



(10) **DE 11 2016 003 947 T5** 2018.05.24

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/065882**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(51) Int Cl.: **F21V 8/00** (2006.01)
B29C 59/16 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 003 947.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2016/048985**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.08.2016**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **20.04.2017**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **24.05.2018**

(30) Unionspriorität:
14/839,557 **28.08.2015** **US**

(72) Erfinder:
**Wilcenski, Steve, Cary, N.C., US; Wilcox, Kurt S.,
Libertyville, Ill., US; Lowes, Theodore, Lompoc,
Calif., US**

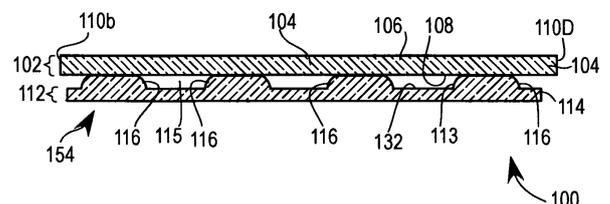
(71) Anmelder:
Cree, Inc., Durham, N.C., US

(74) Vertreter:
**isarpatent - Patentanwälte- und Rechtsanwälte
Behnisch Barth Charles Hassa Peckmann &
Partner mbB, 80801 München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **OPTISCHES ELEMENT UND VERFAHREN ZUR BILDUNG EINES OPTISCHEN ELEMENTS**

(57) Zusammenfassung: Nach einem Aspekt umfasst ein optischer Wellenleiter einen Wellenleiterkörper, der innere Totalreflexion aufweist, ein Substrat und eine Mehrzahl von Lichtextraktionsmerkmalen, die auf einer Oberfläche des Substrats angeordnet sind. Die Lichtextraktionsmerkmale sind nicht-adhäsiv mit dem Wellenleiterkörper verbunden bzw. können auf gegenüberliegenden Seiten des Substrates angeordnet werden. Ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Elements wird ebenfalls offenbart.



Beschreibung

Querverweis auf verwandte Anmeldungen

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der US-Patentanmeldung Nr. 14/839,557 mit Anmeldedatum vom 28. August 2015 mit dem Titel „Optical Element and Method of Forming an Optical Element“ (Optisches Element und Verfahren zur Herstellung eines optischen Elements) (Cree Aktennummer P2448US1) .

[0002] Die vorliegende Anmeldung umfasst eine „Continuation-in-part“-Anmeldung der am 19. Dezember 2014 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/577,730 (Cree Aktennummer P2143US1) mit dem Titel „Optical Waveguide Bodies and Luminaires Utilizing Same“ (Optische Wellenleiterkörper und Leuchteinrichtungen, welche diese verwenden), welche die Priorität der vorläufigen US-Patentanmeldung Nr. 61/922,017 (Cree Aktennummer P2143US0) beansprucht, welche am 30. Dezember 2013 mit dem Titel „Optical Waveguide Bodies and Luminaires Utilizing Same“ (Optische Wellenleiterkörper und Leuchteinrichtungen, welche diese verwenden) eingereicht wurde, und umfasst zusätzlich eine „Continuation-in-part“-Anmeldung der am 28. August 2014 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/472,078 (Cree Aktennummer P2289US1) mit dem Titel „Waveguide Having Unidirectional Illuminance“ (Wellenleiter mit unidirektionaler Beleuchtungsstärke), welche die Priorität der am 3. Juli 2014 eingereichten vorläufigen US-Patentanmeldung Nr. 62/020,866 (Cree Aktennummer P2289US0) mit dem Titel „Luminaires Utilizing Edge Coupling“ (Leuchteinrichtungen, welche Kantenkopplung verwenden) beansprucht, welche alle dem Inhaber der vorliegenden Anmeldung gehören, und deren Offenbarungen hiermit alle durch Bezugnahme hierin enthalten sind.

[0003] Die vorliegende Anmeldung umfasst weiterhin:

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 15. März 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 13/842,521 (Cree Aktennummer P1946US1) mit dem Titel „Optical Waveguides“ (Optische Wellenleiter);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 15. März 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 13/839,949 (Cree Aktennummer P1961US1) mit dem Titel „Optical Waveguide and Lamp Including Same“ (Optischer Wellenleiter und Lampe, welche diesen enthält);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 15. März 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 13/841,074 (Cree Aktennummer P1968US1) mit dem Titel „Optical Waveguide Body“ (Optischer Wellenleiterkörper);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 15. März 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 13/841,622 (Cree Aktennummer P2020US1) mit dem Titel „Shaped Optical Waveguide Bodies“ (Geformte optische Wellenleiterkörper);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 15. März 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 13/840,563 (Cree Aktennummer P2025US1) mit dem Titel „Optical Waveguide and Luminaire Incorporating Same“ (Optischer Wellenleiter und Leuchteinrichtung, welche diesen enthält);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 10. Juli 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 13/938,877 (Cree Aktennummer P2025US2) mit dem Titel „Optical Waveguide and Luminaire Incorporating Same“ (Optischer Wellenleiter und Leuchteinrichtung, welche diesen enthält);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 30. August 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/015,801 (Cree Aktennummer P2025US1) mit dem Titel „Consolidated Troffer“ (Kompaktleuchte);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 9. Dezember 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/101,086 (Cree Aktennummer P2126US1) mit dem Titel „Optical Waveguides and Luminaires Incorporating Same“ (Optische Wellenleiter und Leuchteinrichtungen, welche diese enthalten);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 9. Dezember 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/101,132 (Cree Aktennummer P2130US1) mit dem Titel „Waveguide Bodies Including Redirection Features and Methods of Producing Same“ (Wellenleiterkörper mit Umlenkmerkmalen und Verfahren zur Herstellung derselben);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 9. Dezember 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/101,147 (Cree Aktennummer P2131US1) mit dem Titel „Luminaires Using Waveguide Bodies and Optical Elements“ (Leuchteinrichtungen, welche Wellenleiterkörper und optische Elemente verwenden);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 9. Dezember 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/101,129 (Cree Aktennummer P2141US1) mit dem Titel „Simplified Low Profile Module With Light Guide For Pendant, Surface Mount, Wall Mount and Stand Alone Luminaires“ (Vereinfachtes Low-Profile-Modul mit Lichtleiter für Hängeleuchte, oberflächenbefestigte-, wandbefestigte- und Einzel-Leuchteinrichtungen);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 9. Dezember 2013 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/101,051 (Cree Aktennummer P2151US1) mit dem Titel „Optical Waveguide and

Lamp Including Same“ (Optischer Wellenleiter und Leuchte, welche diesen enthält);

Hintergrund

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 30. Januar 2014 eingereichten Internationalen Patentanmeldung Nr. PCT/US14/13937 (Cree Aktennummer P2143WO) mit dem Titel „Optical Waveguide Bodies and Luminaires Utilizing Same“ (Optische Wellenleiterkörper und Leuchteinrichtungen, welche diese verwenden);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 30. Januar 2014 eingereichten Internationalen Patentanmeldung Nr. PCT/US14/13931 (Cree Aktennummer P2126WO) mit dem Titel „Optical Waveguide Bodies and Luminaires Incorporating Same“ (Optische Wellenleiter und Leuchteinrichtungen, welche diese enthalten);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 15. März 2014 eingereichten Internationalen Patentanmeldung Nr. PCT/US14/30017 (Cree Aktennummer P2225WO) mit dem Titel „Optical Waveguide Body“ (Optische Wellenleiterkörper);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 28. August 2014 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/472,064 (Cree Aktennummer P2262 US1) mit dem Titel „Luminaire with Selectable Luminous Intensity Pattern“ (Leuchteinrichtung mit wählbarem Leuchtstärkemuster);

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 28. August 2014 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/472,035 (Cree Aktennummer P2346 US1) mit dem Titel „Luminaires Utilizing Edge Coupling“ (Leuchteinrichtungen, welche Kantenkopplung verwenden); und

„Continuation-in-part“-Anmeldung der am 16. Juli 2015 eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 14/801,476 (Cree Aktennummer P2399US1) mit dem Titel „Dual Edge Coupler“ (Dual-Kantenkoppler),

welche alle dem Inhaber der vorliegenden Anmeldung gehören, und deren Offenbarungen hiermit alle durch Bezugnahme hierin enthalten sind.

[0004] Hinweis auf staatlich geförderte Forschung oder Entwicklung
Nicht zutreffend
Sequenzprotokoll
Nicht zutreffend

Gebiet der Offenbarung

[0005] Der vorliegende Gegenstand betrifft die Herstellung optischer Geräte, insbesondere ein Verfahren zur Bildung eines optischen Elements.

[0006] Ein Lichtwellenleiter mischt und lenkt Licht, das von einer oder mehreren Lichtquellen, wie z.B. einer oder mehreren Leuchtdioden (LEDs), emittiert wird. Ein typischer Lichtwellenleiter besteht aus drei Hauptkomponenten: einer oder mehreren Kopplungsflächen oder -elementen, einem oder mehreren Verteilungselementen und einem oder mehreren Extraktionselementen. Die Kopplungskomponente(n) lenken Licht in das bzw. die Verteilungselement(e) und konditionieren das Licht derart, dass es mit den nachfolgenden Komponenten wechselwirkt. Das eine oder die mehreren Verteilungselemente steuern, wie das Licht durch den Wellenleiter fließt, wobei diese Steuerung abhängig von der Geometrie und dem Material des Wellenleiters ist. Das bzw. die Extraktionselement(e) bestimmen, wie das Licht ausgekoppelt wird, indem sie steuern, wo und in welche Richtung das Licht aus dem Wellenleiter austritt.

[0007] Bei der Konstruktion eines Kopplungselements stehen folgende Überlegungen im Vordergrund: Maximierung der Effizienz des Lichttransfers von der Quelle in den Wellenleiter, Steuerung der Position des in den Wellenleiter eingekoppelten Lichts und Steuerung der Winkelverteilung des Lichts im Wellenleiter. Das Kopplungselement eines Wellenleiters kann aus einem oder mehreren optischen Elementen bestehen, einschließlich einer Primärquellenoptik (wie z.B. die Linse auf einem LED-Komponenten-Package), einem oder mehreren optischen Zwischenelementen (wie z.B. eine Linse oder einem Linsenarray), die zwischen der/den Quelle(n) und der/den Wellenleiter-Kopplungsfläche(n) angeordnet sind, einer oder mehreren reflektierenden oder streuenden Oberflächen, die die Quellen umgeben, und spezifischen optischen Geometrien, die in den Wellenleiter-Kopplungsflächen selbst gebildet werden. Das richtige Design der Elemente, aus denen das Kopplungselement besteht, kann die Steuerung über die räumliche und winklige Ausbreitung des Lichts innerhalb des Wellenleiters (und damit über die Wechselwirkung des Lichts mit den Extraktionselementen) ermöglichen, die Kopplungseffizienz des Lichts in den Wellenleiter maximieren und die Vermischung von Licht aus verschiedenen Quellen innerhalb des Wellenleiters verbessern (was besonders wichtig ist, wenn die Farbe der Quellen variiert - entweder durch das Design oder durch normale Bin-to-Bin-Variation der Beleuchtungskomponenten). Die Elemente des Wellenleiter-Kopplungssystems können Brechung, Reflexion, innere Totalreflexion, und Oberflächen- oder Volumenstreuung nutzen, um die Verteilung des in den Wellenleiter eingekoppelten Lichts zu steuern.

[0008] Es ist wünschenswert, die Anzahl der Lichtstrahlen zu maximieren, die von der/den Quelle(n) emittiert werden, die direkt auf die Kopplungsfläche

auffreffen, um die Einkopplung von Licht von einer Lichtquelle in einen Wellenleiter zu erhöhen. Lichtstrahlen, die nicht direkt von der Quelle auf den Wellenleiter einfallen, müssen vor Erreichen der Kopplungsfläche des Wellenleiters einer oder mehreren Reflexionen oder Streuungen unterzogen werden. Jeder dieser Strahlen wird bei jedem Reflexions- oder Streueignis absorbiert, was zu Lichtverlust und Ineffizienzen führt. Weiterhin hat jeder Strahl, der auf die Kopplungsfläche trifft, einen reflektierten Anteil (Fresnel-Reflexion) und einen Anteil, der in den Wellenleiter übertragen wird. Der Prozentsatz, der reflektiert wird, ist am geringsten, wenn der Strahl die Kopplungsfläche unter einem Einfallswinkel relativ zur Oberflächennormalen nahe Null (d.h. annähernd normal zur Oberfläche) trifft. Der Prozentsatz, der reflektiert wird, ist am größten, wenn der Strahl in einem großen Winkel relativ zur Oberflächennormalen der Kopplungsfläche (d.h. ungefähr parallel zur Oberfläche) einfällt.

[0009] Bei einer Art der Kopplung wird eine Lichtquelle, die eine Lambert-Verteilung des Lichts ausstrahlt, neben der Kante eines planaren Wellenleiterelements positioniert. Die Lichtmenge, die in diesem Fall direkt auf die Kopplungsfläche des Wellenleiters trifft, ist aufgrund der weiten Winkelverteilung der Quelle und des relativ kleinen Raumwinkels, der durch die angrenzende planare Fläche repräsentiert wird, begrenzt. Um die Lichtmenge zu erhöhen, die direkt auf die Kopplungsfläche trifft, kann eine Flach-Package-Komponente wie die Cree ML-Serie oder MK-Serie (hergestellt und vertrieben von Cree Inc., aus Durham, NC, dem Inhaber der vorliegenden Anmeldung) verwendet werden. Eine Flach-Package-Komponente enthält keine primäre Optik oder Linse, die um einen LED-Chip herum gebildet ist. Eine ebene Abstrahlfläche der Flach-Package-Komponente kann in unmittelbarer Nähe der Kopplungsfläche des Wellenleiters angeordnet werden. Diese Anordnung trägt dazu bei, dass ein großer Teil des emittierten Lichts direkt auf den Wellenleiter trifft.

[0010] Nachdem das Licht in den Wellenleiter eingekoppelt wurde, muss es zu den Entkopplungs- bzw. Extraktionsstellen geführt und konditioniert werden. Nach den bekannten Prinzipien der Totalreflexion wird Licht, das durch einen Wellenleiter fließt, von einer Außenfläche des Wellenleiters in den Wellenleiter zurückreflektiert, vorausgesetzt, dass das einfallende Licht nicht unter einem Winkel auf die Außenfläche trifft, der kleiner als ein kritischer Winkel zur Oberfläche ist. Insbesondere laufen die Lichtstrahlen so lange durch den Wellenleiter, bis sie in einem bestimmten Winkel auf eine Index-Grenzfläche treffen, der kleiner ist als ein Winkel, gemessen in Bezug auf eine Linie senkrecht zu dem Punkt, an dem die Lichtstrahlen einfallen (oder, äquivalent dazu, bis die Lichtstrahlen einen Winkel überschreiten, der in Bezug auf eine Linie gemessen wird, die tangential

zu dem Punkt ist, an dem die Lichtstrahlen einfallen), wobei die Lichtstrahlen dann austreten bzw. entweichen.

[0011] Damit ein Extraktionselement Licht aus dem Wellenleiter entfernen bzw. auskoppeln kann, muss das Licht zuerst mit dem Merkmal, das das Element umfasst, in Berührung kommen. Durch entsprechende Gestaltung der Wellenleiterflächen kann man den Lichtstrom über das bzw. die Extraktionsmerkmale steuern und damit sowohl die Position, von der aus das Licht emittiert wird, als auch die Winkelverteilung des emittierten Lichts beeinflussen. Insbesondere die Gestaltung der Kopplungs- und Verteilungsflächen in Kombination mit dem Abstand (Verteilung), der Form und anderen Eigenschaften der Extraktionsmerkmale bieten eine Steuerung über das Erscheinungsbild des Wellenleiters (Leuchtdichte), die daraus resultierende Lichtverteilung (Beleuchtungsstärke) und die optische Effizienz des Systems.

[0012] Es wurden Licht-extrahierenden Elemente entwickelt, die auf ein Wellenleiter-Element gebracht werden können, um eine gewünschte Beleuchtungsstärkeverteilung zu erzielen. Solche Elemente sind in den US-Patentanmeldungen Nr. 14/472,078 und 14/472,064 offenbart, die sich im Besitz des Inhabers der vorliegenden Anmeldung befinden und deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme darauf aufgenommen wird. Solche Lichtextrahierenden Elemente sind auf einer oder mehreren Lagen aus transparentem Material angeordnet, die wiederum mit einem transparenten Kleber an einem Wellenleiter-Element befestigt sind. Während ein mit einem solchen Verfahren hergestellter Wellenleiter effektiv eine gewünschte Lichtverteilung erzeugt, reduziert die Verwendung eines Klebstoffs die Effizienz und verursacht einen zusätzlichen Schritt und Aufwand in der Produktion, was zu einem geringeren Durchsatz und höheren Kosten führt.

Zusammenfassung

[0013] Gemäß einem Aspekt umfasst ein optischer Wellenleiter (Lichtwellenleiter) einen Wellenleiterkörper mit innerer Totalreflexion, ein Substrat und eine Mehrzahl von Lichtextraktionsmerkmalen (Lichtaustrittsmerkmalen), die auf einer Oberfläche des Substrats angeordnet sind. Die Lichtextraktionsmerkmale sind nicht-adhäsiv mit dem Wellenleiterkörper verbunden.

[0014] Ein optisches Element umfasst nach einem weiteren Aspekt ein optisch transparentes Substrat und eine Mehrzahl von lichtextrahierenden Merkmalen aus optisch transparentem Material, die eine innere Totalreflexion aufweisen. Die lichtextrahierenden Merkmale sind auf gegenüberliegenden Seiten des Substrates angeordnet. Das optische Element enthält ferner einen Wellenleiterkörper, bei dem Lichtex-

traktionsmerkmale auf einer der Seiten des Substrats an dem Wellenleiterkörper befestigt sind.

[0015] Gemäß einem noch weiteren Aspekt umfasst ein Verfahren zur Bildung eines optischen Elements die Schritte: Bereitstellen eines ersten Materialkörpers, Formen des ersten Materialkörpers zu einem ersten Merkmal mit einer ersten Größe bzw. Abmessung und Reduzieren des ersten Merkmals auf eine zweite Größe, die kleiner als die erste Größe ist, um ein zweites Merkmal zu bilden, das eine skalierte Version des ersten Merkmals umfasst. Das zweite Merkmal wird als Master in einem Umformprozess eingesetzt.

[0016] Weitere Aspekte und Vorteile ergeben sich aus der Betrachtung der folgenden detaillierten Beschreibung und der beigefügten Zeichnungen, wobei in der gesamten Spezifikation gleiche Bezugszeichen gleichartige Strukturen kennzeichnen.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein abschnittsweise vergrößerter Querschnitt eines Lichtwellenleiters;

Fig. 1A ist eine isometrische Explosionszeichnung des Wellenleiters von **Fig. 1** von oben in Verbindung mit einer Lichtquelle;

Fig. 1B ist eine isometrische Ansicht des Wellenleiters von **Fig. 1** von unten, bei der ein Teil des Substrats und die Lichtquelle weggelassen wurden;

Fig. 1C ist eine abschnittsweise Längs-Seitenansicht eines der auf dem Substrat von **Fig. 1** angeordneten Lichtextraktionsmerkmale;

Fig. 1D ist eine isometrische Ansicht einer Leuchte mit dem Lichtwellenleiter aus **Fig. 1**;

Fig. 2-Fig. 5 sind vergrößerte isometrische Ansichten alternativer Lichtextraktionsmerkmale, die auf dem Substrat von **Fig. 1** anordenbar sind;

Fig. 6-Fig. 22 sind abschnittsweise vergrößerte Querschnitte eines Herstellungsverfahrens zur Herstellung des Lichtwellenleiters aus **Fig. 1**;

Fig. 23 und **Fig. 24** sind Grundrisse einer mit dem Herstellungsverfahren von **Fig. 6-Fig. 22** erreichbaren Erhöhung der Bauteil-Packungsdichte;

Fig. 25 ist eine schematische Draufsicht, die veranschaulicht, wie das Reproduzieren im Prozess von **Fig. 6-Fig. 22** verwendet wird;

Fig. 26 und **Fig. 27** sind Drauf- bzw. isometrische Ansichten von Arbeitsstempeln, die zur Erstellung eines oder mehrerer Submaster oder Master im Prozess von **Fig. 6-Fig. 22** verwendet werden können;

Fig. 28 ist eine Draufsicht auf ein Bauteilsubstrat mit Lichtextraktionsmerkmalen, die durch den Prozess der **Fig. 6-Fig. 22** erzeugt werden können;

Fig. 29 und **Fig. 31** sind abschnittsweise vergrößerte Querschnitte, die die Herstellung eines weiteren Wellenleiters veranschaulichen, unter Verwendung eines Substrats mit Lichtextraktionsmerkmalen auf mehreren Oberflächen;

Fig. 30 und **Fig. 30A** sind abschnittsweise vergrößerte Querschnitte alternativer Halteeinrichtungen, die zur Herstellung des Substrats von **Fig. 29** und **Fig. 31** verwendet werden können;

Fig. 32-Fig. 34 sind abschnittsweise vergrößerte Querschnitte, die einen alternativen Herstellungsprozess für den Wellenleiter von **Fig. 29-Fig. 31** veranschaulichen;

Fig. 35 und **Fig. 36** sind abschnittsweise vergrößerte Querschnitte eines weiteren Herstellungsverfahrens zur Herstellung eines optischen Elements; und

Fig. 37-Fig. 43 sind abschnittsweise vergrößerte Querschnitte eines noch weiteren Herstellungsverfahrens zur Herstellung eines optischen Elements.

Detaillierte Beschreibung

[0017] Mit Bezug auf **Fig. 1** umfasst ein Wellenleiter **100** ein Wellenleiterelement oder -Körper **102**, typischerweise, wenn auch nicht notwendigerweise, mit einem ebenen Elementabschnitt **104** mit den Hauptflächen **106**, **108**, die an den Seitenkanten **110a**, **110b**, **110c** und **110d** enden. Der Wellenleiter **100** enthält ferner ein optisches Element **112**, das eine Mehrzahl von Lichtextraktionsmerkmalen **113** aufweist, die auf und/oder in einem Substrat **114** angeordnet sind. Bei den abgebildeten Ausführungsformen handelt es sich bei den Lichtextraktionsmerkmalen **113** um auf einem Substrat angeordnete Mikromerkmal-Körper **116**. Die Lichtextraktionsmerkmale **113** können jedoch aus einem oder mehreren Körpern bestehen, die auf und/oder in dem Substrat **114** angeordnet sind (d.h., ein oder mehrere Körper können sich auf und vollständig außerhalb des Substrats **114** befinden, vollständig innerhalb des Substrats oder teilweise innerhalb und teilweise außerhalb des Substrats **114**), aus einem oder mehreren vollständig eingekapselten oder teilweise eingekapselten Hohlräumen oder Hohlräumen **115**, die im Substrat **114** angeordnet sind, oder aus einer Kombination dieser Körper **116** und Hohlräume **115**. Im Falle der Körper **116** können diese Körper **116** den gleichen oder einen anderen Brechungsindex haben wie der Brechungsindex des Substrats **114**. Im Falle von Hohlräumen **115** kann eine oder können mehrere dieser Hohlräume **115** ganz oder teilweise evakuiert und/oder ganz oder teilweise mit Luft oder einem

anderen Material gefüllt sein, wiederum mit demselben oder einem anderen Brechungsindex. Das Substrat **114** kann eine einzige Schicht bzw. Lage aus optisch transparentem Material sein, oder aus mehreren Schichten desselben oder verschiedener Materialien bestehen. Im letzteren Fall können eine oder mehrere der vorgenannten Hohlräume **115** im Substrat **114** durch Weglassen von Material in einer oder mehreren der Schichten gebildet werden.

[0018] Der Wellenleiterkörper **102** kann jede beliebige Form aufweisen. In der abgebildeten Ausführungsform ist der Wellenleiterkörper **102** plan bzw. eben, wobei der Körper **102** alternativ jede andere Form aufweisen kann. Weiterhin kann das Substrat **114** aus einem Film, einer Platte, einem Materialblock oder einem anderen Material bestehen, das eine Oberfläche und/oder eine Form aufweist, die einer Oberfläche eines Wellenleiterkörpers entspricht oder mit dieser in Übereinstimmung bringbar ist.

[0019] Wie in **Fig. 1C** zu sehen ist, hat jeder der Mikromerkmal-Körper **116** ein erstes Ende **120**, an dem ein Spitzenabschnitt **122** angeordnet ist, ein zweites Ende **124** gegenüber dem ersten Ende **120**, an dem ein Basisabschnitt **126** angeordnet ist, und einen Zwischenabschnitt **128**, der zwischen dem ersten und dem zweiten Ende **120**, **124** angeordnet ist. Der Zwischenabschnitt **128** enthält eine Seitenfläche **130**. Im Allgemeinen ist die Seitenfläche **130** vorzugsweise (wenn auch nicht unbedingt) gekrümmt, linear oder eine Kombination aus gekrümmten und linearen Abschnitten, und ist symmetrisch um eine Längsachse **L** und weist eine Querschnitts-Abmessung auf, die vom zweiten Ende **124** bis zum ersten Ende **120** abnimmt. In der abgebildeten Ausführungsform umfasst die Seitenfläche **130** einen abgerundeten Schulterabschnitt **131a**, der neben dem ersten Ende **120** mit einem im Wesentlichen konstanten Krümmungsradius angeordnet ist, und einen kegelförmigen oder rechten kreisrunden zylindrischen Abschnitt **131b**, der zwischen dem Schulterabschnitt **131a** und dem zweiten Ende **124** angeordnet ist. Weiterhin ist, wie im Folgenden näher ausgeführt, der Spitzenabschnitt **122** vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, plan und nicht-adhäsiv mit der Fläche **108** des Wellenleiterkörpers **102** verbunden, und der Basisabschnitt **126** ist vorzugsweise (wenn auch nicht unbedingt) nicht-adhäsiv mit einer Oberfläche **132** des Substrats **114** verbunden. Eine solche Anordnung führt dazu, dass die Lichtextraktionsmerkmale **113** relativ zur Richtung der Lichtauskopplung unterschritten werden.

[0020] Wie in **Fig. 1A** zu erkennen ist, kann der Wellenleiter **100** Licht empfangen, das von einem oder mehreren LED-Elementen oder Modulen **140** entwickelt wurde, die auf einer Leiterplatte **142** angeordnet sind, oder von einer anderen Lichtquelle, die angrenzend angeordnet ist, z.B. eine der Seitenkan-

ten **110**, wie die Kante **110a**. Jedes LED-Element oder Modul **140** kann ein einzelner weißer oder anderer farbiger LED-Chip oder eine andere freiliegende Komponente sein oder aus mehreren LEDs bestehen, die entweder einzeln oder zusammen auf einem einzigen Substrat oder Package montiert sind, um ein Modul zu bilden, das beispielsweise mindestens eine phosphorbeschichtete LED entweder allein oder in Kombination mit mindestens einer farbigen LED, wie einer grünen LED, einer gelben LED, einer roten LED usw., umfasst. In den Fällen, in denen eine warmweiße Beleuchtung mit verbesserter Farbwiedergabe erzeugt werden soll, kann jedes LED-Element oder Modul **140** oder eine Mehrzahl solcher Elemente oder Module eine oder mehrere gelbe LEDs mit Blauanteil und eine oder mehrere rote LEDs enthalten. Die LEDs können je nach Wunsch in verschiedenen Konfigurationen und/oder Layouts angeordnet werden. Unterschiedliche Farbtemperaturen und Erscheinungsbilder können mit anderen LED-Kombinationen erzeugt werden, wie es im Stand der Technik bekannt ist. Die Leuchteinrichtung kann aus LED-Elementen oder Modulen **140** des gleichen Typs phosphorkonvertierter weißer LED bestehen, oder aus einer beliebigen Kombination derselben oder verschiedener Typen von LED-Elementen oder Modulen **140**, die hierin diskutiert werden. In einigen Ausführungen kann eine Leuchteinrichtung eine Mehrzahl von Gruppen von LED-Elementen oder Modulen **140** enthalten, wobei jede Gruppe LED-Elemente oder Module **140** mit unterschiedlichen Farben und/oder Farbtemperaturen umfassen kann. Darüber hinaus besteht jedes LED-Element oder Modul **140** in einer Ausführungsform aus einer beliebigen LED, z.B. einer MT-G LED mit TrueWhite[®] LED-Technologie, oder wie in der am 10. Oktober **2012** eingereichten US-Patentanmeldung Nr. 13/649,067 mit dem Titel „LED Package with Multiple Element Light Source and Encapsulant Having Planar Surfaces“ von Lowes et al, (Cree Aktennummer P1912US1-7), deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird, so wie sie von Cree Inc. entwickelt und hergestellt wird, dem Inhaber der vorliegenden Anmeldung. Nach Bedarf kann eine seitenemittierende LED, die im US-Patent Nr. 8,541,795 offenbart ist und deren Offenbarung durch Bezugnahme hierin mit enthalten ist, im Inneren des Wellenleiterkörpers verwendet werden. In einigen Ausführungsformen kann jedes LED-Element oder Modul **140** aus mehreren LEDs bestehen, die vertikal angeordnet sind (d.h. relativ zueinander in einer Richtung angeordnet sind, die sich zwischen den Flächen **106**, **108** des Wellenleiterkörpers **102** erstreckt). In allen hierin gezeigten Ausführungsformen weisen die LED-Elemente oder Module **140** vorzugsweise eine Lambert- oder Nah-Lambert-Lichtverteilung auf, wobei jede eine gerichtete Emissionsverteilung (z.B. eine seitliche Emissionsverteilung) aufweisen kann, je nach Bedarf oder Wunsch. Ganz allgemein können alle LED(s) mit Lambert-Strahlmus-

ter, symmetrischem Strahlmuster, Weitwinkel- Strahlmuster, Vorzugs-Seite-Strahlmuster oder asymmetrischem Strahlmuster verwendet werden.

[0021] Jede der hierin offen gelegten Ausführungsformen kann einen Stromkreis mit einem Abwärts-wandler, einem Aufwärts-wandler, einem Invers-wandler, einem SEPIC-Netzteil oder ähnlichem umfassen, und kann eine Treiberschaltung umfassen, wie sie offenbart ist in der US-Patentanmeldung Nr. 14/291, 829, eingereicht am 30. Mai **2014**, mit dem Titel „High Efficiency Driver Circuit with Fast Response“ von Hu et al. (Cree Aktennummer P2276US1, Anwaltszeichen **034643-000618**), oder US-Patent Nr. 14/292,001, eingereicht am 30. Mai **2014**, mit dem Titel „SEPIC Driver Circuit with Low Input Current Ripple“ von Hu et al. (Cree Aktennummer P2291US1, Anwaltszeichen **034643-000616**), die durch Bezugnahme hierin mit aufgenommen ist. Die Schaltung kann ferner mit Lichtsteuerungsschaltungen verwendet werden, die die Farbtemperatur aller hierin offenbarten Ausführungsformen in Übereinstimmung mit Benutzereingaben steuern, wie sie in der US-Patentanmeldung Nr. 14/292,286, eingereicht am 30. Mai **2014**, mit dem Titel „Lighting Fixture Providing Variable CCT“ (Cree Aktennummer P2301US1), die durch Bezugnahme hierin aufgenommen ist, offenbart sind.

[0022] Darüber hinaus kann jede der hierin offenbarten Ausführungsformen eine oder mehrere Kommunikationskomponenten umfassen, die einen Teil der Lichtsteuerungsschaltung bilden, wie z.B. eine HF-Antenne, die HF-Energie aufnimmt. Die Kommunikationskomponenten können z.B. enthalten sein, damit die Leuchte mit anderen Leuchten und/oder mit einer externen drahtlosen Steuerung kommunizieren kann, wie es offenbart ist in der US-Patentanmeldung Nr. 13/782,040, eingereicht am 1. März **2013**, mit dem Titel „Lighting Fixture for Distributed Control“, oder in der vorläufigen US-Anmeldung Nr. 61/932.058, eingereicht am 27. Januar **2014**, mit dem Titel „Enhanced Network Lighting“, beide im Besitz des Inhabers der vorliegenden Anmeldung, wobei deren Offenbarung durch Verweis hierin enthalten sind. Ganz allgemein umfasst die Steuerschaltung mindestens eine Netzwerkkomponente, eine HF-Komponente, eine Steuerkomponente und einen Sensor. Der Sensor kann eine Anzeige der Umgebungshelligkeit und/oder der Belegung des Raumes oder der beleuchteten Fläche liefern. Ein solcher Sensor kann in die Lichtsteuerschaltung integriert sein.

[0023] Die oben beschriebenen Komponenten können in einem Rahmen oder einem anderen Gehäuse **143** (**Fig. 1D**) angeordnet sein, um eine Leuchteinrichtung **144** zu erhalten, die für allgemeine Beleuchtungsanwendungen geeignet ist. Das von den LED-Elementen oder Modulen **140** erzeugte Licht wird in den Wellenleiterkörper **102** eingespeist und wandert durch Totalreflexion zwischen den Flächen **106**, **108**

des Wellenleiterkörpers **102**. Die Extraktionsmerkmale **113** koppeln Licht aus der Fläche **108** in einer gewünschten Lichtverteilung aus.

[0024] Die Lichtextraktionskörper **116** können in einem nicht-zufälligen und/oder zufälligen Muster auf der Oberfläche **132** des Substrats **114** angeordnet und zwischen der Oberfläche **132** und der Oberfläche **108** des Wellenleiterkörpers **102** positioniert sein, wenn sie mit dem Wellenleiterkörper **102** verbunden sind. Alternativ können Form, Größe oder Dichte der Extraktionselemente **113** über der Oberfläche des Substrates **114** variiert werden, um eine gewünschte Leuchtdichte-Verteilung zu erzielen - zum Beispiel um ein gleichmäßiges Leuchtdichtebild über den Lichtabstrahlbereich der Leuchte zu erzielen.

[0025] Die Extraktionsmerkmale **113** der vorliegenden Offenbarung steuern Streulicht und bieten eine hocheffiziente Extraktion bzw. Auskopplung, hochgerichtete Lichtverteilungen (d.h. ein hoher Anteil an Licht, das von einer Seite des Wellenleiterkörpers **102** emittiert wird), und ein breites Spektrum an Beleuchtungsstärkeverteilungen. Verschiedene Arten von Lampen oder Leuchteinrichtungen, einschließlich solcher, die eine Streu- oder Lambert-Verteilung der Beleuchtungsstärke erfordern (z.B. typische Deckenleuchten für die Allgemeinbeleuchtung, wie in **Fig. 1D** zu sehen ist), Kollimationsverteilungen (z.B. Downlights oder Strahler bzw. Spotlights) und Lichtquellen mit spezifischen Beleuchtungsstärken (z.B. Straßenbeleuchtung, Architekturbeleuchtung), können mit dem Lichtwellenleiterkörper **102** und den hierin aufgeführten Extraktionsmerkmalen **113** realisiert werden.

[0026] **Fig. 2-Fig. 5** veranschaulichen weitere Beispiele für Lichtextraktionsmerkmale **113**, die auf dem Substrat **114** angeordnet werden können. **Fig. 2** und **Fig. 3** veranschaulichen jeweils Lichtextraktionsmerkmale **116a** und **116b**, die einfache gekrümmte Zwischenabschnitte **128a**, **128b** jeweils mit einer Seitenfläche **130a**, **130b** jeweils mit einem Kreisabschnitt (d.h. konstanter Krümmungsradius) im Querschnitt aufweisen. Die Seitenfläche **130a** ist im Querschnitt konvex, während die Seitenfläche **130b** im Querschnitt konkav ist. Die Ausführungsform von **Fig. 4** umfasst ein Lichtextraktionsmerkmal **116c** mit einer Seitenfläche **130c**, die einen kegelförmigen Abschnitt **150** angrenzend an ein zweites Ende **124c** und einen gekrümmten Abschnitt **152** mit einem konstanten Krümmungsradius im Querschnitt zwischen dem kegelförmigen Abschnitt **150** und einem ersten Ende **120c** definiert. **Fig. 5** zeigt ein Lichtextraktionsmerkmal **116d** mit einer parabolischen Seitenfläche **130d**. Die Lichtextraktionsmerkmale **113** können alternativ eine abgeschnittene Halbkugelform (**Fig. 1**) oder jede andere Form (z.B. prismatisch) haben, die für eine gewünschte Lichtverteilung notwendig ist.

[0027] Mit Bezug auf **Fig. 1-Fig. 1C** können die Extraktionsmerkmale **113**, das Substrat **114** und/oder die Lichtwellenleiterkörper **102** aus Materialien mit den gleichen oder verschiedenen optischen Graden einschließlich Acryl hergestellt werden, wie z.B. einem UVhärtbaren Acrylharz, geformtes Silikon, Luft, Polycarbonat, Glas, Cycloolefin-Copolymeren oder anderen geeigneten Materialien und Kombinationen davon, möglicherweise, wenn auch nicht notwendigerweise, in einer geschichteten Anordnung, um einen gewünschten Effekt zu erzielen. In einer in **Fig. 1** gezeigten beispielhaften Ausführungsform umfassen das Substrat **114** und die auf der Oberfläche **132** des Substrats **114** angeordneten Extraktionskörper **116** einen heißgeprägten oder elektrogeformten Acryl-Linsenrasterfilm **154**, wie nachfolgend näher beschrieben wird. Alternativ können das Substrat **114** und die Extraktionskörper **116** mit Hilfe einer der verschiedenen Techniken hergestellt werden, die typischerweise bei der Bildung mikrooptischer Filme verwendet werden, einschließlich Nano-Imprint-Lithographie, Graustufen-Lithographie, Mikro-Replikation, Spritzguss/Formpressen, reaktives Ionenätzen, chemisches Prägen, Trommelrollentransfer und dergleichen. Andere Herstellungsmethoden sind das Auftragen eines UV-Harzes oder Silikonmaterials auf Acrylbasis auf einen Trägerfilm, der anschließend zu Extraktionsmerkmalen **113** ausgehärtet wird. Weiterhin könnte der Film **154** direkt auf der Vorderseite **108** des Wellenleiterkörpers **102** mittels einer Opferzwischen-schicht hergestellt werden, die derjenigen ähnlich oder identisch ist, die in dem US-Patent Nr. 8, 564,004 beschrieben ist, dessen Offenbarung hiermit durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird. Darüber hinaus können zusätzliche Ausführungsformen Geometrien, Abstände, Herstellungsmethoden und alle anderen Details im Zusammenhang mit den Extraktionsmerkmalen verwenden, wie sie in der US-Patentanmeldung Nr. 14/472,078 mit dem Titel „Waveguide Having Unidirectional Illuminance“ (Wellenleiter mit unidirektionaler Beleuchtungsstärke), die am 28. August 2014 eingereicht wurde, beschrieben sind. Noch weiter können Bereiche zwischen den Extraktionskörpern **116** nach der Befestigung am Wellenleiterkörper **102** teilweise oder ganz aus einem anderen Material als Luft bestehen - zum Beispiel aus einem Material (einschließlich, aber nicht beschränkt darauf, einem Feststoff und/oder einem Fluid) mit einem Brechungsindex, der gleich oder verschieden von dem des Wellenleiterkörpers **102** und des Substrats **114** ist, einem Vakuum, Wasser, Gas usw.

[0028] **Fig. 25** veranschaulicht schematisch einen Prozess, bei dem der Film **154** gebildet wird, unabhängig davon, welche Lichtextraktionsmerkmale **113** verwendet werden und welches Muster der Lichtextraktionsmerkmale **113** auf dem Substrat **114** verwendet werden. Der Prozess umfasst eine Replikation von Elementen in aufeinanderfolgenden Schritten, der schließlich zur Bildung eines Masters führt,

mit dem ein Film **154** in der gewünschten Größe hergestellt werden kann. Insbesondere wird ein erstes Element oder eine Gruppe von Elementen **155** gebildet, die dann in einem ersten Step-and-Repeat-Prozess verwendet wird, um einen ersten Submaster **156** zu erstellen. Der erste Submaster **156** wird anschließend in einem weiteren Step-and-Repeat-Prozess verwendet, um einen weiteren Submaster **157** zu erstellen. Die Schritte werden so lange wiederholt, bis der Master **158** produziert ist. Gegebenenfalls wird der Master **158** in einen Positivprägema-ster umgewandelt, der dann in einem Heißpräge- oder Galvanoformprozess zur Herstellung von Filmabschnitten verwendet wird. Gegebenenfalls werden die Filmabschnitte voneinander getrennt. Die Filmabschnitte werden durch nicht-adhäsives Bonding, z.B. durch Heißprägung oder Thermokompression, mit Wellenleiterkörpern zur Herstellung von Wellenleitern verbunden.

[0029] Weiterhin mit Bezug auf **Fig. 6-Fig. 22** beginnt der Prozess mit der Herstellung eines Mikromerkmal-Pins **160**, der aus jedem geeigneten Material, wie z.B. mehreren Schichten Kapton® von DuPont, oder einem anderen geeigneten Polyimid oder einem anderen geeigneten starren Material, wie Metall, Kunststoff oder Polymer, hergestellt werden kann. Der Pin **160** ist präzisionslaserbearbeitet, um eine Reihe von Mikromerkmalen **162** zu enthalten, darunter ein Hauptmerkmal **164** und Prozessmerkmale **166**. Da der vorliegende Prozess in einer bestimmten Ausführungsform die Bestrahlung der zu bildenden Materialien mit ultraviolettem Licht umfasst und das Material des Pins **160** für UV-Licht undurchsichtig ist, muss ein Duplikat des Pins **160** aus einem für UV-Licht transparenten Material hergestellt werden. Dementsprechend wird, wie in **Fig. 7** zu sehen ist, der Pin **160** als nächstes mit einem ersten Körper aus unausgehärtetem Material **168** in Kontakt gebracht, der auf einem UV-transparenten Substrat **170** angeordnet ist, wobei das Material **168** UV-Licht ausgesetzt wird, um das Material **168** zu härten. Der Pin **160** wird zurückgezogen und der resultierende Körper wird präzisionslaserbearbeitet, um einen Subpin **172** zu erhalten, der auf dem Substrat **170** angeordnet ist, wie in **Fig. 9** dargestellt ist. Der Subpin kann aus einem Cycloolefinpolymer, einem Cycloolefin-Copolymer oder einem anderen geeigneten Polymer oder Kunststoff bestehen.

[0030] Wie in **Fig. 10** dargestellt ist, wird der auf dem Substrat **170** angeordnete Subpin **172** anschließend invertiert und mit einem weiteren Körper aus unausgehärtetem Material **174** in Kontakt gebracht, der dann mit UV-Licht bestrahlt wird, um den zweiten Körper **174** auszuhärten. Der Subpin **172** wird zurückgezogen und der weitere Körper, vorzugsweise durch Präzisionslaserbearbeitung, bearbeitet, um einen Step-and-Repeat-Prozess des Subpin **180**, wie in **Fig. 11** gezeigt ist, zu erzeugen.

[0031] Weiterhin mit Bezug auf **Fig. 12-Fig. 15**, werden der Step-and-Repeat-Prozess-Subpin 180 wiederholt mit aufeinanderfolgenden Körpern **184a**, **184b**,..., **184N** aus unausgehärtetem Material, das auf einem Substrat **190** angeordnet ist, in Kontakt gebracht. Insbesondere wird der Step-and-Repeat-Prozess-Subpin 180 mit dem ersten Körper **184a** (**Fig. 12** und **Fig. 13**) in Kontakt gebracht, danach zurückgezogen, in eine Position über oder neben dem zweiten Körper **184b** gebracht, in Kontakt mit dem zweiten Körper **184b** gebracht (**Fig. 14**), und danach zurückgezogen. Der Vorgang wiederholt sich, bis alle Körper **184** gebildet sind (**Fig. 15**). Obwohl nicht abgebildet, wird jeder Körper **184** mit UV-Licht bestrahlt, wenn der Subpin **180** damit in Kontakt kommt, um das Material des Körpers **184** auszuhärten. Auch die Körper **184** können bearbeitet werden, wiederum durch Präzisionslaserbearbeitung oder ein anderes geeignetes Verfahren, um ein Submaster-Element **192** zu erhalten. Die Körper des Submaster-Elements **192** können aus einem Cycloolefinpolymer, einem Cycloolefin-Copolymer oder einem anderen geeigneten Polymer oder Kunststoff bestehen. Die Körper **184** des Submaster-Elements **192** sind in einem gewünschten Muster auf dem Substrat **190** angeordnet, z.B. ein Zufallsmuster, ein Pseudozufallsmuster, ein regelmäßiges hexagonales Muster, in dem die Zentren der Körper **184** auf Eckpunkten benachbarter und zusammenhängender Hexagone angeordnet sind, ein regelmäßiges rechteckiges Muster, in dem die Zentren der Körper **184** auf Eckpunkten benachbarter und zusammenhängender Rechtecke oder Quadrate angeordnet sind, etc.

[0032] **Fig. 16-Fig. 18** illustrieren die Herstellung eines Masters **200** in der gewünschten Endfilmgröße aus dem Submaster-Element **192**. Ähnlich wie bei der Erstellung des Submaster-Elements **192** wird der Master mit dem Submaster-Element **192** in einem Step and Repeat-Verfahren hergestellt. Insbesondere wird das Submaster-Element **192** auf einer beweglichen Trägerplatte **202** (**Fig. 16**) montiert, invertiert und mit einem Körper aus formbarem Material **204**, das auf einer stationären Platte **206** angeordnet ist, in Kontakt gebracht, wobei das Material **204** für das Mastering in einem Heißpräge- oder Thermokompressionsverfahren geeignet ist. Das formbare Material **204** kann ein Cycloolefinpolymer, ein Cycloolefin-Copolymer oder ein anderes geeignetes Polymer oder Kunststoff sein. Die Trägerplatte **202** wird danach aus dem Material **204** entnommen, das in einem positiven Profil geformt ist (**Fig. 17**), seitlich bewegt und wieder mit dem Material **204** in Kontakt gebracht. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis die gesamte Oberfläche des Materials **204** geformt ist (**Fig. 18**), wodurch der Master **200** erhalten wird.

[0033] Alternativ kann, wie in **Fig. 26** dargestellt ist, der Master **200** mit einer Siliziumverarbeitungsmethode hergestellt werden, oder der Master **200** kann

mit einer Nano-Imprint-Methode, wie in **Fig. 27** dargestellt ist, hergestellt werden. Die erstere Methode verwendet einen nano-eingeprägten Sub-Master **207**, um den Master **200** in einem Step-and-Repeat-Prozess zu bilden.

[0034] Weiterhin mit Bezug auf **Fig. 19-Fig. 21**, kann danach die Produktion von Filmen **154** mit dem Master **200** beginnen. In einem Heißprägeverfahren wird der Master **200** durch die Trägerplatte **202** oder ein anderes bewegliches Element neben oder über einen Körper aus formbarem Material **210** bewegt (**Fig. 19**). Der Master **200** wird dann mit dem Material **210** in Kontakt gebracht, wie in **Fig. 20** dargestellt ist. Die Temperatur und der Druck, die auf das Material **210** ausgeübt werden, sowie die Dauer, in der die Temperatur und der Druck auf das Material **210** durch den Master **200** ausgeübt werden, werden gesteuert, um einen ordnungsgemäß geformten Film **154** zu erhalten (**Fig. 21**). Es ist zu beachten, dass der Film **154** in Form einer vorgeschneideten Lage hergestellt werden kann, oder seriell auf einer Materialbahn hergestellt werden kann, die anschließend in individuelle Lagen geschnitten wird.

[0035] **Fig. 23** zeigt Filmabschnitte **220**, die mit einem konventionellen Filmproduktionsverfahren hergestellt werden, während **Fig. 24** Filmabschnitte **154** zeigt, die mit dem hier beschriebenen Umformverfahren herstellbar sind. Die Filmabschnitte von **Fig. 24** können getrennt und zugeschnitten werden, um den in **Fig. 28** gezeigten Film **154** zu herzustellen. (Die Extraktionsmerkmale **113** sind in **Fig. 24** und **Fig. 28** mit unterschiedlicher Skalierung dargestellt.) Wie ersichtlich ist, kann mit der vorliegenden Methode eine erhöhte Dichte der Extraktionsmerkmale **113** erreicht werden. Die Größe des Films kann ziemlich groß sein, z.B. bis zu 30 cm² (**12 in²**) oder größer.

[0036] Die Filmabschnitte **154** sind nicht-adhäsiv mit den Wellenleiterkörpern **102** verbunden. Insbesondere kann ein Filmabschnitt **154** mit Hilfe einer beheizten beweglichen Trägerplatte **222** (**Fig. 21A**) über einer Wellenleiterkörperfläche **108** mit den Lichtextraktionskörpern **116** in Kontakt mit der Fläche **108** präzise in Position gebracht werden. Wärme und Druck werden auf das Substrat **114** (und optional auf den Wellenleiterkörper **102**) durch die Trägerplatte **222** und optional durch eine weitere Trägerplatte **224** über einen Zeitraum und bei einem Druck aufgebracht, die ausreichen, um die Mikromerkmal-Extraktionskörper **116** des Filmabschnitts mit der Fläche **108** zu verbinden, ohne die Form der Extraktionskörper **116** und der Fläche **108** zu beeinträchtigen. Die gleichen Schritte werden beim Verkleben bzw. Bonden des Films **154** mit dem Wellenleiterkörper **102** im Thermokompressionsverfahren durchgeführt, wobei das angewandte Temperaturniveau, der angewandte Druck und die Kompressionsdauer entsprechend

modifiziert werden. Ein fertiger Lichtwellenleiter **100** ist in **Fig. 22** dargestellt.

[0037] **Fig. 29-Fig. 34** illustrieren den Aufbau und die Herstellung einer Ausführungsform eines Wellenleiters **300**, der einen Wellenleiterkörper **302** und ein optisches Element **304** umfasst, das an dem Wellenleiterkörper **302** befestigt ist. Das optische Element **304** umfasst ein Substrat **306** mit ersten und zweiten Mehrzahlen oder Sätzen von optischen Mikroextraktionsmerkmalen **308, 310**, die auf gegenüberliegenden Flächen **312, 314** des Substrats **306** angeordnet sind. Der Wellenleiterkörper **302** kann mit dem Körper **102** identisch oder davon verschieden sein, und die Extraktionsmerkmale der ersten Mehrzahl **308** können gleich oder verschieden sein von den Extraktionsmerkmalen der zweiten Mehrzahl **310**, wobei die Extraktionsmerkmale einer oder beider Mehrzahlen **308, 310** die oben beschriebenen Formen oder eine andere Form haben können. Das Substrat **306** kann zu dem Substrat **114** identisch oder davon verschieden sein. Vorzugsweise werden die Lichtextraktionsmerkmale **308, 310** und das Substrat **306** wie oben beschrieben gebildet, mit der Ausnahme, dass die Mikroextraktionsmerkmale **308, 310** gleichzeitig auf beiden Seiten **312, 314** unter Verwendung der ersten und zweiten Master **316, 318** gebildet werden können, die mit dem oben beschriebenen und in **Fig. 35** und **Fig. 36** gezeigten Step-and-Repeat-Prozess hergestellt werden. Die Master **316, 318** können jeweils gleichzeitig mit den Flächen **312, 314** des Substrates **306** durch relativ bewegliche Trägerplatten **317, 319** in Kontakt gebracht werden. Alternativ können die Lichtextraktionselemente **308** und **310** nach Bedarf auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten gebildet werden.

[0038] Sobald das optische Element **304** geformt ist, kann das Element **304** mit dem Wellenleiterkörper **302** nicht-adhäsiv verbunden werden. Da es jedoch erwünscht ist, eine solche Verklebung mittels Heißprägung oder Thermokompression durchzuführen, ohne die Mikroextraktionsmerkmale **310** auf der Fläche **314** zu beschädigen, wird eine Halteeinrichtung **320** (**Fig. 30**), welche die Extraktionsmerkmale **310** teilweise oder vollständig umgibt, verwendet, um den erforderlichen Druck und die erforderliche Wärme auf Teile des Substrats **306** auszuüben, um den Verklebungsprozess zu bewirken. Alternativ kann eine Halteeinrichtung **320a** verwendet werden, die eine Platte mit Entlastungslöchern/-einschnitten **321** (**Fig. 30A**) aufweist, die mit den Extraktionsmerkmalen **310** übereinstimmen, und dadurch die Anwendung von Druck und/oder Wärme auf Teile des Substrats **306** erleichtern, ohne die Extraktionsmerkmale **310** zu beschädigen.

[0039] Ein alternatives Verfahren, das in **Fig. 32-Fig. 34** zu sehen ist, umfasst die Verwendung eines weiteren Substrates oder einer weiteren Schicht **322**,

vorzugsweise (aber nicht notwendigerweise) nicht-adhäsiv in der oben beschriebenen Weise mit den Extraktionsmerkmalen **310** während der Herstellung verbunden (wie in den **Fig. 32** und **Fig. 33** dargestellt ist). Das weitere Substrat **322** schützt die Extraktionsmerkmale **310** bei der nicht-adhäsiven Verklebung des Substrats **306** und der Extraktionsmerkmale **308, 310** mit dem Wellenleiterkörper **302**, wie zuvor beschrieben wurde. Das weitere Substrat **322** wird, wie in **Fig. 34** dargestellt ist, nach Abschluss des Klebevorgangs von den Extraktionsmerkmalen **310** entfernt.

[0040] Weitere Verfahren zur Herstellung eines Masters oder Submasters für Heißprägung, Thermokompression oder andere Verfahren zur Bildung von Lichtextraktionsmerkmalen **113** auf einem Substrat **114**, wie oben beschrieben, beinhalten die Herstellung eines Submasters mit relativ großen Merkmalen und die Anwendung eines Verfahrens zur Reduzierung der Größe der Merkmale, um einen Master mit Mikromerkmalen zu erhalten. Zum Beispiel wird, wie in **Fig. 35** dargestellt ist, ein Submaster **400** durch Prägen, Strukturieren oder ein oder mehrere andere Produktionsverfahren hergestellt, indem Merkmale in einem schrumpfbaren Material (z.B. Polystyrol-Film) geformt werden. Die produzierten Merkmale **404** haben eine größere Größe, sind aber im Vergleich zu den Mikromerkmalen, die zu einem späteren Zeitpunkt im Gesamtproduktionsprozess hergestellt werden sollen, identisch proportioniert. Sobald der Submaster **400** hergestellt ist, wird der Submaster **400** so erhitzt, dass der Film auf eine kleinere, aber proportional identische dreidimensionale Form schrumpft, um einen Master **402** (**Fig. 36**) zu erhalten, der für die Bildung des optischen Elements **112** geeignet ist. Diese dreidimensionale isotrope Skalierung ermöglicht die Verwendung von Standard-Fertigungstechniken zur Bildung von Merkmalen **404**, die anschließend durch kontrollierte Erwärmung und die spezifischen Materialeigenschaften eines Films auf Mikromerkmale **406** verkleinert werden. Es können hochpräzise Mikromerkmale **406** für optische Materialien, Wellenleiter, Mischmaterialien und aktive optische Produkte, wie z.B. optische Filme, hergestellt werden. Darüber hinaus könnte dieses Verfahren zur direkten Herstellung eines optischen Films oder zur Herstellung eines Masters für die Heißprägung oder Bedruckung optischer Filme verwendet werden, wie bereits erwähnt worden ist.

[0041] Ein weiteres Verfahren, das die Herstellung eines Submaster **410**-Elements mit relativ großen Merkmalen **412** und die Verwendung eines Verfahrens zur Reduzierung der Größe der Merkmale **412** umfasst, um einen Master **416** mit Mikromerkmalen **414** zur Extraktion von Licht aus einem Wellenleiter zu erhalten, wird in **Fig. 37-Fig. 43** gezeigt. Wie in **Fig. 37** zu sehen ist, wird ein Submaster **410** durch Prägen, Strukturieren und/oder ein oder mehrere an-

dere Produktionsverfahren hergestellt, um Merkmale in einem polymeren oder anderen Material zu bilden, das für die Verwendung in einem metallischen Galvanisier-Prozess geeignet ist. Die produzierten Merkmale **412** haben eine größere Größe, sind aber im Vergleich zu den Mikromerkmalen **414**, die zu einem späteren Zeitpunkt im Gesamtproduktionsprozess hergestellt werden sollen, identisch proportioniert, mit Ausnahme des Randzu-Rand-Abstands zwischen den Merkmalen **412**. Wie aus der nachfolgenden Diskussion hervorgeht, ändert die Art und Weise, in der die spätere Verkleinerung der Merkmale **412** vorgenommen wird, einen solchen Abstand, wodurch erforderlich ist, dass das Ausgangslayout für eine Kompensation dafür anzuordnen ist.

[0042] Nach Abschluss der Prägung und/oder Strukturierung und/oder anderer Prozesse wird mit dem Submaster **410** ein Master **416** in einem metallischen Galvanisierungs- oder Elektroplattier-Prozess hergestellt (**Fig. 38** und **Fig. 39**). Das Galvanisieren oder Elektroplattieren erfolgt durch Galvanisieren auf einer Basis, die den Submaster **410** umfasst, und wird auf eine definierte Dicke durchgeführt, die die Größe der Merkmale auf die gewünschten Größen der Mikromerkmale **414** reduziert, aber die richtigen Proportionen davon beibehält. Die durch Galvanisieren oder Elektroplattieren erzeugten Mikromerkmale werden dann direkt repliziert (**Fig. 40** und **Fig. 41**), um ein Element **418** mit reduzierter Größe und Form der Mikromerkmale **419** zu erzeugen. Das resultierende Element **418** wird anschließend als Einlage für die Heißprägung der gewünschten Mikromerkmale **420** in einem Negativmaster **422** (**Fig. 42**) verwendet, der anschließend zur Bildung der endgültigen Mikromerkmale **423** in einem heißgeprägten Substrat **424** (**Fig. 43**) verwendet werden kann. Dieses Verfahren ermöglicht die Verwendung von Standard-Fertigungstechniken zur Herstellung von Merkmalen **423**, die durch metallisches Elektroplattieren und Heißprägung verkleinert werden.

Industrielle Anwendbarkeit

[0043] Die vorliegende Offenbarung umfasst den Einsatz eines klebstofffreien Klebverfahrens zur dauerhaften Verklebung zweier Strukturen, vorzugsweise durch Wärme und Druck. Andere nicht adhäsive Klebverfahren können alternativ oder zusätzlich eingesetzt werden. Solche Verfahren umfassen die Verwendung von Schichten aus Materialien, die mit Licht oder anderen elektromagnetischen Strahlen verbunden werden können, wie z.B. UV-härtende Harze, oder Schichten, die durch ein Bindemittel, das keine Klebstoffe verwendet, miteinander verbunden sind, Verbindungsschichten durch die Verwendung mechanischer Bewegung (z.B. Ultraschallvibrationsschweißen), Wärmeschweißen (z.B. Heißgasschweißen, Heizelementschweißen, Laserschweißen), Induktionsschweißen, Verkapselung von Werkstoffen

in einer Schicht mit Werkstoffen einer anderen Schicht, chemisches Verbinden von Werkstoffen an einer Grenzfläche zwischen Schichten, Lösungsmittelschweißen (z.B. Aceton, Cyclohexan, 1,2-Dichloräthan, Methyläthylketon, Tetrahydrofuran), mikroskopisch- und/oder makroskopisch-physikalisches Vermischen von Teilchen einer Schicht in einer anderen Schicht, die eine Friktionspassung, Interferenzpassung und/oder Saugpassung zwischen den Schichten ermöglichen, wobei die Schichten mit einem oder mehreren mechanischen Verbindungselementen (z.B. Klammern, Stifte, Nieten, Nieten, Strukturbauteile) oder ähnliches miteinander verbunden werden.

[0044] Das Verfahren ermöglicht eine sorgfältige Steuerung der Umgebung innerhalb optischer Komponenten und optischer Materialien, und kann eine hermetische Verbindung von Materialien ermöglichen.

[0045] Die Verfahren zur Erstellung eines Master- oder Submasters für Heißprägung, Thermokompression oder andere Verfahren zur Bildung von Lichtextraktionsmerkmalen auf einem Substrat sowie die oben beschriebenen Galvano- oder Elektroplattierverfahren können in Verbindung mit oder getrennt von den in der vorliegenden Offenbarung vorgesehenen nicht-adhäsiven Klebverfahren verwendet werden.

[0046] Die hier dargestellten Verfahren beschränken sich nicht auf die Herstellung von optischen Elementen für Leuchten. Zumindest einige der offenbarten Ausführungsformen können verwendet werden, um Mikrostrukturen auf oder in Kunststoffen oder polymeren Materialien im Allgemeinen zu bilden, bewegliche Strukturen in optischen Materialien zu bilden und/oder gemischte optische Materialien zu verbinden. Eine weitere Anwendung ist der Einsatz eines solchen Umformverfahrens zur Integration optischer MEMS in Produkte.

[0047] Wenigstens einige der Leuchten mit den hier aufgeführten optischen Elementen sind besonders geeignet für den Einsatz in Installationen, wie z.B. Outdoor-Produkten und Indoor-Produkten (z.B. Downlights, Decken- bzw. Einbauleuchten, Einlegeanwendungen, Oberflächenmontageanwendungen an Wand oder Decke usw., und Straßenbeleuchtung), die vorzugsweise eine Gesamtleuchtenleistung von mindestens etwa 100 Lumen oder mehr, und in einigen Ausführungsformen eine Gesamtleuchtenleistung von mindestens etwa 1.000 Lumen, und in anderen Ausführungsformen eine Gesamtleuchtenleistung von etwa 10.000 Lumen bis etwa 100.000 Lumen erfordern. Darüber hinaus haben die hierin gezeigten Leuchten vorzugsweise eine Farbtemperatur zwischen etwa 2500 Grad Kelvin und etwa 6200 Grad Kelvin, und in einigen Ausführungsfor-

men zwischen etwa 2500 Grad Kelvin und etwa 5000 Grad Kelvin, und in anderen Ausführungsformen etwa 2700 oder 3500 Grad Kelvin. Außerdem weisen zumindest einige der hier aufgeführten Leuchten vorzugsweise eine Lichtausbeute von mindestens etwa 80 Lumen pro Watt, mehr bevorzugt mindestens 100 und am bevorzugtesten mindestens 120 Lumen pro Watt auf. Darüber hinaus weisen mindestens einige der hier aufgeführten Leuchten vorzugsweise einen Gesamtwirkungsgrad (d.h. das aus dem Wellenleiter entnommene Licht geteilt durch das in den Wellenleiter eingekoppelte Licht) von mindestens etwa 70 Prozent, vorzugsweise mindestens etwa 80 Prozent und am bevorzugtesten mindestens etwa 90 Prozent auf. Ein Farbwiedergabeindex (CRI) von mindestens etwa 80 wird vorzugsweise von mindestens einem Teil der hier angegebenen Leuchten erreicht, wobei ein CRI von mindestens etwa 88 bevorzugt und mindestens etwa 90 am bevorzugtesten ist. Einige Leuchten weisen einen CRI von mindestens ca. 90 bei Aufrechterhaltung eines relativ hohen Wirkungsgrads auf. Jede gewünschte bestimmte Lichtverteilung, wie z.B. eine Schmetterlings-Lichtverteilung, kann erreicht werden, einschließlich Auf- und Ablichtverteilungen oder Nur-Auf- oder Nur-Ablichtverteilungen usw.

[0048] Wenn man eine relativ kleine Lichtquelle verwendet, die in eine breite (z.B. Lambert-) Winkelverteilung emittiert (üblich für LED-basierte Lichtquellen), erfordert die Erhaltung einer Etendue, wie allgemein im Stand der Technik verstanden wird, ein optisches System mit einer großen Emissionsfläche, um eine enge (kollimierte) Winkelverteilung zu erreichen. Bei Parabolreflektoren ist daher in der Regel eine große Optik erforderlich, um eine hohe Kollimation bzw. Bündelung zu erreichen. Um eine große Emissionsfläche bei kompakterer Bauform zu erreichen, setzt der Stand der Technik auf Fresnel-Linsen, die das Licht über refraktive optische Oberflächen lenken und kollimieren. Fresnel-Linsen sind jedoch in der Regel planarer Natur und eignen sich daher nicht gut für die Umlenkung des von der Quelle abgestrahlten breitwinkligen Lichts, was zu einem Verlust an optischer Effizienz führt. Im Gegensatz dazu wird in der vorliegenden Leuchte mit den hierin offenbarten optischen Elementen Licht in die Optik eingekoppelt, wobei primär Totalreflexion zur Umlenkung und Kollimation eingesetzt wird. Diese Kopplung ermöglicht es, den gesamten Bereich der Winkelabstrahlung von der Quelle, einschließlich des Breitwinkellichts, umzuleiten und zu kollimieren, was zu einer höheren optischen Effizienz in einem kompakteren Formfaktor führt.

[0049] In mindestens einigen der gegenwärtigen Ausführungsformen, die die hierin offenbarten optischen Elemente enthalten, ist die Verteilung und Richtung des Lichtes innerhalb des optischen Ele-

ments besser bekannt, und daher wird das Licht gesteuert und auf eine gesteuere Weise extrahiert.

[0050] Alle hierin zitierten Verweise, einschließlich Veröffentlichungen, Patentanmeldungen und Patente, werden hiermit durch Bezugnahme in demselben Umfang aufgenommen, als ob jeder Verweis einzeln und ausdrücklich als Verweis angegeben wäre und in seiner Gesamtheit hierin aufgeführt wäre.

[0051] Die Verwendung der Begriffe „ein/eine/eines“ und „der/die/das“ und ähnliche Bezeichnungen im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erfindung (insbesondere im Zusammenhang mit den folgenden Ansprüchen) sind so auszulegen, dass sie sowohl den Singular als auch den Plural abdecken, es sei denn, es wird hierin etwas anderes angegeben oder durch den Kontext widerlegt. Die Aufführung der Wertebereiche hierin dient lediglich als Kurzform für die individuelle Bezugnahme auf jeden einzelnen Wert, der in den Bereich fällt, sofern hierin nicht anders angegeben, wobei jeder einzelne Wert in die Spezifikation aufgenommen wird, als ob er hierin einzeln aufgeführt worden wäre. Alle hierin beschriebenen Verfahren können in jeder geeigneten Reihenfolge ausgeführt werden, es sei denn, es wird hierin etwas anderes angegeben oder es wird ausdrücklich vom Kontext widerlegt. Die Verwendung sämtlicher Beispiele oder exemplarischer Ausdrücke (z.B. „wie“), die hierin enthalten sind, dient lediglich dem besseren Verständnis der Offenbarung und stellt keine Einschränkung des Umfangs der Offenbarung dar, es sei denn, es wird etwas anderes behauptet. Keine Sprache in der Beschreibung sollte dahingehend ausgelegt werden, dass sie auf ein nicht beanspruchtes Element hinweist, das für die Praxis der Offenbarung wesentlich ist.

[0052] Zahlreiche Änderungen an der vorliegenden Offenbarung werden dem Fachmann im Hinblick auf die vorstehende Beschreibung bekannt sein. Es soll davon ausgegangen werden, dass die abgebildeten Ausführungsformen nur beispielhaft sind, und nicht als Einschränkung des Umfangs der Offenbarung verstanden werden sollten.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 14839557 [0001]
- US 14577730 [0002]
- US 61922017 [0002]
- US 14472078 [0002, 0012, 0027]
- US 62020866 [0002]
- US 13842521 [0003]
- US 13839949 [0003]
- US 13841074 [0003]
- US 13841622 [0003]
- US 13840563 [0003]
- US 13938877 [0003]
- US 14015801 [0003]
- US 14101086 [0003]
- US 14101132 [0003]
- US 14101147 [0003]
- US 14101129 [0003]
- US 14101051 [0003]
- US 14/13937 PCT [0003]
- US 14/13931 PCT [0003]
- US 14/30017 PCT [0003]
- US 14472064 [0003, 0012]
- US 14472035 [0003]
- US 14801476 [0003]
- US 13649067 [0020]
- US 8541795 [0020]
- US 14291829 [0021]
- US 14292001 [0021]
- US 14292286 [0021]
- US 13782040 [0022]
- US 61932058 [0022]
- US 8564004 [0027]

Patentansprüche

1. Optischer Wellenleiter, umfassend:
einen Wellenleiterkörper mit innerer Totalreflexion;
ein Substrat; und
eine Mehrzahl von Lichtextraktionsmerkmalen, die auf einer Oberfläche des Substrats angeordnet sind, wobei die Lichtextraktionsmerkmale nicht-adhäsiv mit dem Wellenleiterkörper verbunden sind.
2. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1, wobei die Lichtextraktionsmerkmale unter Verwendung eines thermischen Kompressionsverfahrens, eines Heißprägeverfahrens und eines Galvanofornverfahrens gebildet sind.
3. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1, wobei die Lichtextraktionsmerkmale Mikromerkmale umfassen, die auf dem Substrat in einer zufälligen Anordnung oder einer nicht-zufälligen Anordnung angeordnet sind.
4. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1, wobei die Lichtextraktionsmerkmale nicht-adhäsiv mit dem Substrat verbunden sind.
5. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1, wobei die Lichtextraktionsmerkmale mittels eines thermischen Kompressionsverfahrens oder eines Heißprägeverfahrens auf dem Substrat befestigt sind.
6. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1, wobei ein erster Satz von Lichtextraktionsmerkmalen auf einer ersten Oberfläche des Substrats angeordnet ist, und ein zweiter Satz von Lichtextraktionsmerkmalen auf einer zweiten Seite des Substrats angeordnet ist.
7. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 6, wobei die ersten und zweiten Sätze von Lichtextraktionsmerkmalen nicht-adhäsiv mit dem Substrat verbunden sind.
8. Optischer Wellenleiter nach Anspruch 1, wobei die Lichtextraktionsmerkmale mit dem Substrat unter Verwendung eines Verfahrens gebildet sind, das die Schritte umfasst:
Herstellen eines Submaster-Elements mit relativ großen Merkmalen; und Reduzieren von Abmessungen der Merkmale, um einen Master mit Mikromerkmalen zu erhalten.
9. Optisches Element, umfassend:
ein optisch transparentes Substrat;
eine Mehrzahl von Licht extrahierenden Merkmalen aus optisch transparentem Material, die eine innere Totalreflexion aufweisen, die auf gegenüberliegenden Seiten des Substrats angeordnet sind; und
einen Wellenleiterkörper, bei dem Lichtextraktionsmerkmale auf einer der Seiten des Substrats an dem Wellenleiterkörper befestigt sind.
10. Optisches Element nach Anspruch 9, wobei die Lichtextraktionsmerkmale in einer nicht-zufälligen Anordnung oder einer zufälligen Anordnung auf jeder der gegenüberliegenden Seiten des Substrats angeordnet sind.
11. Optisches Element nach Anspruch 9, wobei die Lichtextraktionsmerkmale durch thermische Kompression mit den Seiten des Substrats verbunden sind.
12. Optisches Element nach Anspruch 9, wobei die Lichtextraktionsmerkmale auf die Seiten des Substrats heißgeprägt sind.
13. Optisches Element nach Anspruch 9, wobei die Lichtextraktionsmerkmale auf den Seiten des Substrats unter Verwendung eines Verfahrens gebildet sind, das die Schritte umfasst: Herstellen eines Submaster-Elements mit relativ großen Merkmalen; und Reduzieren von Abmessungen der Merkmale, um einen Master mit Mikromerkmalen zu erhalten.
14. Optisches Element nach Anspruch 13, wobei die Abmessungen der Merkmale reduziert werden, indem das Submaster-Element Wärme ausgesetzt wird.
15. Optisches Element nach Anspruch 14, wobei die Abmessungen der Merkmale durch Galvanisieren des Submasters reduziert werden.
16. Optisches Element nach Anspruch 9, wobei eine Bondingvorrichtung zumindest teilweise einen Abschnitt der Lichtextraktionsmerkmale während des Befestigens des optischen Elements an einem Wellenleiterkörper umgibt.
17. Optisches Element nach Anspruch 9, wobei Enden eines ersten Abschnitts von Lichtextraktionsmerkmalen zunächst auf einer Oberfläche eines weiteren Substrats angeordnet sind, und das weitere Substrat von den Enden des ersten Abschnitts von Lichtextraktionsmerkmalen entfernt wird, nachdem ein zweiter Abschnitt von Lichtextraktionsmerkmalen an den Wellenleiterkörper gebunden ist.
18. Verfahren zur Herstellung eines optischen Elements, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
Bereitstellen eines ersten Materialkörpers;
Formen des ersten Materialkörpers zu einem ersten Merkmal mit einer ersten Abmessung;
Reduzieren des ersten Merkmals auf eine zweite Abmessung, die kleiner als die erste Abmessung ist, um ein zweites Merkmal zu bilden, das eine skalierte Version des ersten Merkmals umfasst; und
Verwenden des zweiten Merkmals als Master in einem Umformprozess.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei der Schritt des Reduzierens den Schritt des Erhitzens des ersten Merkmals zum Schrumpfen des Merkmals umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 18, wobei der Schritt des Reduzierens den Schritt des Galvanisierens des ersten Merkmals umfasst.

Es folgen 20 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

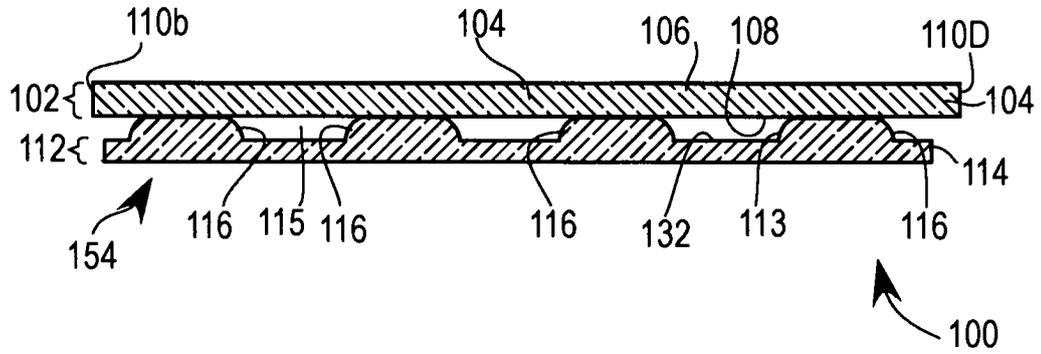
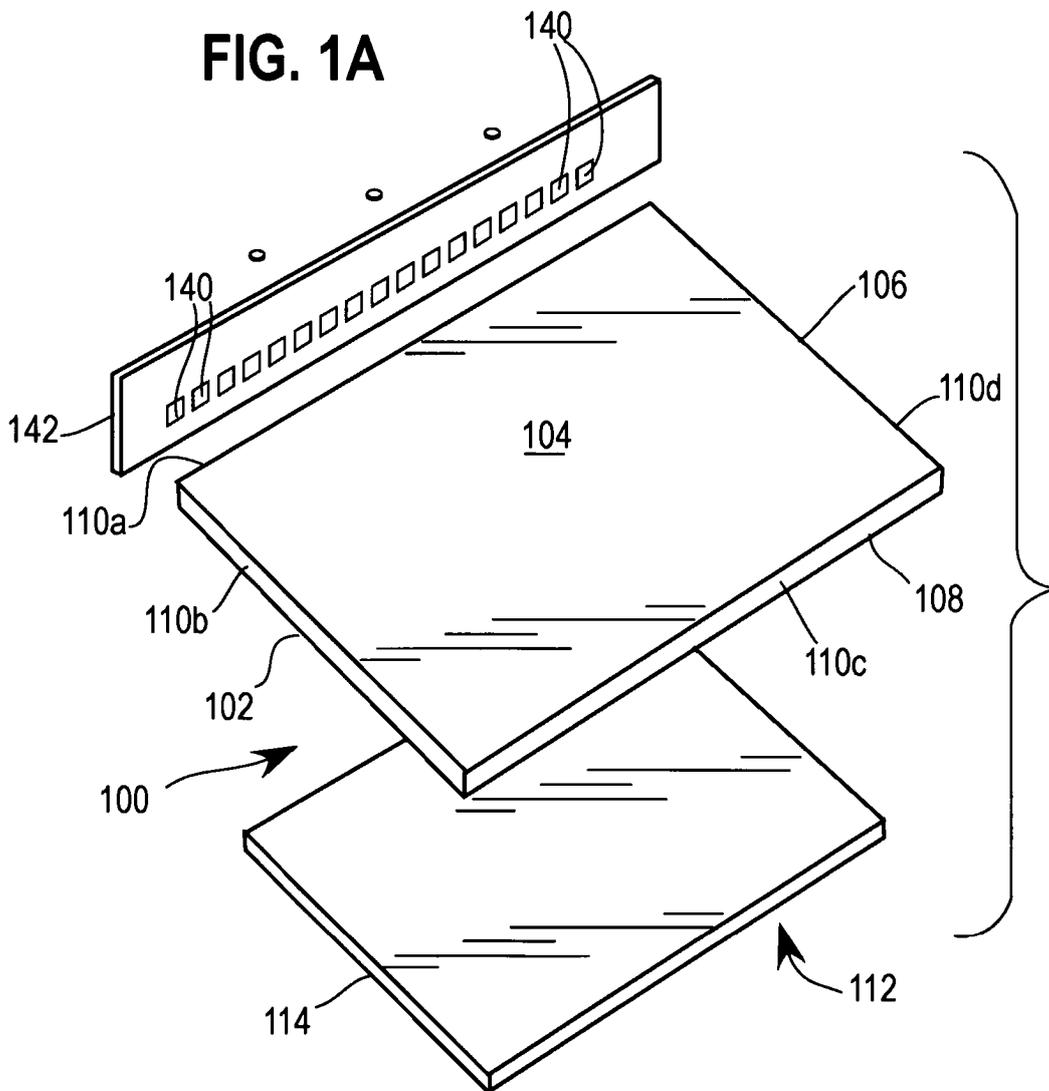


FIG. 1A



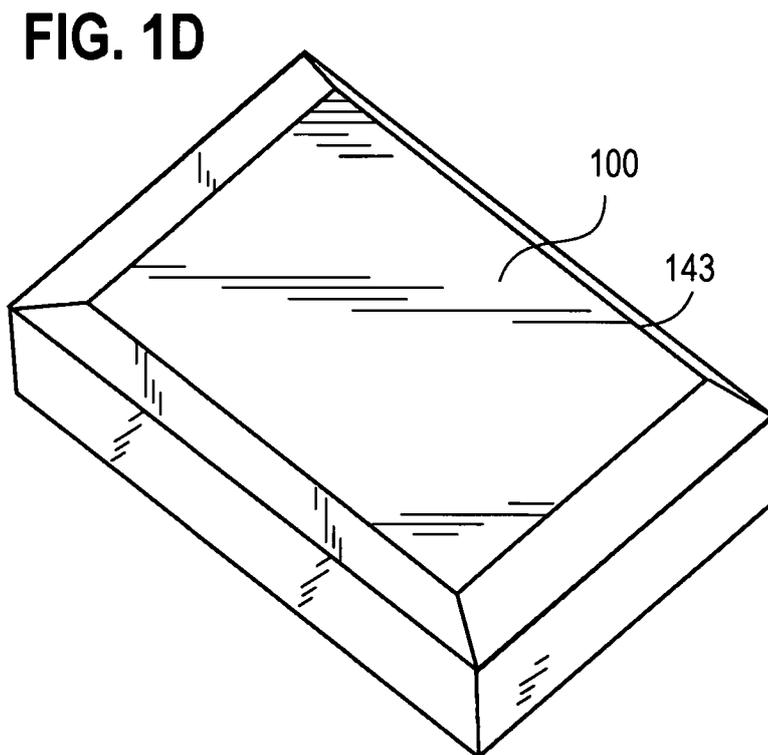
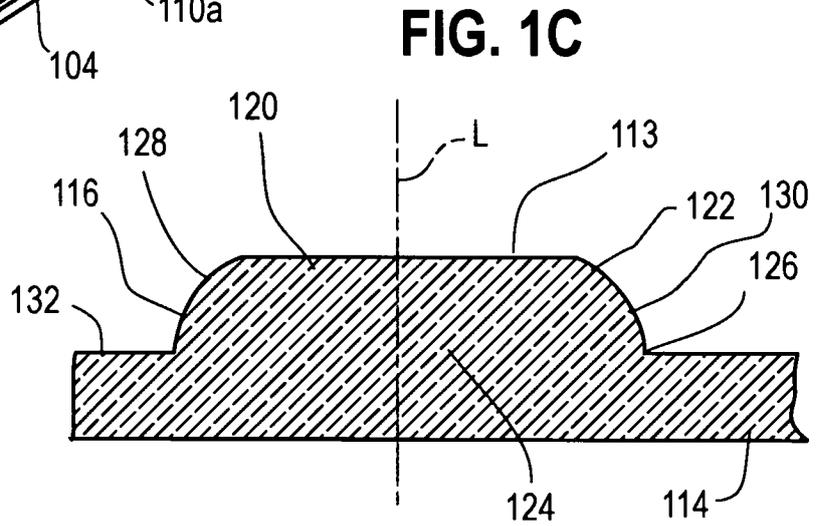
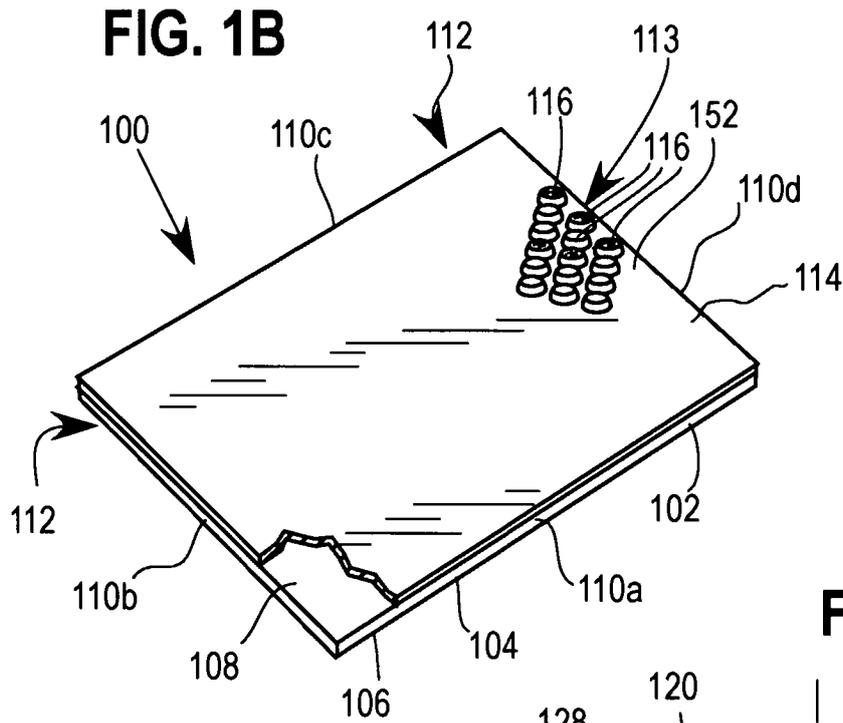


FIG. 2

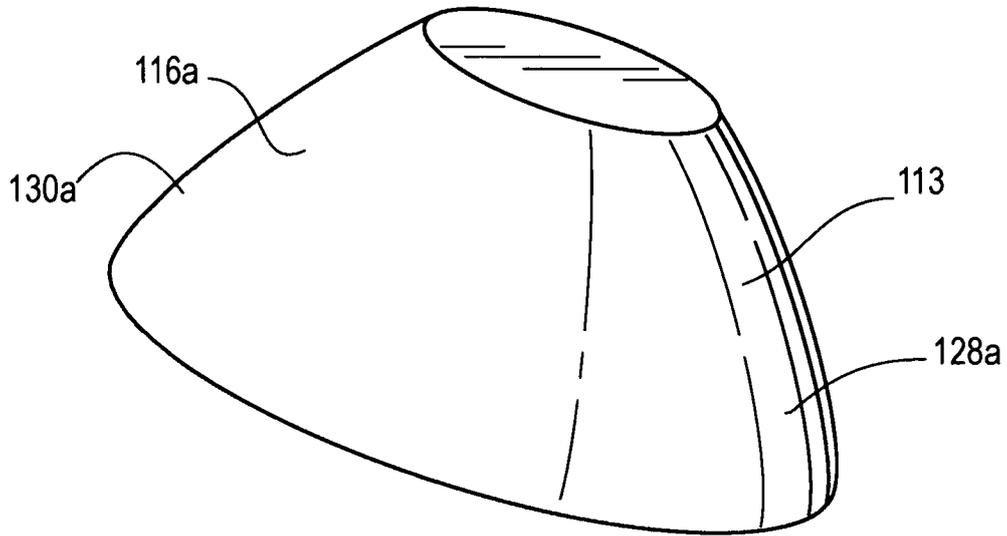


FIG. 3

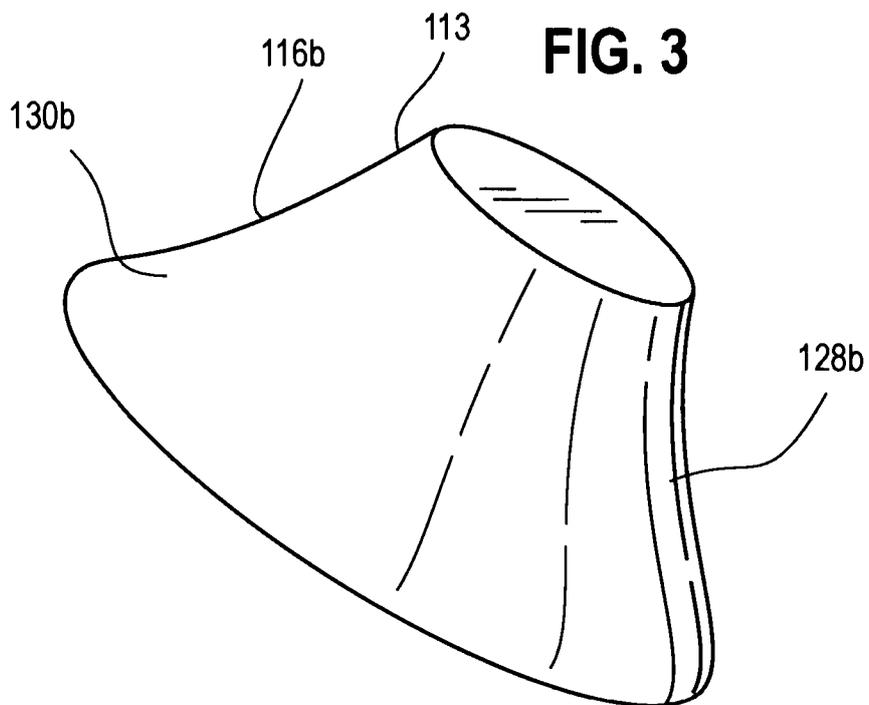


FIG. 4

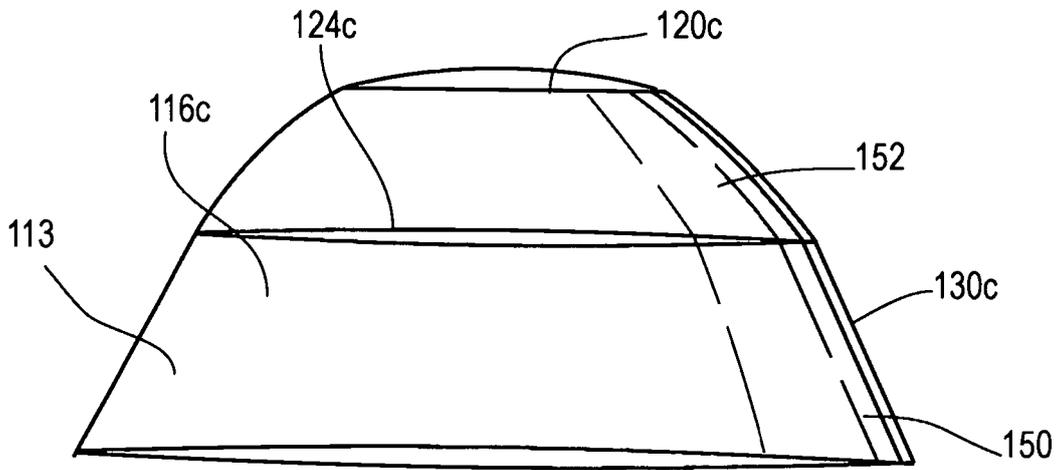


FIG. 5

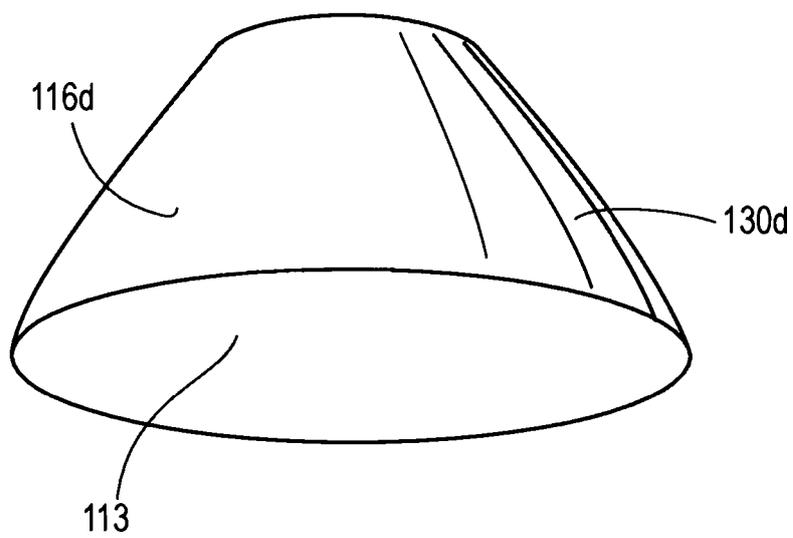


FIG. 6

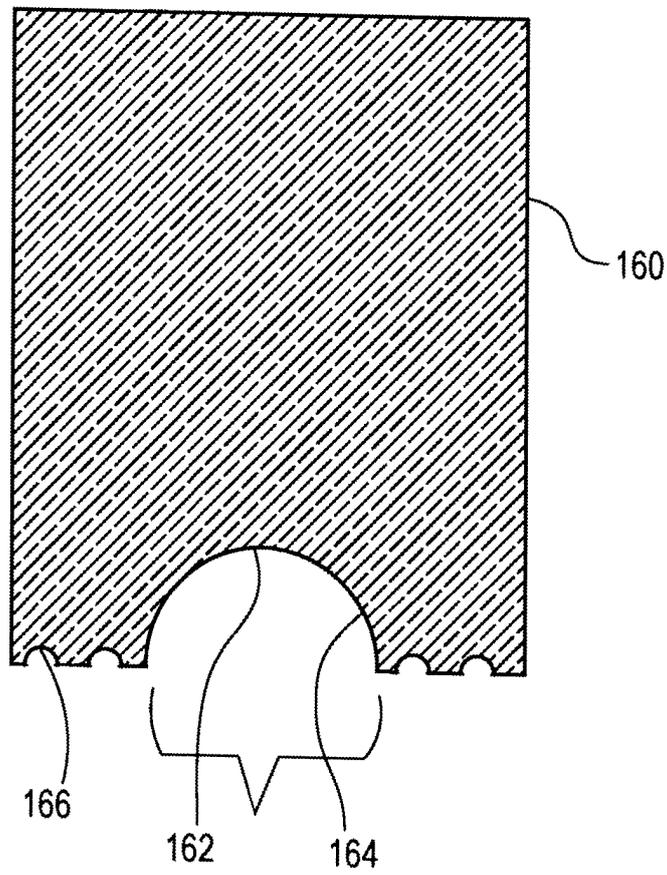


FIG. 7

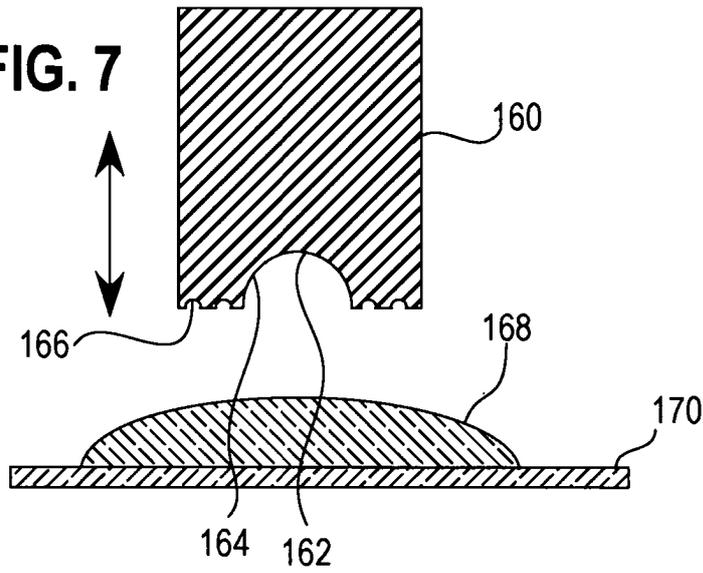


FIG. 8

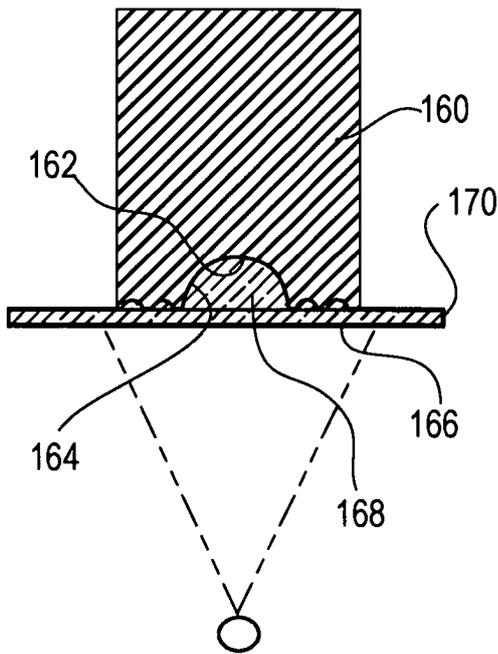


FIG. 9

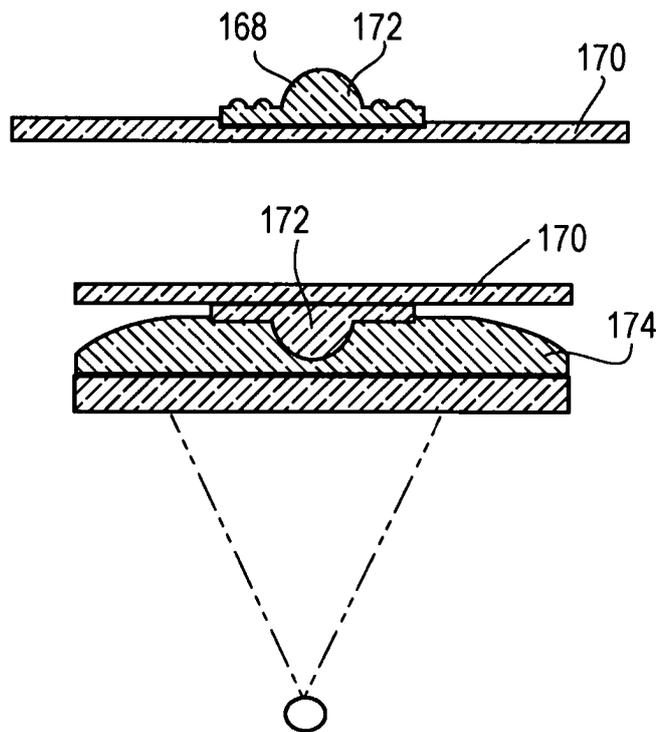


FIG. 11

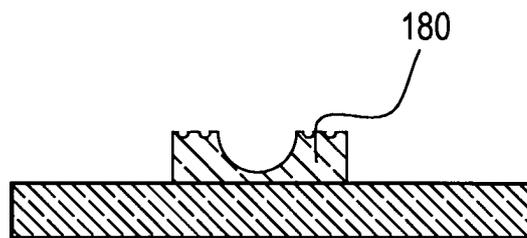


FIG. 12

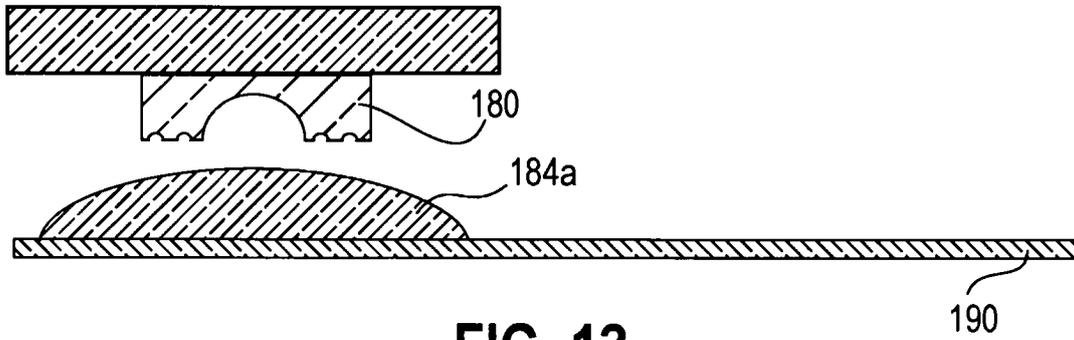


FIG. 13

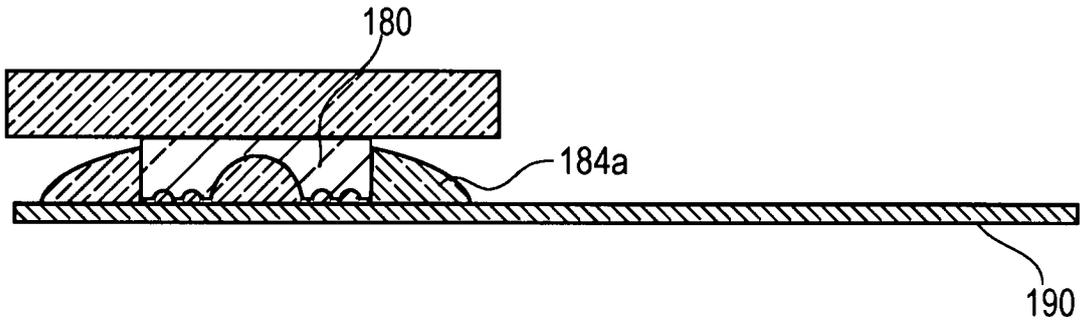


FIG. 14

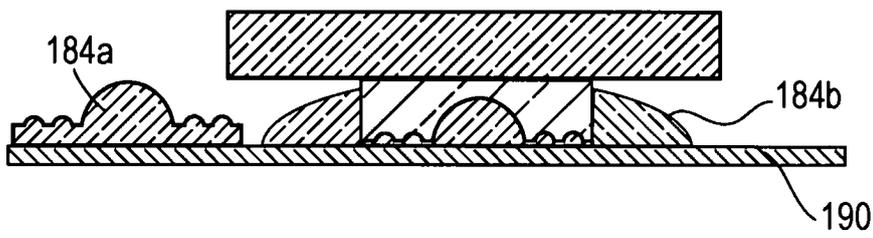


FIG. 15

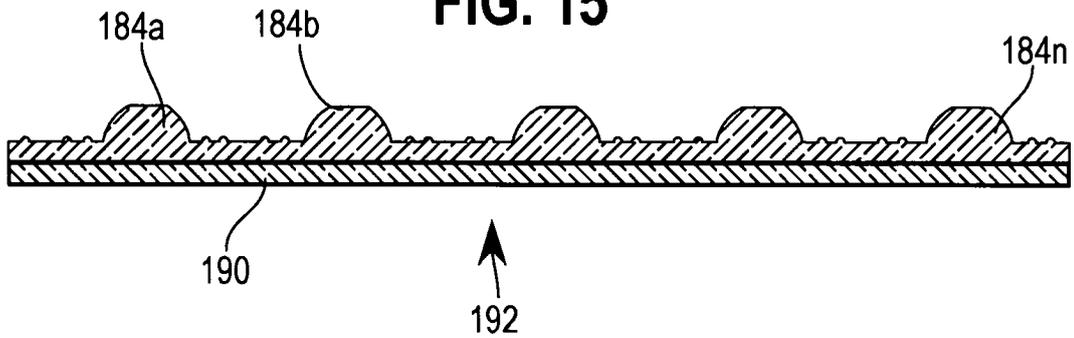


FIG. 16

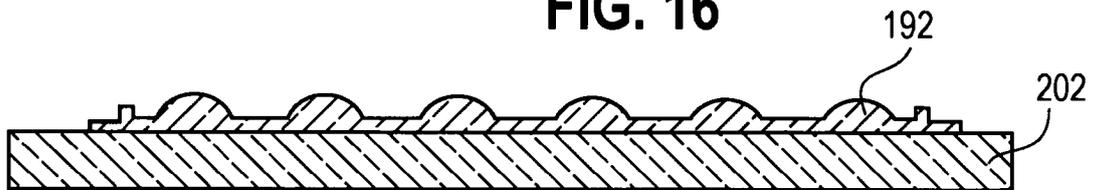


FIG. 17

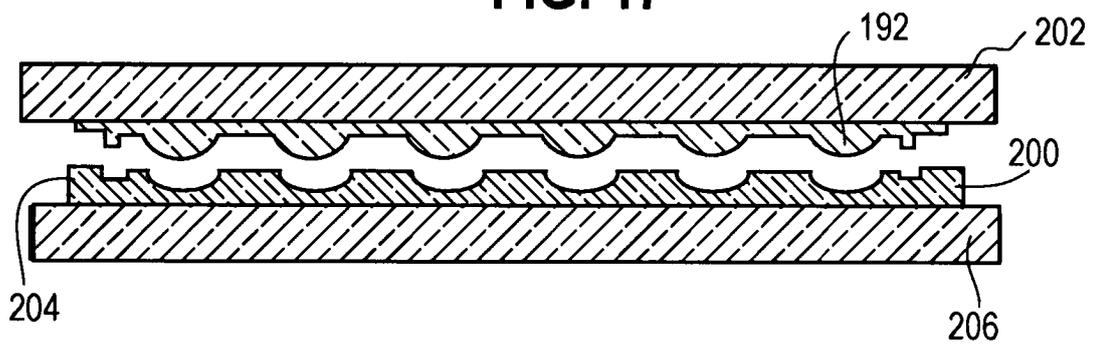


FIG. 18

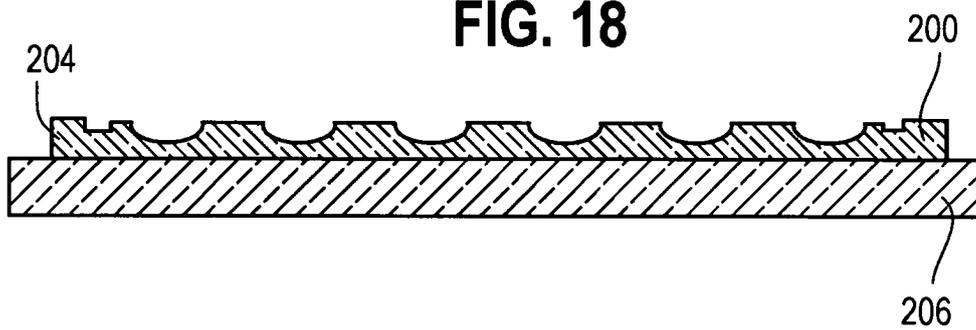


FIG. 19

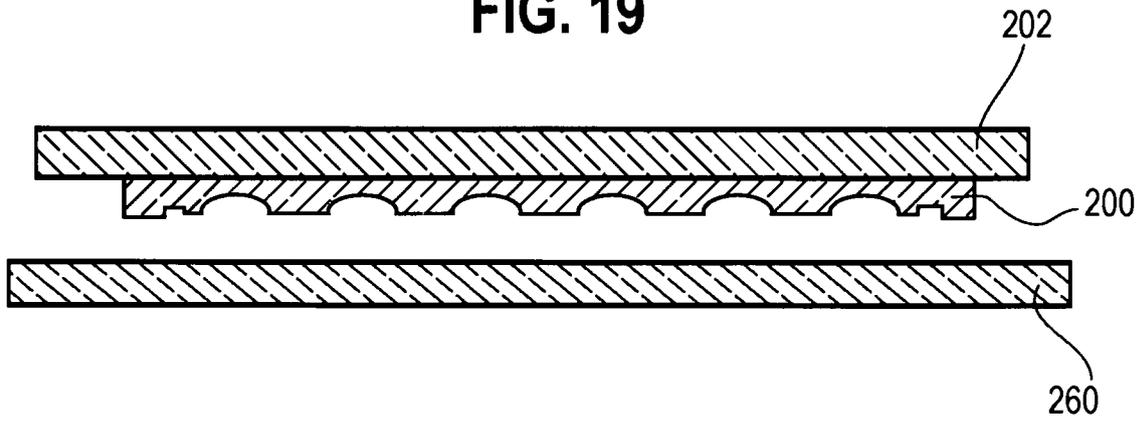


FIG. 20

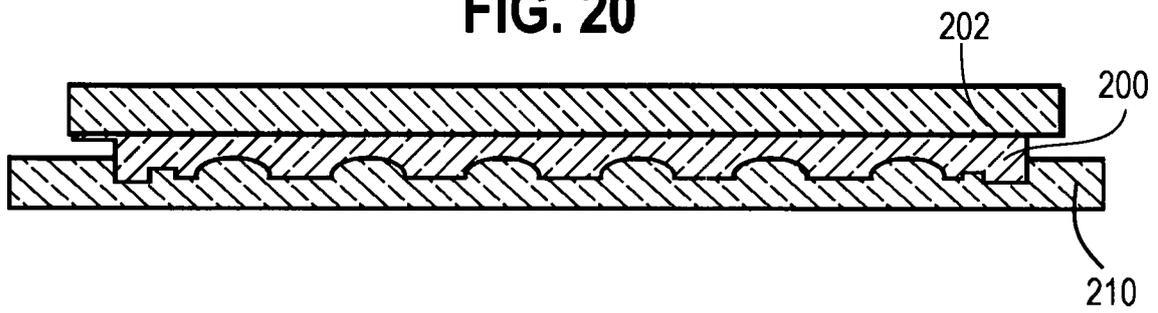


FIG. 21



FIG. 21A

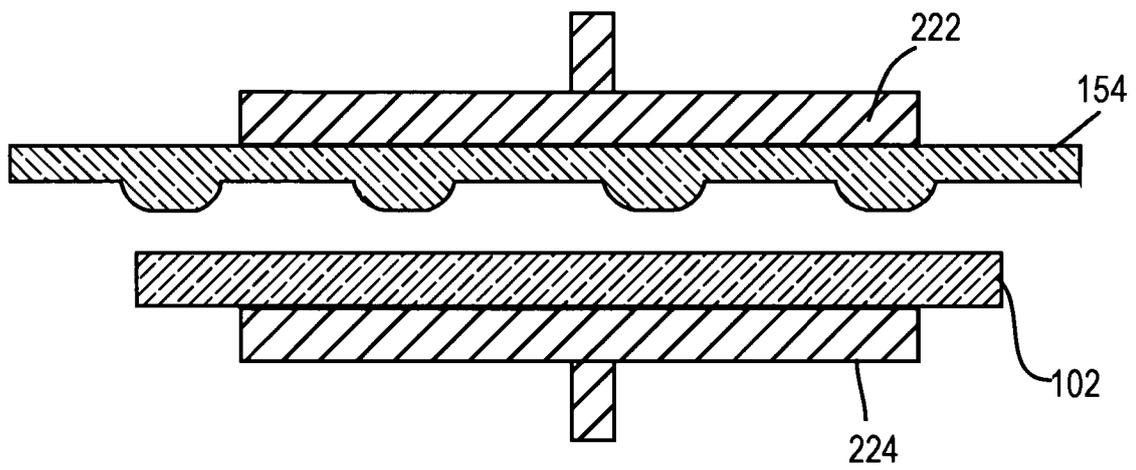


FIG. 22

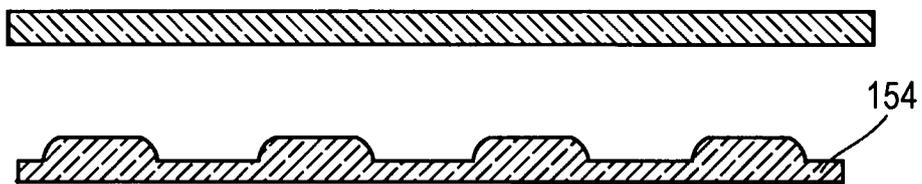


FIG. 23

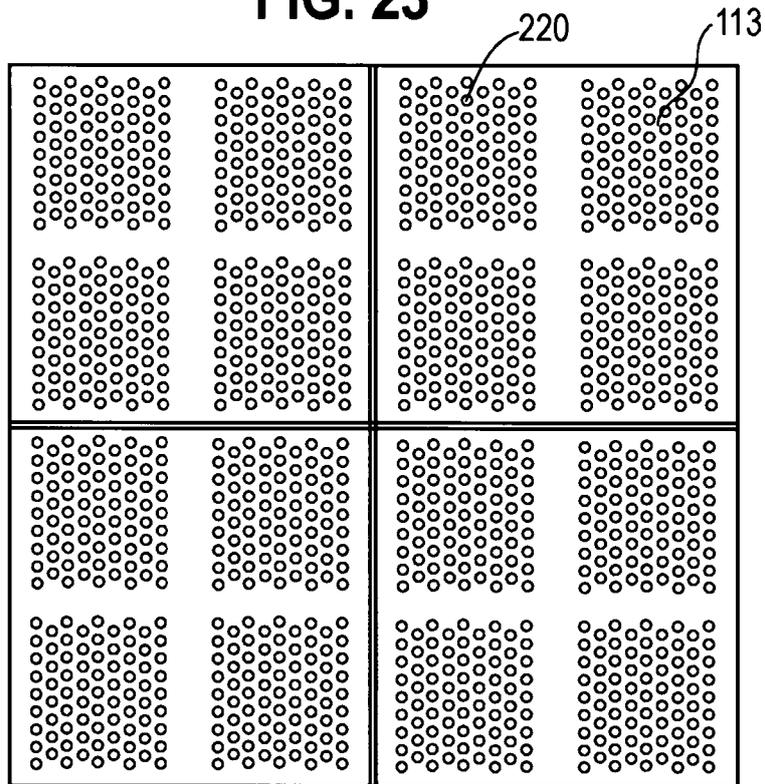


FIG. 24

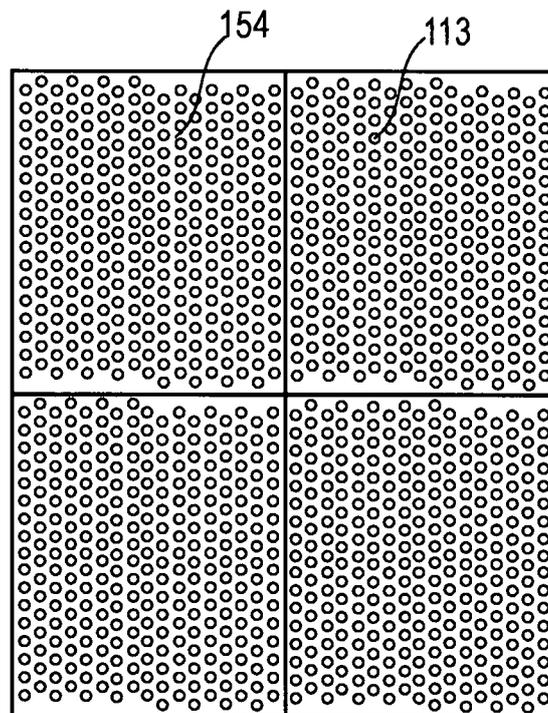


FIG. 26

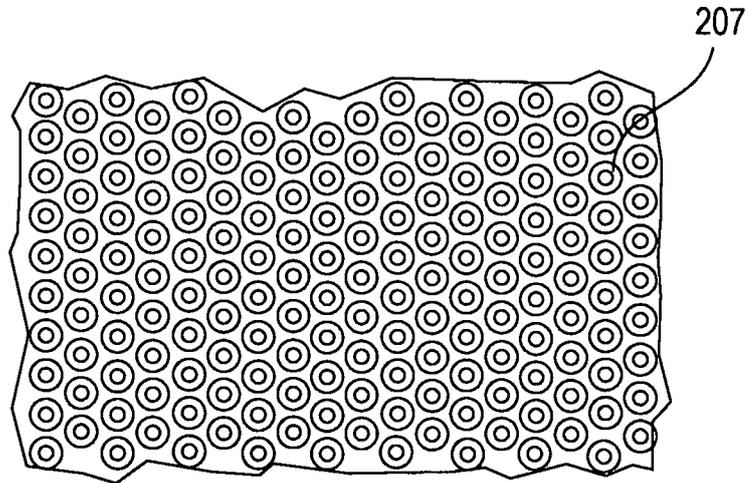


FIG. 27

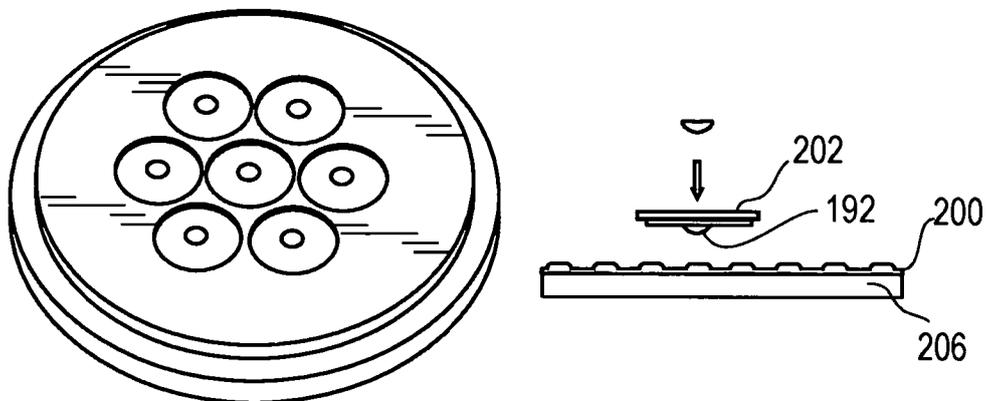


FIG. 28

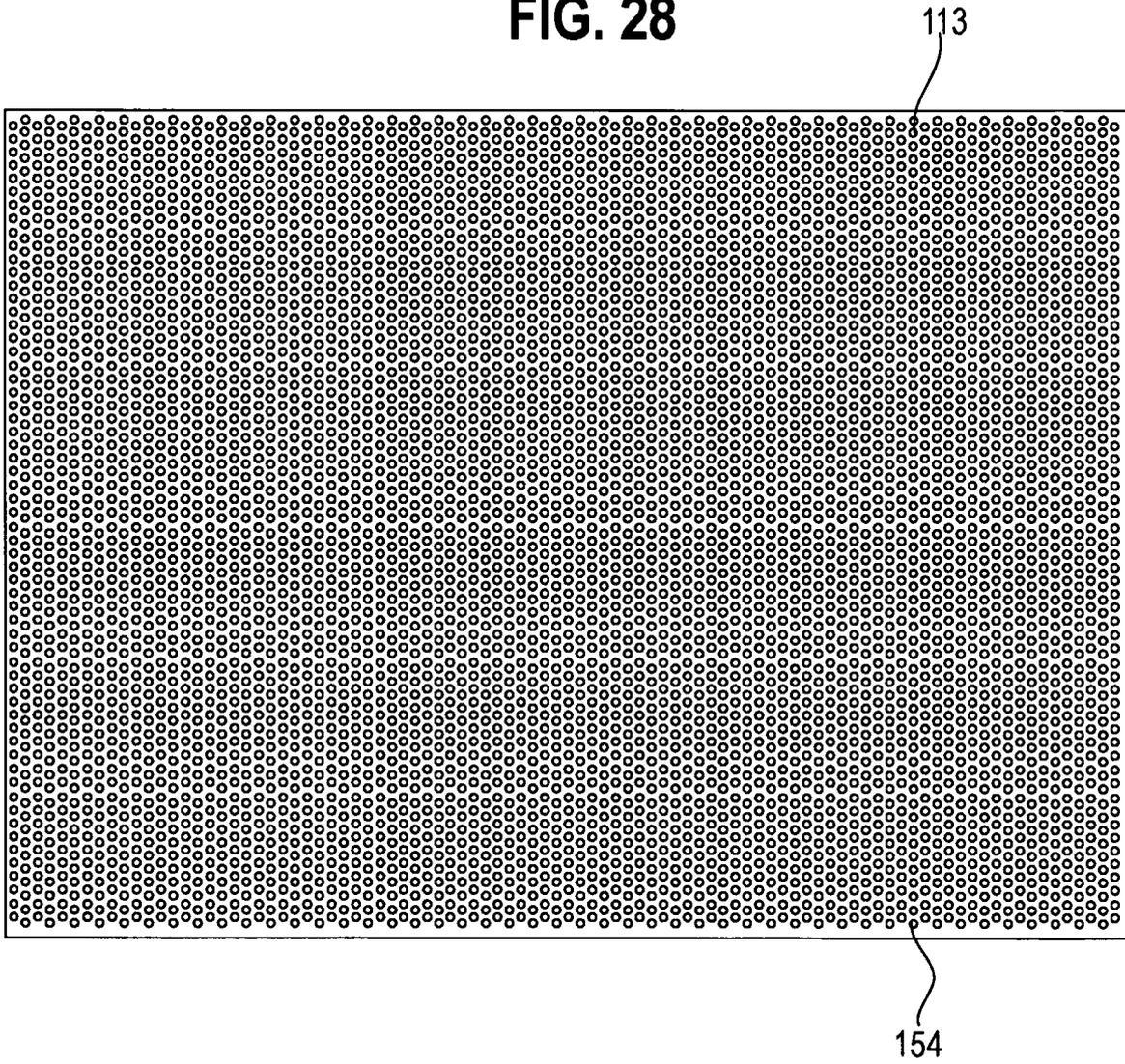


FIG. 29

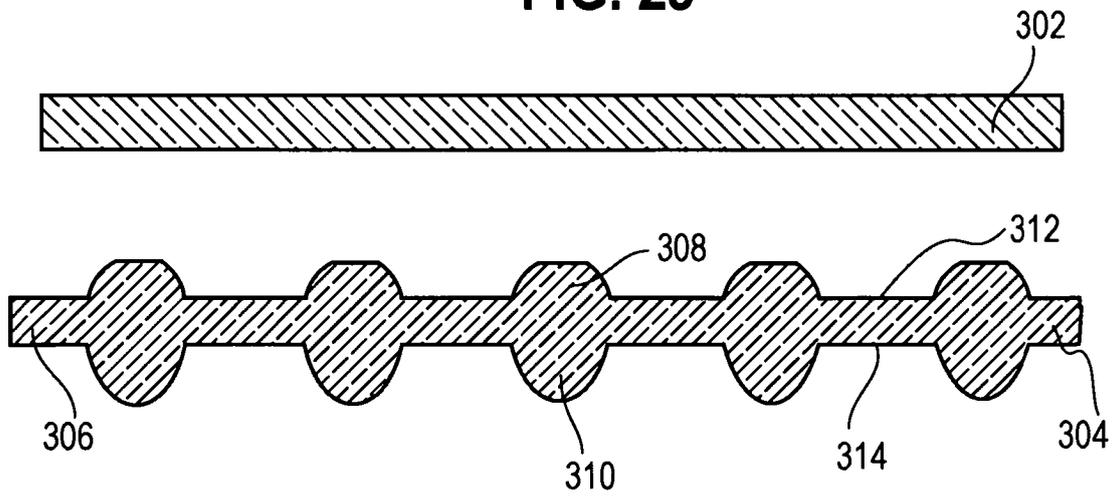


FIG. 30

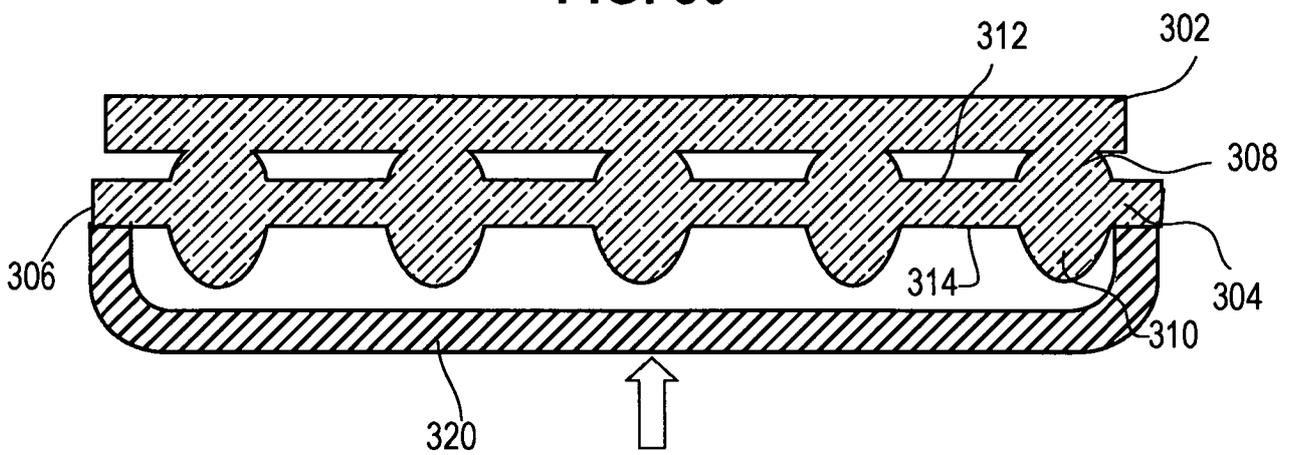


FIG. 32

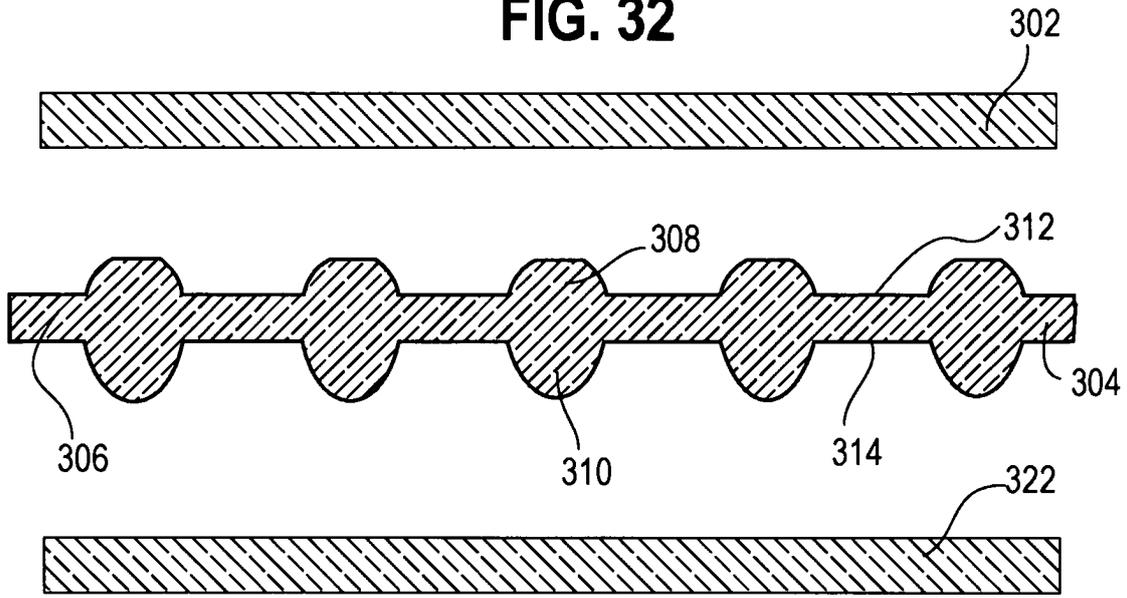


FIG. 33

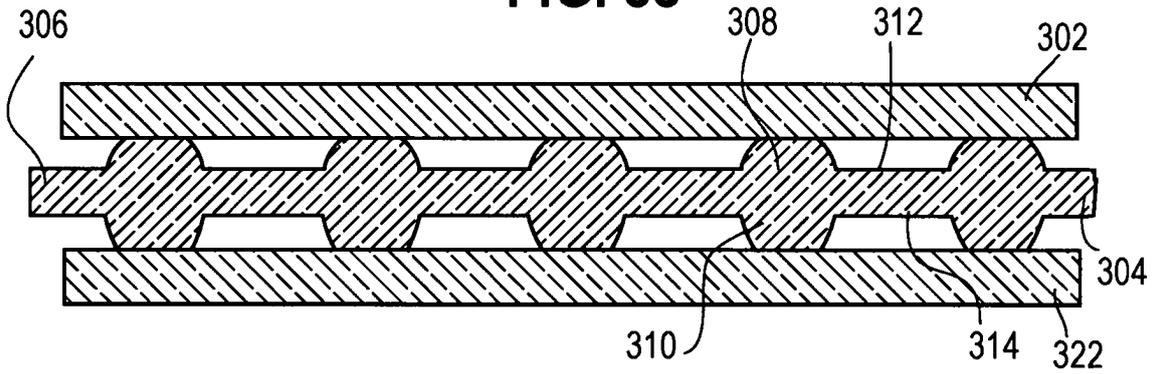


FIG. 34

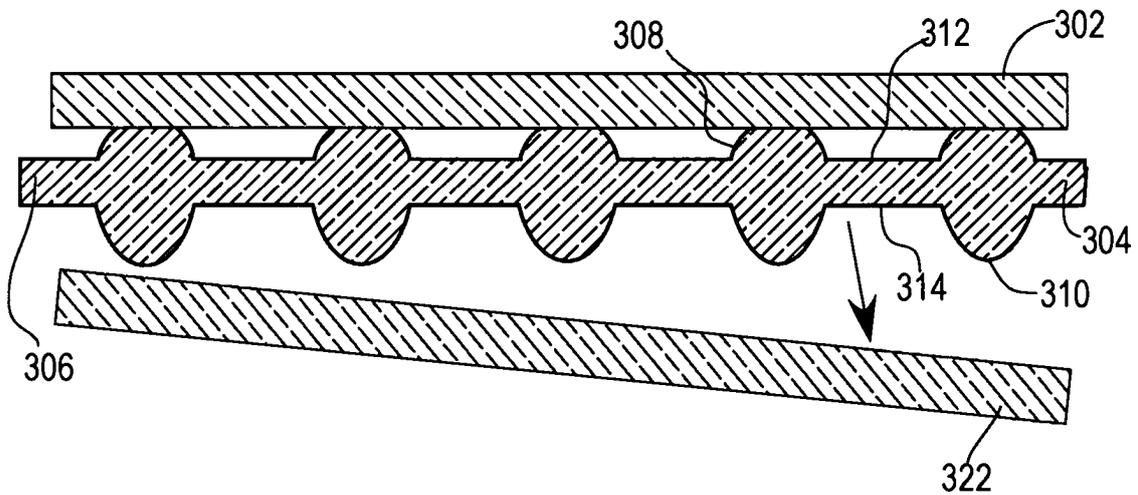


FIG. 35

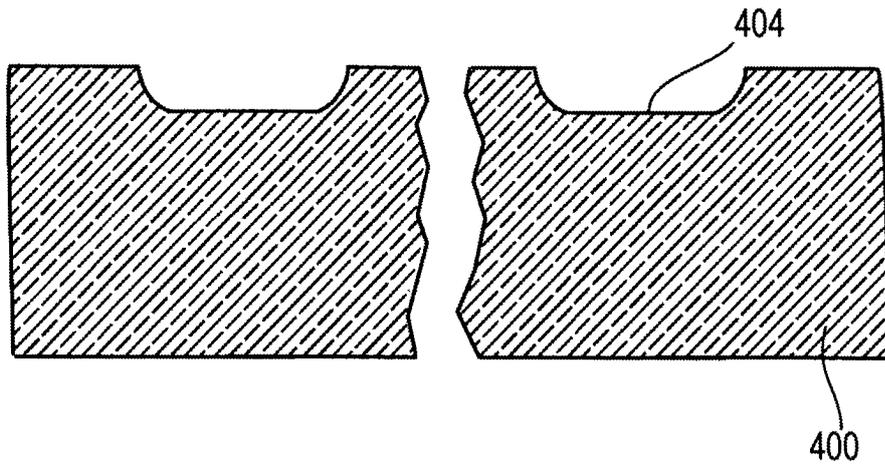


FIG. 36

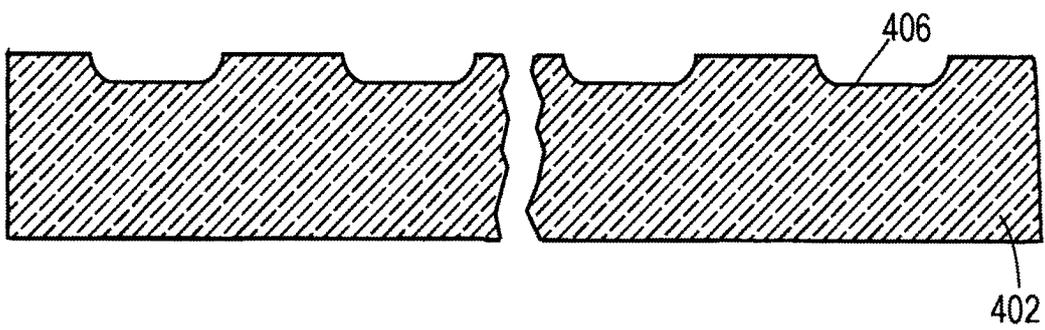


FIG. 37

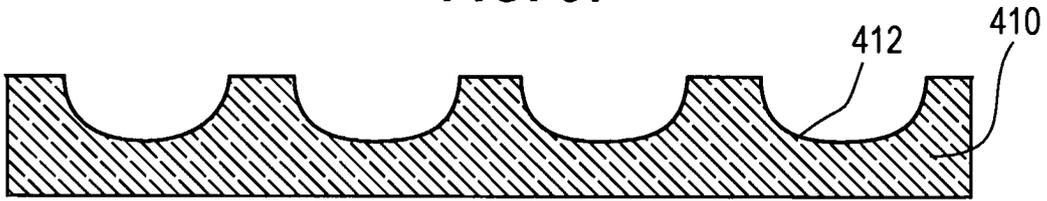


FIG. 38

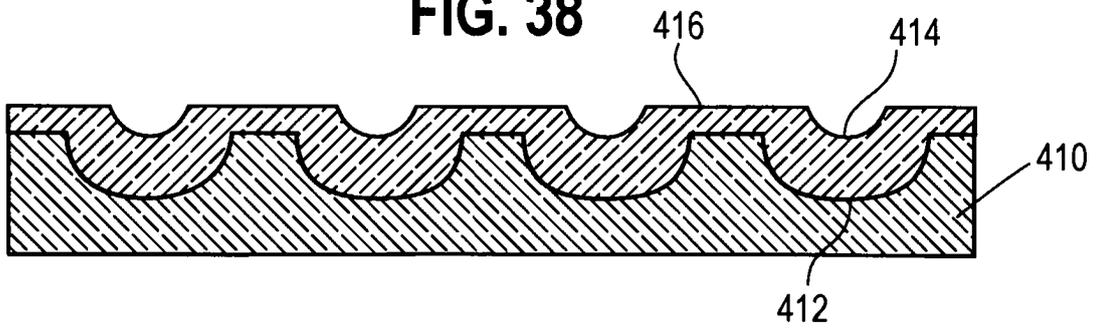


FIG. 39

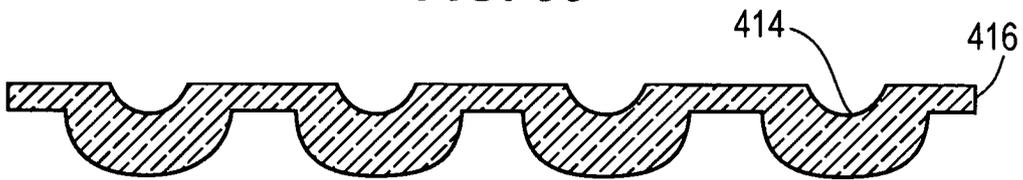


FIG. 40

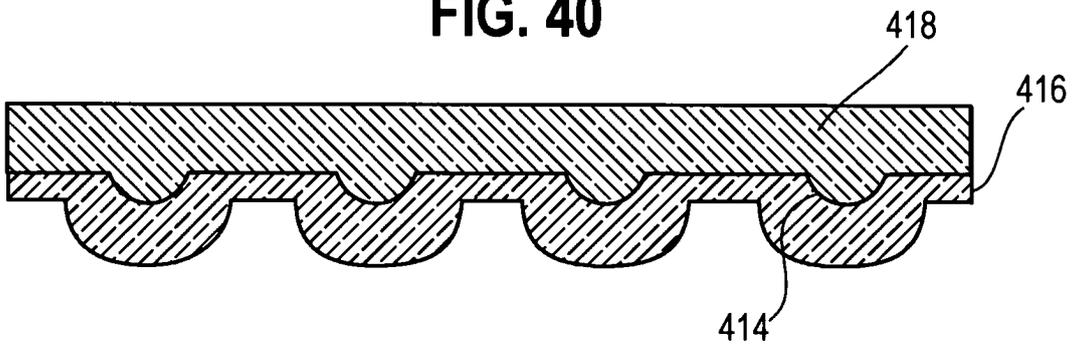


FIG. 41

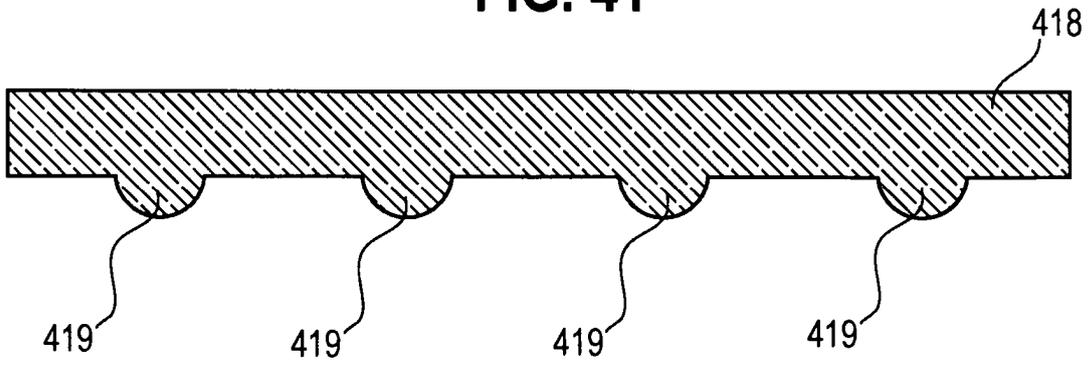


FIG. 42

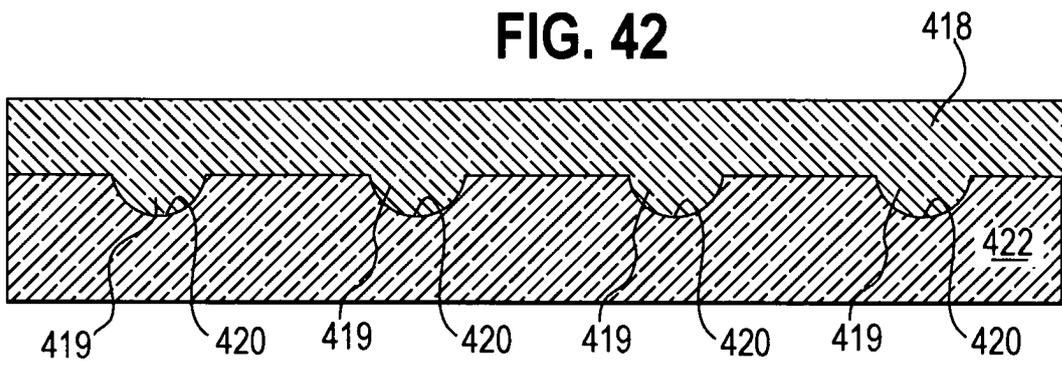


FIG. 43

