



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 18 709 T2** 2008.03.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 429 913 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B29D 11/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 18 709.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/30653**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 778 367.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/028987**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.09.2002**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **10.04.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.06.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **07.03.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.03.2008**

(30) Unionspriorität:  
**966179                      28.09.2001                      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(73) Patentinhaber:  
**Polaroid Corp., Cambridge, Mass., US**

(72) Erfinder:  
**GETTENS, Nancy J., Waban, MA 02468, US**

(74) Vertreter:  
**PAe Splanemann Reitzner Baronetzky  
Westendorp, 80469 München**

(54) Bezeichnung: **VERFORMTE LINSE AUS KUNSTSTOFF UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung bezieht sich auf geformte Kunststofflinsen und auf ein Verfahren zu ihrer Herstellung. Insbesondere betrifft die Anmeldung plastische Linsen, die im Wesentlichen keine optische Brechzahl, hohe Schlagfestigkeit und Abriebfestigkeit haben, sowie ein Verfahren zur Herstellung dieser Linsen, wobei während des Verfahrens eine konvexe Linsenoberfläche mit hoher Kratzfestigkeit in situ gebildet wird.

**[0002]** Gekrümmte lichtpolymerisierende Lamine, die als Linsen brauchbar sind und die eine Schicht aus einem molekular orientierten lichtpolarisierenden Material zwischen einem Paar von Substratfolien enthalten, sind bekannt. Es ist bekannt, zusammengesetzte, lichtpolarisierende Linsen herzustellen, die eine Schicht aus einem polymeren Material von optischer Qualität auf jeder Seite eines geformten lichtpolarisierenden Elements enthalten. Die US-Patentschrift 3,940,304 beschreibt ein Verfahren, das die in situ-Polymerisation von Schichten aus polymerem Material von optischer Qualität in einer Form umfasst. Ein monomeres Material von optischer Qualität wird in eine Form gebracht, so dass beide Oberflächen des lichtpolymerisierenden Elements bedeckt sind, worauf erhitzt wird, um die Polymerisation des monomeren Materials zu bewirken, wodurch eine zusammengesetzte polymere lichtpolymerisierende Linsenstruktur gebildet wird.

**[0003]** Weiterhin ist bekannt, Linsen herzustellen, die praktisch keinen optischen Brechwert haben, indem eine zusammengesetzte Linse als Rohling in einer Form geformt wird. Beispielsweise beschreibt die US-Patentschrift 5,434,707 ein Verfahren zur Herstellung von geformten Kunststofflinsen, die praktisch keinen optischen Brechwert haben und ein Laminat aus einer lichtpolymerisierenden Schicht zwischen einem Paar von thermoplastischen Substratfolien darstellen. Nach diesem Verfahren wird der zusammengesetzte Linsenrohling in eine Form gebracht, die erhitzte gekrümmte Andruckplatten hat und erhitzt und gepresst, so dass die thermoplastischen Substratfolien verformt und fließfähig gemacht werden, mit dem Ergebnis, dass eine zusammengesetzte Linse erhalten wird, die praktisch keinen optischen Brechwert hat. Bei dem Verfahren werden linsenformende Andruckplatten benötigt, die bestimmte Krümmungsradien haben, wodurch beim Erhitzen und Pressen die Herstellung von Kunststofflinsen mit ungleichmäßiger Dicke, d.h. Linsen, die im zentralen Bereich am dicksten sind und deren Dicke radial zum Umfang hin abnimmt, ermöglicht wird. Obwohl nach den Verfahren der '707-Patentschrift Kunststofflinsen, die praktisch keinen optischen Brechwert und eine gute Haltbarkeit haben, erhalten werden, ist es nicht in allen Fällen vollkommen ausreichend.

**[0004]** Mit fortschreitendem Stand der Technik wurden Anstrengungen unternommen, neue Kunststofflinsen herzustellen, die neuen Leistungserfordernissen genügen und die einige der unerwünschten Eigenschaften von bekannten Werkstoffen nicht mehr besitzen.

**[0005]** Beispielsweise besteht für verschiedene Anwendungen wie für Sportveranstaltungen ein andauerndes Bedürfnis nach Kunststofflinsen mit hoher Schlagfestigkeit, die praktisch keinen optischen Brechwert besitzen. Die Herstellung von Kunststofflinsen mit hoher Schlagfestigkeit durch einfaches Formen eines Linsenrohlings aus Kunststoffmaterial mit hoher Schlagfestigkeit in einer Form ist jedoch nicht immer befriedigend, da derartige Werkstoffe mit hoher Schlagfestigkeit gewöhnlich starken optischen Beanspruchungen unterliegen und unter den Bedingungen der Erhitzung und der Druckanwendung, die zur Formung der Linse erforderlich sind, zur Bildung von Rissen neigen. Es wäre deshalb vorteilhaft, ein Verfahren zur Herstellung von geformten Linsen, die praktisch keinen optischen Brechwert und eine hohe Schlagfestigkeit haben und die zur Verwendung in Brillen geeignet sind, zur Verfügung haben. Es wäre auch vorteilhaft, geformte Linsen, die praktisch keinen optischen Brechwert und eine konvexe Oberfläche mit hoher Kratzfestigkeit haben, zur Verfügung zu haben.

**ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

**[0006]** Es wurde nun festgestellt, dass geformte oder gekrümmte Kunststofflinsen, die praktisch keinen optischen Brechwert haben, erfindungsgemäß dadurch hergestellt werden können, dass durch in situ-Polymerisation eine Schicht eines optisch klaren polymeren Werkstoffs mit hoher Kratzfestigkeit auf der konvexen Oberfläche der Linse gebildet wird. Das erfindungsgemäße Verfahren wird in einer Form ausgeführt, die zwei erhitzte gekrümmte Andruckplatten enthält. Eine passende Menge einer geeigneten polymeren Zusammensetzung, enthaltend ein Monomer oder ein Oligomer, wird auf die konkave Oberfläche einer Andruckplatte gebracht. Eine ebener Linsenrohling mit praktisch gleichmäßiger Dicke wird zwischen die Andruckplatten gelegt, die dann erhitzt und zusammengepresst werden. Die polymerisierbare Zusammensetzung wird zu gebracht, die konvexe Oberfläche der geformten Linsenstruktur zu bedecken und zu polymerisieren, um eine Schicht mit ungleichmäßiger Dicke zu bilden, die am dicksten im zentralen Bereich ist, und die einen Dickengradienten hat, der all-

mählich radial zum Umfang der Linse hin abnimmt.

**[0007]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist der verwendete Linsenrohling eine Verbundstruktur, enthaltend eine Schicht aus lichtpolarisierendem Material zwischen mehreren thermoplastischen Substratschichten. Erfindungsgemäß werden also Linsen erhalten, die zur Verwendung in Sonnenbrillen geeignet sind.

**[0008]** Die so gebildete, vorteilhaft geformte Kunststofflinse, die auf einer Seite konvex und auf der anderen Seite konkav ist, hat praktisch keinen optischen Brechwert und erhält eine oder mehrere durchsichtige Schichten mit praktisch gleichmäßiger Dicke auf der konkaven Seite und auf der konvexen Seiten eine durchsichtige Schicht aus thermoplastischem Material mit einer hohen Kratzfestigkeit und einer ungleichmäßigen Dicke, wobei die Dicke dieser Schicht im zentralen Bereich der Linse am größten ist und die Dicke allmählich radial zum Umfang der Linse hin abnimmt. Die vorteilhafte Linsenstruktur gemäß der Erfindung hat also insgesamt eine ungleichmäßige Dicke, wobei die maximale Dicke der Linse im zentralen Bereich am größten ist und allmählich radial zum Umfang der Linse hin abnimmt.

**[0009]** Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zum Formen einer Kunststofflinse nach Anspruch 1 und einer Linse mit dem Brechwert Null nach Anspruch 7.

**[0010]** Das vorteilhafte Verfahren gemäß der Erfindung ermöglicht die Herstellung von Linsen mit einer hohen Schlagfestigkeit und einer konvexen Oberfläche mit hoher Kratzfestigkeit.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0011]** Zum besseren Verständnis der Erfindung sowie ihrer anderen Aufgaben und weiteren Merkmale wird auf die folgende ausführliche Beschreibung verschiedener bevorzugter Ausführungsformen in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen Bezug genommen. Es zeigen:

**[0012]** [Fig. 1](#) eine teilweise schematische, seitliche Schnittansicht einer bevorzugten Ausführungsform eines Linsenrohlings, der zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Kunststofflinse, die praktisch keinen optischen Brechwert hat, verwendet werden kann;

**[0013]** [Fig. 2](#) eine teilweise schematische Perspektivansicht einer Pressformvorrichtung, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist;

**[0014]** [Fig. 3](#) eine teilweise schematische, seitliche Schnittansicht der in [Fig. 2](#) erläuterten Vorrichtung, wobei die Durchführung eine Stufe eines erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt ist;

**[0015]** [Fig. 4](#) eine teilweise schematische, seitliche Schnittansicht der in [Fig. 2](#) erläuterten Vorrichtung, wobei die Stufe des Erhitzens und des Pressens nach dem erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt ist;

**[0016]** [Fig. 5](#) eine teilweise schematische, seitliche Schnittansicht der in [Fig. 2](#) erläuterten Vorrichtung, worin die Stufe der Entfernung der Linse nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gezeigt ist; und

**[0017]** [Fig. 6](#) eine teilweise schematische, seitliche Schnittansicht einer bevorzugten Ausführungsform einer geformten Kunststofflinse gemäß der Erfindung die praktisch keinen optischen Brechwert hat.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0018]** Wie vorstehend angegeben, ist die vorliegende Erfindung auf geformte Kunststofflinsen, die praktisch keinen optischen Brechwert haben, sowie auf ein Verfahren zur Herstellung dieser Linsen gerichtet. Im Zusammenhang mit einer Kunststofflinse gemäß der Erfindung bedeutet die Bezugnahme auf eine Linse die praktisch keinen optischen Brechwert hat, im allgemeinen ein Fehlen von Vergrößerung und Verkleinerung. Eine Linse hat also praktisch keinen optischen Brechwert, wenn der Brechwert so niedrig ist, dass er mit dem menschlichen Auge nicht erkennbar oder feststellbar ist oder wenn er innerhalb der Grenzen eines veröffentlichten industriellen Standards für Linsen ohne Brechwert liegt. Für die erfindungsgemäße Herstellung derartiger der Linsen ist es erforderlich, dass die linsenbildenden Andruckplatten gekrümmte Oberflächen mit vorbestimmten Radien haben, wodurch unter den erfindungsgemäß angewendeten Erhitzungs- und Druckbedingungen geformte Kunststofflinsen mit ungleichmäßiger Dicke gebildet werden, wobei die Dicke im zentralen Bereich der Linse am größten ist und allmählich radial zum Umfang der Linse hin abnimmt. Die Krümmungsradien der Andruckplatten, die zur Bildung der konkaven bzw. konvexen Oberfläche der Linse gemäß der Erfindung verwen-

det werden, genügen einer wichtigen Beziehung, die nachstehend näher erläutert ist und die Voraussetzung dafür ist, den Linsen, die praktisch keinen Brechwert haben, erhalten werden.

**[0019]** Die Bedingungen zur Erzeugung der erfindungsgemäßen Linsen, die praktisch keinen optischen Brechwert haben, lassen sich besser verstehen durch Bezugnahme auf die mathematische Formel für die Hauptbrennweite (F) einer Linse mit der Dicke (t), wie sie im Handbook of Chemistry and Physics, 53, Auflage, 1972, veröffentlicht von der Chemical Rubber Company, Seite F-85 angegeben ist:

$$F = \frac{n r_1 r_2}{(n-1) [n(r_1 + r_2) - t(n-1)]} \quad (\text{I})$$

worin  $r_1$  und  $r_2$  die Kurvenradien der Linse und  $n$  den Brechungsindex bedeuten.

**[0020]** Im Falle einer Linse mit dem Brechwert Null wird F unendlich; in diesem Fall gilt:

$$n(r_1 + r_2) = (n-1)t \quad (\text{II})$$

**[0021]** Unter der Annahme eines Brechungsindex ( $n$ ) von 1,5 stehen die Kurvenradien ( $r_1$  und  $r_2$ ) mit der Dicke der Linse nach folgender Formel miteinander in Beziehung:

$$r_1 + r_2 = t_3 \quad (\text{III})$$

**[0022]** Wenn also ein Verbundlaminat mit einer Dicke von 2,54 mm (0,100 Zoll (100 Mils)) unter Verwendung einer Andruckplatte mit einer konkaven Oberfläche mit einem Krümmungsradius ( $r_1$ ) von 8,93 mm (3,514 Zoll) zu einer Linse geformt werden soll (um die konvexe Seite der Linse zu bilden) ergibt sich, dass die für die Bildung der konkaven Seite der Linse verwendete Andruckplatte eine konvexe Oberfläche mit einem Krümmungsradius ( $r_2$ ) von 68,42 mm (3,481 Zoll) hat.

**[0023]** Im Gegensatz dazu wird der optische Brechwert (P) einer Linse mit gleichmäßiger Dicke (T) bekanntlich durch die Formel

$$P = -P_0 T \left( \frac{1}{n-1} - \frac{1}{n} \right) \quad (\text{IV})$$

dargestellt, worin T in Metern ausgedrückt ist. Ist der Brechungsindex ( $n$ ) = 1,5 und der nominale Brechwert (P), der gleich der Quadratwurzel aus dem Produkt der Brechwerte jeder einander gegenüberliegenden Oberfläche ist, sechs, dann gilt

$$P = -36T \left( \frac{1}{1,5-1} - \frac{1}{1,5} \right) \quad (\text{V})$$

und

$$P = -48T \quad (\text{VI})$$

**[0024]** Es kann aus der Formel VI berechnet werden, dass

$$P = -0,00122t \quad (\text{VII})$$

ist, worin die Dicke (t) in mils ausgedrückt ist. Die Brechwerte (in Dioptrien) von Linsen mit unterschiedlicher Dicke können leicht nach der Formel VII berechnet werden; Beispiele für die Brechwerte von Linsen mit unterschiedlichen gleichmäßigen Dicken sind in TABELLE I angegeben, wobei die Brennweite in Metern ausgedrückt ist.

TABELLE I

t(mils)	mm	P (Dioptrien)	Brennweite
(30)	0,76	-0,0366	-27,3
(45)	0,95	-0,0549	-18,2
(60)	1,54	-0,0732	-13,66
(75)	1,91	-0,0915	-10,93
(90)	2,29	-0,1098	-9,11
(100)	2,54	-0,1220	-8,20

**[0025]** Aus der Formel VII und aus den Werten von TABELLE I ergibt sich, dass eine Zunahme der Dicke einer Linse mit gleichmäßiger Dicke zu einer Zunahme des Brechwertes führt. Wenn also die Linsendicke erhöht wird, um verbesserte Eigenschaften, wie Starrheit und Haltbarkeit zu erzielen, ist dies von einer unerwünschten Zunahme des Linsenbrechwertes begleitet.

**[0026]** Die Erfordernisse für die linsenbildenden Oberflächen von Andruckplatten, die für die Herstellung der erfindungsgemäßen Linsen, die praktisch keinen Brechwert und ungleichmäßige Dicken haben, sind besser verständlich, wenn man die Kurvenradien der zur Bildung von Linsen mit gleichmäßiger Dicke verwendeten Andruckplatten berücksichtigt. Beispielsweise kann eine "Zwiebel"-Linse mit gegenüberliegenden konvexen und konkaven Seiten und einer gleichmäßiger Dicke analog zu den konzentrischen Ringen eines Zwiebel-schnitts gesetzt werden. Jeder Zwiebelring mit der gleichen und gleichmäßigen Dicke wird durch konvexe und konkave Radien bestimmt. Diese Radien haben für jedes Schnitzel verschiedene Werte. Die entsprechenden Radien für jedes Schnitzel ändern sich auch mit dem Fortschreiten Verlauf der Ringe nach Außen auf die Zwiebeloberfläche. Durchsichtige Kunststoffsubstratwerkstoffe können in Analogie zu diesen Ringen zu Linsen mit gleichmäßiger Dicke geformt werden und die Anforderungen an die Kurvenradien der Andruckplatten können leicht in Analogie zu der Geometrie einer Zwiebel bestimmt werden. Derartige Linsen haben aber optische Brechwerte, die, wie vorstehend angegeben, mit der Dicke zunehmen.

**[0027]** Kunststofflinsen mit einer konvexen Oberfläche aus thermoplastischem Material mit hoher Kratzfestigkeit können erfindungsgemäß unter Verwendung von Andruckplatten mit unterschiedlichen vorbestimmten Kurvenradien und thermoplastischen Substratwerkstoffen sowie den Hitze- und Druck-Formbedingungen in Verbindung mit der Bildung einer Schicht mit ungleichmäßiger Dicke durch Polymerisation in situ hergestellt werden, wobei kein optischer Brechwert erzeugt und stattdessen die Bildung von Linsen mit ungleichmäßigen Gesamtdicken, die praktisch keinen optischen Brechwert haben, gefördert wird. Die speziellen Bedingungen für die Kurvenradien, die Anforderungen an die Werkstoffe und die Formbedingungen, die die Herstellung der erfindungsgemäßen Linsen ermöglichen, sind nachstehend im Einzelnen beschrieben.

**[0028]** Wie bereits gesagt, betrifft das erfindungsgemäße Verfahren im Allgemeinen die Bildung von geformten Kunststofflinsen mit ungleichmäßiger Dicke, die praktisch keinen optischen Brechwert haben, wobei eine Schicht mit ungleichmäßiger Dicke durch in situ-Polymerisation gebildet wird. So kann ein Linsenrohling, der zur Bildung der erfindungsgemäßen Linsen verwendet werden kann, im Allgemeinen eine planare Struktur haben, die eine praktisch gleichmäßig dicke Schicht oder Schichten aus (einem) thermoplastischen Werkstoff(en) enthält. Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachstehend anhand der bevorzugten Ausführungsform näher beschrieben, worin der für die Bildung der erfindungsgemäßen Linsen verwendete Linsenrohling eine Verbundstruktur darstellt, die eine Schicht aus lichtpolymerisierendem Material zwischen Schichten aus thermoplastischen Substratwerkstoff enthält.

**[0029]** [Fig. 1](#) zeigt eine Laminatstruktur **10** aus Schichten oder Folien **12**, **14**, **16** und **18**, aus denen eine lichtpolarisierende Kunststofflinse gemäß der Erfindung gebildet werden kann. Die Schicht oder Folie **12** stellt ein molekular orientiertes lichtpolarisierendes Material dar, das die lichtpolarisierende Funktion der bevorzugten geformten Linse gemäß der Erfindung ergibt. Gewöhnlich erhält die lichtpolarisierende Schicht **12** ein lineares molekular orientiertes dichroitische Material mit einer Dicke im Bereich von (etwa 0,1 bis etwa 3 mils) etwa 0,0025 bis etwa 0,076 mm), vorzugsweise von (etwa 0,5 mils) etwa 0,0125 mm.

**[0030]** Ein bevorzugtes Material zur Verwendung als lichtpolarisierende Schicht **12** ist eine Schicht aus gestrecktem oder orientiertem Poly(vinylalkohol) mit einer Dicke von etwa 5 mils, das nach bekannten Verfahren mit einem dichroitischen Farbstoff, wie Iod, angefärbt ist. Ein derartiges polarisierendes Material ist zur Verbes-

serung der Stabilität vorzugsweise boratisiert. Geeignete polarisierende Schichten dieses Typs können nach Verfahren hergestellt werden, wie sie in der US-Reissue-Patentschrift RE. 23,297 und in der US-Patentschrift 4,166,871 beschrieben sind. Ein anderes polarisierendes Material ist eine gestreckte Poly(vinylalkohol)-Folie, die Polyvinyl als lichtpolarisierende Spezies enthalten kann, und die durch Behandlung mit Chlorwasserstoffsäuredampf in an sich bekannter Weise hergestellt werden kann. Vorzugsweise sind diese polarisierenden Materialien zur Verbesserung der Stabilität boratisiert. Geeignete lichtpolarisierende Materialien dieses Typs können nach Verfahren hergestellt werden, wie sie in der US-Patentschrift 2,445,555 beschrieben sind. Es können aber auch andere lichtpolarisierende Materialien verwendet werden. Verfahren zu ihrer Herstellung sind in den US-Patentschriften 2,237,567, 2,527,400 und 2,554,850 angegeben.

**[0031]** Bei der Herstellung von Lichtpolarisatoren können eine oder mehrere Unterlagen oder Trägerfolien verwendet werden, um die Haltbarkeit und die Verarbeitungseigenschaften der lichtpolarisierenden Werkstoffe zu verbessern. Zu diesem Zweck können Unterlagefolien aus Celluloseacetat, Cellulosetriacetat, Celluloseacetat-Butyrat (CAB) oder aus anderen polymeren Werkstoffen verwendet werden. Es kann ein Klebstoff verwendet werden, um die gewünschte Bindung ohne die Ausbildung von Blasen, Trübungen oder andere sichtbaren Fehlern zu fördern. Geeignete Klebstoffe sind in der Technik bekannt.

**[0032]** Die Schichten **14** und **16** sind aus thermoplastischen Werkstoffen, die bis zur gewünschten Krümmung für die erfindungsgemäßen Linsen geformt werden können. Durchsichtige thermoplastische Harze, die für die Herstellung von optischen Elementen bekannt sind, können als Schichten **14** und **16** verwendet werden. Typische geeignete thermoplastische Werkstoffe umfassen Poly(methylmethacrylat), Polystyrol, Polycarbonat und thermoplastische Werkstoffe auf Cellulosebasis, wie Cellulosenitrat, Celluloseacetat, Cellulosetriacetat, Celluloseacetat-Propionat, Celluloseacetat-Butyrat und Ethylcellulose. Im Allgemeinen sind solche Werkstoffe geeignet, die durchsichtig sind und die eine gute Beständigkeit und Formbarkeit haben. Weiterhin ist es günstig, dass die Harzwerkstoffe der Schichten **14** und **16** eine niedrige Doppelbrechung und eine gute Hitze- und Feuchtigkeitsbeständigkeit haben. Die Schichten **14** und **16** aus harzartigem Material können aus den vorstehend erwähnten harzartigen Materialien ausgewählt werden, obwohl auch andere Materialien verwendet werden können. Es ist offensichtlich, dass die Formbarkeit oder Verarbeitbarkeit der harzartigen Materialien der Schichten **14** und **16** in Betracht zu ziehen ist, insofern als die erforderlichen Form- oder Linsenbildungsbedingungen (Temperatur und Druck) die physikalischen und optischen Eigenschaften des zwischen diesen Schichten befindlichen Lichtpolarisators beeinflussen können. So sind die Schichten **14** und **16** aus einem thermoplastischen Material, das erfindungsgemäß zu einer gekrümmten Linse formbar ist, ohne dass die Lichtpolarisatorschicht **12** abgebaut oder einem anderen schädlichen und unerwünschten Einfluss ausgesetzt wird.

**[0033]** Im Allgemeinen haben Poly(methylmethacrylat)-Harze eine gute Beständigkeit, Durchsichtigkeit und Verarbeitbarkeit, und die günstigen Eigenschaften und Grenzen von Poly(methacrylat) und den anderen vorstehend genannten Werkstoffen, insoweit als es ihre Eignung für die Herstellung von optischen Elementen betrifft, sind bekannt und beispielsweise in den US-Patentschriften 4,986,641 und 5,043,405 beschrieben. Es können Homopolymere aus Methylmethacrylat und anderen Methacrylat-Polymeren, wie Norbornyl-Methacrylat verwendet werden, ebenso Methacryl-Copolymere, die sich wiederholende Einheiten aus Methylacrylat und anderen copolymerisierbaren Monomeren enthalten. Beispiele für derartige Homopolymere und Copolymere sind in den vorstehend erwähnten US-Patentschriften 4,985,648 und 5,043,405 angegeben.

**[0034]** Bevorzugte Materialien für die Schichten **14** und **16** sind Celluloseacetat-Butyrat und Polycarbonat. Celluloseacetat-Butyrat wird für die Verwendung in der Schicht **14** vorgezogen, da es einen niedrigen Belastungskoeffizienten hat. Polycarbonat ist ein bevorzugtes Material für die Schicht **16** aufgrund seiner guten Schlagfestigkeitseigenschaften. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform enthält die Schicht **14** eine etwa (0,005 Zoll) 0,127 mm dicke Schicht aus Celluloseacetat-Butyrat, und die Schicht **16** ist eine etwa (0,015 bis 0,030 Zoll) 0,381 bis 0,762 mm dicke Schicht aus gefärbten Polycarbonat. Die Färbung kann durch Einbau von sichtbaren Farbstoffen in die Schicht **16** durchgeführt werden, um Kontraste und ästhetische Wirkungen zu erzeugen. Alternativ und bevorzugt enthält der Linsenrohling eine etwa (0,015 bis 0,030 Zoll) 0,381 bis 0,762 mm dicke klare Polycarbonatschicht **18**. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform enthält die konkave Oberfläche der Linse vorzugsweise einen harten Überzug oder eine Schicht mit hoher Kratzfestigkeit, da Polycarbonat gewöhnlich leicht zerkratzt wird. Vorzugsweise verwendet man eine klare Polycarbonatschicht mit einer harten Überzugschicht als Schicht **18**.

**[0035]** Die Schichten **14**, **16** und **18** können jeweils aus einer oder mehreren Schichten zusammengesetzt sein. Gute Ergebnisse können erhalten werden, wenn eine Einzelschicht für jede der Schichten **14**, **16** und **18** verwendet wird. Im Allgemeinen zieht man es vor, dass die Schicht **16** und die ggf. vorhandene Schicht **18** eine größere Dicke als die Schicht **14** haben. Eine Dickendifferenz ermöglicht es, dass das lichtpolarisierende Ma-

terial **12** in der Linse **50** (**Fig. 7**) näher an der konvexen Oberfläche der Linse als an der konkaven Oberfläche angeordnet werden kann. Es ist vorteilhaft, dass die Schicht aus lichtpolarisierendem Material **12** möglichst nahe an der konvexen Oberfläche der Linse angeordnet ist, so dass das Material, durch das das Licht gehen muss, bevor es auf das lichtpolarisierende Material auftrifft, möglichst wenig Gelegenheit hat, die Absorption von polarisiertem Licht zu stören. Anders gesagt, soll das Material, durch das das Licht vor dem Auftreffen auf das lichtpolarisierende Material hindurchgeht, keine nennenswerte Doppelbrechung haben. Weiterhin bringt die Verwendung einer oder mehrerer Schichten mit einer Dicke, die größer ist als die der äußeren Schichten, eine größere Verarbeitungsbreite, z.B. bezüglich der Temperatur- und Druckbedingungen, die beim Formen der Linsen angewendet werden können, ohne dass ein nachteiliger Einfluss auf die physikalische Integrität und die optischen Eigenschaften des Lichtpolarisators **12** auftritt. Die fakultative Schicht **18** kann entweder die gleiche Dicke wie die Schicht **16** oder aber eine andere Dicke haben.

**[0036]** Bei einer besonders bevorzugten erfindungsgemäßen geformten Linse ist die Schicht **14** eine etwa (0,005 Zoll) 0,127 mm dicke Schicht aus Celluloseacetat-Butyrat, die Schicht **16** eine etwa (0,015 Zoll) 0,381 mm dicke Schicht aus gefärbten Polycarbonat und die Schicht **18** eine etwa (0,030 Zoll) 0,762 mm dicke Schicht aus klarem Polycarbonat mit einer harten Überzugsschicht, d.h. einer Schicht aus einem Material mit hoher Kratzfestigkeit auf der äußeren Oberfläche.

**[0037]** Wie vorstehend angegeben, können die Schichten des Linsenrohlings mit Hilfe von Klebstoffen aneinander geklebt werden. Zu diesem Zweck können verschiedene Klebstoffe verwendet werden, vorausgesetzt dass sie im Wesentlichen durchsichtig sind und ein schleierfreies Laminat, das frei von Blasen und anderen, nicht akzeptierbaren und sichtbaren Fehlern ist, ergibt. Die entsprechenden Schichten **14**, **16** und, falls vorhanden, **18**, können, falls gewünscht, verschiedene Zusätze für bekannte und vorbestimmte Effekte enthalten. Es können Stabilisatoren, wie UV-Licht-Absorber, Antioxidantien, Formablösemittel, Schmiermittel, oberflächenaktive Mittel und Elastomere vorhanden sein. Farbstoffe, wie graue, gelbe, blaue oder andere Farbstoffe können ebenfalls verwendet werden, um eine Linse mit einer gewünschten Dicke oder Farbe zu erhalten. Die Schicht **16** oder **18**, falls vorhanden, kann eine abriebfeste Schicht oder einen Überzug enthalten, um die Beständigkeit der konkaven Oberfläche der Linsen gegenüber Kratzern und Abrieb zu verbessern. Eine solche Schicht kann beispielsweise ein hitzehärtendes vernetztes polymeres Material sein.

**[0038]** Die in **Fig. 1** dargestellte Laminatstruktur, aus der eine lichtpolarisierende Linsenstruktur, wie sie in **Fig. 6** dargestellt ist, hergestellt werden kann, kann in verschiedener Weise hergestellt und verwendet werden. Beispielsweise können einfache Rohlinge mit der in **Fig. 1** dargestellten Struktur geformt und anschließend zu einer gewünschten Linse geformt werden, wobei jeder Rohling durch Laminierung von vorgeschnittenen Komponenten **12**, **14**, **16** und **18** mit quadratischer, runder, elliptischer oder einer anderen Form hergestellt wird. Diese Rohlinge können unter Hitze und Druck zu einer erfindungsgemäßen Linse geformt werden, und ihre Ränder können in an sich bekannter Weise abgeschliffen werden, damit sie in Brillengestelle passen. Vorzugsweise kann eine Verbundstruktur mit begrenzter oder endloser Länge nach einem kontinuierlichen oder halbkontinuierlichen Verfahren geformt werden, wobei Bahnen oder Stücke von thermoplastischem Folienmaterial an die gegenüberliegenden Seiten einer lichtpolarisierenden Schicht geklebt werden. Aus der Laminatstruktur können dann unter Verwendung einer Schneidevorrichtung, z.B. einer Säge, eines Messers, eines Lasers usw. einzelne Rohlinge geschnitten werden. Das Schneiden kann jederzeit vor dem Formen mit einer Vorrichtung, z.B. einer Pressformvorrichtung, erfolgen.

**[0039]** Die einzelnen Rohlinge können vor dem Formen vorbehandelt werden. Beispielsweise können Linsenrohlinge mit bestimmten Abmessungen, die für die jeweilige Formvorrichtung geeignet sind, erhitzt und unmittelbar oder nach weitgehender Abkühlung in die Formvorrichtung gebracht werden.

**[0040]** Das erfindungsgemäße Verfahren, nach welchem Linsen, die praktisch keinen optischen Brechwert haben, geformt werden, ist nachstehend in Verbindung mit den **Fig. 2** bis **Fig. 5** beschrieben.

**[0041]** Die Formung kann mit Hilfe einer Vorrichtung des in **Fig. 2** dargestellten Typs erfolgen. Die Vorrichtung enthält konkave Andruckplatten **24**, konvexe Andruckplatten **26**, Mittel zum Antrieb der Andruckplatten zur Ausübung bzw. Wegnahme eines Druckes und Mittel zum abwechselnden Erhitzen und Kühlen der Andruckplatten während jedes Druckausübungsintervalls.

**[0042]** Die konkave Andruckplatte **24** enthält ein Glaselement **28** mit einer glatten konkaven Formoberfläche **30**, einen Stempel **32**, der operativ mit einer geeigneten Antriebseinrichtung verbunden ist, eine Fluidkammer **33**, eine Fluideintrittskupplung **34** und eine Fluidaustrittskupplung **36**.



**[0043]** Die konvexe Andruckplatte enthält ein Glaselement **38** mit einer konvexen Formoberfläche **40**, eine feste Halterung **42**, eine Fluidkammer **43**, eine Fluidseintrittskupplung **44** und eine Fluidaustrittskupplung **46**.

**[0044]** Wie vorstehend erörtert, haben die konkave bzw. konvexe Formoberfläche **30** bzw. **40** verschiedene Krümmungsradien, die im Wesentlichen der durch die Formel II ausgedrückten Beziehung entsprechen.

**[0045]** Die Antriebseinrichtung enthält eine geeignete Anordnung von hydraulischen Kolben und Zylinder **47**, die operativ mit der Andruckplatte verbunden sind, um diese zu bewegen, damit sie auf die Andruckplatte **26** einen Druck ausübt bzw. den Druck wegnimmt.

**[0046]** Die Heiz- und Kühleinrichtung für beide Andruckplatten enthält ein Dreiwegeventil **49**, eine Heizfluidleitung **51**, eine Kühlfluidleitung **53** und eine Fluidzuleitung **55**, die eines der Dreiwegeventile mit jeder Flüssigkeitszuleitungskupplung **34** bzw. **44** der Andruckplatten **24** bzw. **26** verbindet.

**[0047]** Nach [Fig. 3](#) wird eine laminierte Linsenrohlingsstruktur **22** in die konkave Andruckplatte **24** gebracht, so dass die verhältnismäßig dünne Folie **14** der konkaven Andruckplatte **24** zugewandt ist, wodurch die lichtpolarisierende Schicht relativ nahe an die konkave Andruckplatte kommt. Auch auf der glatten, konkaven Formoberfläche der Andruckplatte **24** befindet sich ein Volumen einer polymerisierbaren Zusammensetzung, die ein Monomer oder ein Oligomer und einen Polymerisationsinitiator enthält. Im Allgemeinen wird das Volumen der polymerisierbaren Zusammensetzung **57** dadurch bestimmt, dass eine ausreichende Bedeckung der Oberfläche des Linsenrohlings **22** erhalten wird; es ist eine Funktion der Krümmung und der Größe der Linse. Gewöhnlich ist ein Volumen von etwa 0,1 bis etwa 0,8 ml der polymerisierbaren Zusammensetzung ausreichend. Wie vorstehend erörtert wurde, bildet die polymerisierbare Zusammensetzung **57** unter der Einwirkung von Hitze und Druck durch die Formvorrichtung eine Schicht mit ungleichmäßiger Dicke auf der konvexen Oberfläche der Linse, so dass eine Linse, die praktisch keinen optischen Brechwert hat, erhalten wird.

**[0048]** Jedes geeignete Monomer oder Oligomer, das erfindungsgemäß einen optisch klaren, dauerhaften, kratzfesten, hochschlagfesten polymeren Film mit ungleichmäßiger Dicke bildet, kann verwendet werden. Typische geeignete monomere oder oligomere Materialien umfassen beispielsweise Acrylate, Methacrylate, Urethane, Amine und anorganische Materialien, wie z.B. Polysiloxane. Die polymerisierbare Zusammensetzung kann ein einziges Monomer oder Oligomer oder ein Gemisch derselben enthalten. Es kann jeder geeignete Polymerisationsinitiator verwendet werden. Die polymerisierbare Zusammensetzung kann auch andere Zusätze mit bekannten und vorbestimmten Wirkungen enthalten. Vorzugsweise werden Elastomere, wie z.B. Nitrocellulose oder Celluloseacetat-Butyrat, eingebaut, um ein Reißen der aus der polymeren Zusammensetzung gebildeten Schicht mit ungleichmäßiger Dicke zu verhindern. Eine erfindungsgemäß besonders bevorzugte polymerisierbare Zusammensetzung ist ein Gemisch aus Tetraethylenglykol-Methacrylat- und Dipentaerythrit-Pentacrylat-Monomeren. Die polymerisierbaren Zusammensetzung enthalten vorzugsweise einen Inhibitor, wie Hydrochinon.

**[0049]** Die Polymerisation des monomeren oder oligomeren Materials kann nach jeder geeigneten Polymerisationsmethode, beispielsweise durch Polymerisation mit freien Radikalen, kationische Polymerisation, Ultraviolett-Polymerisation und thermische Aushärtungspolymerisation erfolgen. Vorzugsweise wendet man die Polymerisation mit freien Radikalen an.

**[0050]** Erfindungsgemäß werden die konkave und die konvexe Andruckplatte unter Druckausübung zusammengebracht wie es in [Fig. 4](#) dargestellt ist, um die laminierte Linsenrohlingsstruktur **22** unter der kombinierten Einwirkung von Hitze und Druck in eine geformte Struktur zu bringen, und um eine Schicht mit ungleichmäßigen Dicke aus der polymerisierbaren Zusammensetzung zu bilden, wobei eine geformte Linse **50** ([Fig. 6](#)), die praktisch keinem optischen Brechwert hat, erhalten wird. Die Schicht mit ungleichmäßiger Dicke ist dadurch gekennzeichnet, dass die größte Dicke im zentralen Bereich der Schicht liegt, wodurch eine Linse **50** erhalten wird, deren größte Dicke ebenfalls im zentralen Bereich der Linse liegt.

**[0051]** Die Größe des Druckes, der in jedem speziellen Fall aufgebracht wird, hängt von der Art der Linsenrohlingstruktur, z.B. des Linsenrohlings **22**, insbesondere von der Art der thermoplastischen Materialien in der Linsenrohlingstruktur sowie von den Temperaturen der Formoberflächen **30** und **40** ab. Im Falle einer Verbundstruktur, enthaltend einen Lichtpolarisator des vorstehend beschriebenen bevorzugten Typs, der zwischen Folien aus Celluloseacetat-Butyrat und Polycarbonat laminiert ist, können Drücke im Bereich von etwa (250 bis etwa 800 lbs/in<sup>2</sup>) 1724 bis 5516 Kilopascal pro Linsenfläche aufgebracht werden. Ein bevorzugter Druck beträgt etwa (425 lbs/in<sup>2</sup>) 2930 kPa.



**[0052]** Während, wie beschrieben, Druck auf die Laminatstruktur **22** ausgeübt wird, werden die Andruckplatten erhitzt, indem heißes Wasser durch die Kammern **33** und **43** der Andruckplatten **24** bzw. **26** geleitet wird. Die Oberflächen **30** und **40** werden ständig ausreichend erhitzt, um die Verformung der Polarisatorschicht **12** und der thermoplastischen Schichten **14** und **16** sowie der Schicht **18**, falls vorhanden, sowie die Anpassung der Oberfläche der Schicht **16** oder der Schicht **18**, falls vorhanden, an die Formoberfläche **40** der Andruckplatte **26** als auch die Anpassung der Oberfläche der Schicht **14** an die Schicht mit ungleichmäßiger Dicke aus dem erfindungsgemäß in situ gebildeten polymeren Materials und die Anpassung der äußeren Oberfläche der Schicht mit ungleichmäßigen Dicke an die Formoberfläche **30** der Andruckplatte **24** zu bewirken.

**[0053]** Die Anwendung von Hitze und Druck ist also ausreichend, um die Verformung des Linsenrohlings **22** zu bewirken, so dass eine Oberfläche des Rohlings der Formoberfläche **40** der Andruckplatte **26** und die äußere Oberfläche der Schicht mit ungleichmäßiger Dicke aus schlagfesten oder erfindungsgemäß in situ gebildeten polymeren Material der Formfläche **30** der Andruckplatte **24** angepasst sind, wobei auch die äußere Oberfläche des Linsenrohlings der inneren Oberfläche der Schicht mit ungleichmäßiger Dicke angepasst ist.

**[0054]** Die Anwendung von Bedingungen, die ausreichen, um die Verformung des Linsenrohling und die Polymerisation der polymerisierbaren Zusammensetzung bei gleichzeitiger Bildung einer Schicht aus hoch schlagfestem Material mit ungleichmäßiger Dicke gewährleistet, dass die erfindungsgemäß hergestellte Linse insgesamt eine ungleichmäßige Dicke hat.

**[0055]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann zur Herstellung von Linsen angewendet werden, die verhältnismäßig dick sind und die vorzugsweise die Haltbarkeit haben, die mit dieser Dicke verbunden ist. Erfindungsgemäß können Linsen mit stark variierenden Dicken hergestellt werden. Das Verfahren ist besonders geeignet für die Herstellung von verhältnismäßig dicken Linsen, die bei einer gleichmäßigen Dicke einen unakzeptablen hohen optischen Brechwert hätten. Das Verfahren ist besonders brauchbar für die Herstellung von Linsen, die praktisch keinen optischen Brechwert und eine Dicke von etwa (50 mils) 1,27 mm oder mehr, beispielsweise von etwa (50 bis 150 mils) 1,27 bis 3,81 mm, haben.

**[0056]** Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Linsen ist es zweckmäßig, eine Andruckplatte **24** mit einer Formoberfläche **30** zu verwenden, die der vorbestimmten Krümmung der zu bildenden konvexen Seite der Linse entspricht. Es ist offensichtlich, dass die konvexe Oberfläche der Schicht **60** ([Fig. 6](#)) die gegen die Formoberfläche **30** gebildet wird, die äußere Oberfläche der Linse **50** ([Fig. 6](#)) darstellt. Ein geeigneter Krümmungsradius für die Formoberfläche **30** zur Bildung einer konvexen Linsenoberfläche beträgt (3,514 Zoll) 9,26 mm.

**[0057]** Unter Verwendung der Formel III, die zur Berechnung des Krümmungsradius geeignet ist, der für Linsen, die praktisch keinen Brechwert haben, erforderlich ist, und unter der Annahme, dass der Krümmungsradius der Formoberfläche **30** ( $r_1$ ) (3,514 Zoll) 89,26 mm ist, kann der Krümmungsradius der gegenüberliegenden Linsenoberfläche (und der Andruckplatte) für die Herstellung einer Linse mit einer beliebigen Nenndicke bestimmt werden.

**[0058]** TABELLE II zeigt für verschiedene, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbare Linsen, die Krümmungsradien für die konvexen und konkaven Formoberflächen, die Dicken im Zentrum, die Randdicken, die Dioptrien und den optischen Brechwert.

TABELLE II

konvexe Radien (inch)	mm	konkave Radien (inch)	mm	Dicke im Zentrum (inch)	mm	Randdicke* (inch)	mm	Dioptrien	optischer Brechwert (Dioptrien)
(3,514)	89,26	(3,494)	88,7	(0,060)	1,54	(0,057)	1,45	6	-0,001
(3,514)	89,26	(3,486)	88,4	(0,075)	1,91	(0,071)	1,80	6	-0,001
(2,633)	66,9	(2,613)	66,4	(0,060)	1,54	(0,053)	1,35	8	-0,001
(2,633)	66,9	(2,605)	63,5	(0,075)	1,91	(0,067)	1,70	8	-0,001

\*Rand bedeutet 1,5 Zoll vom Zentrum der Linse.

**[0059]** Die Temperatur- und Druckbedingungen, die zur Verformung des Linsenrohlings und zur Polymerisa-

tion der polymerisierbaren Zusammensetzung bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Linsen ausreichend sind, bewirken, dass die fertigen Linsen den Krümmungsradien der Formoberflächen der Andruckplatten angepasst sind. Die zur Verformung des Linsenrohlings und zur Polymerisation der polymerisierbaren Masse zwecks Bildung der Schicht mit ungleichmäßiger Dicke erforderliche Temperatur hängt von der chemischen Zusammensetzung der polymeren Materialien ab. Bei Verwendung von Celluloseacetat-Butyrat- und Polycarbonat-Folien betragen die Formtemperaturen etwa (150°F bis etwa 200°F) 65,6°C bis 93,3°C. Eine bevorzugte Formtemperatur beträgt (170°F) 76,7°C über 70 Sekunden.

**[0060]** Die Temperaturen der Formoberflächen der Platten können, wie vorstehend beschrieben, durch Hindurchleiten von heißem und kaltem Wasser, eingestellt werden. Die Andruckplatten werden vorzugsweise vorerhitzt, d.h. bevor der Linsenrohling dazwischengelegt wird, und werden über einen Heizzyklus, der ausreichend ist, um die gewünschte geformte Linse zu bilden, auf die erforderliche Formtemperatur erhitzt. Beispielsweise können die Formoberflächen der Andruckplatten bei Celluloseacetat-Butyrat und Polycarbonat-Materialien etwa 20 Sekunden auf etwa (170°F) 76,7°C vorerhitzt werden, bevor der Linsenrohling in die Form gelegt und die Form während des Erhitzens etwa 20 Sekunden geschlossen gehalten wird. Die Formoberflächen werden dann auf die erforderliche Formtemperatur erhitzt, indem heißes Wasser durch die Andruckplatten geleitet und die Temperatur über eine bestimmte Zeit, z.B. etwa 70 Sekunden, die für die gewünschte Bildung der Linse ausreicht, gehalten wird. Dann wird die Temperatur der Formoberflächen **30** und **40** erniedrigt, indem eine Kühlflüssigkeit, z.B. verhältnismäßig kühles Wasser in die Kammern **33** und **43** der Andruckplatten geleitet wird. Die Kühlflüssigkeit wird über einen bestimmten Zeitraum, z.B. etwa 50 Sekunden, durch die Andruckplatten geleitet, bevor die Presse geöffnet wird.

**[0061]** Heißes Wasser wird durch die Leitung **51** zu den Andruckplatten geleitet und das verhältnismäßig kühle Wasser wird durch die Leitung **53** geleitet. Während des Heizzyklus öffnet das Ventil das Ventil **49** einen Verbindungsweg zwischen der Leitung **51** und der Zuleitung **55**, und schließt die Leitung **53**. Andererseits öffnet während des Kühlzyklus das Ventil einen Verbindungsweg zwischen der Leitung **53** und der Zuleitung **55** und schließt die Leitung **51**. Der Übergang vom Heizzyklus zum Kühlzyklus erfolgt durch Betätigung des Ventils **49**, wobei kaltes Wasser mit heißem Wasser vermischt wird, bis das heiße Wasser vollständig durch das kalte Wasser ersetzt ist. Der Übergang vom Kühlzyklus zum Heizzyklus wird durch Umkehrung dieses Vorgangs bewirkt.

**[0062]** Nach dem Kühlen werden die Andruckplatten **24** und **26** getrennt, um den Druck auf die geformte Linse wegzunehmen und ihre Entfernung zu ermöglichen, wie es in [Fig. 5](#) dargestellt ist. Die geformte Linse kann an einer der Formoberflächen haften; in diesem Fall kann sie durch einen Druckluftstrom, der durch die Luftdüse **48** zugeführt wird, entfernt werden.

**[0063]** [Fig. 6](#) erläutert eine geformte lichtpolarisierende Linse **50**, die auf der durch die konvexe Andruckplatte **26** gebildeten Seite konkav ist und die auf der durch die konkave Andruckplatte **24** gebildeten Seite konvex ist. Man erkennt eine Schicht **60** mit ungleichmäßiger Dicke, die eine hohe Kratzfestigkeit hat und die die konvexe Oberfläche der Linse **50** bildet.

**[0064]** Unter Verwendung der in [Fig. 2](#) dargestellten Vorrichtung und unter Anwendung der vorstehend beschriebenen Druck- und Temperaturbedingungen können geformte Linsen, die praktisch keinen optischen Brechwert, aber eine konvexe Oberfläche aus kratzfestem und schlagfestem Material haben, in vorteilhafter Weise hergestellt werden. Selbstverständlich können aber auch andere Vorrichtungen und Änderungen der Prozessbedingungen, z.B. Heiz- und Kühlzyklen, angewendet werden, was von den jeweils in den Linsenrohlingen vorhandenen Materialien und von der polymerisierbaren Zusammensetzung abhängt.

**[0065]** Obwohl die Erfindung im Hinblick auf verschiedene bevorzugte Ausführungsformen beschrieben wurde, ist sie nicht darauf beschränkt; der Fachmann erkennt, dass Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, die innerhalb des Rahmens der beigefügten Ansprüche liegen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Kunststofflinse (**50**), welche auf einer Seite konvex und auf der anderen Seite konkav ist und ihre maximale Dicke im zentralen Bereich der Linse (**50**) aufweist und ihre Dicke in radialer Richtung zum Umfang oder der Außenfläche der Linse (**50**) hin stufenweise verringert, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Bereitstellen eines Linsen-Rohlings (**10**) mit einer im Wesentlichen gleichmäßigen Dicke, welcher mindestens eine Schicht (**12**, **14**, **16**, **18**) aus einem thermoplastischen Werkstoff aufweist;

Anordnen dieses Linsen-Rohlings (10) zwischen gegenüberliegenden konkaven und konvexen Andruckplatten (24, 26) zur Bildung von konvexen bzw. konkaven Oberflächen auf diesem Linsen-Rohling (10), wobei die konkave Andruckplatte (24) ein Volumen (57) einer polymerisierbaren Zusammensetzung fasst, welche ein Monomer oder ein Oligomer auf deren Formgebungsfläche (30) aufweist, und wobei der Krümmungsradius der konvexen Andruckplatte (26) und der Krümmungsradius der konkaven Andruckplatte (24) jeweils der folgenden Gleichung entsprechen;

$$r_1 + r_2 = t \left( \frac{n-1}{n} \right)$$

Erwärmen und Zusammendrücken der Andruckplatten (24, 26), wobei der Linsen-Rohling (10) dazwischen angeordnet ist, wobei das Erwärmen und Zusammendrücken ausreicht, um den Linsen-Rohling (10) zu verformen und um zu bewirken, dass eine Polymerisation des Volumens (57) der polymerisierbaren Zusammensetzung stattfindet, um eine Schicht (60) ungleichmäßiger Dicke auf der konvexen Oberfläche auf dem verformten Linsen-Rohling (10) bereitzustellen, wobei die Schicht (60) ungleichmäßiger Dicke eine maximale Dicke in ihrem zentralen Bereich aufweist und ihre Dicke in radialer Richtung zum Umfang oder der Außenfläche der Schicht (60) hin stufenweise verringert, wobei auf diese Weise eine geformte Linse (50) gebildet wird, welche auf einer Seite konkav und auf der anderen Seite konvex ist, wobei die Linse (50) ihre maximale Dicke in ihrem zentralen Bereich aufweist und in radialer Richtung zur Außenfläche der Linse (50) stufenweise abnimmt; und Entnehmen der geformten Linse (50) aus der Anordnung zwischen den Andruckplatten (24, 26).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Linsen-Rohling (10) eine Schicht (12) aus einem lichtpolarisierenden Werkstoff aufweist, welcher zwischen einer Schicht (14) aus thermoplastischem Werkstoff und einer weiteren Schicht (16, 18) aus thermoplastischem Werkstoff angeordnet ist und mit diesen Schichten verschweißt oder verbunden ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (14) aus thermoplastischem Werkstoff Celluloseacetat-Butyrat (CAB) oder Celluloseetriacetat enthält und dass die weitere Schicht (16, 18) aus thermoplastischem Werkstoff Polycarbonat enthält, und dass die weitere Schicht (16, 18) die konkave Oberfläche der Linse (50) bildet.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (14) aus thermoplastischem Werkstoff Celluloseacetat-Butyrat (CAB) oder Celluloseetriacetat enthält und dass die weitere Schicht (16, 18) aus thermoplastischem Werkstoff eine farbige Schicht (16) aus Polycarbonat sowie eine klare oder durchsichtige Schicht (18) aus Polycarbonat enthält, welche eine Außenschicht aus einem hochkratzfesten Werkstoff aufweist, und dass die klare oder durchsichtige Schicht (18) aus Polycarbonat die konkave Oberfläche der Linse bildet.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die lichtpolarisierende Schicht (12) näher an der konvexen Oberfläche der Linse (50) angeordnet ist als an der konkaven Oberfläche der Linse (50).

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die polymerisierbare Zusammensetzung der Schicht (60) ungleichmäßiger Dicke ein Gemisch aus Tetraethylenglykol-Dimethacrylat und Dipentaerythrit-Pentacrylat aufweist.

7. Geformte Kunststofflinse (50), welche auf einer Seite konvex und auf der anderen Seite konkav ist und im Wesentlichen keinen optischen Brechwert aufweist, wobei die Linse eine erste Schicht (12, 14, 16, 18) aus einem thermoplastischen Polymerwerkstoff und eine zweite Schicht (51) aus einem thermoplastischen Polymerwerkstoff mit Hochkratzfestigkeit aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (12, 14, 16, 18) aus thermoplastischem Polymerwerkstoff im Wesentlichen gleichmäßig dick ist und die konkave Seite der Linse (50) bildet, und dass die zweite Schicht (60) eine maximale Dicke in ihrem zentralen Bereich aufweist, sich die Dicke in radialer Richtung zum Umfang oder zur Außenfläche der Schicht hin stufenweise verringert und die Schicht die konvexe Seite der Linse (50) bildet.

8. Geformte Kunststofflinse (50) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (12, 14, 16, 18) der Linse (50) eine Schicht (12) aus lichtpolarisierendem Werkstoff aufweist.

9. Geformte Kunststofflinse (50) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (12, 14, 16, 18) eine Schicht (14) aufweist, welche Celluloseetriacetat oder Celluloseacetat-Butyrat (CAB) sowie eine weitere Schicht (16, 18) bestehend aus Polycarbonat aufweist, wobei die Schicht (12) aus lichtpolarisierendem

Werkstoff zwischen der Schicht (14) bestehend aus Cellulosetriacetat oder Celluloseacetat-Butyrat und der weiteren Schicht (16, 18) bestehend aus Polycarbonat angeordnet ist und die konkave Seite der Linse (50) bildet.

10. Geformte Kunststofflinse (50) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (16, 18) aus Polycarbonat eine farbige Schicht (16) aus Polycarbonat sowie eine klare oder durchsichtige Schicht (18) aus Polycarbonat mit einer Außenfläche aus hochkratzfestem Werkstoff, welche eine konkave Oberfläche der Linse (50) bildet, aufweist.

11. Geformte Kunststofflinse (50) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (12) aus lichtpolarisierendem Werkstoff näher an der konvexen Seite der Linse (50) angeordnet ist als an der konkaven Seite der Linse (50).

12. Geformte Kunststofflinse (50) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (60) eine polymerisierbare Zusammensetzung aufweist, welche vorzugsweise ein Gemisch aus Tetraethylenglykol-Methacrylat- und Dipentaerythrit-Pentacrylat-Monomeren enthält.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

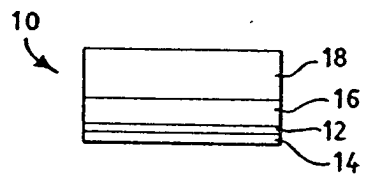


FIG. 1

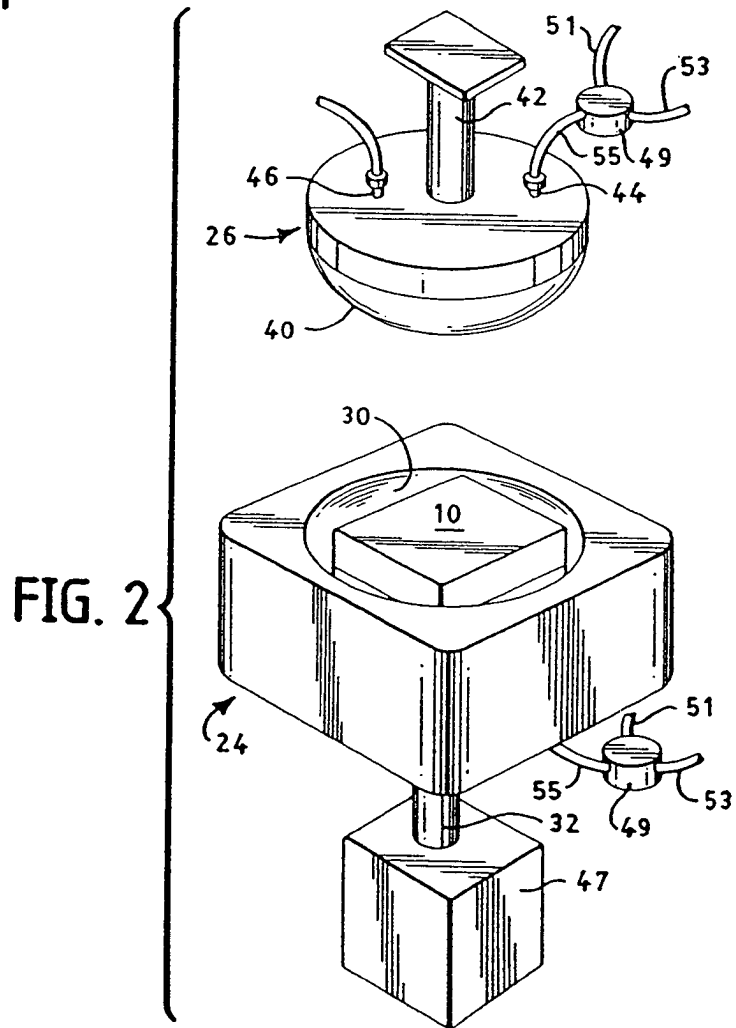


FIG. 2

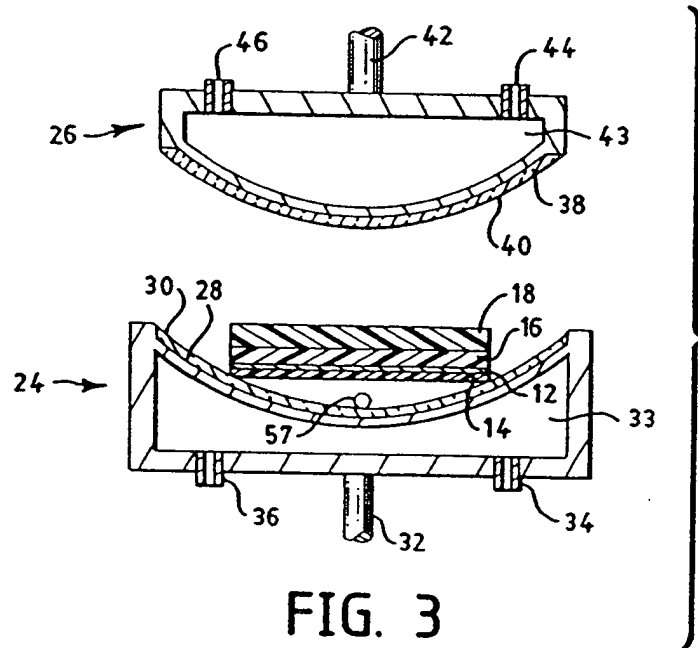


FIG. 3

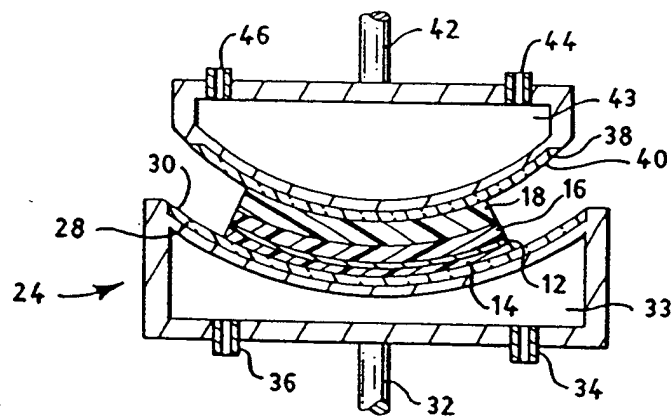


FIG. 4

