vil det kunne være fordelaktig å benytte tre- eller flerkomponents linsesystemer for særlige anvendelser. Ett slikt linsesystem som dekkes av den foreliggende oppfinnelse og som er skjematisk vist på fig. 3A viser en skleral kontaktlinse hvor en dobbeltbrytende linsekomponent 20 med en diameter som tilsvarer øyepupillens maksimaldiameter er innstøpt eller innlagt i en isotropisk linsekomponent hvis diameter tilsvarer diameteren av øyets sklera (senehinne). Den isotropiske linsekomponent er da anordnet både på for- og baksiden av den dobbeltbrytende linsekomponent, og på fig. 3A har de to isotropiske linsekomponenter fått henvisningstallene 10 hhv. 30, og de kan betraktes som to separate enkeltlinser i linsesystemet. De forskjellige komponenter kan fremstilles av ett og samme optisk medium eller av forskjellige media. For eksempel kan et dobbeltbrytende polymer såsom et av de som er omtalt i de tidligere nevnte patentskrifter som representerer teknikkens stilling benyttes, eller det kan brukes et orientert polymer, for eksempel polymetylmetakrylat i strukket tilstand, kombinert med et eller annet kjent isotropisk kontaktlinsemedium såsom et hydrometylmetakrylatpolymer eller et (ustrukket) polymetylmetakrylat for å fremstille en bifokal kontaktlinse i samsvar med oppfinnelsen.

Fig. 4 viser nok et dobbeltbrytende linsesystem i samsvar med oppfinnelsen, nå med følgende konstruksjonsparametre for den dobbeltbrytende linsekomponent 20 og den tilhørende isotropiske linsekomponent 30:

Radius	: $R_2 = 38 \text{ mm}$ $R_3 = 50 \text{ mm}$ $R_4 = -50 \text{ mm}$
Sentral tykkelse	: $C_{23} = 0,2 \text{ mm}$ $C_{34} = 1,0 \text{ mm}$
Linsesystemets diameter	: $d = 6 \text{ mm}$
Linsemedium	: $n_o = 1,443$; $n_e = 1,8$ $n_{34} = 1,443$
Orientering av den optiske akse	: $\gamma = 90^\circ$
Retning av det innfallende lys	: $\alpha_r = 0^\circ$

Tabell 5A: Beregnede verdier for o-strålene i den dobbeltbrytende linsekomponent ifølge fig. 4

DVO	DO	ACM	PTR
20,63	20,77	$0,007 \cdot 10^{-3}$	93%

Tabell 5B: Beregnede verdier for e-strålene i den dobbeltbrytende linsekomponent ifølge fig. 4

DVE	DE	ACM	PTR
22,96	23,03	$0,008 \cdot 10^{-3}$	88%

Resultatene fra disse tabeller indikerer at oppfinnelsens dobbeltbrytende linsesystem kan benyttes som en bifokal intraokulær linse.

Som vist på fig. 3B er det dobbeltbrytende linsesystem i samsvar med oppfinnelsen bifokalt også når den optiske akse har en retning som avviker fra normalen på linse- eller hovedaksen.

Tabell 6A: Beregnede verdier for o-strålene i den dobbeltbrytende linsekomponent ifølge fig. 3B

DVO	DO	ACM	PTR
-0,10	-0,10	$0,75 \cdot 10^{-3}$	93%

Tabell 6B: Beregnede verdier for e-strålene i den dobbeltbrytende linsekomponent ifølge fig. 3B

DVE**	DE	ACM	PTR
1,93	1,80	$0,68 \cdot 10^{-3}$	85%

**Beregnet for $\gamma = 90^\circ$

Som det fremgår av det foregående har den optiske styrke for e-strålene øket, og dette skyldes det faktum at den effektive brytningsindeks $n_{e,eff}$ er mindre enn n_e . Avbildningsskarpheten for de ekstraordinære stråler vil være dårligere enn i tilfellet hvor $\gamma = 90^\circ$. Det er derfor bare i få tilfeller det er gunstig å benytte andre vinkler enn $\gamma = 90^\circ$ mellom den optiske akse og linsesystemets hovedakse.

Imidlertid vil linseparametrene for mindre avvik fra $\gamma = 90^\circ$ fremdeles være tilfredsstillende og det er således

innenfor oppfinnelsens ramme å kunne bøye til en folie av et dobbeltbrytende polymer med sin optiske akse i folieplanet slik at det dannes en sylindrisk flate hvis sylinderakse ligger normalt på den da ikke rette, men sirkulært bøyde optiske akse. Sylinderens radius kan for eksempel tilsvare en av krummingsradiene for den dobbeltbrytende linse. En nærmere undersøkelse av en slik folielinse viser at den tilnærmet virker på samme måte som en linse som har en optisk akse normalt på den gjennomgående linseakse. Denne tilnærmelse er stadig bedre etter hvert som cylinderradius økes.

I de tidligere omtalte utførelsesformer ble en dobbeltbrytende linsekomponent kombinert med én eller to isotropiske tilsvarende linsekomponenter for å skaffe tilveie to ulike optiske styrker med full innbyrdes valguavhengighet, selv når det fremdeles gjenstår en fri geometrisk parameter innenfor denne kombinasjonslinse. I det tilfelle hvor linsesystemet skal danne en kontaktlinse er den frie geometriske parameter tilgjengelig for konstruksjon av systemets bakre flates krumming. Dette kan også generelt oppnås ved å kombinere to dobbeltbrytende linsekomponenter. For å kun frembringe to optiske styrker må vinkelen mellom de optiske akser for de respektive to dobbeltbrytende linser være 90° slik at de ordinære stråler gjennom den første dobbeltbrytende linse vil gå over til å være ekstraordinære stråler i den andre og motsatt. En slik kombinasjon som kan kalles "kryssdobbeltbrytende" er indikert med linsesystemet vist på fig. 5.

Konstruksjonsparametrene for dette linsesystem som er bygget opp av to dobbeltbrytende linsekomponenter 20 og 21 er:

30

Krummingsradius for fremre flate	: 7,9 mm
Krummingsradius for midtre flate	: 7,5 mm
Krummingsradius for bakre flate	: 7,8 mm
Sentral tykkelse, første linse	: 0,06 mm
Sentral tykkelse, andre linse	: 0,06 mm
Linsesystemets diameter	: 6,0 mm
Optisk medium, første linse	: $n_o = 1,443$; $n_e = 1,8$
Optisk medium, andre linse	: $n_o = 1,443$; $n_e = 1,8$
Orientering av optiske akser	: $\gamma_1 = \gamma_2 = 90^\circ$

35

Vinkel mellom optiske akser : 90°
 Retning av innfallende lys : $\alpha_r = 0^{\circ}$

I de beregninger som fører til resultatene vist i den nå følgende Tabell 7, inngår følgende uttrykk:

Verdi Definisjon

DOE Samlet optisk styrke for de ordinære stråler i den første og de ekstraordinære stråler i den andre linse

DEO Samlet optisk styrke for de ekstraordinære stråler i den første og de ordinære stråler i den andre linse

DVOE og DVEO Tilsvarende optiske styrker fremkommet ved konvensjonell beregning av den bakre topp-punktsstyrke.

Tabell 7: Beregnede verdier for det dobbeltbrytende linsesystem ifølge fig. 5

<u>DVOE</u>	<u>DOE</u>	<u>DVEO</u>	<u>DEO</u>
1,60	1,84	-2,66	-2,82

Avbildningsskarpheten i dette linsesystem er for akseinnfallende lys av samme størrelse som i det isotropisk dobbeltbrytende linsesystem vist på fig. 3A.

Kryssdobbeltbrytning vil kunne gi større styrkeforskjeller for de to ortogonalt polariserte utgående lysstråler, selv med svært tynne linser. Følgelig vil slike linsesystemer med fordel kunne anvendes for kontaktlinser.

De viste og beskrevne utførelsesformer indikerer at et dobbeltbrytende linsesystem ifølge oppfinnelsen med fordel kan benyttes som en oftalmisk kontaktlinse eller som en intraokulær linse hvor minst to optiske styrker kreves, for eksempel minst én for avstandsbetraktning og minst én for betraktning av nærmere objekter, gjerne kalt lesestyrke.

Slike utførelser av det foreliggende dobbeltbrytende linsesystem kan også tjene som eller innbefattes i oftalmiske brilleglass. En foretrukket utførelse av en slik linse for

'anvendelse som brilleglass er vist på fig. 9A og 9B, idet linsepartiet 40 er brilleglassets bifokale dobbeltbrytende del, dvs. et dobbeltbrytende isotropisk linsesystem for lesing og avstandsbetraktning, og linsepartiet 50 er brilleglassets⁵ monofokale del for avstandsbetraktning og fremstilt av et konvensjonelt isotropisk medium. I brilleglasset vist på fig. 9A og 9B er styrken av linsepartiet 40 for de ordinære stråler den samme som styrken i linsepartiet 50. Fortrinnsvis er det isotropiske medium som benyttes i partiene 40 og 50 det samme,¹⁰ for eksempel polyakrylat, og det dobbeltbrytende medium som er med på å bygge opp den dobbeltbrytende linsekomponent i linsepartiet 40 av strukket polyakrylat. Når brillebrukeren skal lese benyttes primært de akseinnfallende lysstråler, dvs. øyebevegelsen er slik at det dannes en rett linje (som¹⁵ sammenfaller med linseaksen) mellom den leste tekst og øyets pupille. En slik øyebevegelse vil vanligvis ikke kreve hodebevegelse i tillegg. Typiske leseavstander beregnet fra øyets forside vil være ca. 40 cm, og en typisk trykket tekst har gjerne en horisontal utstrekning på ca. 20 cm. Følgelig må²⁰ øyets linseakse dekke en horisontal vinkel på ca. 30° ved normal lesing. Brilleglasset plasseres typisk 12 mm foran øyets forside, dvs. dets cornea (hornhinne) og derfor behøver ikke det parti av brillen som skal ha den riktige lesestyrke strekke seg over særlig mer enn 1 cm i horisontalretningen.²⁵ I alle tilfeller behøver ikke brillens lesefelt være bredere enn ca. 2 cm. I vertikal retning behøver ikke lesefeltet være høyere enn mellom 1 og 1,5 cm, og dette felt kan fortrinnsvis være plassert nær den nederste del av brilleglasset slik som vist på fig. 9A og 9B.

³⁰ Anvendelsen av dobbeltbrytende bifokale linsesystemer for et slikt innlagt brillefelt for leseavstander gir betydelige fordeler overfor konvensjonelle tofelts bifokale briller hvor begge soner er monofokale. Selv om de ovenfor anførte betraktninger for de nødvendige dimensjoner for brillens lesefelt³⁵ også kunne gjelde for konvensjonelle bifokale brilleglass, vil slike glass vanligvis ha langt større utstrekning på lesefeltet. Dette skyldes hovedsakelig det faktum at vanlige brilleglass med slike små innlagte lesefelter gjerne anses å være kosmetisk mindre tiltalende.

Dobbeltbrytende linsesystemer vil, i sammenlikning

med dette og anvendt som brilleglass gi samme utseendemessige inntrykk som monofokale glass, hvilket betyr at det innlagte nærbetraktningfelt ikke nevneverdig skiller seg ut fra det omliggende avstandsfelt, og særlig dersom den dobbeltbrytende⁵ del av brillen har samme brytningsindeks n_0 som brytningsindeksen for brillens avstandsfelt. Således kan også et temmelig lite lesefelt i en brille gi betraktelig tilleggsstyrke ved moderat brilletykkelse, og dette kan gi en slik brille redusert totalvekt. Endelig skal man merke seg at det aktuelle dobbelt-¹⁰ brytende linsesystem gir den ønskede optiske styrke for både nær- og fjernbetraktning. Brukerens synsfelt utvides følgelig til å gjelde hele brillens tilgjengelige areal, og dette er av meget stor betydning i de tilfeller hvor fjernvisjon kreves i en retning nedover eller for eksempel når fjerne objekter¹⁵ betraktes av brillebrukeren når vedkommende holder hodet skrått bakover. Med de gjengse bifokale briller vil brukeren måtte bøye hodet ganske mye forover for å kunne se over det innlagte forstørrende lesefelt.

Som tidligere omtalt er det dobbeltbrytende linsesys-²⁰ tems to optiske styrker fremkommet ved at det innfallende lys deles opp i to ortogonalt polariserte lysstråler. Hvis for eksempel avstandsbetraktningstyrken knyttes til en lysstråle med vertikal polarisasjon og leseavstandstyrken knyttes til en lysstråle med horisontal polarisasjon vil solbriller²⁵ som benytter polarisasjonsfiltre med fordel kunne benyttes for å skille ut den ene av disse to tilgjengelige styrker i avhengighet av blikkretningen. Slike solbriller ville da for eksempel måtte benytte polarisasjonsfiltre som gir vertikalt polarisert lys i brillens hovedfelt for avstandsbetraktning og et polarisasjonsfilter som slipper gjennom horisontalt³⁰ polarisert lys i det mindre lesefelt. Avstands- og lesefeltets utstrekning vil tilsvare det som ble omtalt i forbindelse med fig. 9A. Med slike solbriller vil det ufokuserte lys som skyldes lesefeltet elimineres i avstandsfeltet og omvendt,³⁵ uten tap av intensitet, sammenliknet med den tilgjengelige lysintensitet i konvensjonelle polariserte solbrilleglass, dvs. hovedsakelig 50% av det innfallende lys vil være tilgjengelig i hver av de to brillefelter. Utseendet av slike solbriller vil ikke være til å skille fra konvensjonelle, og dette

•må anses å være kosmetisk fordelaktig.

Hvis de to dobbeltbrytende linsers optiske akser ikke ligger normalt på hverandre vil det generelt dannes fire forskjellige optiske styrker, siden både o- og e-styrkene for den første linse vil kombineres med o- og e-styrkene for den andre. I det linsesystem som er vist på fig. 5 vil de to ytterligere styrker henholdsvis være -0,51 og -0,47 dioptrier, dvs. linsen vil i praksis bli bifokal.

Et dobbeltbrytende linsesystem som benytter to dobbeltbrytende linsekomponenter, 20 og 21 og hvor vinkelen mellom de to optiske akser er forskjellig fra 90° er vist på fig. 7. Generelt vil de fire styrker i et slikt linsesystem gis av likningssettet:

$$\begin{aligned} D_{1o} + D_{2o} &= D_a & (8a) \\ D_{1o} + D_{2e} &= D_b & (8b) \\ D_{1e} + D_{2e} &= D_c & (8c) \\ D_{1e} + D_{2e} &= D_d & (8d) \end{aligned}$$

²⁰ hvor D_{1o} er den optiske styrke for o-strålene gjennom den første linse, D_{1e} er styrken for e-strålene i denne linse etc., og hvor D_a , D_b , D_c og D_d er de resulterende optiske styrker for linsekombinasjonen under forutsetning av at de to enkeltlinser berører hverandre.

²⁵ Med god tilnærming er den optiske styrke for en linse gitt av (se J. Strong, loc. cit., p. 319):

$$D = (n-1)S \quad (9)$$

hvor D er styrken, n er brytningsindeksen og S er linsens såkalte formfaktor. Likning (9) kan også benyttes for dobbeltbrytende linser uten perfekt geometri (såsom linsene vist på fig. 3A, 4 og 5), og ut fra likningen kan styrkene D_{1o} og D_{1e} for den første linse finnes for henholdsvis o- og e-strålene:

$$\begin{aligned} D_{1o} &= (n_{1o} - 1)S_1 & (10a) \\ \text{eller} \quad D_{1e} &= (n_{1e} - 1)S_1 & (10b) \\ D_{1e} &= m_1 D_{1o} & (10c) \end{aligned}$$

hvor

$$m_1 = \frac{n_{1e} - 1}{n_{1o} - 1} \quad (5')$$

⁵ og hvor n_{1e} og n_{1o} er den første linses brytningsindeks for henholdsvis e- og o-strålen. Tilsvarende forhold gjelder for den andre linse.

Nå skal gjennomgås et eksempel på en linse som består av to dobbeltbrytende linsekomponenter fremstilt av samme ¹⁰ dobbeltbrytende medium. Likningene (5'), (10) og (8) benyttes, og linsesystemets (4) styrker finnes av følgende likningssett:

$$D_{1o} + D_{2o} = D_a \quad (11a)$$

$$D_{1o} + mD_{2o} = D_b \quad (11b)$$

$$mD_{1o} + D_{2o} = D_c \quad (11c)$$

$$^{15} \quad mD_{1o} + mD_{2o} = D_d \quad (11d)$$

Dette likningssettet er overbestemt og det vil derfor ikke være mulig å velge de fire styrker uavhengig av hverandre. Følgelig kan likningssettet (11) bare benyttes til forhånds- ²⁰ bestemmelse av to av de fire optiske styrker, og dette gjelder også tilfeller hvor de to dobbeltbrytende linsekomponenter er fremstilt av forskjellig dobbeltbrytende medium.

Hvis et linsesystem i samsvar med fig. 7 skal være trifokalt må to av de fire styrker være like. Fra liknings- ²⁵ settet (11) gis det bare to muligheter:

$$D_a = D_d \quad (12)$$

eller

$$D_b = D_c \quad (13)$$

I det tilfelle hvor $D_a = D_d$ blir $D_{1o} = -D_{2o}$ og følge- ³⁰ lig $D_a = D_d = 0$. Dette linsesystems tre styrker blir derfor:

$$D_b = D_{1o}(1 - m) \quad (14)$$

$$D_a = D_d = 0 \quad (15)$$

$$D_c = -D_{2o}(1 - m) \quad (16)$$

³⁵ dvs. de får samme dioptriske avstand. Denne konstante avstand mellom de tre styrker kan så fritt velges, dvs. to av de tre styrkene kan forhåndsbestemmes. Valget av avstanden bestemmer så den optiske styrke D_{1o} . Ved valget av én av linseflatene vil D_{1o} bestemme de andre linseflater dersom de to linser har felles eller komplementært motliggende flater.

Tilfellet $D_b = D_c$ fører til at D_{10} blir lik D_{20} ,
 og de tre styrker vil kunne finnes av:

$$D_a = 2D_{10} \quad (17)$$

$$D_b = D_c = (m + 1)D_{10} \quad (18)$$

$$D_d = 2mD_{10} \quad (19)$$

Dette er et bestemt likningssett slik at når én av
 de tre styrker velges fastlegges også de øvrige to, og følge-
 lig finnes det her ingen mulighet å velge to optiske styrker
 uavhengig av hverandre.

Fra det ovenstående er det naturligvis slik at man
 ved å supplere linsesystemer med en isotropisk tilleggslinse
 vil kunne forskyve samtlige styrker til andre verdier, men
 det innbyrdes forhold mellom de enkelte optiske styrker vil
 være det samme. Hvis et linsesystem som benytter to dobbelt-
 brytende linser er slik anordnet at linsene kan dreies om
 den felles linseakse vil systemet virke som en kvadro- eller
 bifokal linse for upolarisert lys og en kvadro-, bi- eller
 monofokal linse når det innfallende lys er polarisert. Fig.
 8 viser skjematisk et slikt linsesystem som benytter en polari-
 sator 60 og to dobbeltbrytende linsekomponenter 20 og 21.
 Som tidligere utredet vil bare to av de fire tilgjengelige
 styrker kunne velges uavhengig av hverandre dersom det bare
 benyttes to dobbeltbrytende linsekomponenter og ingen isotro-
 pisk linse i systemet. Hvis for eksempel den ene av de to
 dobbeltbrytende linsekomponenter kombineres med en annen iso-
 tropisk eller dobbeltbrytende enkeltlinse vil den fremkomne
 kombinasjonslinse få to uavhengig bestembare styrker D_1 og
 D_2 . Som en følge av dette blir nå de fire totale styrker:

$$D_1 + D_{20} = D_a \quad (20a)$$

$$D_1 + mD_{20} = D_b \quad (20b)$$

$$D_2 + D_{20} = D_c \quad (20c)$$

$$D_2 + mD_{20} = D_d \quad (20d)$$

Ut fra dette kan trekkes den konklusjon at en hvilken
 som helst styrke ut av de fire kan forhåndsbestemmes, idet
 det således bare gjenstår én optisk styrke som vil være avhengig
 av de tre andre. I det generelle tilfelle kan derfor følgende
 oppsettes:

(1) En enkelt dobbeltbrytende linse fremstilt av
 et bestemt medium vil gi to simultane optiske styrker, den

ene av disse kan velges på forhånd, mens den andre vil være avhengig av den første.

(2) Et linsesystem som består av én dobbeltbrytende linsekomponent og én isotropisk eller en andre dobbeltbrytende linsekomponent vil ha to optiske styrker, og begge kan velges på forhånd, fullstendig uavhengig av hverandre.

(3) Et linsesystems om består av to dobbeltbrytende linser vil generelt ha fire optiske styrker, to av disse kan velges uavhengig av hverandre og de to resterende vil da være uavhengige av de to som er valgt.

(4) Hvis de to dobbeltbrytende linser kombineres med en isotropisk eller en tredje dobbeltbrytende linse vil tre av de fire tilgjengelige optiske styrker kunne velges og bare den fjerde vil være avhengig av de tre valgte.

(5) Det kan vises at det i et linsesystem som innbefatter tre dobbeltbrytende linser bare er mulig å forhåndsbestemme tre av de totalt åtte mulige optiske styrker i full uavhengighet av hverandre.

(6) Hvis de tre dobbeltbrytende linser kombineres med en ytterligere isotropisk eller en fjerde dobbeltbrytende linse vil fire av de åtte mulige optiske styrker kunne velges vilkårlig.

I det generelle tilfelle hvor et linsesystem har M dobbeltbrytende linser vil antallet N mulige optiske styrker være gitt av formelen (se blant annet Eng. et al., loc. cit.):

$$N = 2^M \quad (21)$$

Det resterende frie antall N_f styrker som kan velges i full uavhengighet vil være:

$$N_f = M \quad (22)$$

Hvis minst én linsekomponent i et system med M dobbeltbrytende linsekomponenter kombineres med en isotropisk eller en ytterligere dobbeltbrytende linsekomponent vil antallet mulige styrker fremdeles være N , men antallet N_f vil nå være:

$$N_f = M + 1 \quad (23)$$

Denne sammenheng gjelder for M bestemte dobbeltbrytende medier (samme medium). Hvis det så også gis valgmulighet for det medium som hver av de M dobbeltbrytende linsekomponenter er fremstilt av, vil det være mulig å forhåndsbestemme flere enn N_f styrker.

. Dobbeltbrytende linser og linsesystemer gir mulighet til tilpasning av forskjellige intensiteter for de enkelte optiske styrker. Når imidlertid intensitetsforholdene skal betraktes må det tas hensyn til at amplituden av det innfallende naturlige lys spaltes vektorielt, dvs. i to lysstråler med henholdsvis amplituden A_o og A_e for den ordinære lysstråle henholdsvis den ekstraordinære, og disse lysamplituder kan finnes av formelen:

$$10 \quad A_o = A_e = \frac{A \cdot 2^{\frac{1}{2}}}{2} \quad (24)$$

hvor A er amplituden av det innfallende lys. Ut fra dette følger at halvparten av den tilgjengelige lysintensitet er tilgjengelig i hver av de to lysstråler med sine respektive optiske styrker. Forholdet mellom intensitetene av den fokuserte og den ikke fokuserte lysstråle er derfor 1:1 for hver av styrkene. Dette er særdeles gunstig i forhold til andre kjente linsekonstruksjoner med simultan bifokal visjon, omtalt tidligere.

20 Forholdet kan gis en hvilken som helst verdi hvis det innfallende lys er lineært polarisert og det aktuelle linsesystem omfatter minst én dobbeltbrytende linse. Fig. 6 viser skjematisk et slikt dobbeltbrytende linsesystem hvor den relative orientering av den dobbeltbrytende linsekomponents optiske akse i forhold til polarisasjonsplanet for det innfallende lys er angitt med vinkelen β . Lyspolariseringen finner sted i et polarisasjonsorgan i form av en polarisator 80. Lysintensitetene I_o og I_e for henholdsvis o- og e-strålene bestemmes av:

$$30 \quad I_o = I_p \sin^2 \beta \quad (25a)$$

$$I_e = I_p \cos^2 \beta \quad (25b)$$

hvor I_p er intensiteten av det innfallende polariserte lys. Fra likning (25) ses at forholdet mellom lysintensitetene I_o og I_e kan anta en hvilken som helst verdi ved passende valg av vinkelen β . Hvis et gjengs polarisasjonsfilter benyttes for fremskaffelsen av det polariserte lys vil dette skje på bekostning av den samlede lysintensitet. Imidlertid er det i visse anvendelser viktigere å dempe det lys som er ute av fokus heller enn å ha større og like intensiteter i begge

- lysbaner. Det er også i enkelte anvendelser mulig å benytte en høytransmisjons polarisator, for eksempel en slik som er vist og beskrevet i US-PS 3 552 985, og i et slikt tilfelle vil den totale lysintensitet så og si være upåvirket.

5 Disse betraktninger gjelder generelt dobbeltbrytende bifokale linsesystemer såsom de som omfatter to kryssdobbelbrytende linsekomponenter (fig. 5) eller et linsesystem som omfatter én dobbeltbrytende og én eller flere isotropiske linsekomponenter (fig. 3A, 3B og 4).

10 De intensiteter som er knyttet til hver av de fire optiske styrker for et dobbeltbrytende linsesystem i henhold til fig. 7 er gitt av:

$$I(OO) = (I/2)\cos^2\beta_{12} \quad (26a)$$

$$I(OE) = (I/2)\sin^2\beta_{12} \quad (26b)$$

$$15 \quad I(EO) = (I/2)\sin^2\beta_{12} \quad (26c)$$

$$I(EE) = (I/2)\cos^2\beta_{12} \quad (26d)$$

hvor $I(OO)$ er intensiteten for o-strålene i den første og i den andre dobbeltbrytende linse etc. I er intensiteten av
 20 det innfallende upolariserte lys, og β_{12} er vinkelen mellom de optiske akser i de to dobbeltbrytende linsekomponenter. Det ses av likningssettet (26) at det finnes en viss frihetsgrad ved at forskjellige intensiteter kan knyttes til de forskjellige optiske styrker. Hvis for eksempel linsesystemet
 25 er trifokalt med samme intensiteter for samtlige tre styrker vil for det tidligere omtalte tilfelle hvor $D_{10} = -D_{20}$, vinkelen β_{12} bestemmes av:

$$I(OO) + I(EE) = I(OE) = I(EO) \quad (27)$$

eller

$$30 \quad \cos^2\beta_{12} = (\sin^2\beta_{12})/2 \quad (27')$$

som fører til:

$$\beta_{12} = 54,7^\circ \quad (28)$$

I det andre mulige tilfelle, $D_{10} = D_{20}$ omtalt ovenfor
 35 vil vinkelen mellom de to optiske akser være:

$$\beta_{12} = 35,3^\circ \quad (29)$$

Hvis det nå benyttes et polarisasjonsfilter foran et linsesystem som omfatter to dobbeltbrytende linsekomponenter og eventuelt én eller flere isotropiske linsekomponenter

slik som vist på fig. 8, fås intensitetene for de fire mulige styrker ut fra følgende likningssett:

$$I(OO) = (I/2) \sin^2 \beta \cos^2 \beta_{12} \quad (30a)$$

$$I(OE) = (I/2) \sin^2 \beta \sin^2 \beta_{12} \quad (30b)$$

$$I(EO) = (I/2) \cos^2 \beta \sin^2 \beta_{12} \quad (30c)$$

$$I(EE) = (I/2) \cos^2 \beta \cos^2 \beta_{12} \quad (30d)$$

Likningssettet (30) angir at linsesystemet ifølge fig. 8 kan gjøres mono-, bi- eller kvadrofokalt hvis det gis frihetsgrader for dreining av de dobbeltbrytende linser om linsesystemets hoved- eller felles linseakse.

Den del av beskrivelsen som omfatter kromatisk ukorrigerte linsesystemer (se side 9) avløses nå av beskrivelsen av et multifokalt dobbeltbrytende linsesystem som er kromatisk fullkorrigert (akromatisk) eller som fremviser en bestemt grad av kromatisk aberrasjon.

Flerbrennpunktslinsesystemer i samsvar med oppfinnelsen og som omfatter én eller flere dobbeltbrytende og én eller flere isotropiske linsekomponenter kan i større eller mindre grad være kromatisk korrigert. Den her anvendte teori for akromatisering av linsesystemet bygger på M. Herzbergers arbeider, presentert i "Handbook of Physics", McGraw-Hill, 1967, p. 6-42, og man skal gjøre oppmerksom på at denne teori avviker i en viss utstrekning fra det oftest refererte teoretiske underlag som blant annet er presentert i J. Strong loc. cit. p. 319 eller M. Born, "Optik", Springer-Verlag, 1972, p. 82. Videre gjøres det oppmerksom på at den nå følgende beskrivelse av kromatisk korrigerte dobbeltbrytende linsesystemer krever at de enkelte linsekomponenter må kunne sies å ligge nær hverandre slik som denne benevnelse er definert tidligere, men i motsetning til de ukorrigerte linsesystemer som tidligere er beskrevet med henvisning til fig. 1, 3A, 3B og 4-9 behøver de ikke ha motsatt stående linseflater med identisk eller komplementær krumming.

Et linsesystem som omfatter én dobbeltbrytende linsekomponent og minst én isotropisk linsekomponent, enten med perfekt eller ikke perfekt geometri er akromatisk for begge

valgte optiske styrker dersom følgende likningssett kan løses (eksempelet angir det generelle tilfelle med én dobbeltbrytende og to isotropiske enkeltlinser og hvor det antas perfekt geometri):

$$D_{1,bl} + D_{2o,bl} + D_{3,bl} = D_{a,bl} \quad (31a)$$

$$D_{1,r} + D_{2o,r} + D_{3,r} = D_{a,r} \quad (31b)$$

$$D_{1,bl} + D_{2e,bl} + D_{3,bl} = D_{b,bl} \quad (31c)$$

$$D_{1,r} + D_{2e,r} + D_{3,r} = D_{b,r} \quad (31d)$$

med betingelsene:

$$D_{a,bl} = D_{a,r} = D_a \quad (32)$$

og

$$D_{b,bl} = D_{b,r} = D_b \quad (33)$$

I likningssettet (31)-(33) angir $D_{1,bl}$ den optiske styrke for isotropisk linse "1" for blått "bl" lys, $D_{2o,bl}$ styrken for den dobbeltbrytende linsen "2" for de ordinære stråler og likeledes for blått "bl" lys, $D_{3,r}$ den optiske styrke for den isotropiske linse "3" for rødt "r" lys etc.

Det gjøres oppmerksom på at indeksene "bl" og "r" generelt bare skal angi to forskjellige bølgelengder for lyset, og den nå følgende beskrivelse er ikke begrenset til to bestemte bølgelengder som tilsvarende lysfargene blå og rød.

I det følgende skal antas at man for en linses formfaktor S tilnærmet kan sette:

$$S = \frac{D}{n - 1} \quad (9')$$

hvor D er en linses optiske styrke og n linsemediets brytningsindeks knyttet til styrken. For enkelhets skyld vil brøkens nevner $n - 1$ kalles n' , dvs.

$$n' = n - 1.$$

For eksempel er sammenhengen mellom de optiske styrker $D_{3,bl}$ og $D_{3,r}$ bestemt av følgende uttrykk:

$$D_{3,r} = D_{3,bl} \left(\frac{n'_{3,r}}{n'_{3,bl}} \right) \quad (34)$$

Hvis linsesystemet ifølge likning (31) skal være akromatisk for begge de brutte stråler (begge optiske styrker) må følgende likning tilfredsstilles:

$$D_{2o,bl} - D_{2e,bl} = D_{2o,r} - D_{2e,r} \quad (35)$$

hvilket fører til kriteriet:

$$n_{2o,bl} - n_{2e,bl} = n_{2o,r} - n_{2e,r} \quad (36)$$

Forskjellen mellom brytningsindeksene for henholdsvis e- og o-strålen kalles mediets "birefraksjon" eller dobbelbrytningsevne. Som en følge av dette kan et linsesystem som omfatter en dobbeltbrytende linsekomponent og minst én isotropisk linsekomponent gjøres akromatisk for begge de valgte styrker og både for perfekt og ikke perfekt geometri dersom dobbelbrytningsevnen for den dobbeltbrytende linsekomponent er den samme for to bestemte bølgelengder, såsom "bl" og "r" omtalt ovenfor.

Et linsesystem som kan frembringe to bestemte optiske styrker og har én dobbeltbrytende linse og to isotropiske linser kan generelt gjøres akromatisk for den ene av de to styrker. Som et eksempel skal beskrives et linsesystem hvor den optiske styrke for e-strålene er akromatisk. Følgende likningssett må da være løsbart:

$$D_{1,bl} + D_{2e,bl} + D_{3,bl} = D_{a,bl} \quad (37a)$$

$$D_{1,r} + D_{2e,r} + D_{3,r} = D_{a,r} \quad (37b)$$

$$D_{1,bl} + D_{2o,bl} + D_{3,bl} = D_{b,bl} \quad (37c)$$

Sammen med likningene (9') og (34) går likningssettet (37) over til:

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{n'_{2e,bl}}{n'_{2o,bl}} & 1 \\ \frac{n'_{1,r}}{n'_{1,bl}} & \frac{n'_{2e,r}}{n'_{2o,bl}} & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} D_{1,bl} \\ D_{2o,bl} \\ D_{3,bl} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{a,bl} \\ D_{a,r} \\ D_{b,bl} \end{bmatrix} \quad (38)$$

Videre gjelder for en akromatisk linse:

$$D_{a,bl} = D_{a,r} \quad (39)$$

$D_{a,bl}$ og $D_{a,r}$ kan velges på forhånd og kan ha forskjellige verdier på samme måte som hvis linsen hadde en viss kromatisk

· aberasjon for denne brytning.

Likning (38) kan generelt løses for $D_{1,bl}$, $D_{2o,bl}$ og $D_{3,bl}$, og sammen med likning (34) gis grunnlag for å finne samtlige øvrige optiske styrker.

5 Med en gitt linsestyrke gjenstår én frihetsgrad for linsens geometri, og som følge av dette vil tre linser som kontakter hverandre få tre frihetsgrader, mens to sammenkittede linser (dvs. som har en felles flate) med en tredje linse i kontakt vil få to frihetsgrader, og tre sammenkittede linser
10 vil få én frihetsgrad ved den gitte geometri for linsesystemet.

Hvis det er ønsket at linsesystemet som tilfredsstillers likning (38) både skal være akromatisk for den ene av de fastlagte optiske styrker og dessuten ha perfekt geometri kan dette oppnås på forskjellige måter:

15 (1) Den dobbeltbrytende linsekomponent kan plasseres forrest slik at innfallende lys først treffer denne, og linsens første flate kan da være plan.

(2) Geometrien av linsesystemet kan begrenses av uttrykket:

$$20 \quad D_1 = -D_{2e,fs} \quad (40)$$

hvor $D_{2e,fs}$ er den "utvendige styrke", dvs. den inverse utvendig målte brennvidde for den første flate på den dobbeltbrytende linse nær den første isotropiske linse, og hvor D_1 er
25 den første linses styrke, idet både D_1 og $D_{2e,fs}$ gjelder for en hvilken som helst bølgelengde i det synlige spektrum.

(3) Hvis isotropiske linsekomponenter bringes frem foran den dobbeltbrytende sammensatte linse må uttrykket:

$$30 \quad D_1 + D_3 = -D_{2e,fs} \quad (41)$$

tilfredsstilles, idet D_3 er den optiske styrke for den tredje, isotropiske linse.

Strengt tatt vil det kun være den geometri som svarer med likning (1) som kan anses å være "perfekt" for
35 både lyset med bølgelengde "bl" og "r", og likningene (2) og (3) vil kun gjelde for perfekte geometrier for de bølgelengder som ble valgt i likningene (40) og (41). Grunnet den vanligvis beskjedne bølgelengdeavhengighet som brytningsindeksene for de aktuelle isotropiske og dobbeltbrytende medier

fremviser gir betingelsene (2) og (3) geometrier som tilnærmet kan anses å være perfekte.

Akromatiske dobbeltbrytende linsesystemer med to bestemte optiske styrker skal nå gjennomgås.

5 Dersom det dreier seg om et linsesystem med to kryssdobbeltbrytende enkeltlinser, men uten isotropisk linse må følgende likningssett kunne løses:

$$D_{1o,bl} + D_{2e,bl} = D_{a,bl} \quad (42a)$$

$$10 \quad D_{1o,r} + D_{2e,r} = D_{a,r} \quad (42b)$$

$$D_{1e,bl} + D_{2o,bl} = D_{b,bl} \quad (42c)$$

$$D_{1e,r} + D_{2o,r} = D_{b,r} \quad (42d)$$

med den akromatiske betingelse:

$$15 \quad D_{a,bl} - D_{a,r} = D_{b,bl} - D_{b,r} = 0 \quad (43)$$

Likning (42) og (43) kan løses så fremt følgende betingelse overholdes:

$$\begin{aligned} & (n_{1o,r} - n_{1e,r}) - (n_{2o,r} - n_{2e,r}) = \quad (44) \\ & = (n_{1o,bl} - n_{1e,bl}) - (n_{2o,bl} - n_{2e,bl}) \end{aligned}$$

20 Forskjellen mellom de to linsers dobbelbrytningsevne må følgelig være den samme for de to aktuelle bølgelengder. Dette fører på sin side til restriksjoner for det dobbeltbrytende medium.

Endelig skal beskrives et linsesystem som omfatter 25 to kryssdobbeltbrytende linsekomponenter og to isotropiske enkeltlinser. Hvis et slikt system skal være akromatisk for begge de valgte styrker må følgende likningssett kunne løses:

$$D_{1,bl} + D_{2o,bl} + D_{3e,bl} + D_{4,bl} = D_{a,bl} \quad (45a)$$

$$D_{1,r} + D_{2o,r} + D_{3e,r} + D_{4,r} = D_{a,r} \quad (45b)$$

$$30 \quad D_{1,bl} + D_{2e,bl} + D_{3o,bl} + D_{4,bl} = D_{b,bl} \quad (45c)$$

$$D_{1,r} + D_{2e,r} + D_{3o,r} + D_{4,r} = D_{b,r} \quad (45d)$$

som går over til:

$$\begin{array}{c}
 \cdot \\
 \left[\begin{array}{cccc}
 1 & 1 & \frac{n'_{3e,bl}}{n'_{3o,bl}} & 1 \\
 \frac{n'_{1,r}}{n'_{1,bl}} & \frac{n'_{2o,r}}{n'_{2o,bl}} & \frac{n'_{3e,r}}{n'_{3o,bl}} & \frac{n'_{4,r}}{n'_{4,bl}} \\
 1 & \frac{n'_{2e,bl}}{n'_{2o,bl}} & 1 & 1 \\
 \frac{n'_{1,r}}{n'_{1,bl}} & \frac{n'_{2e,r}}{n'_{2o,bl}} & \frac{n'_{3o,r}}{n'_{3o,bl}} & \frac{n'_{4,r}}{n'_{4,bl}}
 \end{array} \right] \cdot \begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} D_{1,bl} \\ D_{2o,bl} \\ D_{3o,bl} \\ D_{4,bl} \end{array} \right] = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} D_{a,bl} \\ D_{a,r} \\ D_{b,bl} \\ D_{b,r} \end{array} \right] \end{array} \quad (4)
 \end{array}$$

Hvis de to bestemte brutte stråler skal være akromatiske må også likning (43) tilfredsstilles.

Likning (46) kan generelt løses, men bare for det tilfelle hvor det foreligger to dobbeltbrytende medier.

Som tidligere forklart finnes én frihetsgrad for geometrien av en linse med en gitt styrke. Hvis de fire linser som beskrives av likning (46) har direkte kontakt med hverandre, men hvor de ikke er sammenkittet og har felles flate vil det maksimalt kunne foreligge fire frihetsgrader for konstruksjonsformål. Disse frihetsgrader kan så utnyttes til å fremstille linsesystemet med perfekt geometri.

Hvis det for eksempel er ønsket å sørge for at samtlige ekstraordinære stråler faller normalt på den optiske akse i den første dobbeltbrytende linsekomponent må denne plasseres bak en isotropisk enkeltlinse som har en optisk styrke D_1 ifølge:

$$D_1 = -D_{2e,fs} \quad (47)$$

hvor $D_{2e,fs}$ er den første dobbeltbrytende linsekomponents fremre flatestyrke for en vilkårlig bølgelengde i det synlige spektrum.

Hvis både e-strålene i den første og den andre dobbeltbrytende linsekomponent skal falle normalt på disse linsekomponenters respektive optiske akser må frontflatene for disse

.linsekomponenter i tillegg til å tilfredsstillere likning (47) også oppfylle:

$$D_1 + D_{2o} = -D_{3e,fs} \quad (48)$$

$D_{3e,fs}$ er da den fremre "flatestyrke" for den andre dobbeltbrytende linses e-stråler innenfor det synlige spektrum. Siden det bare kreves to frihetsgrader for å tilfredsstillere likning (47) og (48) og siden i alt fire frihetsgrader er tilgjengelige kan det konstrueres et linsesystem ifølge oppfinnelsen og disse kriterier, hvor det kan velges to bestemte akromatiske brytninger med valgbar styrke og hvor linsesystemet i tillegg har perfekt geometri for begge de dobbeltbrytende linsekomponenter.

Det er viktig å merke seg at brytningsindeksavhengigheten for e-strålene langs disses retning i den dobbeltbrytende linse, for linsekomponenter med stor dobbeltbrytnings-
evne kan være viktigere enn bølgelengdeavhengigheten av brytningsindeksen. Som en følge av dette kan det være meget vesentlig å ha perfekt geometri i dobbeltbrytende linsesystemer med akromatisk multifokal brytning.

Hvis de to dobbeltbrytende linsekomponenter ikke er plassert slik at deres respektive optiske akser blir parallelle eller står normalt på hverandre vil linsesystemet som tidligere omtalt generelt få fire brytningsstyrker. Siden de ordinære stråler i en dobbeltbrytende linse kan sammenliknes med vanlige lysstråler i en isotropisk linse gjelder ikke konseptet vedrørende perfekt geometri for o-strålene. Av denne grunn blir brytningen for o-strålene i både den første og den andre dobbeltbrytende linse utført akromatisk og uavhengig av om linsesystemet tilfredsstiller kriteriet for perfekt geometri for e-strålene eller ikke. Følgelig vil styrkene for o- og e-strålene i den første og e- og o-strålene i den andre dobbeltbrytende linse måtte tilfredsstillere de strenge akromatiske og/eller geometriske kriterier og bare den styrkekombinasjon som gjelder de ekstraordinære stråler i både den første og den andre dobbeltbrytende linse vil være knyttet til perfekt geometri i et bestemt linsesystem. Siden tre av de fire mulige optiske styrker kan gis bestemte verdier slik som omtalt ovenfor vil det være fordelaktig å velge de styrker som knyttes til strålegangene o-o, o-e og e-o.

I samtlige foregående betraktninger har man antatt at det innfallende lys har bestått av parallelle lysstråler. Hvis noen av de beskrevne linsesystemer skal anvendes overfor lys som ikke har parallelle stråler kan det benyttes en kollimasjonslinse som omdanner det nærutstrålte lys til parallelle lysstråler før disse når linsesystemet. Kollimasjonslinsen kan da naturligvis være en konvensjonell akromatisk linse. Beregningen av de mulige valgbare styrker for et linsesystem som innbefatter én eller flere ytterligere isotropiske linsekomponenter kan deretter utføres ut fra de beskrevne resultater for parallelt innfallende lys, ut fra konvensjonelle optiske beregningsmetoder. Dersom dette gjøres er det vanligvis mulig å utføre beregningene for et hvilket som helst antall $j > 2$ kaskadeanordnede isotropiske linsekomponenter, ved at disse tenkes erstattet av to isotropiske linsekomponenter med henholdsvis styrkene D_x og D_y ut fra likningssettet:

$$D_{1,b1} + D_{2,b1} + \dots + D_{j,b1} = D_{x,b1} + D_{y,b1} \quad (49a)$$

$$D_{1,r} + D_{2,r} + \dots + D_{j,r} = D_{x,r} + D_{y,r} \quad (49b)$$

og dette likningssett kan da løses for D_x og D_y .

Det er åpenbart ut fra det foregående at man ved tilføyelsen av polarisasjonsorganer såvel som innføring av en rotasjonsfrihetsgrad for den dobbeltbrytende linsekomponent og for polarisasjonsorganene i forhold til linseaksen vil kunne om-
danne linsesystemene ifølge den foreliggende oppfinnelse til akromatiske linsesystemer med varierbare optiske styrker.

Samtlige betraktninger som er anført for de ikke kromatisk korrigerede linser og linsesystemer vil også kunne gjelde for akromatiske tilsvarende linser og linsesystemer.

Kombinasjoner av de foreliggende linsesystemer, enten akromatiske eller ikke kromatisk korrigerede gir mulighet for anvendelse i kraftig og høykvalitetsoptikk og tilknyttet instrumentering. Siden "summen av akromater" også er akromatisk kan optikk med variable brennvidder kunne frembringe akromatisk enkelt- og multippelbrytning hvis to eller flere kromatiske linsesystemer benyttes sammen. Forskjellige optiske styrker kan velges ved å dreie de polariserende organer og/eller linsesystemets dobbeltbrytende linse.

Videre kan to eller flere dobbeltbrytende linsesystemer,

enten akromatiske eller ikke kromatisk korrigerede kombineres til ett system hvor ett eller flere av de inngående separate linsesystemer hver har en frihetsgrad for forskyvning langs linsesystemets hovedakse. Et slikt kombinasjonssystem kan sbenyttes som optikk med innstillbar brytning, og dette er også kjent fra standardoptikk. Ytterligere frihetsgrader ved å innføre dreining av de dobbeltbrytende linsekomponenter og/eller polarisasjonsorganer kan gi tilleggsfrihetsgrader for valg av bestemte brytningsstyrker.

10 Disse bemerkninger skal kun tolkes som en indikasjon på de enorme muligheter som åpnes for linsesystemet i samsvar med den foreliggende oppfinnelse, og anvendelsesmulighetene omfatter blant annet kameraer, teleskoper, mikroskoper, fotokopieringsapparater, optiske benker, optikk for roboter etc.

15

20

P a t e n t k r a v

1. Kromatisk ukorrigert multifokalt dobbeltbrytende linsesystem med en gjennomgående stråleakse A, med en første
25 dobbeltbrytende linsekomponent (20) hvis optiske akse Ω står hovedsakelig normalt på stråleaksen A, og minst én andre linsekomponent (10, 30) anordnet inntil den første linsekomponent (20), hvor linsekomponentenes (20; 10, 30) tilstøtende linseflater har tilnærmet komplementær sfærisk form og samme
30 krumningsradius R_2 , R_3 , og hvor hver andre linsekomponent (10, 30) består av en dobbeltbrytende linse eller en isotropisk linse, **KARAKTERISERT VED** å være et oftalmisk linsesystem som - for en innfallende lysstråle med punktformet tverrsnitt og som passerer linsesystemet parallelt med dettes gjennomgående stråleakse A -
35 samtidig fremviser minst to brennpunkter som kan legges på vilkårlige steder i den ene eller den andre brennvidderetning langs stråleaksen A og på denne, og at

krummingen av en av linsekomponentenes (20 hhv. 10,30) tilstøtende og ikke tilstøtende første eller andre linseflate er valgt uavhengig av de minst to brennpunkter.

2. Lensesystem ifølge krav 1, **KARAKTERISERT VED** at én eller flere av dets linsekomponenter er fremstilt av et polymert dobbeltbrytende materiale.

3. Lensesystem ifølge krav 1 eller 2, **KARAKTERISERT VED** at det danner en oftalmisk kontaktlinse.

4. Multifokalt dobbeltbrytende linsesystem som er akromatisk for minst ett brennpunkt eller som fremviser en forhåndsbestemt kromatisk aberrasjon for minst ett brennpunkt, som har en gjennomgående stråleakse A, som omfatter en første dobbeltbrytende linsekomponent (20) hvis optiske akse Ω står hovedsakelig normalt på stråleaksen A, og minst én andre linsekomponent (10, 30) anordnet inntil den første linsekomponent (20), hvor linsekomponentenes (20; 10, 30) tilstøtende linseflater har tilnærmet komplementær sfærisk form og samme krummingsradius R_2R_3 , og hvor hver andre linsekomponent (10, 30) består av en dobbeltbrytende linse eller en isotropisk linse, **KARAKTERISERT VED** å være et oftalmisk linsesystem som - for en innfallende lysstråle med punktformet tverrsnitt og som passerer linsesystemet parallelt med dettes gjennomgående stråleakse A - samtidig fremviser minst to brennpunkter som kan legges på vilkårlige steder i den ene eller den andre brennvidderetning langs stråleaksen A og på denne, og videre ved at minst det ene av de to brennpunktets brennvidde er tilnærmet den samme for minst to vesentlig forskjellige bølgelengder av fokusert lys.

5. Lensesystem ifølge krav 4, **KARAKTERISERT VED** at de to brytningsindekser for det dobbeltbrytende medium som danner den første dobbeltbrytende linsekomponent (20) er de samme for de to forskjellige bølgelengder.

6. Lensesystem ifølge krav 4, hvor minst én dobbeltbrytende linsekomponent (20) er kombinert med minst to isotropiske linsekomponenter (10, 30), **KARAKTERISERT VED** å tilfredsstille enten likningssettet:

$$\begin{array}{l}
 5 \\
 10 \\
 ;
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 1 & \frac{n'_{2e,b1}}{n'_{2o,b1}} & 1 \\
 \frac{n'_{1,r}}{n'_{1,b1}} & \frac{n'_{2e,r}}{n'_{2o,b1}} & 1 \\
 1 & 1 & 1
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 D_{1,b1} \\
 D_{2o,b1} \\
 D_{3,b1}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 D_{a,b1} \\
 D_{a,r} \\
 D_{b,b1}
 \end{bmatrix}$$

eller

$$\begin{array}{l}
 15 \\
 20 \\
 25
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 1 & 1 & \frac{n'_{3e,b1}}{n'_{3o,b1}} & 1 \\
 \frac{n'_{1,r}}{n'_{1,b1}} & \frac{n'_{2o,r}}{n'_{2o,b1}} & \frac{n'_{3e,r}}{n'_{3o,b1}} & \frac{n'_{4,r}}{n'_{4,b1}} \\
 1 & \frac{n'_{2e,b1}}{n'_{2o,b1}} & 1 & 1 \\
 \frac{n'_{1,r}}{n'_{1,b1}} & \frac{n'_{2e,r}}{n'_{2o,b1}} & \frac{n'_{3o,r}}{n'_{3o,b1}} & \frac{n'_{4,r}}{n'_{4,b1}}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 D_{1,b1} \\
 D_{2o,b1} \\
 D_{3o,b1} \\
 D_{4,b1}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 D_{a,b1} \\
 D_{a,r} \\
 D_{b,b1} \\
 D_{b,r}
 \end{bmatrix}$$

7. Lensesystem ifølge krav 1 eller 4, **KARAKTERISERT VED**
 i tillegg å omfatte minst ett polariseringsorgan som ikke er en
 30 dobbeltbrytende linse og/eller minst ett polarisasjonsfilter.

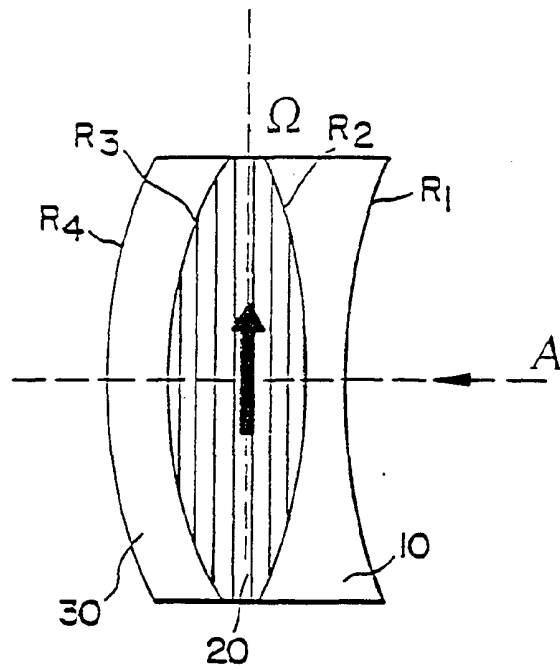


FIG. 1

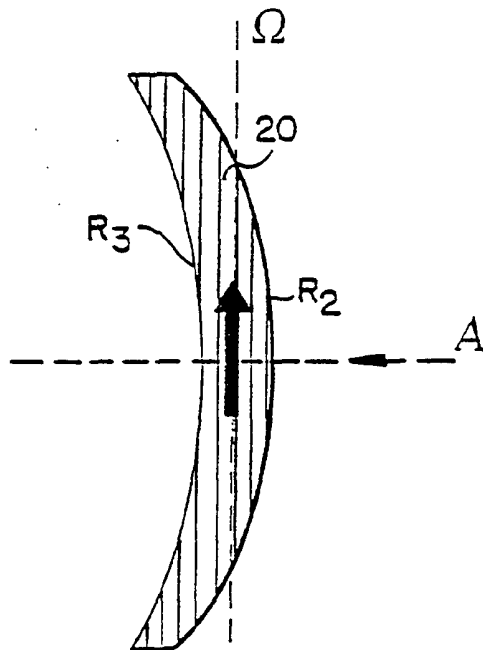


FIG. 2

180357

FIG. 3A

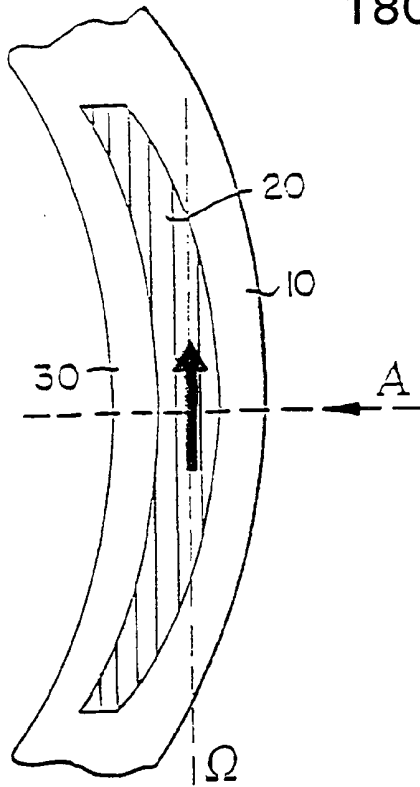


FIG. 3B

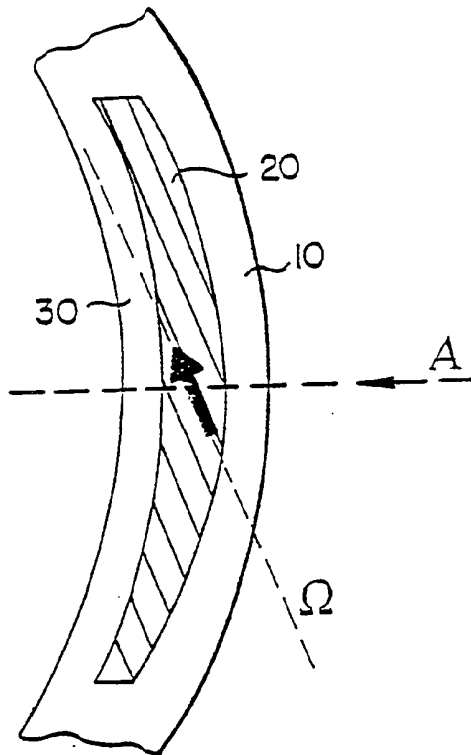


FIG. 4

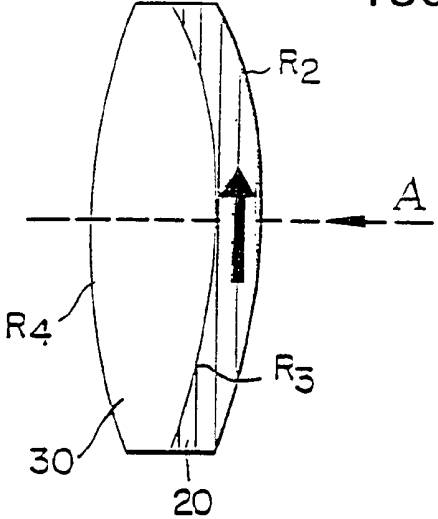


FIG. 5

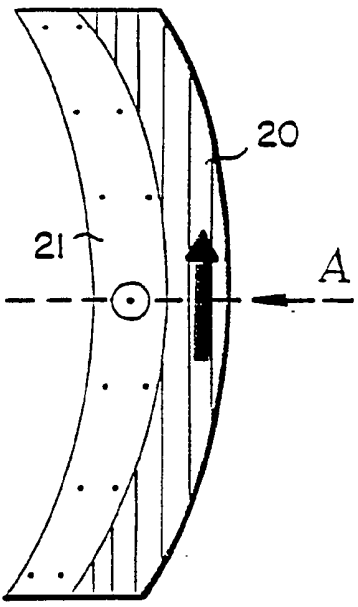


FIG. 6

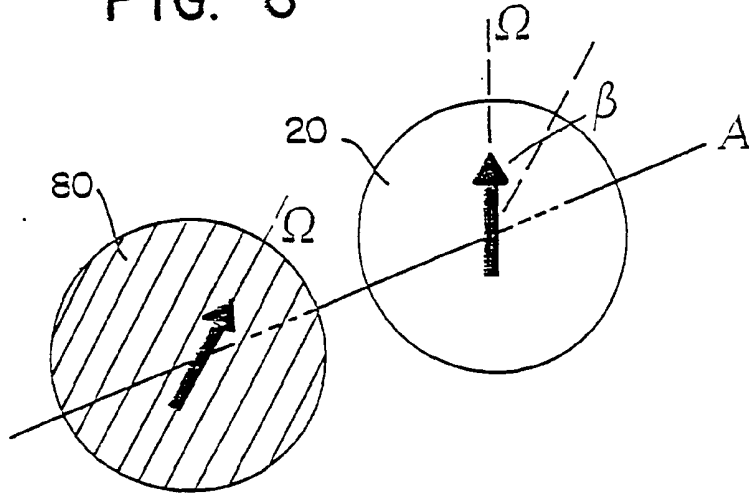


FIG. 7

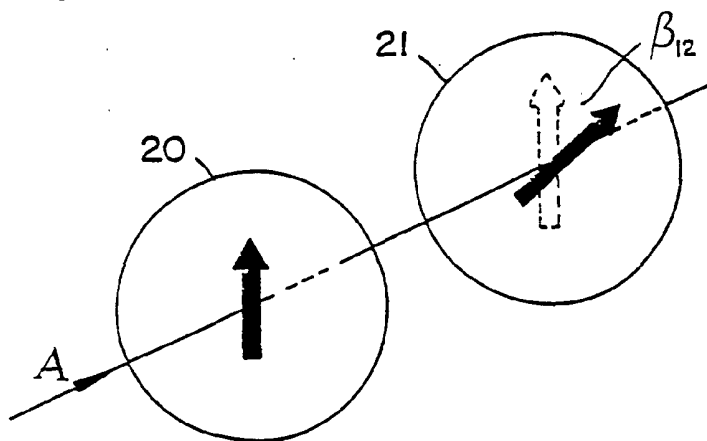


FIG. 8

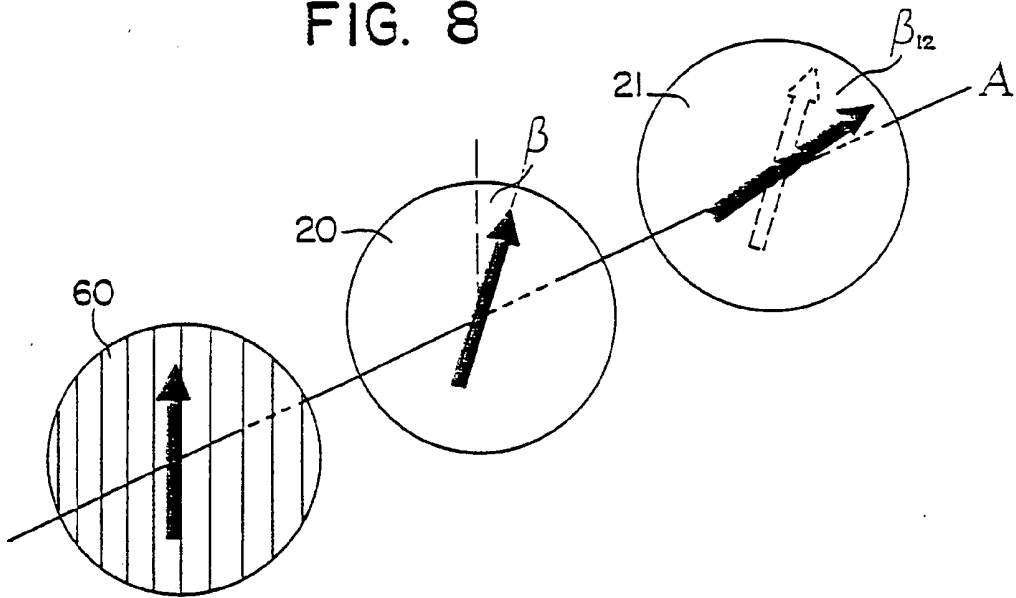


FIG. 9A

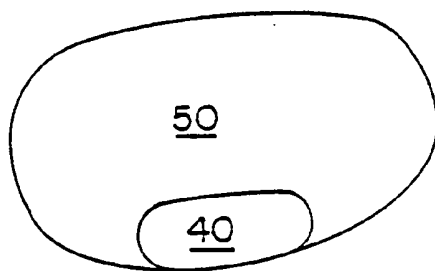


FIG. 9B

