



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) 326372

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G02B 1/04 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01)

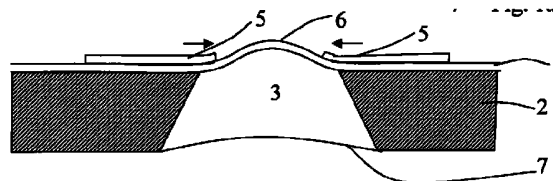
G02B 26/08 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20064271	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2006.09.21	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2006.09.21	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2008.03.24		
(45)	Meddelt	2008.11.17		
(73)	Innehaver	Sinvent AS, S P Andersens vei 5, 7465 TRONDHEIM		
(72)	Oppfinner	Ib-Rune Johansen, Svensenga 174, 0882 OSLO Karl Henrik Haugholt, Fredriksborgveien 36, 0286 OSLO Dag Torstein Wang, Langsetveien 18, 0495 OSLO Frode Tyholdt, Maridalsveien 229A, 0467 OSLO Wilfred Booiij, Hellersdamsveien 10, 2009 NORDBY		
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS, Postboks 5074 Majorstua, 0301 OSLO		

(54)	Benevnelse	Polymerlinse
(56)	Anførte publikasjoner	DE 36 44 225 A, JP 10-062609 A, JP 62-151824 A, US 2005/0133789 A, WO 2004/059364 A, WO 2005/085930 A
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen angår et optisk element med justerbar brennvidde, og en metode for å produsere et optisk element. Det optiske elementet omfatter et første transparent lag og en transparent myk polymer med en valgt brytningsindeks plassert på dette, der laget er laget av et materiale med en valgt fleksibilitet, for eksempel et glasslag, der det optiske elementet også er forsynt med en aktuator for påtrykning av en kraft på det fleksible laget, hvilken kraft er i det vesentlige symmetrisk i forhold til aksene og dermed bøyer laget og tilveiebringer en linseoverflate og tilveiebringer en krum brytende overflate.



Den foreliggende oppfinnelsen angår en linse med justerbar fokallengde omfattende et første transparent lag og et transparent, fleksibelt materiale av et mykt polymer eller lignende med en valgt brytningsindeks plassert på et substrat, og fremgangsmåter for å lage linsen.

Med de siste utviklingene innen optisk utstyr, slik som kameraer i mobiltelefoner, skannerutstyr og maskinsyn er det en etterspørsel etter små linser som kan fokusere raskt. I mobiltelefoner har antallet piksler øket men det er et behov for kompakte linser med tilstrekkelig kvalitet til å dra fullstendig nytte av pikslene. Dette krever fokuseringsmuligheter i tillegg til liten størrelse, særlig hvis kameraet også skal tilpasses andre behov, slik som lesing av strekkoder og skanning av bilder av objekter som er nær kameraet. Ved å legge til fokuseringsegenskaper til linsen gis det også muligheter for å bruke større blenderåpninger, og dermed øke lysfølsomheten til systemet uten å lide for den reduserte dybdeskaprheten til linsen.

Konvensjonelle glasslinser har blitt ansett som store og dyre for mange anvendelser og det har vært forsket for å finne andre løsninger. Et lovende område har vært utviklingen av linser laget av myke polymerer. Disse har noen optiske egenskaper og kan formes for å fokusere av elektrostatiske krefter, ved strekking av den myke polymerlinsen eller ved å forme den myke polymerlinsen til en valgt form. En annen foreslått løsning har vært å bruke en myk polymer med en gradert brytningindeks, men dette har vist seg å være komplisert å produsere med tilstrekkelig god kvalitet. Problemene relatert til disse løsningene har vært å oppnå en tilstrekkelig god linseoverflate, både i krumning og overflatekontinuitet.

Andre foreslåtte løsninger bruker en væske passert i en linselignende kavitet der formen på kaviteten justeres for å justere brennvidden til linsen. Eksempler som viser dette er diskutert i japanske patentpublikasjoner nr. JP2002239769, JP2001257932, JP2000081503, JP2000081504 JP10144975 JP11133210, JP10269599 og JP2002243918. I tillegg er dette diskutert i en artikkel av T. Kaneko et al: "Quick Response Dynamic Focusing Lens using Multi-Layered Piezoelectric Bimorph Acuator", Micro-Opto-Mechanicle Systems, Richard R. A. Syms Editor, Proceedings

of SPIE, Vol. 4075 (2000). Alle disse er basert på en væske plassert i en kavitet som oppfører seg som en linse og den ene av minst en av overflatene kan formes ved å påtrykke en kraft. Et problem med disse løsningene er at væsker er vanskelig å håndtere og kontrollere under produksjon og at de krever tette rom for å unngå lekkasjer. Dette krever i sin tur at det kreves forholdsvis store krefter for å endre formen på linsen.

I ovennevnte JP2002243918 nevnes også muligheten for å plassere et gel inne i linsen, som for øvrig består av en ramme og der den formbare overflaten er laget av et mykt materiale som i sin helhet er dekket av et piezoelektrisk lag., noe som gjør overflaten sårbar for skader og som reduserer den optiske kvaliteten på linsen.

Dermed er det et formål med denne oppfinnelsen å tilveiebringe en kompakt fokuserende linse som kan masseproduseres og kompakt utstyr som mobiltelefoner, mens det gir tilstrekkelig optisk kvalitet innen et stort spenn av avstander fra kameraet. Dette er oppnådd slik som angitt i de vedlagte selvstendige kravene.

Merk at uttrykket "myk polymer" i denne beskrivelsen er brukt med en vid forståelse av ordet, og kan inkludere et antall forskjellige materialer slik som silikon og polymergel.

Oppfinnelsen vil bli beskrevet mer i detalj nedenfor med referanse til de vedlagte tegningene, som illustrerer oppfinnelsen ved hjelp av eksempler., der: Figurene 1a-8c illustrerer forskjellige utførelser av oppfinnelsen.

Som det fremgår av tegningene kan linsen ifølge oppfinnelsen lages av et dekkglass 1 av et fleksibelt materiale, for eksempel SiO_2 eller Pyrex, med en optisk transparent myk polymer 3 med en kjent brytningsindeks, for eksempel polymer gel, plassert på et substrat 4 eller i et hull i substratet 2. Ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen er dekkglasset en tynn glassplate av typen som brukes innen mikroskopi for å holde sampler. Disse glassplatene er tilstrekkelig fleksible til å kunne formes av en påtrykket kraft, og tilstrekkelig sterke til at de ikke brykker under disse forholdene, og den optiske overflaten utgjøres av det første dekkglasset, som dermed representerer en formbar men forholdsvis hard og holdbar overflate, mens resten av linsematerialet utgjøres av den

myke polymeren. Fortrinnsvis har den myke polymeren og dekkglasset den samme brytningsindeksen slik at de utgjør en enkelt optisk overflate.

I figur 1a og 1b er den myke polymeren plassert i et hull i et substrat. Denne utførelsen kan lages ved bruk av silisium som substrat. Hvis en av sidene på substratet er forsynt med et transparent lag, for eksempel SiO_2 eller glass, kan det etses fra den motsatte side og dermed danne et hulrom med en etsestopp ved silisiumlaget. Dette hulrommet blir så fylt med en myk polymer 3. Aktuatorens, for eksempel en piezoelektrisk ring 5, kan så plasseres på i og for seg kjent måte på toppen av dekklaget 1 og hulrommet, der ringen er innrettet til å trekke seg sammen eller ekspandere tangensielt når en spenning blir påtrykket. Det tynne topplaget 1 og aktuatoren fungerer sammen som en bimorf aktuator. I figur 1b er ringen 5 sammetrukket og lager en bulk i topplaget 1. Eksperimenter har vist at SiO_2 laget dermed lager en buet overflate som i det sentrale området utgjør en i det vesentlige sfærisk brytende overflate 6, og dermed lager en linse.

I den nedre delen av figur 1b er det illustrert at den nedre overflaten 7 av den myke polymeren beveger seg oppover som følge av at den myke polymeren trekkes opp og inn i bulken i dekklaget, og frembringer dermed en menisklinse. I figurene 1a og 1b er hulrommet har hulrommet en større diameter, for eksempel som resultat av etseprosessen, og dermed vil krumningen til den nedre brytende overflaten være mindre enn den øvre brytende overflaten 6, slik at en linse dannes. Som nevnt over er erfaringen med andre frie kontakter mellom myke polymerer og luft at det sentrale området av den nedre flaten vil ha mindre krumning enn kantene, og dermed er effekten av den nedre krumme flaten 7 begrenset. I noen situasjoner, hvis spesielle optiske karakteristika er beskrevet, kan formen på hulrommet snus, slik at den trange enden vender bort fra det første laget 1.

Figurene 2a og 2b illustrerer i det vesentlige samme utførelse som figurene 1a og 1b, men omfattende et andre lag 4. I dette tilfellet er den nedre linseoverflaten 7 plan, og linsen gir dermed en planar-konveks linse. I utførelsen vist i 2a,2b er kantene på

hulrommet parallell med den optiske aksen og kan produseres ved andre etseteknikker, hvis laget i silisium, eller boring.

5 Hvis det andre laget 4 er tilstrekkelig fleksibelt og den myke polymeren tilstrekkelig inkompressibel vil den til en viss grad følge bevegelsene til den første overflaten, slik som i figurene 1a,1b viset et ekstremt eksempel på, der dimensjonene på åpningene kan velges til å kontrollere denne effektene og linsens egenskaper.

10 I figurene 3a,3b er en alternativ utførelse illustrert omfattende en myk polymer plassert mellom to transparente lag 1,4 der minst et av disse er laget av et fleksibelt materiale, for eksempel et tynt lag av SiO₂ eller glass. I tegningene er det øvre laget 1 fleksibelt mens det nedre laget 4 er stivt. De brytende overflatene 6,7 som utgjør linsen i det illustrerte eksempelet gir en planar-konveks linse. Ved å velge fleksibiliteten til overflatene kan forskjellige krumninger oppnås ved de brytende overflatene.

15

Som illustrert i figur 3b kan brennvidden til linsen justeres ved å påtrykke en kraft på linsen ved en bestemt avstand fra den optiske aksen. Dette bøyer det fleksible laget 1 eller lagene 1,4 slik at lagene og den myke polymeren mellom dem lager en linse med en brennvidde som avhenger av den påtrykte kraften.

20 Kraften kan påtrykkes på flere forskjellige måter, for eksempel ved å trykke en koaksial ring 8 mot den fleksible overflaten, der denne ringen kan være drevet av en piezoelektrisk innretning..

25 Alternativt kan to ringformede elektroder 9 tilveiebringer. Ved å påtrykke en spenning mellom elektrodene 9 vil kraften mellom dem justere krumningen på de brytende overflatene 6,7.

30 Avhengig av den påtenkte bruken kan avstandstykker plasseres mellom de transparente lagene 1,4 i figur 3a,3b. Som illustrert i figurene 4a,4b kan dette brukes for å oppnå en konkav linse. Ved å påtrykke kraften på det første laget 1 utenfor avstandstykkene vil linsen bli konveks.

Nok en utførelse av oppfinnelsen er illustrert i figurene 5a,5b, der den myke polymeren 3a er elektrisk ledende og både øvre og nedre lag 1,4 kan være stive. En boble er plassert mellom det øvre laget og den myke polymeren 3a slik at den brytende buede overflaten utgjøres av overflaten mellom den myke polymeren 3a og boblen. Den indre overflaten på det øvre laget er forsynet med fortrinnsvis transparente elektrider 10 og en spenning påtrykkes mellom den myke polymeren og elektrodene. Ved å styre den påtrykte spenningen mellom den myke polymeren og elektrodene, i sin helhet eller individuelt, vil den myke polymerens overflate formes. I det illustrerte tilfellet er linsen konkav, men avhengig av elektrodene og hvordan spenningen påtrykkes kan andre løsninger oppnås.

Ifølge nok en utførelse av oppfinnelsen illustrert i figur 6,,6b der en elektrostriktiv myk polymer 3b brukes blir en spenning påtrykt langs omkretsen av linsen, for eksempel ved hjelp av ringformede elektroder. Når den myke polymeren reagerer på det elektriske feltet nær elektrodene, enten ved å trekke seg sammen eller øke under det elektriske feltet. Hvis polymeren trekker seg sammen nær elektrodene vil den presse mer materiale mot sentrum. Dette vil i sin tur øke trykke på det fleksible laget 1 og dermed gi en krummet brytende overflate 7. Det motsatte vil gjelde hvis den myke polymeren øker sin tykkelse nær elektrodene. I en spesiell versjon av denne oppfinnelsen kan elektrodene være laget av flere lag med alternerende polariteter, plassert slik at de øker den elektriske feltstyrken gjennom den myke polymeren og dermed øker effekten. Hvis det er et huller eller tynnet område i midten av topplaget kan den myke polymeren presses ut i denne området og danne en linse.

Linsen utgjøres dermed av et glass-substrat, en myk polymer og en fleksibel plate. Ved å påtrykke en kraft langs en region borte fra den optiske aksens bøytes det fleksible laget over den myke polymeren. Erfaring har vist at det fleksible laget 1, særlig når det utgjøres av en SiO_2 plate danner en i det vesentlige sfærisk overflate. Dermed utgjøres linsen av en linse som har glassoverflater men som inneholder en myk polymer, og der glassoverflatene kan formes ved å justere trykket. Justering av trykket kan derved endre krumningen og dermed brennvidden til linsen, slik at det gis en mulighet for å endre fokus på linsen.

Løsningen illustrert i figurene 1a,b og 2a,b kan lages med vanlig Si produksjonsmetoder. Den nedre overflaten er et plant substrat, for eksempel av glass, og det fleksible laget er laget fra en Silisium-skive der det er laget et hull opp til en øvre SiO₂- eller glass-overflate. Den myke polymeren er plassert i hullet og deretter presset mellom substratet (i tilfellet vist i figur 2a,b), silisiumskivens vegger og det øvre SiO₂- eller glass-laget. Ved å tilveiebringe piezoelektriske elementer eller lignende på overflaten vil krumningen til overflaten modifiseres av den mimorfe aktuatoren, og den myke polymeren vil holde seg ved overflate og følge overflatens bevegelser. I en alternativ utførelse kan hullets dimensjoner justeres, og den myke polymeren, som da trenger mer eller mindre plass, vil presse SiO₂-laget opp eller ned, og dermed forme linseoverflaten.

I alle løsningene diskutert over kan den justerbare brytende overflaten 6,7 lages i et reflekterende materiale, og dermed danne et justerbart speil. I figur 2 og videre kan både øvre og nedre lag 1,4 i tegningene være fleksible, for derved å gi bikonveks-, bikonkav- eller menisklinser.

Det optiske elementet ifølge oppfinnelsen kan dermed kobles til et system for justering av brennvidden på linsen ved å koble aktuatoren som gir kraften til linsen til standard utstyr for å gi autofokus til et kamera, for eksempel i en mobiltelefon, skanner eller strekkodeleser. Aktuatoren påtrykker da en økende eller reduserende kraft på linsen for derved å endre fokallengden inntil et signal gis av systemet om å stoppe eller gå tilbake, for eksempel hvis påkrevde fokus har blitt passert eller justeringen viser seg å ha feil retning.

Figurene 7a,7b,7c illustrerer den foretrukne utførelsen av oppfinnelsen, der aktuatoren, for eksempel piezoelektrisk eller elektrostriktivt materiale, er silketrykket på det øvre laget 1, eller lagt på og mønstret ved en i og for seg velkjent litografisk prosess. Aktuatorlaget 5 vist i figurene 7a,7b,7c er ringformet. I henhold til en alternativ utførelse som bruker en transparent aktuator, for eksempel en polymerfilm eller en PZT-film, kombinert med transparente elektroder, for eksempel ITO, kan aktuatoren dekke

det øvre laget fullstendig. Det øvre laget er laget av et tynt glassdekke, fortrinnsvis Pyrex men safir eller SiO_2 kan også brukes. Det myke polymerlignende materialet 3 er fortrinnsvis laget av et konvensjonelt gel, men myke polymerer eller elastomerer kan også brukes, valgt i henhold til den påkrevde brytningsindeksen. Det nedre laget 4 er i dette tilfellet laget av glass. Utførelsen ifølge figurene 7a,7b,7c utgjør en løsning som er lett å produsere med standardprosesser.

I figurene 8a,8b,8c er det illustrert en utførelse for å lage en sylindrisk linse. Fordelen med dette er at kraften som kreves for å bøye det øvre laget er mye mindre enn kraften krevet for å lage en dom-formet overflate. For å frembringe samme egenskaper som en konvensjonell linse kan to sylindriske linser plasseres langs den optiske aksen med perpendikulære bøyeretninger.

I beskrivelsen er ofte aktuatoren referert til som et piezoelektrisk element, men oppfinnelsen omfatter alle materialer som kan brukes som aktuator når utsatt for et elektrisk eller magnetisk felt, for eksempel materialer med sterk elektrostriktiv effekt, særlig avspennere som oppviser sterke spenn uten hysteresse-effekter, eller magnetostricitive materialer. Som illustrert i figurene 3a,4b kan aktuatoren i noen tilfeller være et hvilken som helst ringformet element som kan brukes for å påtrykke en kraft på linseelementet.

Strømforsyning og annet elektronisk og/eller mekanisk innretninger slik som driverkretser, understøttelse og hus for det optiske elementer som trengs for å bruke oppfinnelsen er ikke beskrevet i detalj her siden de er regnet som opplagte for en fagmann på området, avhengig av den valgte utførelsen og situasjonen i hvilken den skal brukes.

For å oppsummere angår dermed oppfinnelsen et optisk element med justerbar fokallengde omfattende et første transparent lag og en transparent myk polymer, for eksempel et gel, med en valgt brytningsindeks plassert på den, der lager er laget av et materiale som har en valgt fleksibilitet, for eksempel et tynt glasslag, der det optiske elementet også er forsynt med en aktuator for å påtrykke en kraft på det fleksible laget,

der kraften er i det vesentlige planart eller sirkulært symmetrisk om aksen og dermed bøyer polymeren nær den øvre overflaten og lager en linseoverflate gir en krum brytende overflatende.

- 5 Det optiske elementet kan også omfatte et andre transparent lag plassert på motsatt side av den myke polymeren og i det vesentlige dekke den myke polymeren for derved å gi en andre refraktive/brytende overflate.⁷ nær det andre laget med en forutbestemt form. Alternativt kan det andre transparente laget også være fleksibel og forsynt med en aktuator for forming av den andre brytende overflaten. Hvis et av lagene har en åpning slik at polymeren på innsiden presses ut eller trekkes inn i polymerkammeret kan overflaten få en linseformet brytende overflate, men som nevnt over kan den optiske kvaliteten på denne overflaten være begrenset.

- 15 Det første transparente laget kan utgjøres av SiO_2 og det optiske elementet omfatter videre et Si substrat med en åpning, der den myke polymeren er plassert i åpningen.

- 20 Det øvre og muligens det nedre transparente laget kan omfatte kraftaktuatorer innrettet til å påtrykke en sirkulært symmetrisk kraft på det første laget, og dermed gi en i det vesentlige sfærisk formet første lag nær sentrum, der sentrum dermed definerer en optisk akse for linseelementet ^{6,7}. Aktuatoren eller aktuatorene kan utgjøres av ringformet piezoelektrisk aktuator innrettet til å påtrykke en kraft på nevnte første lag.

- 25 Alternativt kan kraftaktuatoren være montert i et hus og kan være arrangert symmetrisk i forhold til den valgte optiske aksen og innrettet til å påtrykke en kraft parallelt med den optiske aksen. Dette kan gjøres ved bruk av en ring som presses mot minst et av lagene 1,4 for å bøye lagene, der kraften kan påtrykkes mekanisk eller med magneter, piezoelektriske elementer eller elektriske aktuatorer.

- 30 Ifølge en annen utførelse av oppfinnelsen er en i det vesentlige sirkulær boble plassert mellom første og/eller andre lag og nevnte myke polymer ved en valgt optisk akse, der den myke polymeren er elektrisk ledende, og nevnte første lag er forsynt med et ringformet mønster av elektriske ledere symmetrisk i forhold til en valgt optisk akse, og

der aktuatoren utgjøres av en spenningskilde koblet til elektrodene og til den myke polymeren, for derved å tilveiebringe en kraft mellom en valgt elektrode i det første laget og den myke polymeren som former polymerens overflate i forhold til elektrodene.

5

Ifølge en annen utførelse av oppfinnelsen er det andre laget plassert på motsatt side av den myke polymeren fra det første laget, og polymeren er elektrostriktiv. Aktuatoren utgjøres av minst en sirkulær elektrode plassert på hvert lag og en spenningskilde som påtrykker en spenning mellom elektrodene, der polymeren reagerer på spenningen og ekspanderer eller trekker seg sammen som resultatet av spenningen. På den måten vil reaksjonene fra polymeren på det elektriske feltet resultere i krumme brytende overflater.

Som beskrevet over er aktuatoren innrettet til å gi en sirkulært symmetrisk kraft i forhold til den optiske aksene, og dermed gi en i det vesentlige sfærisk formet bøyning på nevnte første transparente lag nær sentrum. Det er imidlertid mulig å la aktuatoren være innrettet til å gi en plansymmetrisk bøyning av det første transparente laget, der den sylindriske bøyningen har en akse som er perpendikulær på den optiske aksene. Ved å kombinere to slike linser langs den optiske aksene kan et resultat oppnås som ligner en tradisjonell linse, men som krever mindre kraft påtrykket av aktuatorene.

Linsen ifølge oppfinnelsen kan produseres på forskjellige måter. Linsen illustrert i figurene 1a.2b kan lages ved bruk av en metode som omfatter trinnene med å tilveiebringe en silisium-platte med et SiO_2 eller glass-lag på den ene siden, etse en åpning inn i silisium-platen og plassere den myke polymeren i åpningen, der den myke polymeren dermed har kontakt med SiO_2 eller glass-laget, og plassere en kraftaktuator på SiO_2 eller glass-laget. Et andre lag kan da plasseres på den motsatte siden av silisiumplaten, slik at den myke polymeren dermed er plassert i et hulrom. Aktuatoren er en piezoelektrisk eller elektrostriktiv ring der ringen er plassert koaksialt med den valgte optiske aksene og er innrettet til å gi en radiell kraft til SiO_2 -laget og dermed lage en bulk eller dom i det første laget og dermed i den myke polymeren.

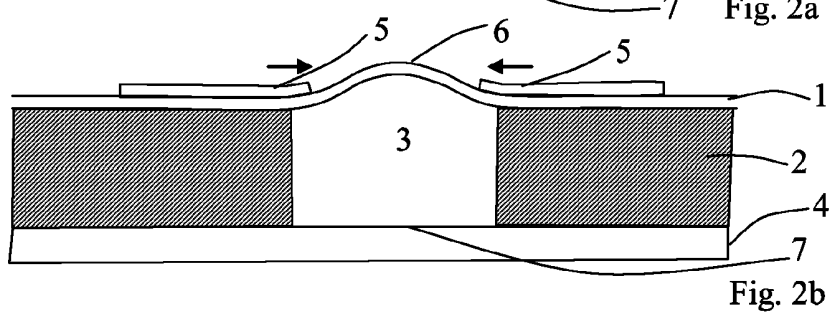
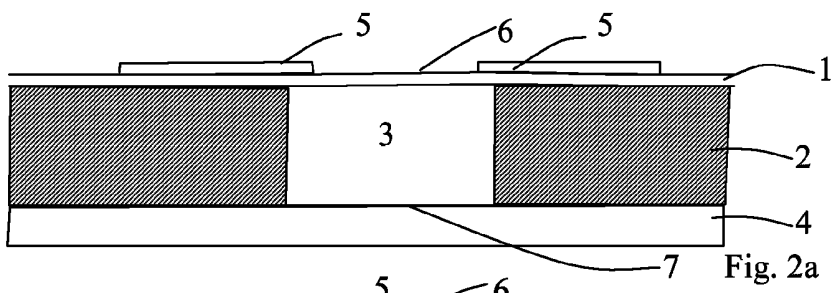
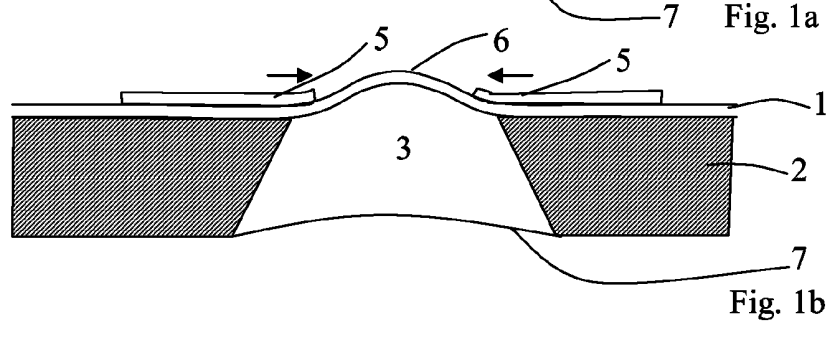
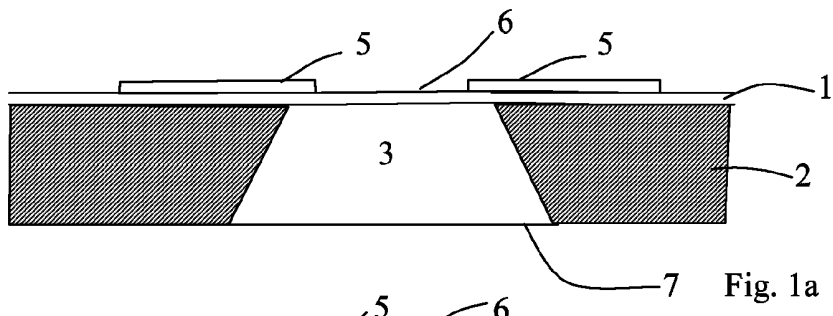
30

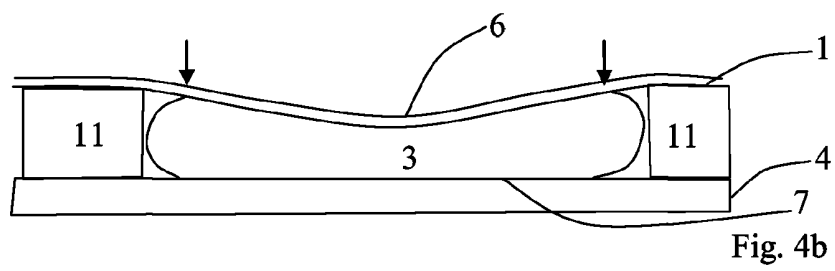
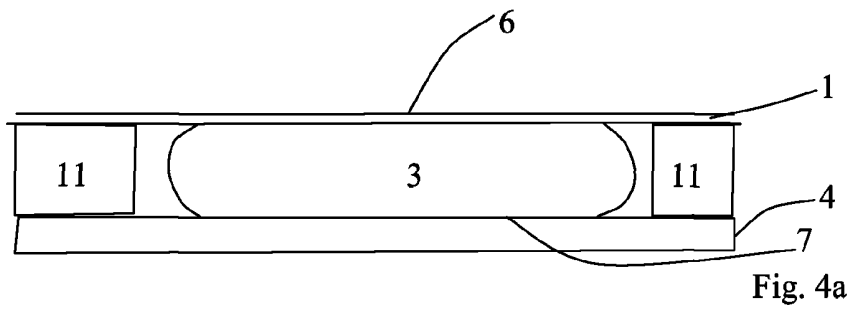
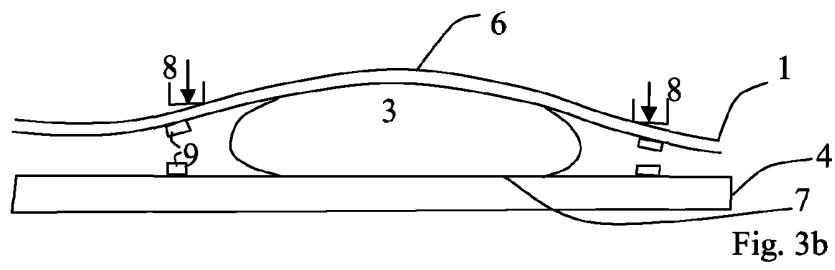
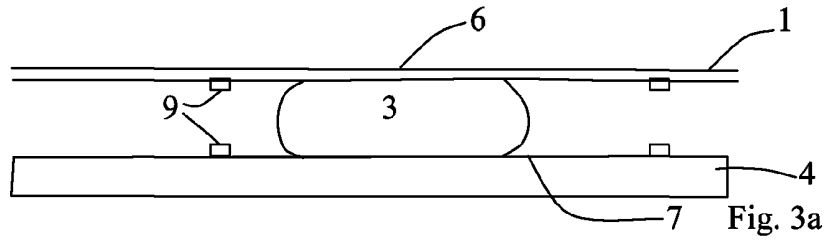
Alternativt kan linsen lages ved det trinnet å plassere aktuatoren på glassflaten, for eksempel ved en trykkemetode, å tynne ut glasset ved etsing eller sliping fra den motsatte siden av glassflaten, og frembringe den myke polymeren på motsatt side av den tynne glassplaten.

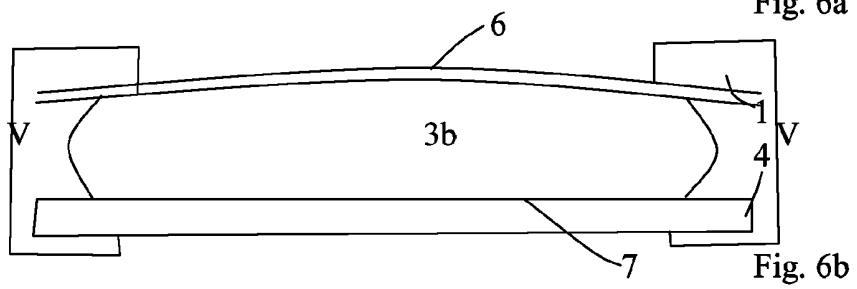
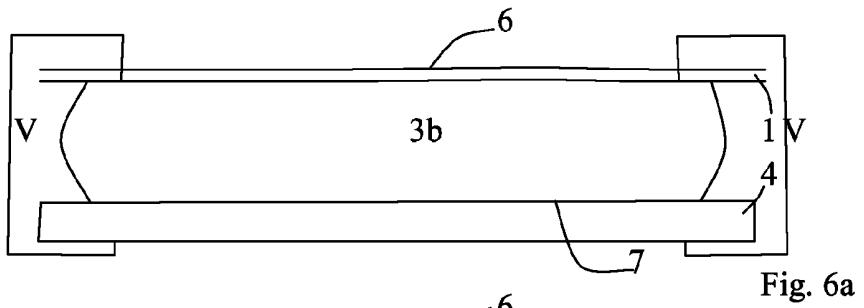
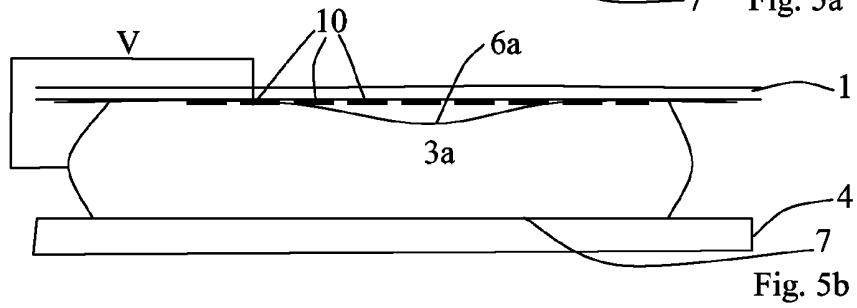
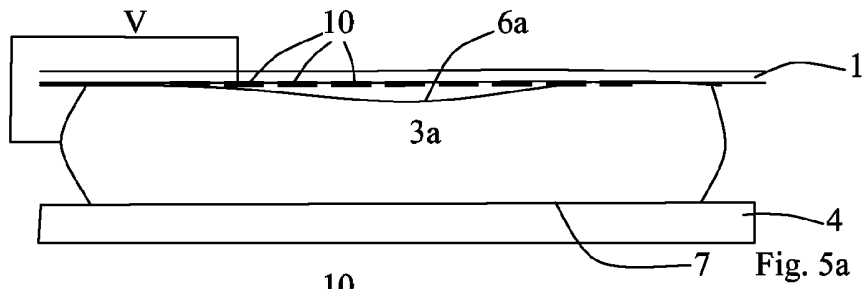
P a t e n t k r a v

1. Optisk element med justerbar brennvidde omfattende et første
gjennomsiktig lag (1) med en valgt fleksibilitet og som er forsynt med et piezoelektrisk
lag (5) innrettet til å trekke seg sammen eller ekspandere og derved bøye det første
5 transparente laget (1), og der det første transparente laget er plassert på et substrat (2)
med en gjennomgående kavitet plassert omtrent symmetrisk i forhold til en akse, og der
et legeme (3) av transparent, myk polymer er plassert i kaviteten med overflatekontakt
med det første gjennomsiktige laget (1),
k a r a k t e r i s e r t v e d at det første transparente laget (1) med valgt
10 fleksibilitet utgjøres av et hardt materiale, og det piezoelektriske laget (5) utgjøres av et
ringformet piezoelektrisk element (5) plassert symmetrisk omkring nevnte akse, og
dermed lager en buet overflate som i det sentrale området som utgjør en i det vesentlige
sfærisk brytende overflate.
- 15 2. Optisk element ifølge krav 1, der det første transparente laget (1)
inneholder av SiO₂ og at substratet er laget av Si.
3. optisk element ifølge krav 1, der både det transparente laget (1) og
substratet (2) er laget av glass.
20
4. Optisk element ifølge krav 1, der det piezoelektriske laget (5) er deponert
på det første transparente laget (1) ved silketrykk.
5. Optisk element ifølge krav 1, også omfattende et andre transparent lag (4)
25 plassert på motsatt side av den myke polymeren (3) og som i det vesentlige dekker den
myke polymeren.
6. Fremgangsmåte for å produsere en linse
k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter følgende trinn:
- 30 - tilveiebringe en substratplate med et glass- eller SiO₂-lag på den ene siden,
- plassering av et piezoelektrisk lag på glass- eller SiO₂-laget, slik at det
piezoelektriske laget er koaksialt med en valgt optisk akse,

- etsing eller sliping av en åpning inn i substratplaten frem til glass- eller SiO₂-laget fra motsatt side,
 - plassering av et mykt polymer inne i åpningen, slik at det myke polymeret har kontakt med SiO₂- eller glasslaget,
- 5 slik at det piezoelektriske laget er innrettet til å gi en kraft på glass- eller SiO₂-laget for derved å lage en bulk eller dom i det første laget og nevnte myke polymer.
7. Fremgangsmåte ifølge krav 6, der substratet er av silisium og det første laget er av SiO₂.
- 10
8. Fremgangsmåte ifølge krav 6, der et andre lag tilveiebringes på motsatt side av det myke polymeret, slik at dette er innesluttet i en kavitet.
9. Fremgangsmåte ifølge krav 6, der substratet er av det første laget og
- 15 substratet er av glass og der åpningen er laget ved sliping.







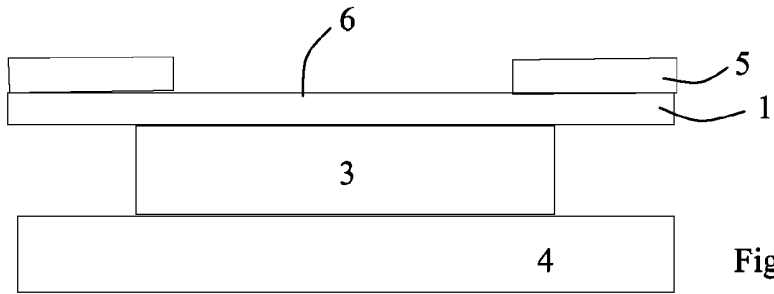


Fig. 7a

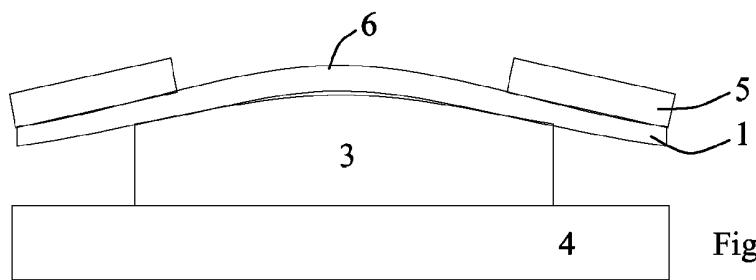


Fig. 7b

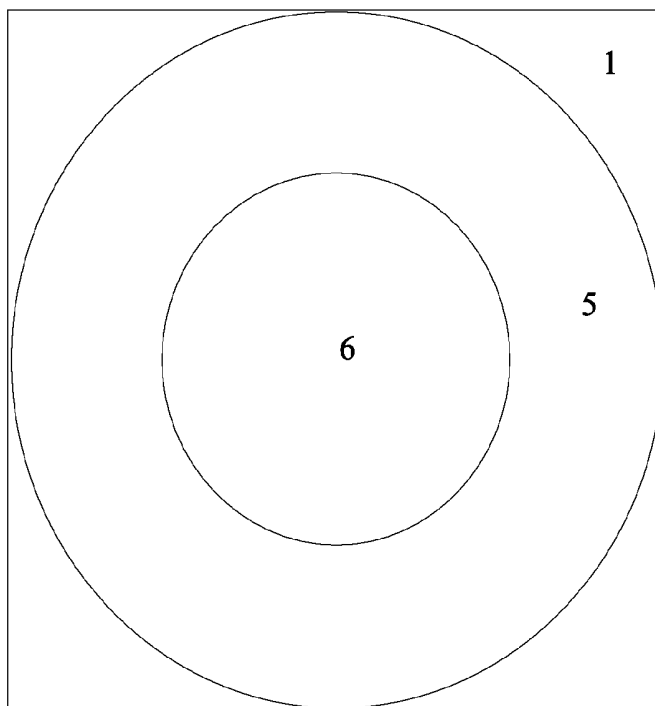


Fig. 7c

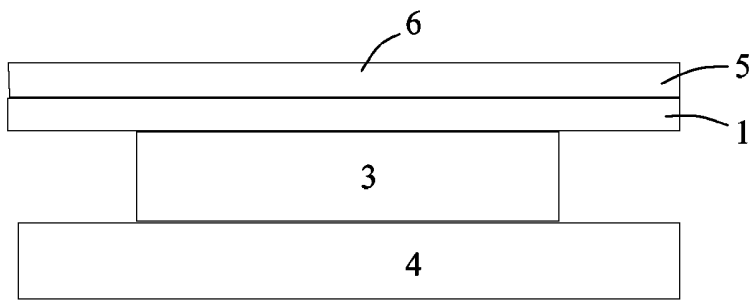


Fig. 8a

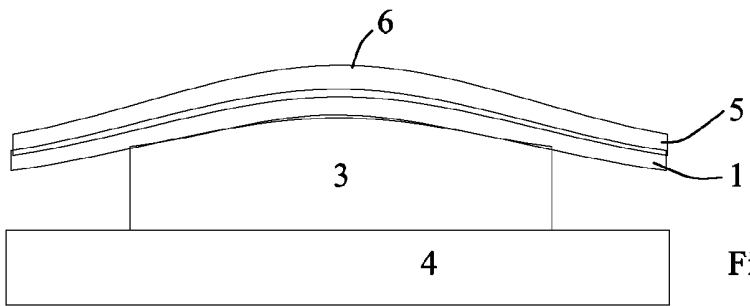


Fig. 8b

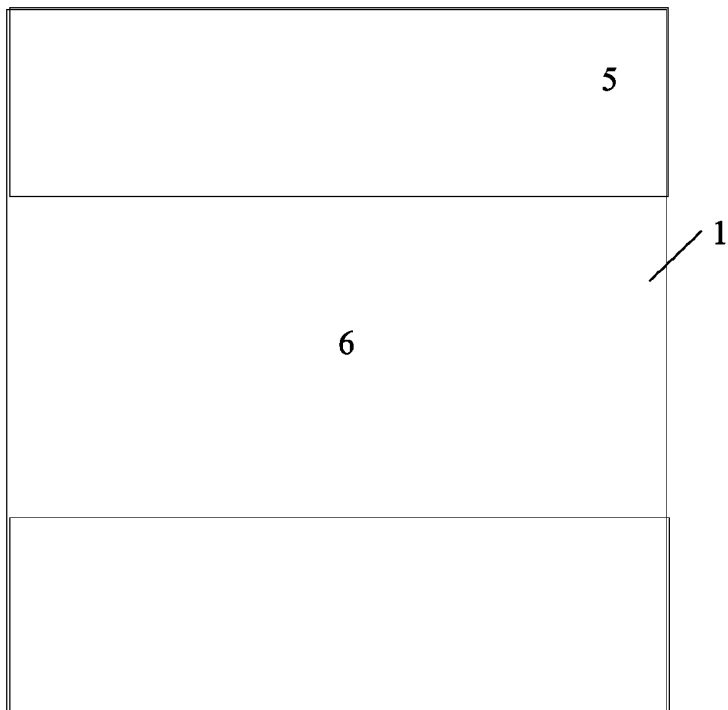


Fig. 8c