



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 21 121 T2** 2006.05.11

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 257 401 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 21 121.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/23708**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 959 563.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/062461**

(86) PCT-Anmeldetag: **29.08.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **30.08.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.11.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **29.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.05.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B29C 33/38** (2006.01)

**B29D 11/00** (2006.01)

**G02B 5/122** (2006.01)

**G02B 5/12** (2006.01)

**B29C 59/02** (2006.01)

**B29C 33/42** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**515978                      25.02.2000                      US**

(73) Patentinhaber:

**3M Innovative Properties Co., Saint Paul, Minn.,  
US**

(74) Vertreter:

**derzeit kein Vertreter bestellt**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**BENSON, M., Gerald, Saint Paul, US; SMITH, L.,  
Kenneth, Saint Paul, US**

(54) Bezeichnung: **ZUSAMMENGESETZTES FORMWERKZEUG UND OBERFLÄCHLICH STRUKTURIERTE ARTIKEL  
MIT GEOMETRISCHEN STRUKTUREN MIT ZUSAMMENGESETZTEN FLÄCHEN UND IHRE HERSTELLUNGS-  
VERFAHREN**

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

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen strukturierte Oberflächen, die mittels Mikroreplikationsmethoden hergestellt werden. Die Erfindung ist insbesondere auf strukturierte Oberflächen anwendbar, die retroreflektive Würfeckenelemente aufweisen.

**[0002]** Der Leser wird auf das Glossar am Ende der Patentschrift, welches als Leitfaden hinsichtlich der Bedeutung bestimmter in diesem Dokument verwendeter Begriffe dient, verwiesen.

**[0003]** Es ist bekannt, mikroreplizierte strukturierte Oberflächen bei einer Vielfalt von Endbenutzungsanwendungen, beispielsweise retroreflektierenden Folien, mechanischen Befestigungselementen und Schleifprodukten, zu verwenden. Wenngleich sich die folgende Beschreibung auf das Gebiet der Retroreflexion konzentriert, wird augenscheinlich sein, dass die offenbarten Verfahren und Gegenstände ebenso gut auf andere Gebiete angewandt werden können, die sich mikroreplizierter strukturierter Oberflächen bedienen.

**[0004]** Retroreflektierende Würfeckenfolien weisen für gewöhnlich eine dünne transparente Schicht auf, die eine im Wesentlichen ebene vordere Oberfläche und eine hintere strukturierte Oberfläche aufweist, welche mehrere geometrische Strukturen aufweist, von denen einige oder alle drei reflektierende Flächen aufweisen, die als Würfeckenelement konfiguriert sind.

**[0005]** Retroreflektierende Würfeckenfolien werden gemeinhin hergestellt, indem zunächst eine Mutterform angefertigt wird, welche eine strukturierte Oberfläche aufweist, wobei diese strukturierte Oberfläche entweder der gewünschten Würfeckenelementgeometrie in der fertigen Folie oder einer negativen (umgekehrten) Kopie davon entspricht, je nachdem, ob die fertige Folie Würfeckenpyramiden oder Würfeckenkavitäten (oder beides) aufweisen soll. Die Form wird dann durch Verwendung einer geeigneten Methode, beispielsweise herkömmlicher galvanischer Vernickelung, nachgebildet, um durch Verfahren wie beispielsweise Prägen, Extrudieren oder Gießen und Aushärten Werkzeuge zum Formen von retroreflektierenden Würfeckenfolien herzustellen. Das US-Patent Nr. 5,156,863 (Pricone et al.) bietet eine veranschaulichende Übersicht über ein Verfahren zum Formen von Werkzeugen, die bei der Herstellung von retroreflektierenden Würfeckenfolien verwendet werden. Zu bekannten Verfahren zum Herstellen der Mutterform zählen Stiftbündelungsmethoden, Laminatmethoden und Direktbearbeitungsmethoden. Jede dieser Methoden weist ihre eigenen Vorzüge und Einschränkungen auf.

**[0006]** Bei Stiftbündelungsmethoden werden mehrere Stifte, die jeweils eine geometrische Gestalt, beispielsweise ein Würfeckenelement, an einem Ende aufweisen, zusammengesetzt, um eine Mutterform zu bilden. US-Patent Nr. 1,591,572 (Stimson) und 3,926,402 (Heenan) stellen veranschaulichende Beispiele bereit. Die Stiftbündelung eröffnet die Möglichkeit, eine breite Vielfalt von Würfeckengeometrien in einer einzigen Form herzustellen, da jeder Stift einzeln bearbeitet wird. Allerdings sind derartige Methoden zum Herstellen kleiner Würfeckenelemente (z.B. jene, die eine Würfelhöhe kleiner als etwa 1 Millimeter aufweisen) auf Grund der großen Anzahl von Stiften und deren abnehmender Größe, welche exakt bearbeitet und dann in einem Bündel angeordnet werden müssen, um die Form zu bilden, unpraktisch.

**[0007]** Bei Laminatmethoden werden mehrere plattenartige Strukturen, die als Schichten bekannt sind, wobei jede Schicht an einem Ende ausgebildete geometrische Gebilde aufweist, zusammengesetzt, um eine Mutterform zu bilden. Laminatmethoden sind im Allgemeinen weniger arbeitsintensiv als Stiftbündelungsmethoden, da die Anzahl von Teilen, die getrennt zu bearbeiten sind, für eine Form und ein Würfeckenelement von einer bestimmten Größe erheblich geringer ist. Allerdings ist die Flexibilität in der Ausgestaltung relativ zu der mittels Stiftbündelung erreichbaren geringer. Veranschaulichende Beispiele für Laminatmethoden sind im US-Patent Nr. 4,095,773 (Lindner), in der Internationalen Patentschrift Nr. WO 97/04939 (Mimura et al.) und in der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/886,074, „Cube Corner Sheeting Mold and Method of Making the Same“, eingereicht am 2. Juli 1997, zu finden.

**[0008]** Bei Direktbearbeitungsmethoden werden mehrere gerillte Seitenflächen in der Ebene eines ebenen Substrats geformt, um eine Mutterform zu bilden. Bei einer bestens bekannten Ausführungsform kreuzen einander drei Sätze von parallelen Rillen in eingeschlossenen Winkeln von 60 Grad, um eine Anordnung von Würfeckenelementen zu bilden, die jeweils ein gleichseitiges Basisdreieck aufweisen (siehe US-Patent Nr. 3,712,706 (Stamm)). Bei einer anderen Ausführungsform kreuzen einander zwei Sätze von Rillen in einem Winkel, der größer als 60 Grad ist, und ein dritter Satz von Rillen kreuzt jeden der anderen beiden Sätze in einem Winkel, der kleiner als 60 Grad ist, um eine Anordnung von schrägen zusammenpassenden Würfeckenelement-Paaren zu bilden (siehe US-Patent Nr. 4,588,258 (Hoopman)). Direkte Bearbeitungsmethoden eröffnen die Möglichkeit, überaus kleine Würfeckenelemente auf eine Weise exakt zu bearbeiten, die durch Verwendung von Stiftbündelungs- oder Laminatmethoden schwieriger zu bewerkstelligen ist, da letztere Methoden auf Bestandteilen aufbauen, welche sich relativ zueinander bewegen oder verschieben können und welche

sich voneinander trennen können, ob nun während der Anfertigung der Form oder zu anderen Zeitpunkten. Ferner erzeugen Direktbearbeitungsmethoden großflächige strukturierte Oberflächen, die im Allgemeinen eine größere Gleichmäßigkeit und Genauigkeit als jene aufweisen, welche mittels Stiftbündelungs- oder Laminatmethoden hergestellt werden, da bei der Direktbearbeitung eine große Anzahl einzelner Flächen typischerweise in einer kontinuierlichen Bewegung des Zerspanungswerkzeugs geformt wird und diese einzelnen Flächen deren Ausrichtung während des gesamten Formherstellungsvorgangs beibehalten.

**[0009]** Allerdings ist ein erheblicher Nachteil von Direktbearbeitungsmethoden die reduzierte Konstruktionsflexibilität der Typen von Würfeckengeometrie, welche hergestellt werden können. Beispielsweise beträgt die maximale theoretische Gesamtlichtrückgabe der Würfeckenelemente, die in dem oben genannten Stamm-Patent dargestellt sind, etwa 67%. Seit der Erteilung jenes Patents wurden Strukturen und Methoden offenbart, welche die Vielfalt von Würfeckenkonstruktionen, die dem Konstrukteur zur Verfügung stehen, der sich Direktbearbeitung bedient, erheblich erweitern. Siehe beispielsweise US-Patent Nr. 4,775,219 (Appledorn et al.), 4,895,428 (Nelson et al.), 5,600,484 (Benson et al.), 5,696,627 (Benson et al.) und 5,734,501 (Smith). Einige der Würfeckenkonstruktionen, die in diesen späteren Entgegenhaltungen offenbart werden, können bei einer bestimmten Betrachtungs- und Eintrittsgeometrie effektive Aperturwerte aufweisen, die deutlich über 67% liegen.

**[0010]** WO95/11471 offenbart einen Würfeckengegenstand und eine Methode zum Herstellen dieses Gegenstandes. Der Gegenstand weist ein Substrat auf, das eine strukturierte Oberfläche aufweist, welche nachgebildete und bearbeitete Abschnitte aufweisen kann. Die bearbeiteten Abschnitte und die nachgebildeten Abschnitte sind voneinander getrennt.

**[0011]** Allerdings ist eine gesamte Klasse von Würfeckenelementen, die in diesem Dokument als Würfeckenelemente mit „bevorzugter Geometrie“ oder „PG-Würfeckenelemente“ bezeichnet werden, bislang außerhalb der Reichweite der bekannten Direktbearbeitungsmethoden geblieben. Ein Substrat, welches einen Typ von PG-Würfeckenelement einbindet, wird in der Draufsicht aus [Fig. 1](#) dargestellt. Die dort dargestellten Würfeckenelemente weisen jeweils drei quadratische Flächen und von oben gesehen einen sechseckigen Umriss auf. Eines der PG-Würfeckenelemente ist zu Gunsten einfacherer Erkennung mittels einer fetten Umrisslinie hervorgehoben. Das hervorgehobene Würfeckenelement ist als PG-Würfeckenelement zu erkennen, da es eine nicht von zwei Flächen begrenzte Kante (eine belie-

bige der sechs Kanten, die fett hervorgehoben wurden) aufweist, die relativ zu der Ebene der strukturierten Oberfläche geneigt ist, und eine derartige Kante verläuft parallel zu benachbarten nicht von zwei Flächen begrenzten Kanten benachbarter Würfeckenelemente (jede derartige fett hervorgehobene Kante ist nicht nur parallel zu nicht von zwei Flächen begrenzten Kanten ihrer sechs benachbarten Würfeckenelemente, sondern auch an diese angrenzend).

**[0012]** In diesem Dokument werden Verfahren zum Herstellen von geometrischen Strukturen, beispielsweise von PG-Würfeckenelementen, offenbart, die sich Direktbearbeitungsmethoden bedienen. Ebenfalls offenbart werden Formen, um Gegenstände gemäß diesen Verfahren herzustellen, wobei diese Gegenstände dadurch gekennzeichnet sind, dass sie mindestens eine speziell konfigurierte zusammengesetzte Fläche aufweisen.

#### KURZDARSTELLUNG

**[0013]** Gegenstände mit einer strukturierten Oberfläche, beispielsweise Formen oder Folien, werden auf einem zusammengesetzten Substrat geformt, das ein bearbeitetes Substrat und ein nachgebildetes Substrat aufweist. Bei einer Ausführungsform ist die strukturierte Oberfläche ein Würfeckenelement an einem zusammengesetzten Substrat. Bei einer anderen Ausführungsform weist die strukturierte Oberfläche eine geometrische Struktur auf, die mehrere Flächen aufweist, wobei eine Fläche an dem bearbeiteten Substrat und eine weitere Fläche an dem nachgebildeten Substrat angeordnet ist. Die geometrische Struktur kann wahlweise ein Würfeckenelement oder ein PG-Würfeckenelement sein.

**[0014]** Bei noch einer anderen Ausführungsform weisen mindestens einige der Flächen eine zusammengesetzte Fläche auf, wobei ein Abschnitt an dem bearbeiteten Substrat ausgebildet ist und ein Abschnitt an dem im Wesentlichen nachgebildeten Substrat ausgebildet ist. Eine Übergangslinie kann den Abschnitt einer zusammengesetzten Fläche, die an dem bearbeiteten Substrat angeordnet ist, von dem Abschnitt, der an dem nachgebildeten Substrat angeordnet ist, trennen. Der Abschnitt der zusammengesetzten Fläche an dem bearbeiteten Substrat und der Abschnitt an dem nachgebildeten Substrat weisen typischerweise Winkelausrichtungen auf, welche sich um weniger als 10 Bogengrad unterscheiden.

**[0015]** Eine andere Ausführungsform betrifft eine geometrische Struktur, die mehrere Flächen aufweist, welche an einem zusammengesetzten Substrat angeordnet sind. Das zusammengesetzte Substrat weist ein bearbeitetes Substrat, das eine strukturierte Oberfläche aufweist, und ein im Wesentlichen nachgebildetes Substrat, das lediglich entlang eines Abschnitts einer Grenzfläche mit dem bearbeiteten

Substrat verbunden ist, auf.

**[0016]** Bei einer anderen Ausführungsform weist das zusammengesetzte Substrat ein im Wesentlichen nachgebildetes Substrat, das eine strukturierte Oberfläche aufweist, und ein diskontinuierliches bearbeitetes Substrat, das nur einen Abschnitt der strukturierten Oberfläche bedeckt, auf. Das zusammengesetzte Substrat weist auch mindestens eine geometrische Struktur auf, die mindestens eine Fläche, welche an der strukturierten Oberfläche angeordnet ist, und mindestens eine weitere Fläche, die an dem bearbeiteten Substrat angeordnet ist, aufweist.

**[0017]** Eine andere Ausführungsform betrifft ein zusammengesetztes Substrat, welches ein im Wesentlichen nachgebildetes Substrat und ein bearbeitetes Substrat aufweist. Das nachgebildete Substrat weist eine strukturierte Oberfläche auf, und das bearbeitete Substrat ist in getrennten Stücken an der strukturierten Oberfläche angeordnet.

**[0018]** Eine andere Ausführungsform betrifft eine zusammengesetzte Form, die eine strukturierte Oberfläche aufweist, welche Kavitäten, die in einem nachgebildeten Substrat ausgebildet sind, und mehrere Pyramiden, die an die Kavitäten angrenzen, aufweist, welche mindestens zum Teil in einem bearbeiteten Substrat des zusammengesetzten Substrats herausgearbeitet sind.

**[0019]** Würfeckenelemente und strukturierte Oberflächen, die eine Anordnung von derartigen Elementen aufweisen, werden offenbart, wobei mindestens eine Fläche des Würfeckenelements an einer nicht von zwei Flächen begrenzten Kante eines derartigen Elements endet, wobei die Fläche zwei konstituierende Flächen aufweist, die an entgegengesetzten Seiten einer Übergangslinie angeordnet sind, welche nicht parallel zu der nicht von zwei Flächen begrenzten Kante verläuft. Das Würfeckenelement kann ein PG-Würfeckenelement aufweisen, wobei einige oder alle dieser Elemente zwei konstituierende Flächen aufweisen, die an entgegengesetzten Seiten einer Übergangslinie angeordnet sind, welche nicht parallel zu der entsprechenden nicht von zwei Flächen begrenzten Kante verläuft, und die Übergangslinie weist eine Grenzfläche zwischen zwei benachbarten Schichten eines zusammengesetzten Substrats auf. In einer Anordnung aus benachbarten Würfeckenelementen kann jedes Würfeckenelement in der Anordnung mindestens eine Fläche aufweisen, die wie oben beschrieben konfiguriert ist. Ferner können die Würfeckenelemente dank der verwendeten Direktbearbeitungsmethoden sehr klein gemacht werden (deutlich unter einer Würfelhöhe von 1 mm).

**[0020]** Ebenfalls offenbart wird ein Verfahren zum Herstellen eines Gegenstandes mit einer strukturier-

ten Oberfläche, welcher eine geometrische Struktur aufweist, die mehrere Flächen aufweist. Das Verfahren weist die Schritte des Formens einer Anordnung aus geometrischen Strukturen in einer ersten Oberfläche eines bearbeiteten Substrats; des Passivierens von ausgewählten Orten der ersten Oberfläche des bearbeiteten Substrats; des Formens eines nachgebildeten Substrats des bearbeiteten Substrats, um ein zusammengesetztes Substrat zu bilden; des Formens einer Anordnung aus zweiten geometrischen Strukturen an einer zweiten Oberfläche, die der ersten Oberfläche entgegengesetzt ist, an dem bearbeiteten Substrat; und des Entfernens von ausgewählten Abschnitten von der zweiten Oberfläche des bearbeiteten Substrats, um eine Anordnung aus benachbarten Würfeckenelementen zu bilden, auf. Die Würfeckenelemente können PG-Würfeckenelemente sein.

**[0021]** Bei einer anderen Ausführungsform weist das Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes mit einer strukturierten Oberfläche die Schritte des Formens einer Anordnung aus geometrischen Strukturen in einer ersten Oberfläche eines bearbeiteten Substrats; des Passivierens von ausgewählten Orten der ersten Oberfläche des bearbeiteten Substrats; des Formens eines nachgebildeten Substrats des bearbeiteten Substrats, um ein zusammengesetztes Substrat zu bilden; des Formens einer Anordnung aus zweiten geometrischen Strukturen an einer zweiten Oberfläche, die der ersten Oberfläche entgegengesetzt ist, an dem bearbeiteten Substrat; und des Entfernens von ausgewählten Abschnitten von der zweiten Oberfläche des bearbeiteten Substrats, um eine geometrische Struktur zu bilden, die mehrere Flächen aufweist, wobei mindestens eine der Flächen an den bearbeiteten Substrat angeordnet ist und mindestens eine der Flächen an dem nachgebildeten Substrat angeordnet ist, auf.

**[0022]** Bei einer anderen Ausführungsform weist das Verfahren zum Herstellen einer geometrischen Struktur in einem Gegenstand das Bereitstellen eines zusammengesetzten Substrats, welches eine strukturierte Oberfläche aufweist, die entlang einer inneren Grenzfläche zwischen zwei Substraten ausgebildet ist; und das Formen von gerillten Seitenflächen in einer freiliegenden Oberfläche des zusammengesetzten Substrats, um eine geometrische Struktur zu bilden, wobei die geometrische Struktur einen Abschnitt der inneren Grenzfläche und einen Abschnitt der gerillten Seitenflächen aufweist, auf.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0023]** [Fig. 1](#) ist eine Draufsicht auf eine strukturierte Oberfläche, die einen Typ von PG-Würfeckenelementanordnung, welcher im Stand der Technik bekannt ist, aufweist.

[0024] [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Baugruppe, die ein bearbeitetes Substrat aufweist.

[0025] [Fig. 3](#) ist eine Schnittansicht des Substrats aus [Fig. 2](#).

[0026] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht des Substrats aus [Fig. 2](#) nach einem ersten Bearbeitungsvorgang.

[0027] [Fig. 5](#) ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Abschnitts des in [Fig. 4](#) dargestellten bearbeiteten Substrats.

[0028] [Fig. 6](#) ist eine Schnittansicht einer Baugruppe, die ein zusammengesetztes Substrat aufweist.

[0029] [Fig. 6a](#) ist eine vergrößerte Schnittansicht des zusammengesetzten Substrats aus [Fig. 6](#).

[0030] [Fig. 7](#) ist eine perspektivische Ansicht der Baugruppe aus [Fig. 6](#), wobei eine der Bearbeitungsgrundflächen entfernt wurde.

[0031] [Fig. 8](#) ist eine perspektivische Ansicht der Baugruppe aus [Fig. 7](#), wobei ein Abschnitt eines Rohteils, welches das bearbeitete Substrat umgibt, entfernt wurde.

[0032] [Fig. 9](#) ist eine Querschnittansicht der Bearbeitung des zusammengesetzten Substrats aus [Fig. 7](#).

[0033] [Fig. 10](#) ist eine perspektivische Ansicht des zusammengesetzten Substrats aus [Fig. 8](#) nach dem zweiten Bearbeitungsvorgang.

[0034] [Fig. 11](#) ist eine Draufsicht auf [Fig. 10](#).

[0035] [Fig. 12–Fig. 14](#) sind Draufsichten auf strukturierte Oberflächen mit schrägen PG-Würfeckenelementen, wobei diese Oberflächen durch Verwendung der Verfahren, die in Verbindung mit [Fig. 2–Fig. 11](#) besprochen werden, hergestellt werden können.

[0036] [Fig. 15](#) ist eine Draufsicht auf ein anderes bearbeitetes Substrat gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0037] [Fig. 16](#) ist eine Schnittansicht des Substrats aus [Fig. 15](#).

[0038] [Fig. 17](#) ist eine Schnittansicht des Substrats aus [Fig. 15](#) mit einer passivierten Oberfläche.

[0039] [Fig. 18](#) ist eine Draufsicht auf das Substrat aus [Fig. 17](#), wobei Abschnitte der passivierten Oberfläche entfernt wurden.

[0040] [Fig. 19](#) ist eine Schnittansicht des Substrats aus [Fig. 18](#).

[0041] [Fig. 20](#) ist eine Schnittansicht einer Baugruppe, die ein zusammengesetztes Substrat aufweist.

[0042] [Fig. 21](#) ist eine Draufsicht auf die Bearbeitung des zusammengesetzten Substrats aus [Fig. 20](#).

[0043] [Fig. 22](#) ist eine Schnittansicht des Substrats aus [Fig. 21](#).

[0044] [Fig. 23](#) ist eine Draufsicht auf das zusammengesetzte Substrat aus [Fig. 21](#) nach dem zweiten Bearbeitungsvorgang.

[0045] In den Zeichnungen wird aus Gründen der Zweckmäßigkeit dasselbe Bezugszeichen verwendet, um Elemente zu bezeichnen, welche identisch sind oder dieselbe oder eine gleichartige Funktion ausführen.

Ausführliche Beschreibung der veranschaulichenden Ausführungsformen

[0046] [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) stellen eine Baugruppe 20 dar, die zum Herstellen einer strukturierten Oberfläche (siehe [Fig. 9–Fig. 10](#)) gemäß der vorliegenden Erfindung von Nutzen ist. Die Baugruppe 20 weist ein Rohteil 22 auf, das durch eine erste Verbindungsschicht 26 mit einer ersten Bearbeitungsgrundfläche 24 verbunden ist. Bei der dargestellten Ausführungsform ist das Rohteil 22 eine kontinuierliche Struktur, welche ein Deck 27 und eine Reihe von Bezugskissen 30a, 30b, 30c, 30d, 30e, 30f (die gemeinsam mit 30 bezeichnet werden) aufweist, welche sich von der Oberfläche 32 nach oben wegerstrecken. Bei einer Ausführungsform weist das Deck 27 eine Höhe 34 auf, die im Allgemeinen gleich einer Höhe 36 der Bezugskissen 30 ist. Die Anzahl von Bezugskissen 30 kann je nach Anwendung unterschiedlich sein. Bei einer anderen Ausführungsform können das Deck 27 und die Bezugskissen 30 getrennte Elemente sein, die mit der ersten Bearbeitungsgrundfläche 24 verbunden sind, und nicht das in [Fig. 2](#) dargestellte kontinuierliche Rohteil 22.

[0047] Das Rohteil 22 setzt sich aus einem Material zusammen, welches geritzt, geschnitten oder auf andere Weise ohne erhebliche Verformung nach der Bearbeitung und ohne erhebliche Gratbildung bearbeitet werden kann. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die bearbeiteten Flächen, oder die Nachbildungen davon in anderen Substraten, als wirksame optische Reflektoren dienen können. Das Rohteil 22 kann aus verschiedenen Materialien, beispielsweise aus Kupfer, Nickel, Aluminium, Acryl oder anderen Polymermaterialien, gebildet sein. Eine weitere Beschreibung geeigneter Substratmaterialien folgt un-



ten. Bei einer Ausführungsform ist das Rohteil **22** ein dünnes Blechmaterial, welches etwa 0,030 Inch dick ist.

**[0048]** Das Rohteil **22** ist mittels einer geeigneten Verbindungsschicht **26**, beispielsweise mittels Epoxidharz-, Wachs-, Thermoform- oder Warmhärte-Klebstoffen und dergleichen, mit einer ersten Bearbeitungsgrundfläche **24** verbunden. Bei der dargestellten Ausführungsform ist die erste Bearbeitungsgrundfläche **24** eine etwa 2,54 Zentimeter (1,0 Inch) dicke Metallplatte. Die erste Bearbeitungsgrundfläche **24** trägt das relativ dünne Rohteil **22** und sieht Bezugsoberflächen **38** für nachfolgende Bearbeitungsvorgänge vor. Wenngleich die kreisförmige Gestalt der Baugruppe **20** für nachfolgende Elektroplattierungsvorgänge zweckmäßig ist, ist die kreisförmige Gestalt nicht erforderlich.

**[0049]** [Fig. 4](#) stellt den Bearbeitungsvorgang dar, um ein bearbeitetes Substrat **28** im Deckabschnitt **27** des Rohteils **22** zu formen. Zerspanungswerkzeuge **40a**, **40b**, **40c** (die gemeinsam mit **40** bezeichnet werden) bewegen sich das Deck **27** (siehe [Fig. 2](#)) entlang, um eine strukturierte Oberfläche **50** aus bearbeitetem Substrat **28** zu formen, ob nun durch Bewegung der Zerspanungswerkzeuge oder des Substrats oder von beiden, um Rillenseitenflächen (siehe [Fig. 5](#)) zu formen. Das Zerspanungswerkzeug **40a** formt Bezugsrillen **44c**, **44f** in entsprechenden Bezugskissen **30c**, **30f**, das Zerspanungswerkzeug **40b** formt Bezugsrillen **44a**, **44d** in entsprechenden Bezugskissen **30a**, **30d** und das Zerspanungswerkzeug **40c** formt Bezugsrillen **44b**, **44e** in entsprechenden Bezugskissen **30b**, **30e**. Eine kreisförmige Bezugsrille **46a**, **46b**, **46c**, **46d**, **46e**, **46f**, die konzentrisch zu dem Mittelpunkt des bearbeiteten Substrats **28** verläuft, wird wahlweise in jedem der entsprechenden Bezugskissen **30** geformt. Bezugsmarken **43** können wahlweise an der Kante des modifizierten Rohteils **22'** geformt sein, um das Positionieren des zusammengesetzten Substrats **82** zu unterstützen, um die in [Fig. 7](#) dargestellten spanabhebenden Vorgänge auszuführen.

**[0050]** Jedes Werkzeug **40** ist als sogenanntes „Halbwinkel“-Werkzeug dargestellt, welches, während es durch das Material voranbewegt wird, gerillte Seitenflächen erzeugt, und nicht ein Paar gegenüberliegender Rillenseitenflächen, wenngleich dies nicht notwendig ist. Bei der dargestellten Ausführungsform ist eine der gerillten Seitenflächen im Wesentlichen vertikal (siehe [Fig. 5](#)). Gemäß Direktbearbeitungsvorgängen bewegen sich Zerspanungswerkzeuge **40** Achsen **42a**, **42b**, **42c** entlang, die im Wesentlichen parallel zu der x-y-Bezugsebene, welche durch die Bezugsoberfläche **38** definiert wird, verlaufen, wodurch sichergestellt wird, dass sich die entsprechenden Rillenseitenflächen ebenfalls Achsen entlangerstrecken, die im Wesentlichen parallel zu

der Bezugsebene verlaufen. Bei der dargestellten Ausführungsform kreuzt jede der Achsen **42a**, **42b**, **42c** zwei der Bezugskissen **30**. Vorzugsweise werden die Achsen **42a**, **42b**, **42c** sorgfältig positioniert und die Werkzeugausrichtung sorgfältig gewählt, so dass die Rillenseitenflächen eine im Allgemeinen einheitliche Tiefe aufweisen.

**[0051]** Es sollte festgehalten werden, dass, wenngleich in [Fig. 4](#) drei Zerspanungswerkzeuge dargestellt sind, ein einziges Zerspanungswerkzeug verwendet werden könnte. Das Zerspanungswerkzeug kann aus Diamant oder einem anderen geeignet harten Material hergestellt sein. Die bearbeiteten Flächen können durch eine beliebige aus einer Anzahl bekannter Materialabtragmethoden geformt werden, beispielsweise durch: Fräsen, wobei ein Drehzerspanungswerkzeug, das sich um seine eigene Achse dreht, geneigt wird und die Oberfläche des Substrats entlang gezogen wird; „Fly-Cutting“, wobei ein Zerspanungswerkzeug, beispielsweise ein Diamant, am Umfang eines sich rasch drehenden Rades oder einer ähnlichen Konstruktion angebracht wird, welches dann die Oberfläche des Substrats entlang gezogen wird; „Ruling“, wobei ein nichtumlaufendes Zerspanungswerkzeug, beispielsweise ein Diamant, die Oberfläche des Substrats entlang gezogen wird; und Schleifen, wobei ein umlaufendes Rad mit einer Zerspanungsspitze oder -kante die Oberfläche des Substrats entlang gezogen wird. Von diesen sind die bevorzugten Verfahren Fly-Cutting und Ruling. Es ist während des Bearbeitungsvorgangs nicht entscheidend, ob das Zerspanungswerkzeug, das Substrat oder beide relativ zur Umgebung verschoben werden. Vollwinkelzerspanungswerkzeugen wird, so sie möglich sind, gegenüber Halbwinkelwerkzeugen der Vorzug gegeben, da erstere weniger bruchanfällig sind und höhere Bearbeitungsgeschwindigkeiten ermöglichen. Schließlich können Zerspanungswerkzeuge, die einen gekrümmten Abschnitt oder gekrümmte Abschnitte aufweisen, bei den offenbarten Ausführungsformen verwendet werden, um nichtflache (gekrümmte) Oberflächen oder Flächen vorzusehen, um gewünschte optische oder mechanische Effekte zu erzielen.

**[0052]** [Fig. 5](#) zeigt einen vergrößerten Schnitt der strukturierten Oberfläche **50**, die in das bearbeitete Substrat **28**, das in [Fig. 4](#) dargestellt ist, eingearbeitet ist. Die strukturierte Oberfläche **50** weist Flächen **54** auf, die in Gruppen zu je drei angeordnet sind, welche Würfeckenpyramiden **56** bilden. Zwischen Würfeckenpyramiden **56** an der strukturierten Oberfläche **50** eingestreut sind Vorsprünge **58**. Die Vorsprünge **58**, welche dargestellt sind, weisen jeweils drei wechselseitig senkrechte Seitenflächen **60**, drei im Allgemeinen vertikale Oberflächen **61** und eine obere Oberfläche **62** auf. Je nach dem Verfahren, welches verwendet wird, um die strukturierte Oberfläche **50** herzustellen, können die im Allgemei-

nen vertikalen Oberflächen **61** der Vorsprünge **58** in einem größeren oder kleineren Maß von der Vertikalen weg geneigt sein. Bei der dargestellten Ausführungsform bedecken die Würfeckenpyramiden **56** etwa 50% des bearbeiteten Substrats, und die Vorsprünge **58** bedecken die anderen 50% des Substrats.

**[0053]** Die strukturierte Oberfläche **50** wird dann gereinigt und passiviert. Der Passivierungsschritt weist das Auftragen einer Trennschicht oder das Modifizieren der Oberfläche **50**, um das Trennen eines nachfolgenden nachgebildeten Substrats **70** (siehe [Fig. 6](#)) zu gestatten, auf. Bei einer Ausführungsform, bei welcher das Rohteil **22** aus Metall, beispielsweise aus Kupfer, hergestellt ist, kann die strukturierte Oberfläche **50** mit Kaliumdichromat oder anderen passiven Lösungen passiviert werden. Bei einer Ausführungsform, bei welcher das Rohteil **22** aus Acryl oder einem anderen Polymermaterial hergestellt ist, kann aufgedampft oder chemisch abgeschiedenes Silber verwendet werden, um die Trennschicht herzustellen. Der Passivierungsschritt kann in Abhängigkeit von dem für das bearbeitete Substrat **28** und das nachgebildete Substrat **70** verwendeten Material modifiziert werden.

**[0054]** Um die selektive Anhaftung des nachgebildeten Substrats **70** an der strukturierten Oberfläche **50** zu ermöglichen, werden die oberen Oberflächen **62** der Vorsprünge **58** behandelt. Bei einer Ausführungsform werden die oberen Oberflächen **62** abgeschliffen. Das Abschleifen der oberen Oberflächen **62** kann durch Verwendung eines Planarisierungsprozesses, durch Fly-Cutting oder durch eine Vielfalt anderer Prozesse bewerkstelligt werden.

**[0055]** [Fig. 6](#) und [Fig. 6a](#) stellen eine Baugruppe **81** dar, welche sich nach dem Formen eines nachgebildeten Substrats **70** über dem bearbeiteten Substrat **28** und den Bezugskissen **30** ergibt. Das nachgebildete Substrat **70** kann durch Elektroplattieren, Gießen eines Füllmaterials und eine Vielfalt anderer Methoden geformt werden. Die Dicke des nachgebildeten Substrats **70** ist eine Frage der Wahl der Bauform. Bei der dargestellten Ausführungsform weist das nachgebildete Substrat **70** eine Dicke von etwa dem Zweifachen der Höhe der gewünschten Würfeckenelemente auf.

**[0056]** Wie in [Fig. 6a](#) am besten dargestellt ist, haftet das nachgebildete Substrat **70** auf Grund der vorangehenden Schritte der Passivierung und des Abschleifens an der strukturierten Oberfläche **50** entlang der oberen Oberfläche **62** der Vorsprünge **58**, jedoch nicht entlang den passivierten Oberflächen der Pyramiden **56** und den Seitenflächen **60**, **61** der Vorsprünge **58** an. Abschnitte des nachgebildeten Substrats **70** ragen in das bearbeitete Substrat **28** hinein, um ein zusammengesetztes Substrat **82** (siehe auch

[Fig. 9](#)) zu bilden. Eine zweite Bearbeitungsgrundfläche **74** ist mittels einer geeigneten Verbindungsschicht **78** mit der rückwärtigen Oberfläche **76** des nachgebildeten Substrats **70** verbunden. Wie die erste Bearbeitungsgrundfläche **24** weist die zweite Bearbeitungsgrundfläche **74** Bezugsoberflächen **80** auf, um nachfolgende Bearbeitungsschritte zu unterstützen. Die erste Bearbeitungsgrundfläche **24** und die Verbindungsschicht **26** werden nicht mehr für den Prozess benötigt und von der Baugruppe **20** entfernt.

**[0057]** [Fig. 7](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Baugruppe **81**, welche das modifizierte Rohteil **22'** (bearbeitetes Substrat **28** und Bezugskissen **30**) aufweist, der selektiv mit dem nachgebildeten Substrat **70** verbunden ist. Das nachgebildete Substrat **70** ist durch die Verbindungsschicht **78** mit der zweiten Bearbeitungsgrundfläche **74** verbunden. Bei der dargestellten Ausführungsform ist die rückwärtige Oberfläche **71** des modifizierten Rohteils **22'** im Wesentlichen flach. Das zusammengesetzte Substrat **82** und die Bezugskissen **30**, die in die Baugruppe **81** eingebettet sind, sind lediglich für Zwecke der Veranschaulichung gestrichelt dargestellt.

**[0058]** Eine Folge von vier Schnitten wird rund um den Umfang P1, P2, P3, P4 des zusammengesetzten Substrats **82** durchgeführt, was gestattet, die Abschnitte des modifizierten Rohteils **22'**, welche das bearbeitete Substrat **28** umgeben, von der Baugruppe **81** zu entfernen. Bezugsmarken **43** können wahlweise verwendet werden, um das zusammengesetzte Substrat **82** zu lokalisieren. Die Passivierungsschicht erleichtert das Entfernen dieses Abfallmaterials. Bei einer Ausführungsform, bei welcher das Rohteil **22** und das nachgebildete Substrat **70** aus Metall hergestellt sind, ist der Abschnitt des Rohteils **22**, der das bearbeitete Substrat **28** umgibt, eine dünne Schicht, welche von dem nachgebildeten Substrat **70** abgeschält werden kann.

**[0059]** [Fig. 8](#) ist eine perspektivische Ansicht einer modifizierten Baugruppe **83**, wobei die Abschnitte des Rohteils **22**, welche das zusammengesetzte Substrat **82** umgeben, entfernt wurden. Die Oberfläche **85** ist von dem nachgebildeten Substrat **70**. Die Oberfläche **90**, welche sich oberhalb der Oberfläche **85** erstreckt, ist die rückwärtige Oberfläche des bearbeiteten Substrats **28**. Bezugskissen-Nachbildungen **84a**, **84b**, **84c**, **84d**, **84e**, **84f** (gemeinsam mit **84** bezeichnet) der Bezugskissen **30** definieren Kavitäten in der Oberfläche **85**. Die Bezugskissen-Nachbildungen **84a**, **84d** weisen entsprechende parallele Rücken **86a**, **86d** auf, die Nachbildungen **84b**, **84e** weisen entsprechende parallele Rücken **86b**, **86e** auf, und die Nachbildungen **84c**, **84f** weisen entsprechende parallele Rücken **86c**, **86f** (gemeinsam mit **86** bezeichnet) auf. Jede der Bezugskissen-Nachbildungen **84** weist jeweils einen Rücken **88a**, **88b**, **88c**, **88d**, **88e**, **88f** (gemeinsam mit **88** bezeichnet) auf,

der einen Kreis definiert, welcher konzentrisch zum Mittelpunkt des zusammengesetzten Substrats **82** verläuft. Bei der dargestellten Ausführungsform sind die oberen Enden der Rücken **86**, **88** im Allgemeinen koplanar mit der Oberfläche **85**.

[0060] [Fig. 9](#) ist eine schematische Darstellung des Bearbeitungsschritts, der an der rückwärtigen Oberfläche **90** des bearbeiteten Substrats **28** durchgeführt wird. Bei der dargestellten Ausführungsform weist das zusammengesetzte Substrat **82** das bearbeitete Substrat **28** und das nichtgetrennte nachgebildete Substrat **70** auf. Die Grenzfläche **92** zwischen der strukturierten Oberfläche **50** und dem nachgebildeten Substrat **70** ist durch die gestrichelte Linie gekennzeichnet. Die Verbindung an der Grenzfläche **92** ist jedoch auf die abgeschliffenen oberen Oberflächen **62** der Vorsprünge **58** beschränkt. Die Passivierungsschicht verhindert oder minimiert die Anhaftung entlang dem Rest der Grenzfläche **92**, beispielsweise entlang den Pyramiden **56** oder den Seitenflächen **60**, **61** der Vorsprünge **58**.

[0061] Der in [Fig. 4](#) dargestellte Bearbeitungsschritt wird dann an der rückwärtigen Oberfläche **90** des bearbeiteten Substrats **28** unter Verwendung der Rücken **86**, **88** als Bezugspunkte, um das Werkzeug **101** zu führen, durchgeführt. Das Werkzeug **101** kann ein Halbwinkelwerkzeug sein oder auch nicht. Bei einer Ausführungsform, bei welcher das bearbeitete Substrat **28** und/oder das nachgebildete Substrat **70** aus einem transparenten oder halbdurchsichtigen Material hergestellt sind oder bei welcher die Grenzfläche zwischen dem bearbeiteten Substrat **28** und dem nachgebildeten Substrat **70** entlang dem Umfang P1, P2, P3, P4 des zusammengesetzten Substrats **82** gesehen werden kann, sind die Bezugskissen-Nachbildungen **84** eventuell nicht erforderlich. Das heißt, dass die Ausrichtung der Werkzeuge **42a**, **42b**, **42c** ohne Zuhilfenahme der Bezugskissen-Nachbildungen **84** bewerkstelligt werden kann. Falls das bearbeitete Substrat **28** aus einem undurchsichtigen Material wie Metall hergestellt ist, bieten die Bezugskissen-Nachbildungen **84** (und insbesondere die Rücken **86**) exakte Bezugspunkte, so dass der in [Fig. 9](#) dargestellte Bearbeitungsschritt durchgeführt werden kann.

[0062] Nachdem entlang jeder der drei Achsen **42a**, **42b**, **42c** Schnitte durchgeführt wurden, fallen Abfallabschnitte **94** des bearbeiteten Substrats **28** weg oder werden entfernt, was eine Würfeckenkavität **118** in dem nachgebildeten Substrat **70** zurücklässt. Bei einigen Ausführungsformen kann das Werkzeug **101** in das nachgebildete Substrat **70** schneiden, derart, dass das nachgebildete Substrat einen nachgebildeten oder geformten Abschnitt und einen bearbeiteten Abschnitt aufweisen kann. Die distalen Enden oder oberen Oberflächen **62** der getrennten Stücke oder Vorsprünge **58** von dem bearbeiteten Substrat

**28** werden mit dem nachgebildeten Substrat **70** verbunden. Untere oder proximale Abschnitte der Vorsprünge **58** werden derart bearbeitet, dass sie Würfeckenpyramiden **120a** bilden. Die Vorsprünge **58** an dem bearbeiteten Substrat **28** bleiben in das nachgebildete Substrat **70** eingebettet. Sobald jeder der Abfallabschnitte **94** des bearbeiteten Substrats **28** von dem nachgebildeten Substrat **70** entfernt wurden, bilden die Würfeckenpyramiden **120a** und die Würfeckenkavitäten **118** eine geometrische strukturierte Oberfläche **100** mit einer Anordnung aus PG-Würfeckenelementen (siehe [Fig. 10](#)).

[0063] [Fig. 10](#) ist eine Ansicht einer geometrischen strukturierten Oberfläche **100** an dem zusammengesetzten Substrat **82**, nachdem alle Rillenseitenflächen geformt wurden. Jede der Würfeckenkavitäten **118** weist drei nachgebildete Flächen **116a**, **116b**, **116c** auf, und jede der Würfeckenpyramiden **120a** weist drei bearbeitete Flächen **126a**, **126b**, **126c** auf, die annähernd gegenseitig senkrecht aufeinander konfiguriert sind. In dem Fall, bei dem die drei Flächen einer Würfeckenpyramide **120a** im Wesentlichen mit benachbarten Flächen **116** von Kavitäten **118** ausgerichtet sind und bei dem derartige Kavitäten **118** eine gemeinsame Ausrichtung aufweisen, bilden die drei Flächen der Würfeckenpyramide **120a** (bei getrennter Betrachtung) eine „stumpfe“ Würfeckenpyramide. Eine derartige Pyramide ist dadurch gekennzeichnet, dass sie genau drei nicht von zwei Flächen begrenzte Kanten aufweist, welche ein „Basisdreieck“ in der Ebene der strukturierten Oberfläche bilden.

[0064] Jede der drei Flächen **126a–c** der Würfeckenpyramiden **120a** wird bearbeitet, um im Wesentlichen mit der nächstgelegenen Fläche **116** einer benachbarten Würfeckenkavität **118** ausgerichtet zu sein. Folglich weist jede neue Würfeckenkavität **132** eine nachgebildete Würfeckenkavität **118** und eine bearbeitete Fläche **126** von jeder ihrer benachbarten geometrischen Strukturen **120a** auf. Die Bezugszahl **132a** zeigt mittels einer fetten Umrisslinie eine derartige Würfeckenkavität **132**. Eine bestimmte Fläche von einer der Würfeckenkavitäten **132** weist eine Fläche einer Würfeckenkavität **118**, die in dem nachgebildeten Substrat **70** geformt ist, und eine der Flächen **126a**, **126b** oder **126c**, die in das bearbeitete Substrat **28** eingearbeitet sind, auf. Wie nachstehend besprochen wird, werden Flächen **116** der Würfeckenkavität **118** in das nachgebildete Substrat **70** eingearbeitet. Demnach weist jede Würfeckenkavität **132** eine zusammengesetzte Fläche auf, die sich aus einem Abschnitt, der im Wesentlichen in dem nachgebildeten Substrat **70** geformt oder nachgebildet ist, und einem Abschnitt, der in das bearbeitete Substrat **28** eingearbeitet ist, zusammensetzt, welche durch eine Übergangslinie **130** getrennt sind. Die Übergangslinien **130** verlaufen entlang der Grenze oder Grenzfläche zwischen dem bearbeitete-



ten Substrat **28** und dem nachgebildeten Substrat **70**.

**[0065]** Es ist auch möglich, neue Würfeckenpyramiden **134** zu erkennen, die an der strukturierten Oberfläche ausgebildet sind, welche in [Fig. 10](#) dargestellt ist. Jede Würfeckenpyramide **134** weist eine geometrische Struktur **120a** auf, welche eine Würfeckenpyramide ist, und je eine Fläche ihrer benachbarten Würfeckenkavitäten **118**. Jede Fläche von einer der Pyramiden **134** ist eine zusammengesetzte Fläche, welche eine Fläche **116** von einer der Kavitäten **118** in dem nachgebildeten Substrat **70** und eine bearbeitete Fläche von der Struktur **120a**, die aus dem bearbeiteten Substrat **28** geformt wurde, aufweist. Die Bezugszahl **134a** zeigt mittels einer fetten Umrisslinie eine derartige Würfeckenpyramide **134**. Es ist zu beachten, dass die Bezugspunkte **122** die obersten Enden oder Spitzen der Pyramiden **134** angeben. Sowohl Würfeckenpyramiden **134** als auch Würfeckenkavitäten **132** sind PG-Würfeckenelemente, da beide eine Fläche aufweisen, welche an einer nicht von zwei Flächen begrenzten Kante des Würfeckenelements enden, wobei eine derartige nicht von zwei Flächen begrenzte Kante nicht parallel zu der Bezugsebene x-y verläuft.

**[0066]** [Fig. 11](#) zeigt eine Draufsicht auf die strukturierte Oberfläche aus [Fig. 10](#). Übergangslinien **130** sind schmaler als andere Linien gezeichnet, um das Erkennen der PG-Würfeckenelemente, d.h. der Würfeckenkavitäten **132** und der Würfeckenpyramiden **134**, zu erleichtern. Die zusammengesetzten Flächen von derartigen PG-Würfeckenelementen erstrecken sich über entgegengesetzte Seiten der Übergangslinien **130**, welche getrennte Stücke des bearbeiteten Substrats **28** von dem nachgebildeten Substrat **70**, mit welchem sie verbunden sind, trennen. Bei der dargestellten Ausführungsform liegen alle Übergangslinien **130** in einer gemeinsamen Ebene, die als Übergangsebene bezeichnet wird, welche im Fall dieser Ausführungsform koplanar mit der x-y-Ebene verläuft. Die Flächen der strukturierten Oberfläche, die in das bearbeitete Substrat **28** eingearbeitet ist, sind auf einer Seite der Übergangsebene angeordnet, und die Flächen, die in das nachgebildete Substrat **70** eingearbeitet sind, sind auf der anderen Seite angeordnet.

**[0067]** Der bearbeitete Würfeckengegenstand aus [Fig. 10-Fig. 11](#) kann selbst als retroreflektiver Gegenstand dienen, sowohl in Bezug auf Licht, welches von oben einfällt (auf Grund von Würfeckenkavitäten **132**), als auch, falls das Substrat mindestens teilweise transparent ist, in Bezug auf Licht, welches von unten einfällt (auf Grund von Würfeckenpyramiden **134**). In jedem der beiden Fälle kann, abhängig von der Zusammensetzung des Substrats, eine spiegelnd reflektierende dünne Beschichtung, beispielsweise Aluminium, Silber oder Gold, auf die strukturierte Oberfläche aufgebracht werden, um das Refle-

xionsvermögen der zusammengesetzten Flächen zu verstärken. In dem Fall, bei dem Licht von unten einfällt, können reflektierende Beschichtungen zu Gunsten einer Luftgrenzfläche, welche totale interne Reflexion ermöglicht, vermieden werden.

**[0068]** Häufiger wird jedoch das zusammengesetzte Substrat aus [Fig. 10-Fig. 11](#) als Form verwendet, mittels welcher retroreflektive Gegenstände für den Endgebrauch, ob nun direkt oder über mehrere Generationen von Formen, unter Zuhilfenahme von herkömmlichen Nachbildungsmethoden hergestellt werden. Jede Form oder jeder andere Gegenstand, welche aus dem zusammengesetzten Substrat hergestellt wird, enthält typischerweise Würfeckenelemente, die mindestens eine Fläche aufweisen, welche an einer nicht von zwei Flächen begrenzten Kante des Würfeckenelements endet, wobei die mindestens eine Fläche zwei konstituierende Flächen aufweist, die an entgegengesetzten Seiten einer Übergangslinie angeordnet sind, wobei die Übergangslinie nicht parallel zu einer derartigen nicht von zwei Flächen begrenzten Kante verläuft. Wie aus [Fig. 10-Fig. 11](#) hervorgeht, liegen die Übergangslinien **130** in der Übergangsebene, die mit der x-y-Ebene zusammenfällt, wohingegen nicht von zwei Flächen begrenzte Kanten, die sowohl für die PG-Würfeckenkavität **132** als auch für die PG-Würfeckenpyramide **134** fett dargestellt sind, relativ zu der x-y-Ebene geneigt sind. Es ist durch Formen von Rillenseitenflächen an unterschiedlichen Tiefen im Substrat auch möglich, Oberflächen herzustellen, bei denen die Übergangslinien nicht allesamt in derselben Ebene liegen.

**[0069]** Übergangslinien können im Allgemeinen eine breite Vielfalt von Gestalten annehmen, je nach den Details des verwendeten Zerspanungswerkzeugs und dem Ausmaß, in welchem beim Vorgang des Formens von Rillenseitenflächen die Bewegung des Zerspanungswerkzeugs exakt mit anderen Flächen ausgerichtet ist. Wenngleich bei vielen Anwendungen Übergangslinien ein zu minimierendes Artefakt darstellen, können sie bei anderen Anwendungen vorteilhaft eingesetzt werden, um ein gewünschtes optisches Resultat, beispielsweise einen teilweise transparenten Gegenstand, zu erhalten. Eine ausführliche Besprechung verschiedener Übergangslinienkonfigurationen wird in der gemeinsam abgetretenen US-Patentanmeldung mit der Seriennr. 09/515,120 (Aktenzeichen des Rechtsanwalts: 54222USA1A), die zum selben Datum mit dem vorliegenden Dokument eingereicht wurde und den Titel Structured Surface Articles Containing Geometric Structures with Compound Faces and Methods for Making Same trägt, dargelegt.

**[0070]** Eine breite Vielfalt von strukturierten Oberflächen kann durch Verwendung des vorliegenden zusammengesetzten Substrats **82** und der oben be-

schriebenen Bearbeitungsmethode hergestellt werden. Die PG-Würfeckenelemente aus [Fig. 11](#) weisen jeweils eine Symmetrieachse auf, die senkrecht auf die x-y-Bezugsebene der strukturierten Oberfläche ist. Würfeckenelemente weisen typischerweise die höchste optische Effizienz als Reaktion auf Licht, welches auf das Element ungefähr entlang der Symmetrieachse auftrifft, auf. Die Lichtmenge, welche durch ein Würfeckenelement retroreflektiert wird, nimmt im Allgemeinen mit zunehmendem Abweichen des Einfallswinkels von der Symmetrieachse ab. [Fig. 12](#) zeigt eine Draufsicht auf eine strukturierte Oberfläche **136**, welche jener als [Fig. 11](#) ähnelt und sich die x-y-Ebene entlang erstreckt, abgesehen davon, dass die PG-Würfeckenelemente aus [Fig. 12](#) alle schräg sind, derart, dass deren Symmetrieachsen in Bezug auf die Normale der strukturierten Oberfläche geneigt sind. Die Symmetrieachse für jede PG-Würfeckenkavität **146** in [Fig. 12](#) liegt in einer Ebene, die parallel zu der y-z-Ebene verläuft, und weist eine vertikale Komponente in der +z-Richtung (aus der Seite hinaus) und eine Querkomponente in der +y-Richtung auf. Symmetrieachsen für die PG-Würfeckenpyramiden **148** aus [Fig. 12](#) zeigen in die entgegengesetzte Richtung, mit Komponenten in die -z- und die -y-Richtung. Beim Herstellen der Oberfläche **136** wird ein zusammengesetztes Substrat verwendet, wobei die Vorsprünge von im Allgemeinen dreieckigem Querschnitt der Gestalt nach gleichschenkelig und nicht wie in [Fig. 1](#) gleichseitig sind.

**[0071]** Vier verschiedene Typen von Würfeckenelementen liegen auf der strukturierten Oberfläche **136** vor: stumpfe Würfeckenkavitäten, die im nachgebildeten Substrat **70** geformt sind und von oben gesehen einen dreieckigen Umriss aufweisen; stumpfe Würfeckenpyramiden, die Flächen, welche in getrennte Stücke des bearbeiteten Substrats **28** eingearbeitet sind, und einen dreieckigen Umriss aufweisen; PG-Würfeckenkavitäten, die zusammengesetzte Flächen und einen sechseckigen Umriss aufweisen; und PG-Würfeckenpyramiden, die ebenfalls zusammengesetzte Flächen und einen sechseckigen Umriss aufweisen. Eine repräsentative Würfeckenkavität, die im nachgebildeten Substrat **70** ausgebildet ist, ist in [Fig. 12](#) durch eine fette Umrisslinie **140** gekennzeichnet, und eine repräsentative Würfeckenpyramide, die in das bearbeitete Substrat **28** eingearbeitet ist, ist durch eine fette Umrisslinie **142** gekennzeichnet. Übergangslinien **144** trennen bearbeitete von geformten oder nachgebildeten Flächen, und alle derartigen Linien **144** liegen in einer Übergangsebene, die parallel zu der x-y-Ebene verläuft. Bei anderen Ausführungsformen können die Übergangslinien parallel zu einer Übergangsebene verlaufen, jedoch nicht koplanar sein. Ausgewählte Flächen von Kavitäten **140** und Pyramiden **142** bilden schräge PG-Würfeckenelemente, insbesondere schräge PG-Würfeckenkavitäten **146** und schräge

PG-Würfeckenpyramiden **148**. Bezugspunkte **122** kennzeichnen wie vorhin örtlich begrenzte Spitzen oder Scheitelpunkte, die oberhalb der x-y-Ebene angeordnet sind.

**[0072]** [Fig. 13](#) zeigt eine strukturierte Oberfläche **136a** ähnlich jener aus [Fig. 12](#), und gleiche Merkmale werden mit derselben Bezugszahl wie in [Fig. 12](#) samt der hinzugefügten Erweiterung „a“ bezeichnet. PG-Würfeckenelemente aus [Fig. 13](#) sind in Bezug auf die Normale der strukturierten Oberfläche **136a** schräg, jedoch in einer andere Richtung verglichen mit jener der PG-Würfeckenelemente aus [Fig. 12](#). Die Symmetrieachse für jede PG-Würfeckenkavität **146a** ist in einer Ebene angeordnet, welche parallel zu der y-z-Ebene verläuft, und weist eine vertikale Komponente in der +z-Richtung und eine Querkomponente in der -y-Richtung auf.

**[0073]** [Fig. 14](#) zeigt eine strukturierte Oberfläche ähnlich jener aus [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#), und gleiche Merkmale werden mit derselben Bezugszahl wie in [Fig. 12](#) samt der hinzugefügten Erweiterung „b“ bezeichnet. PG-Würfeckenelemente in [Fig. 14](#) sind ebenfalls schräg, jedoch ist, anders als bei den PG-Würfeckenelementen aus [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#), der Schrägheitsgrad derart, dass der Umriss jedes PG-Würfeckenelements von oben gesehen keine Spiegelbild-Symmetrieebene aufweist. Die Würfeckenkavitäten aus [Fig. 14](#) weisen jeweils eine Symmetrieachse auf, die Komponenten in der +z-, +y- und -x-Richtung aufweist. Es wird zu erkennen sein, dass die durch die Übergangslinien **144** ([Fig. 12](#)) gebildeten Dreiecke gleichschenkelige Dreiecke sind, welche jeweils nur einen eingeschlossenen Winkel kleiner als 60 Grad aufweisen; dass durch die Linien **144a** ([Fig. 13](#)) gebildete Dreiecke gleichschenkelige Dreiecke sind, welche jeweils nur einen eingeschlossenen Winkel größer als 60 Grad aufweisen; und dass durch die Linien **144b** ([Fig. 14](#)) gebildete Dreiecke ungleichschenkelige Dreiecke sind. Repräsentative Werte in Grad für die eingeschlossenen Winkel von Dreiecken, welche durch Übergangslinien **144a** definiert werden, sind: (70, 70, 40); (80, 50, 50); bzw. (70, 60, 50).

**[0074]** Die oben besprochenen Ausführungsformen weisen damit einhergehend eine asymmetrische Eintrittswinkeligkeit auf (d.h., wenn sie um eine Achse innerhalb der Ebene der Folie gedreht werden). Ausführungsformen mit symmetrischer Eintrittswinkeligkeit sind ebenfalls möglich, beispielsweise die in Zusammenhang mit [Fig. 15–Fig. 23](#) besprochene Würfeckenstruktur mit zusammenpassenden Paaren.

**[0075]** [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) zeigen ein anderes bearbeitetes Substrat **200** gemäß der vorliegenden Erfindung. Das bearbeitete Substrat **200** ist mittels einer ersten Verbindungsschicht **204** mit einer ersten Bearbeitungsgrundfläche **202** verbunden. Zwei Sätze von

Rillen **206**, **208**, die parallel zu der Achse **207a** bzw. **207b** verlaufen, werden mittels Werkzeugen **201a**, **201b** geformt, um eine bearbeitete Oberfläche **212** zu definieren. Bei der dargestellten Ausführungsform weist die bearbeitete Oberfläche **212** Flächen **213** auf, die in Gruppen zu je vier angeordnet sind, welche vierseitige Pyramiden **210** bilden, die eine Spitze oder einen Bezugspunkt **215** aufweisen. Die vierseitigen Pyramiden **210** sind in Reihen **217**, **222**, **223** angeordnet. Durch die Rillen **206**, **208** werden auch andere geometrische Strukturen **211** gebildet.

[0076] Wie aus der Schnittansicht aus [Fig. 17](#) hervorgeht, wird die bearbeitete Oberfläche **212** dann gereinigt und passiviert. Der Passivierungsschritt weist das Aufbringen einer Trennschicht oder das Durchführen einer Oberflächenmodifikation **216** (gemeinsam als „passivierte Oberfläche“ bezeichnet) an der bearbeiteten Oberfläche **212** auf, um das Abtrennen eines nachfolgenden nachgebildeten Substrats **214** (siehe [Fig. 20](#)) zu gestatten. Bei einer Ausführungsform ist die passivierte Oberfläche nur auf einem Abschnitt der bearbeiteten Oberfläche **212** ausgebildet.

[0077] Wie in [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) dargestellt ist, werden in der bearbeiteten Oberfläche **212** parallel zu der Achse **207c** durch Verwendung des Werkzeugs **201c** zusätzliche Rillen **220a**, **220b**, **220c** (gemeinsam als **220** bezeichnet) ausgebildet, um Abschnitte von einigen der geometrischen Strukturen **211** zu entfernen. Die Rillen **220** entfernen auch etwas von der Oberflächenmodifikation **216**, um selektives Anhaften des nachgebildeten Substrats **214** (siehe [Fig. 20](#)) an der bearbeiteten Oberfläche **212** zu ermöglichen. Wie am besten in [Fig. 19](#) dargestellt ist, liegt die passivierte Oberfläche **216** entlang flachen Bereichen **228** oder entlang Seitenwänden **230** nicht vor, während die passivierte Oberfläche **216** an Flächen **213** im Wesentlichen intakt ist.

[0078] [Fig. 20](#) stellt eine Baugruppe **232** dar, welche sich nach dem Formen eines nachgebildeten Substrats **214** über dem bearbeiteten Substrat **200'** ergibt. Das nachgebildete Substrat **214** kann durch Elektroplattieren, Gießen eines Füllmaterials und eine Vielfalt anderer Methoden geformt werden. Infolge des vorangehenden Passivierungsschritts haftet das nachgebildete Substrat **214** an den flachen Bereichen **228** und Seitenwänden **230**, jedoch nicht entlang den passivierten Oberflächen **216**, an. Abschnitte **234** des nachgebildeten Substrats **214** ragen in das bearbeitete Substrat **200'** vor und verbinden sich damit entlang Oberflächen **228**, **230**, um ein zusammengesetztes Substrat **236** zu formen. Eine zweite Bearbeitungsgrundfläche **250** wird durch Verwendung einer geeigneten Verbindungsschicht **254** mit der rückwärtigen Oberfläche **252** des nachgebildeten Substrats **214** verbunden. Wie die erste Bearbeitungsgrundfläche **202** weist die zweite Bearbeitungs-

grundfläche **250** Bezugsoberflächen (siehe [Fig. 3](#)) auf, um nachfolgende Bearbeitungsschritte zu unterstützen. Die erste Bearbeitungsgrundfläche **202** und die Verbindungsschicht **204** werden für den Prozess nicht mehr benötigt und von der Baugruppe **232** entfernt. Die zweite Bearbeitungsgrundfläche **250** trägt das zusammengesetzte Substrat **236** während der Bearbeitung der rückwärtigen Oberfläche **260**, was nachstehend besprochen wird.

[0079] [Fig. 21](#) und [Fig. 22](#) stellen den Bearbeitungsschritt dar, der hinsichtlich der rückwärtigen Oberfläche **260** des zusammengesetzten Substrats **236** durchgeführt wird. Rillen **268a**, **268b**, **268c** werden mittels Werkzeugen **272a**, **272b**, **272c** entlang Achsen **270a**, **270b**, **270c** geformt. Die Rillen **268a**, **268b**, **268c** können sich in das nachgebildete Substrat **214** hineinerstrecken. Abfallabschnitte **274** sind auf Grund der Passivierungsschicht **216** nicht mit dem nachgebildeten Substrat **214** verbunden. Folglich fallen, nachdem die Rillen **268** entlang allen drei Achsen **270** hergestellt wurden, die Abfallabschnitte **274** weg oder werden entfernt und lassen vierseitige Kavitäten **276** in dem nachgebildeten Substrat **214** zurück.

[0080] Getrennte Stücke oder Abschnitte **278**, **280** des zusammengesetzten Substrats **236** werden jedoch entlang Oberflächen **230** mit dem nachgebildeten Substrat **214** verbunden. Untere oder proximale Abschnitte der Abschnitte **278**, **280** werden bearbeitet, um dreiseitige Pyramiden **282** zu formen. Die Abschnitte **278**, **280** des bearbeiteten Substrats **200'** bleiben in den Abschnitt aus nachgebildetem Substrat **214** des zusammengesetzten Substrats **236** eingebettet. Sobald alle Abfallabschnitte **274** des zusammengesetzten Substrats **236** von dem nachgebildeten Substrat **214** entfernt wurden und somit jede der vierseitigen Kavitäten **276** freigelegt wurde, bilden die dreiseitigen Pyramiden **282** und die vierseitigen Kavitäten **276** eine geometrische strukturierte Oberfläche **290**, welche eine Anordnung aus PG-Würfeckenelementen (siehe [Fig. 23](#)) aufweist.

[0081] Bei einer Ausführungsform, bei welcher das bearbeitete Substrat **200'** und/oder das nachgebildete Substrat **214** aus einem transparenten oder halbtransparenten Material hergestellt sind, oder bei welcher die Grenzfläche zwischen dem bearbeiteten Substrat **200'** und dem nachgebildeten Substrat **214** entlang dem Umfang des zusammengesetzten Substrats **236** gesehen werden kann, sind Bezugskissen, beispielsweise jene, die in Zusammenhang mit [Fig. 2–Fig. 8](#) dargestellt sind, eventuell nicht notwendig. Das heißt, dass eine Ausrichtung der Werkzeuge ohne Zuhilfenahme des Bezugskissens realisiert werden kann. Fall das bearbeitete Substrat **200'** aus einem undurchsichtigen Material, beispielsweise aus Metall, hergestellt ist, sehen Bezugskissen, beispielsweise die in [Fig. 2](#) dargestellten, exakte Be-

zugspunkte vor, so dass der in [Fig. 21](#) dargestellte Bearbeitungsschritt durchgeführt werden kann.

**[0082]** [Fig. 23](#) stellt die geometrische strukturierte Oberfläche **290** dar, nachdem alle Rillenseitenflächen geformt wurden. Diese Geometrie ergibt zwei verschiedene Typen von PG-Würfeckenelementen an der strukturierten Oberfläche. Die Würfeckenpyramide **296** weist eine Fläche g und zusammengesetzte Flächen h, h', i, i' auf, die durch Übergangslinien a bzw. b getrennt sind. Die Würfeckenpyramide **298** weist eine Fläche j und zusammengesetzte Flächen k, k', l, l' auf, die durch Übergangslinien c bzw. d getrennt sind. Die Flächen g und j sind Vielecke mit mehr als drei Seiten. Folglich weisen in der Draufsicht aus [Fig. 23](#) die Würfeckenpyramiden **296**, **298** jeweils eine rechteckige Gestalt auf, wie durch die jeweiligen gestrichelten Umrisslinien dargestellt ist, und nicht einen sechseckigen Umriss, wie er in [Fig. 10–Fig. 14](#) dargestellt ist. Bei einer Ausführungsform, bei welcher die Rillen **272c** allesamt dieselbe Tiefe aufweisen, sind die Würfeckenelemente **296** und **298** entgegengesetzte Würfeckenelemente oder Würfeckenelemente mit zusammenpassenden Paaren, welche eine symmetrische Eintrittswinkeligkeit vorsehen. Je nach dem Seitenverhältnis können die von oben gesehen rechteckigen Umrisse der Würfeckenelemente auch einen quadratischen Umriss aufweisen.

**[0083]** Würfeckenelemente aus [Fig. 23](#) können je nach Bedarf (nach vorne oder nach hinten) schräg oder nicht schräg ausgebildet sein. Das Herstellen von Würfeckenelementen, die in einem größeren oder kleineren Maß schräg ausgebildet sind, wird durch Auslegen der Gestalt der diamantförmigen Vorsprünge und dann der Ausrichtung der Rillenseitenflächen (g, h, i, j, k, l), derart, dass sie dem gewünschten Schrägheitsgrad entsprechen, realisiert. Wenn eine schräge Ausbildung verwendet wird, können derartige zusammenpassende Paare im Einklang mit den im US-Patent Nr. 4,588,258 (Hoopman), 5,812,315 (Smith et al.) und 5,822,121 (Smith et al.) besprochenen Grundsätzen eine erweiterte retroreflektive Winkeligkeit herbeiführen, so dass ein Gegenstand, welcher die strukturierte Oberfläche aufweist, über einen erweiterten Bereich von Eintrittswinkeln sichtbar sein wird.

**[0084]** Während des gegenständlichen Bearbeitungsprozesses trägt das Zerspanungswerkzeug eine verhältnismäßig große Menge an Material ab, da der Winkel zwischen der steil geneigten Seitenwand und der nachfolgenden bearbeiteten Fläche oft 10 Grad überschreitet, wobei er typischerweise im Bereich von etwa 10 bis etwa 45 Grad liegt. Einige der Rillenseitenflächen können dann in einem derartigen modifizierten bearbeiteten Substrat durch Zurücklassen von mehr Material an den Kavitäten oder Vorsprüngen während eines der beiden oder beiden Be-

arbeitungsschritten geformt werden, wodurch die Werkzeugkräfte reduziert werden, welche nachteilig Verformungen verursachen könnten. Ein weiterer Vorzug ist ein geringerer Verschleiß des Zerspanungswerkzeugs. Ein modifiziertes bearbeitetes Substrat kann auch als Vorlage verwendet werden, anhand welcher zukünftige Generationen von positiven/negativen Formen hergestellt werden können. Verschiedene geometrische Konfigurationen für das modifizierte bearbeitete Substrat werden in der gemeinsam abgetretenen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/515,120 (Aktenzeichen des Rechtsanwalts: 54222USA1A), die zum selben Datum mit dem vorliegenden Dokument eingereicht wurde und den Titel Structured Surface Articles Containing Geometric Structures with Compound Faces and Methods for Making Same trägt, offenbart.

**[0085]** Die in diesem Dokument offenbarten Würfeckenelemente können individuell ausgestaltet werden, um Licht, welches durch die Gegenstände retroreflektiert wird, in einem gewünschten Muster oder Divergenzprofil zu verteilen, wie dies vom US-Patent Nr. 4,775,219 (Appledorn et al.) gelehrt wird. Beispielsweise können zusammengesetzte Flächen, aus denen sich die PG-Würfeckenelemente zusammensetzen, in einem wiederkehrenden Muster von Ausrichtungen angeordnet werden, die sich geringfügig, beispielsweise um wenige Bogenminuten, von der Ausrichtung unterscheiden, welche eine gegenseitige Orthogonalität mit den anderen Flächen des Würfeckenelements ergeben würde. Dies kann durch Bearbeiten von Rillenseitenflächen (sowohl von jenen, die schließlich die Flächen in der fertigen Form unter der Übergangsebene werden, als auch jene, die Flächen in der fertigen Form oberhalb der Übergangsebene werden) in Winkeln, welche sich von jenen, die gegenseitig orthogonale Flächen ergeben würden, um ein Maß unterscheiden, das als „Rillen-Halbwinkelfehler“ bekannt ist, realisiert werden. Typischerweise ist der eingebrachte Rillen-Halbwinkelfehler kleiner als  $\pm 20$  Bogenminuten und oftmals kleiner als  $\pm 5$  Bogenminuten. Eine Reihe aufeinanderfolgender paralleler Rillenseitenflächen kann ein wiederkehrendes Muster von Rillen-Halbwinkelfehlern, beispielsweise abbaabba... oder abcdabcd..., aufweisen, wobei a, b, c und d eindeutige positive oder negative Werte sind. Bei einer Ausführungsform kann das Muster aus Rillen-Halbwinkelfehlern, welche verwendet werden, um Flächen in der fertigen Form oberhalb der Übergangsebene zu formen, mit den Rillen-Halbwinkelfehlern, die verwendet werden, um Flächen in der fertigen Form unterhalb der Übergangsebene zu formen, zusammengepasst werden. In diesem Fall sind die Abschnitte jeder zusammengesetzten Fläche an dem bearbeiteten Substrat und dem nachgebildeten Substrat im Wesentlichen winkelig miteinander ausgerichtet. Bei einer anderen Ausführungsform kann sich das Muster, welches verwendet wird, um einen Satz von Flächen zu formen,



von dem Muster, das verwendet wird, um den anderen zu formen, unterscheiden, wohingegen die Flächen unterhalb der Übergangsebene ein bestimmtes Muster aus Nichtnull-Winkelfehlern einbinden und Flächen oberhalb der Übergangsebene im Wesentlichen keine Winkelfehler oder ein anderes Muster aus Nichtnull-Fehlern einbinden. In diesem letzteren Fall sind die Abschnitte jeder zusammengesetzten Fläche an dem bearbeiteten Substrat und dem nachgebildeten Substrat nicht exakt winkelig miteinander ausgerichtet.

**[0086]** Vorteilhafterweise können derartige Substrate als Muttersubstrat dienen, anhand welchem künftige Generationen positiver/negativer Formen hergestellt werden können, wobei alle von oben gesehen dieselbe allgemeine Gestalt von Würfeckenelement, jedoch geringfügig verschiedene Flächenkonfigurationen aufweisen. Eine derartige Tochterform kann Würfeckenelemente einbinden, welche jeweils zusammengesetzte Flächen aufweisen, deren konstituierende Flächen ausgerichtet sind, wobei die zusammengesetzten Flächen allesamt gegenseitig senkrecht auf die verbleibenden Flächen des Würfleckenelements sind. Eine andere derartige Tochterform kann Würfeckenelemente einbinden, die ebenfalls zusammengesetzte Flächen aufweisen, deren konstituierende Flächen ausgerichtet sind, wobei die zusammengesetzten Flächen jedoch von der Orthogonalität mit verbleibenden Flächen des Würfleckenelements abweichen können. Noch eine andere derartige Tochterform kann Würfeckenelemente einbinden, die zusammengesetzte Flächen aufweisen, deren konstituierende Flächen nicht ausgerichtet sind. Alle derartigen Tochterformen können anhand einer einzigen Mutterform bei Abtragen einer minimalen Menge an Material durch Bearbeitung hergestellt werden.

**[0087]** Die Arbeitsoberfläche der Formsubstrate kann jedwede geeigneten physischen Abmessungen aufweisen, wobei zu den Auswahlkriterien die gewünschte Größe der endgültigen Formoberfläche und die winkelige und translatorische Präzision der Maschinen, die zum spanabhebenden Bearbeiten der Rillenoberflächen verwendet werden, gehören. Die Arbeitsoberfläche weist eine Mindestquerabmessung auf, die größer als zwei Würfeckenelemente ist, wobei jedes Würfeckenelement eine Querabmessung und/oder Würfelhöhe aufweist, die vorzugsweise im Bereich von etwa 25 µm bis etwa 1 mm und insbesondere im Bereich von etwa 25 µm bis etwa 0,25 mm liegt. Die Arbeitsoberfläche ist typischerweise ein Quadrat mit mehreren Inch je Seite, wobei vier Inch (10 cm) der Standard sind. Kleinere Abmessungen können verwendet werden, um Rillen einfacher in Passgenauigkeit mit geformten Oberflächen über die gesamte strukturierte Oberfläche zu schneiden. Die Substratdicke kann im Bereich von etwa 0,5 bis etwa 2,5 mm liegen. (Die in diesem Do-

kument angeführten Abmessungen werden lediglich zu veranschaulichenden Zwecken bereitgestellt und sind nicht als einschränkend zu verstehen.) Ein dünnes Substrat kann an einer dickeren Basis angebracht werden, um für Steifigkeit zu sorgen. Mehrere fertige Formen können miteinander, z.B. durch Verschweißen, in bekannten Kachelanordnungen kombiniert werden, um eine große gekachelte Form zu ergeben, welche dann verwendet werden kann, um gekachelte retroreflektive Produkte zu erzeugen.

**[0088]** Bei der Herstellung von retroreflektiven Produkten, beispielsweise von retroreflektiven Folien, wird die strukturierte Oberfläche des bearbeiteten Substrats als Mutterform verwendet, welche anhand von Elektroplattiermethoden oder anderen herkömmlichen Nachbildungstechnologien nachgebildet werden kann. Die strukturierte Oberfläche kann im Wesentlichen identische Würfeckenelemente aufweisen oder kann Würfeckenelemente von unterschiedlicher Größe, Geometrie oder Ausrichtung aufweisen. Die strukturierte Oberfläche der Nachbildung, welche bisweilen im Fachjargon als 'Stampfer' bezeichnet wird, enthält ein negatives Bild der Würfeckenelemente. Diese Nachbildung kann als Form zum Formen eines retroreflektiven Gegenstandes verwendet werden. Häufiger jedoch wird eine große Anzahl geeigneter Nachbildungen Seite an Seite zusammengesetzt, um eine gekachelte Form zu bilden, die groß genug ist, um beim Formen von gekachelten retroreflektiven Folien von Nutzen zu sein. Retroreflektive Folien können dann als einstückiges Material, z.B. durch Prägen einer vorgeformten Folie mit einer Anordnung von Würfeckenelementen, wie oben beschrieben wurde, oder durch Gießen eines flüssigen Materials in eine Form, hergestellt werden. Siehe JP 8-309851 und US-Patent Nr. 4,601,861 (Pricone). Alternativ dazu können die retroreflektiven Folien als geschichtetes Produkt durch Gießen der Würfeckenelemente gegen einen vorgeformten Film, wie in der PCT-Anmeldung Nr. WO 95/11464 (Benson, Jr. et al.) und dem US-Pat. Nr. 3,684,348 (Rowland) gelehrt wird, oder durch Laminieren eines vorgeformten Films an vorgeformte Würfeckenelemente hergestellt werden. Zum Beispiel können derartige Folien mittels einer Nickelform hergestellt werden, die durch elektrolytische Abscheidung von Nickel auf eine Mutterform geformt wird. Die durch Elektroplattieren hergestellte Form kann als Stampfer verwendet werden, um das Muster der Form auf einen Polycarbonatfilm aufzuprägen, der etwa 500 µm dick ist und einen Brechungsindex von etwa 1,59 aufweist. Die Form kann in einer Presse verwendet werden, wobei das Pressen bei einer Temperatur von etwa 175° bis etwa 200°C durchgeführt wird.

**[0089]** Die verschiedenen oben besprochenen Formsubstrate können im Allgemeinen in zwei Gruppen eingeteilt werden: nachgebildete Substrate, welche mindestens einen Teil ihrer strukturierten Ober-



fläche durch Nachbildung von einem vorhergehenden Substrat erhalten, und Massensubstrate, welche dies nicht tun. Geeignete Materialien zur Verwendung bei Massenformsubstraten sind einschlägig versierten Fachleuten bestens bekannt und umfassen im Allgemeinen jedwedes Material, das sauber, ohne die Bildung von Graten bearbeitet werden kann und das nach dem Formen von Rillen seine Maßhaltigkeit behält. Eine Vielfalt von Materialien, beispielsweise bearbeitbare Kunststoffe oder Metalle, kann verwendet werden. Acryl ist ein Beispiel für ein Kunststoffmaterial; Aluminium, Messing, außenstromloser Nickel und Kupfer sind Beispiele für verwendbare Metalle.

**[0090]** Geeignete Materialien zur Verwendung bei nachgebildeten Formsubstraten, die nicht nachfolgend bearbeitet werden, sind einschlägig versierten Fachleuten bestens bekannt und umfassen eine Vielfalt von Materialien, beispielsweise Kunststoffe oder Metalle, welche eine zuverlässige Genauigkeit in Bezug auf die vorangehende strukturierte Oberfläche aufrechterhalten. Wärmegeprägte oder gegossene Kunststoffe wie Acryl oder Polycarbonat können verwendet werden. Metalle wie Elektrolytnickel oder -nickellegierungen sind ebenfalls geeignet.

**[0091]** Geeignete Materialien zur Verwendung bei nachgebildeten Formsubstraten, deren strukturierte Oberfläche nachfolgend bearbeitet wird, sind einschlägig versierten Fachleuten ebenfalls bestens bekannt. Derartige Materialien sollten physikalische Eigenschaften wie geringe Schrumpfung oder Ausdehnung, geringe Spannung und so weiter aufweisen, welche sowohl die zuverlässige Genauigkeit in Bezug auf die vorangehende strukturierte Oberfläche gewährleisten als auch derartige Materialien zur Bearbeitung mit Diamanten geeignet machen. Ein Kunststoff wie Acryl (PMMA) oder Polycarbonat kann durch Wärmeprägen nachgebildet und dann in weiterer Folge mit Diamanten bearbeitet werden. Zu geeigneten harten oder weichen Metallen gehören elektrolytisch abgeschiedenes Kupfer, außenstromloser Nickel, Aluminium oder Zusammensetzungen davon.

**[0092]** In Bezug auf retroreflektive Folien, die direkt oder indirekt anhand derartiger Formen hergestellt werden, sind zweckmäßige Folienmaterialien vorzugsweise Materialien, die maßhaltig, dauerhaft, witterungsbeständig sind und problemlos zu der gewünschten Konfiguration geformt werden können. Zu Beispielen für geeignete Materialien zählen Acrylmaterialien, die im Allgemeinen einen Brechungsindex von etwa 1,5 aufweisen, beispielsweise Plexiglas-Harz von Rohm und Haas; warmhärtbare Acrylate und Epoxidharzacrylate, vorzugsweise strahlungsgehärtet, Polycarbonate, die einen Brechungsindex von etwa 1,6 aufweisen; Polyethylen-basierte Ionomere (vertrieben unter dem Namen „SURLYN“); Polyester; und Celluloseacetatbutyrate.

Im Allgemeinen kann jedwedes optisch transmissive Material, welches formbar ist, typischerweise unter Wärme und Druck, verwendet werden. Andere geeignete Materialien zum Formen von retroreflektiven Folien sind im US-Pat. Nr. 5,450,235 (Smith et al.) offenbart. Die Folien können auch Farbmittel, Farbstoffe, UV-Absorber oder je nach Bedarf andere Additive aufweisen.

**[0093]** In manchen Situationen ist es erstrebenswert, retroreflektive Folien mit einer Trägerschicht zu versehen. Eine Trägerschicht ist besonders für retroreflektive Folien zweckmäßig, welche Licht gemäß den Grundsätzen der totalen internen Reflexion reflektieren. Eine geeignete Trägerschicht kann aus einem beliebigen transparenten oder undurchsichtigen Material, einschließlich gefärbten Materialien, hergestellt sein, welche mit den offenbarten retroreflektiven Folien wirksam in Eingriff gebracht werden können. Zu geeigneten Trägermaterialien gehören Aluminiumfolien, verzinkter Stahl, Polymermaterialien wie Polymethylmethacrylate, Polyester, Polyamide, Polyvinylfluoride, Polycarbonate, Polyvinylchloride, Polyurethane und eine breite Vielfalt von Laminaten, welche aus diesen und anderen Materialien hergestellt werden.

**[0094]** Die Trägerschicht oder -folie kann in einem Gittermuster oder einer beliebigen anderen Konfiguration, die für die reflektierenden Elemente geeignet ist, gesiegelt werden. Das Siegeln kann durch Verwendung einer Anzahl von Verfahren, zu denen Ultraschallsiegeln, Klebstoffe gehören, oder durch Heißsiegeln an getrennten Orten an den Anordnungen von reflektierenden Elementen (siehe z.B. US-Pat. Nr. 3,924,928) realisiert werden. Siegeln ist erstrebenswert, um den Eintreten von Verunreinigungen wie Schmutz und/oder Feuchtigkeit zu verhindern und um den reflektierenden Oberflächen der Würfeckenelemente benachbart Leerräume aufrechtzuerhalten.

**[0095]** Falls zusätzliche Festigkeit oder Zähigkeit in der Zusammensetzung erforderlich ist, können Trägerfolien aus Polycarbonat, Polybutyrat oder faserverstärktem Kunststoff verwendet werden. Je nach dem Flexibilitätsgrad des resultierenden retroreflektiven Materials kann das Material gerollt oder in Streifen oder andere geeignete Formen geschnitten werden. Das retroreflektive Material kann auch mit einem Klebstoff und einer Trennfolie verstärkt werden, um es zur Anbringung auf jedwedem Substrat ohne den zusätzlichen Schritt des Aufbringens eines Klebstoffs oder der Verwendung von anderen Befestigungsmitteln geeignet zu machen.

#### GLOSSAR MIT AUSGEWÄHLTEN BEGRIFFEN

**[0096]** Eine „Anordnung aus benachbarten Würfeckenelementen“ bezeichnet ein bestimmtes Würfeckenelement.

ckenelement gemeinsam mit allen daran angrenzenden, benachbarten Würfeckenelementen.

**[0097]** „Zusammengesetzte Fläche“ bezeichnet eine Fläche, die sich aus mindestens zwei unterscheidbaren Flächen (die als „konstituierende Flächen“ bezeichnet werden) zusammensetzt, welche einander benachbart angeordnet sind. Die konstituierenden Flächen sind im Wesentlichen miteinander ausgerichtet, können jedoch in verhältnismäßig kleinen Ausmaßen (weniger als etwa 10 Bogengrad und vorzugsweise weniger als etwa 1 Bogengrad) translatorisch und/oder rotatorisch in Bezug zueinander versetzt sein, um gewünschte optische Effekte zu erzielen, wie in diesem Dokument beschrieben wird.

**[0098]** „Zusammengesetztes Substrat“ bezeichnet ein Substrat, das aus einem bearbeiteten Substrat, welches eine strukturierte Oberfläche aufweist, und einem nachgebildeten Substrat (gemeinsam als „Schichten“ bezeichnet), welches entlang mindestens einem Abschnitt der Grenzfläche mit dem bearbeiteten Substrat verbunden ist, gebildet ist. Eine oder mehrere der Schichten des zusammengesetzten Substrats können diskontinuierlich sein.

**[0099]** „Würfeckenkavität“ bezeichnet eine Kavität, die mindestens zum Teil durch drei Flächen begrenzt wird, die als Würfeckenelement angeordnet sind.

**[0100]** „Würfeckenelement“ bezeichnet einen Satz von drei Flächen, die zusammenwirken, um Licht zu retroreflektieren oder Licht auf andere Weise zu einem gewünschten Ort zu lenken. Einige oder alle der drei Flächen können zusammengesetzte Flächen sein. „Würfeckenelement“ bezeichnet auch einen Satz von drei Flächen, der selbst Licht nicht retroreflektiert noch Licht auf andere Weise zu einem gewünschten Ort lenkt, der jedoch, wenn er in ein geeignetes Substrat kopiert wird (entweder in einem positiven oder negativen Sinn), einen Satz von drei Flächen bildet, der Licht retroreflektiert oder Licht auf andere Weise zu einem gewünschten Ort lenkt.

**[0101]** „Würfeckenpyramide“ bezeichnet eine Masse aus Material, welche mindestens drei Seitenflächen aufweist, die als Würfeckenelement angeordnet sind.

**[0102]** „Würfelhöhe“ bezeichnet in Bezug auf ein Würfeckenelement, das an einem Substrat geformt oder formbar ist, die maximale Trennung entlang einer Achse, welche senkrecht auf das Substrat verläuft, zwischen Abschnitten des Würfeckenelements.

**[0103]** „Von zwei Flächen begrenzte Kante“ eines Würfeckenelements ist eine Kante von einer der drei Flächen des Würfeckenelements, welche an

eine der beiden anderen Flächen desselben Würfeckenelements angrenzt. Zu beachten ist, dass jedwede bestimmte Kante an einer strukturierten Oberfläche eine von zwei Flächen begrenzte Kante sein kann oder nicht, je nachdem, welches Würfeckenelement betrachtet wird.

**[0104]** „Direktbearbeitung“ bezeichnet das Formen von einer oder mehrerer Rillenseitenflächen in der Ebene eines Substrats, typischerweise durch Ziehen eines Zerspanungswerkzeugs entlang einer Achse im Wesentlichen parallel zu der Ebene des Substrats.

**[0105]** „Fläche“ bezeichnet eine im Wesentlichen glatte Oberfläche.

**[0106]** „Geometrische Struktur“ bezeichnet einen Vorsprung oder eine Kavität mit mehreren Flächen.

**[0107]** „Rille“ bezeichnet eine Kavität, welche sich entlang einer Rillenachse erstreckt und mindestens zum Teil durch zwei gegenüberliegende Rillenseitenflächen begrenzt ist.

**[0108]** „Rillenseitenfläche“ bezeichnet eine Oberfläche oder eine Reihe von Oberflächen, die in der Lage sind, durch Ziehen eines oder mehrerer Zerspanungswerkzeuge über ein Substrat in einer im Wesentlichen kontinuierlichen linearen Bewegung geformt zu werden. Zu einer derartigen Bewegung gehören Fly-Cutting-Methoden, bei denen das Zerspanungswerkzeug eine Drehbewegung aufweist, während es sich einen im Wesentlichen linearen Weg vorwärtsbewegt.

**[0109]** „Nicht von zwei Flächen begrenzte Kante“ eines Würfeckenelements bezeichnet eine Kante von einer der drei Flächen des Würfeckenelements, welche keine von zwei Flächen begrenzte Kante eines derartigen Würfeckenelements ist. Zu beachten ist, dass jedwede bestimmte Kante an einer strukturierten Oberfläche eine nicht von zwei Flächen begrenzte Kante sein kann oder nicht, je nachdem, welches Würfeckenelement betrachtet wird.

**[0110]** „PG-Würfeckenelement“ steht für Würfeckenelement mit „bevorzugter Geometrie“ und wird im Zusammenhang mit einer strukturierten Oberfläche von Würfeckenelementen definiert, welche sich eine Bezugsebene entlang erstreckt. Für die Zwecke dieser Anmeldung bezeichnet ein PG-Würfeckenelement ein Würfeckenelement, welches mindestens eine nicht von zwei Flächen begrenzte Kante aufweist, die: (1) nicht parallel zu der Bezugsebene verläuft; und (2) im Wesentlichen parallel zu einer benachbarten nicht von zwei Flächen begrenzten Kante eines benachbarten Würfeckenelements verläuft. Ein Würfeckenelement, dessen drei reflektierende Flächen allesamt Rechtecke (Quadrate eingeschlossen) sind, ist ein Beispiel für ein PG-Würfeckenelement.

ment.

**[0111]** „Vorsprung“ hat eine breite gewöhnliche Bedeutung und kann eine Pyramide umfassen.

**[0112]** „Pyramide“ bezeichnet einen Vorsprung, der drei oder mehr Seitenflächen aufweist, welche an einer Spitze zusammentreffen, und kann einen Stumpf aufweisen.

**[0113]** „Bezugsebene“ bezeichnet eine Ebene oder andere Oberfläche, welche einer Ebene in der Nähe einer Gruppe aus benachbarten Würfeckenelementen oder anderen geometrischen Strukturen in etwa entspricht, wobei die Würfeckenelemente oder geometrischen Strukturen entlang der Ebene angeordnet sind.

**[0114]** „Retroreflektiv“ bedeutet die Eigenschaft aufzuweisen, dass schräg einfallendes Licht in eine Richtung reflektiert wird, die antiparallel zu der Einfallrichtung verläuft oder nahezu so, derart, dass ein Betrachter an oder nahe der Lichtquelle das reflektierte Licht wahrnehmen kann.

**[0115]** „Strukturiert“ bezeichnet bei Verwendung in Zusammenhang mit einer Oberfläche eine Oberfläche, die mehrere getrennte Flächen aufweist, welche in verschiedenen Ausrichtungen angeordnet sind.

**[0116]** „Symmetrieachse“ bezeichnet bei Verwendung in Zusammenhang mit einem Würfeckenelement den Vektor, der an der Würfeckenspitze seinen Ursprung hat und einen gleichen spitzen Winkel mit den drei Flächen des Würfeckenelements bildet. Sie wird mitunter auch als optische Achse des Würfeckenelements bezeichnet.

**[0117]** „Übergangslinie“ bezeichnet eine Linie oder ein anderes längliches Merkmal, welches konstituierende Flächen einer zusammengesetzten Fläche trennt.

**[0118]** „Abfallstücke“ bezeichnet Abschnitte des zusammengesetzten Substrats, die bei Verwendung der vorliegenden Herstellungsverfahren wegfallen.

**[0119]** Alle Patente und Patentanmeldungen, auf die in diesem Dokument Bezug genommen wird, werden diesem durch Bezugnahme einverleibt.

### Patentansprüche

1. Geometrische Struktur mit mehreren Flächen (**116a**, **116b**, **116c**, **126a**, **126b**, **126c**), die an einem zusammengesetzten Substrat (**82**) angeordnet sind, wobei das zusammengesetzte Substrat (**82**) ein bearbeitetes Substrat (**28**) und ein im Wesentlichen nachgebildetes Substrat (**70**) aufweist, wobei mindestens eine der Flächen (**126a**, **126b**, **126c**) an dem

bearbeiteten Substrat (**28**) angeordnet ist und mindestens eine der Flächen (**116a**, **116b**, **116c**) an dem nachgebildeten Substrat (**70**) angeordnet ist.

2. Geometrische Struktur nach Anspruch 1, wobei die geometrische Struktur ein Würfeckenelement (**132**, **134**) aufweist.

3. Geometrische Struktur nach Anspruch 1, wobei mindestens eine der Flächen eine zusammengesetzte Fläche aufweist, wobei ein Abschnitt (**126a**) der zusammengesetzten Fläche an dem bearbeiteten Substrat (**28**) und ein Abschnitt (**116a**) der zusammengesetzten Fläche an dem nachgebildeten Substrat (**70**) angeordnet ist.

4. Geometrische Struktur nach Anspruch 3, wobei der Abschnitt (**126a**) der zusammengesetzten Fläche an dem bearbeiteten Substrat (**28**) im Wesentlichen mit dem Abschnitt (**116a**) an dem nachgebildeten Substrat (**70**) ausgerichtet ist.

5. Geometrische Struktur nach Anspruch 3, wobei der Abschnitt (**126a**) der zusammengesetzten Fläche an dem bearbeiteten Substrat (**28**) und der Abschnitt (**116a**) an dem nachgebildeten Substrat (**70**) Winkelausrichtungen aufweisen, welche sich um weniger als 10 Bogengrad unterscheiden.

6. Geometrische Struktur nach Anspruch 3, wobei die zusammengesetzte Fläche eine Übergangslinie (**130**) aufweist, welche den Abschnitt (**126a**) an dem bearbeiteten Substrat (**28**) von dem Abschnitt (**116a**) an dem nachgebildeten Substrat (**70**) trennt.

7. Geometrische Struktur nach Anspruch 6, wobei die zusammengesetzte Fläche an einer nicht von zwei Flächen begrenzten Kante (**134a**) eines Würfeckenelements endet, und wobei die Übergangslinie (**130**) zu der nicht von zwei Flächen begrenzten Kante (**134a**) nicht parallel verläuft.

8. Geometrische Struktur nach Anspruch 1, wobei die geometrische Struktur ein Würfeckenelement aufweist, welches von oben gesehen einen Umriss aufweist, der aus der Gruppe von Gestalten, die aus einem Sechseck und einem Rechteck besteht, ausgewählt ist.

9. Form, aufweisend mehrere geometrische Strukturen gemäß Anspruch 1.

10. Form nach Anspruch 9, wobei die mehreren geometrischen Strukturen mehrere Würfeckenelemente (**132**, **134**) aufweisen.

11. Form nach Anspruch 10, wobei mindestens einige der mehreren Würfeckenelemente (**132**, **134**) PG-Würfeckenelemente sind.

12. Form nach Anspruch 10, wobei die mehreren Würfeckenelemente (**132**, **134**) Teil einer strukturierten Oberfläche sind, welche Kavitäten (**132**) aufweist, die in der nachgebildeten Oberfläche (**70**) ausgebildet sind, und Pyramiden (**134**), die mindestens zum Teil auf dem bearbeiteten Substrat (**28**) ausgebildet sind.

13. Form nach Anspruch 10, wobei mindestens einige der Würfeckenelemente (**132**, **134**) in entgegengesetzten Ausrichtungen angeordnet sind.

14. Form nach Anspruch 10, wobei mindestens einige der Würfeckenelemente (**132**, **134**) schräg sind und zusammenpassende Paare von Würfeckenelementen bilden.

15. Retroreflektierender Gegenstand, hergestellt durch mindestens eine Nachbildung aus der Form nach Anspruch 11.

16. Zusammengesetztes Substrat (**82**), aufweisend ein im Wesentlichen nachgebildetes Substrat (**70**), das eine strukturierte Oberfläche aufweist, und ein diskontinuierliches bearbeitetes Substrat (**58**), das nur einen Abschnitt der strukturierten Oberfläche bedeckt, wobei das zusammengesetzte Substrat auch mindestens eine geometrische Struktur aufweist, die mindestens eine Fläche (**116a**), welche an der strukturierten Oberfläche angeordnet ist, und mindestens eine andere Fläche (**126a**), die an dem bearbeiteten Substrat (**28**) angeordnet ist, aufweist.

17. Substrat nach Anspruch 16, wobei die geometrische Struktur ein Würfeckenelement aufweist, das eine Würfelhöhe aufweist, die nicht größer als etwa 1 mm ist, wobei die mindestens eine Fläche (**116a**) und die mindestens eine weitere Fläche (**126a**) auf entgegengesetzten Seiten einer Übergangslinie (**130**) angeordnet sind, die zu einer von zwei Flächen begrenzten Kante (**132a**) des Würfeckenelements (**132**) nicht parallel verläuft.

18. Substrat nach Anspruch 16, wobei die mindestens eine Fläche (**116a**) und die mindestens eine weitere Fläche (**126a**) auf entgegengesetzten Seiten einer Übergangslinie (**130**) angeordnet sind, wobei im Wesentlichen alle Übergangslinien parallel zu einer Bezugsebene verlaufen.

19. Substrat nach Anspruch 16, wobei die geometrische Struktur ein Würfeckenelement aufweist, das von oben gesehen einen Umriss aufweist, der aus der Gruppe von Gestalten, die aus einem Sechseck und einem Rechteck besteht, ausgewählt ist.

20. Zusammengesetztes Substrat, aufweisend ein im Wesentlichen nachgebildetes Substrat (**70**) und ein bearbeitetes Substrat (**28**), wobei das nachgebildete Substrat (**70**) eine strukturierte Oberfläche

aufweist und das bearbeitete Substrat (**28**) in getrennten Stücken (**58**) an der strukturierten Oberfläche angeordnet ist.

21. Zusammengesetztes Substrat nach Anspruch 20, wobei die strukturierte Oberfläche Kavitäten (**132**) aufweist und die getrennten Stücke mehrere Pyramiden (**134**) aufweisen, welche den Kavitäten (**132**) benachbart sind.

22. Zusammengesetztes Substrat nach Anspruch 21, wobei die Pyramiden (**134**) und die Kavitäten (**132**) Würfeckenelemente bilden, welchen eine symmetrische Eintrittswinkeligkeit zugeordnet ist.

23. Würfeckengegenstand, hergestellt durch mindestens eine Nachbildung von dem Substrat nach Anspruch 20.

24. Verfahren zum Herstellen einer geometrischen Struktur in einem Gegenstand, aufweisend die Schritte:

Bereitstellen eines zusammengesetzten Substrates (**82**), das eine strukturierte Oberfläche aufweist, die entlang einer inneren Grenzfläche (**92**) zwischen zwei Substraten (**28**, **70**) gebildet wird, und Formen von gerillten Seitenflächen in einer freiliegenden Oberfläche des zusammengesetzten Substrates (**82**), um eine geometrische Struktur zu bilden, wobei die geometrische Struktur einen Abschnitt der inneren Grenzfläche (**92**) und einen Abschnitt der gerillten Seitenflächen aufweist.

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die geometrische Struktur ein Würfeckenelement oder ein PG-Würfeckenelement aufweist.

26. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Schritt des Bereitstellens die Schritte aufweist:

Passivieren einer Oberfläche von mindestens einem der beiden Substrate; und selektives Entfernen von Abschnitten der passivierten Oberfläche.

27. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Schritt des Formens das Formen einer Anordnung von Würfeckenelementen (**132**, **134**) aufweist, wobei die Anordnung die geometrische Struktur aufweist.

28. Verfahren nach Anspruch 27, wobei mindestens einige der Würfeckenelemente (**132**, **134**) schräg und in entgegengesetzten Ausrichtungen angeordnet sind.

29. Verfahren nach Anspruch 24, weiterhin aufweisend das Formen von mindestens einer Bezugs- marken in mindestens einem der beiden Substrate.

30. Verfahren nach Anspruch 24, wobei sich die gerillten Seitenflächen entlang Achsen erstrecken, welche parallel zu einer gemeinsamen Ebene verlaufen.

31. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Schritt des Bereitstellens aufweist:  
Bereitstellen eines ersten Substrates;  
Formen mehrerer Flächen in einer ersten Oberfläche des ersten Substrates; und  
Formen eines zweiten Substrates über den mehreren Flächen als eine Nachbildung.

32. Verfahren nach Anspruch 31, wobei das Formen mehrerer Flächen in der ersten Oberfläche das Formen von mindestens zwei sich kreuzenden Sätzen von parallelen V-förmigen Rillen aufweist.

33. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Schritt des Formens von gerillten Seitenflächen getrennte Stücke **(94)** von einem der beiden Substrate an dem anderen Substrat erzeugt, wobei das Verfahren weiterhin den Schritt aufweist:  
Entfernen mindestens einiger der getrennten Stücke **(94)**, um Abschnitte der inneren Grenzfläche freizulegen.

34. Verfahren nach Anspruch 24, weiterhin aufweisend den Schritt:  
Nachbilden der geometrischen Struktur, um retroreflektierende Folien zu bilden.

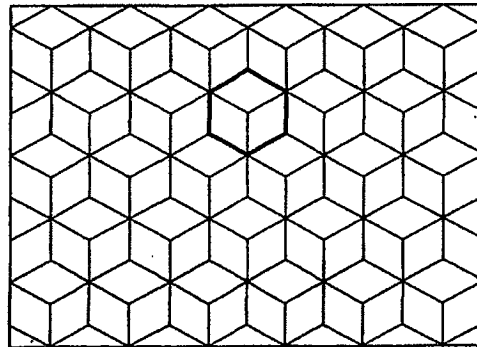
35. Verfahren nach Anspruch 24, wobei der Schritt des Formens von gerillten Seitenflächen den Schritt des Formens mehrerer geometrischer Strukturen aufweist, die aus der Gruppe bestehend aus dreiseitigen geometrischen Strukturen und vierseitigen geometrischen Strukturen ausgewählt sind.

36. Verfahren zum Herstellen eines Gegenstands mit einer strukturierten Oberfläche, der eine geometrische Struktur mit mehreren Flächen **(116a, 116b, 116c, 126a, 126b, 126c)** aufweist, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:  
Formen mehrerer Flächen in einer ersten Oberfläche eines bearbeiteten Substrates **(28)**,  
Formen eines nachgebildeten Substrates **(70)** des bearbeiteten Substrates **(28)**, um ein zusammengesetztes Substrat **(82)** zu bilden,  
Formen mehrerer Flächen in einer zweiten Oberfläche des bearbeiteten Substrates, die der ersten Oberfläche entgegengesetzt ist; und  
Entfernen von ausgewählten Abschnitten **(94)** des bearbeiteten Substrates **(28)**, um eine geometrische Struktur zu bilden, welche mindestens eine erste Fläche **(126a)**, die an dem bearbeiteten Substrat angeordnet ist, und mindestens eine zweite Fläche **(116a)**, die an dem nachgebildeten Substrat angeordnet ist, aufweist.

37. Verfahren nach Anspruch 36, wobei die geometrische Struktur eine aus mehreren geometrischen Strukturen ist, wovon jede ein Würfeckenelement **(132, 134)** aufweist, wobei mindestens einige der Würfeckenelemente in entgegengesetzten Ausrichtungen angeordnet sind.

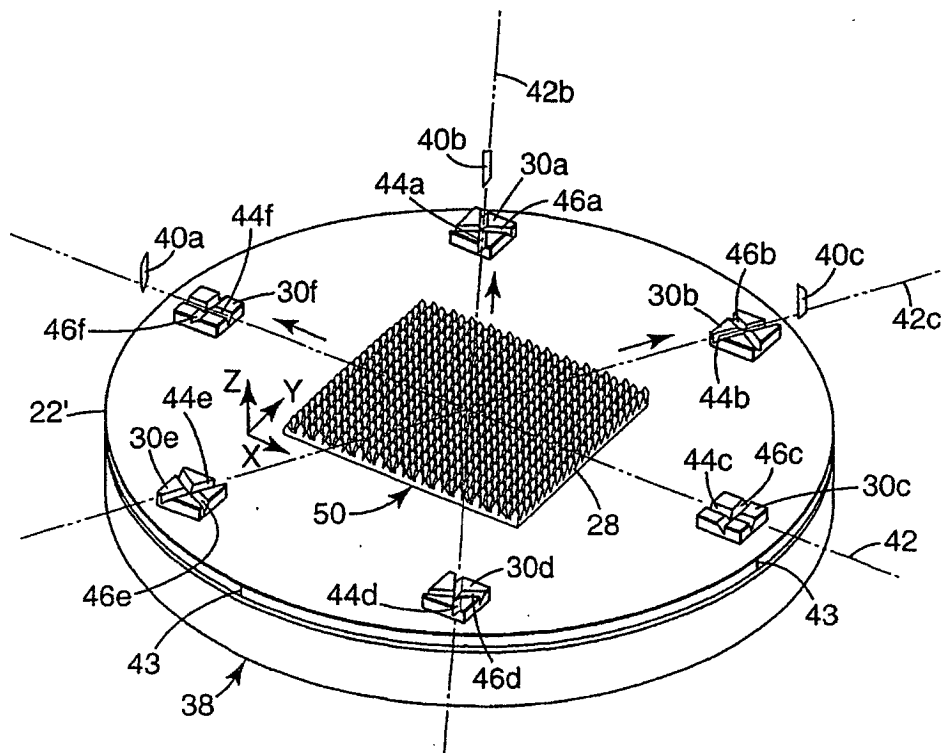
Es folgen 13 Blatt Zeichnungen



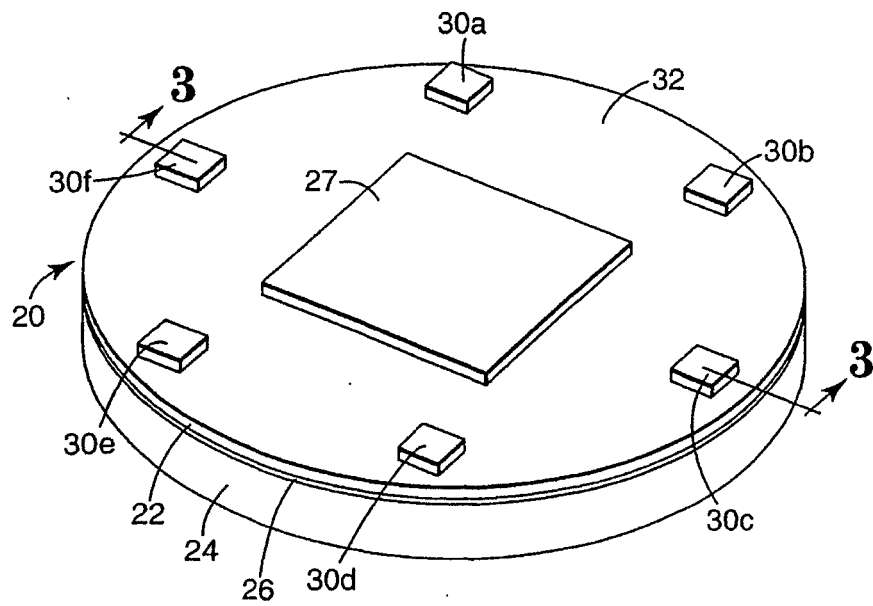


**Fig. 1**

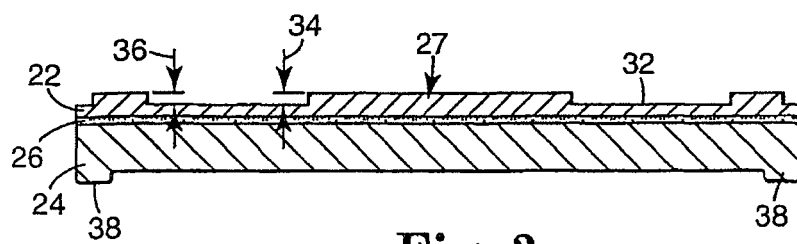
STAND DER TECHNIK



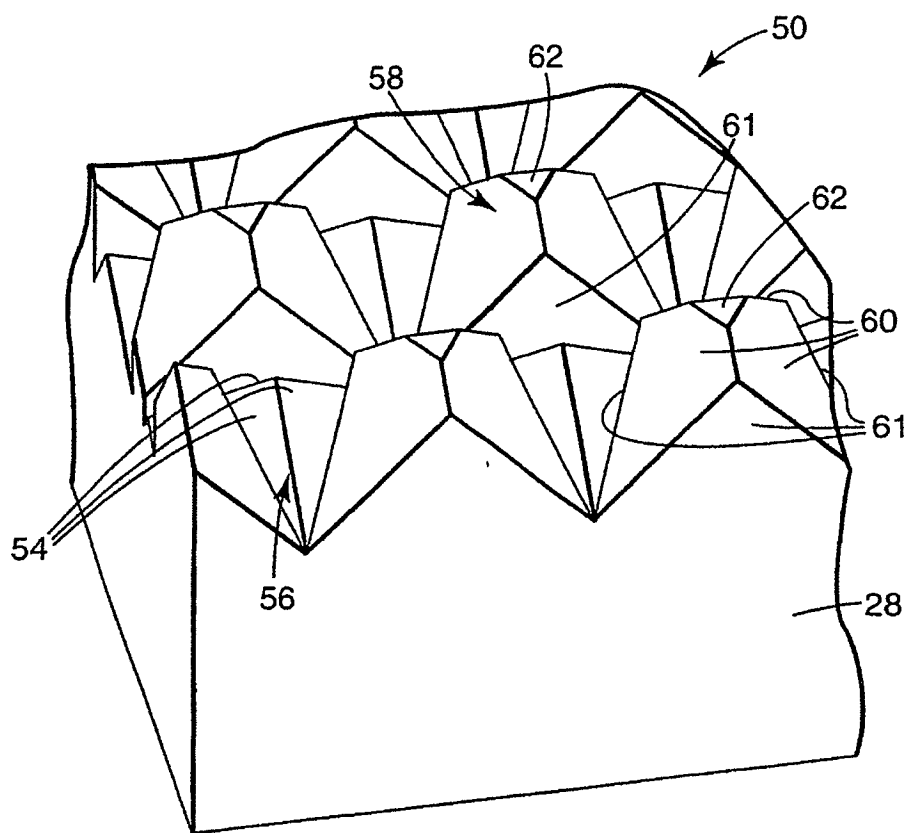
**Fig. 4**



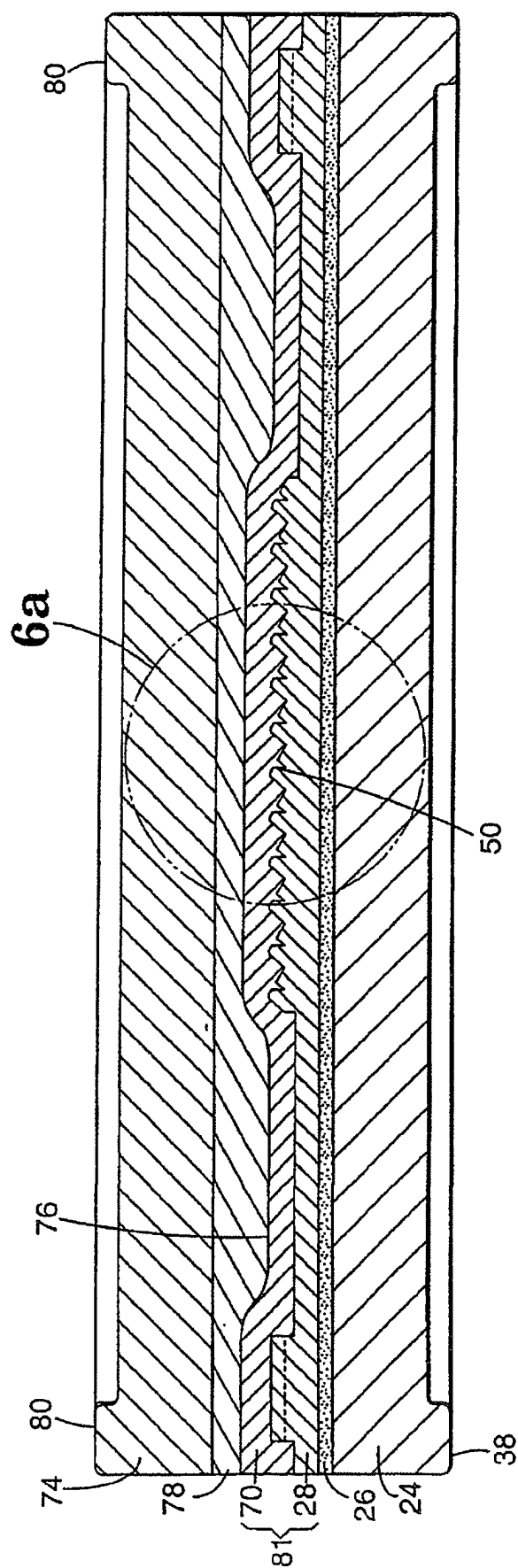
**Fig. 2**



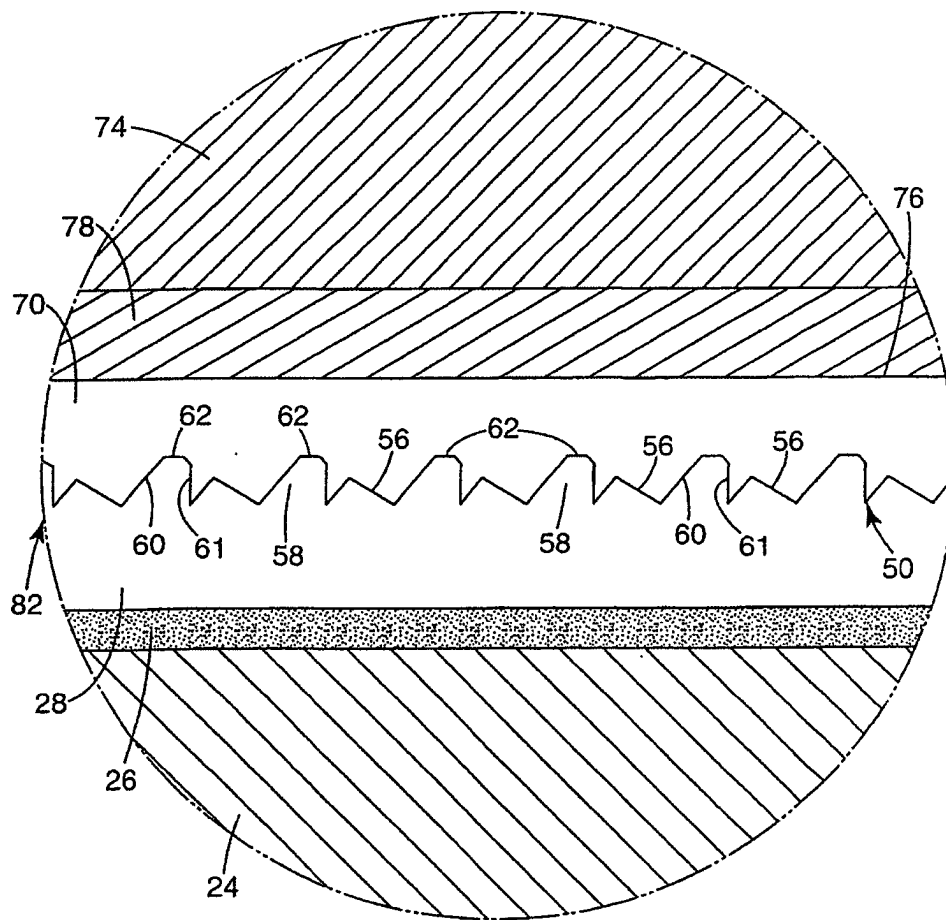
**Fig. 3**



**Fig. 5**

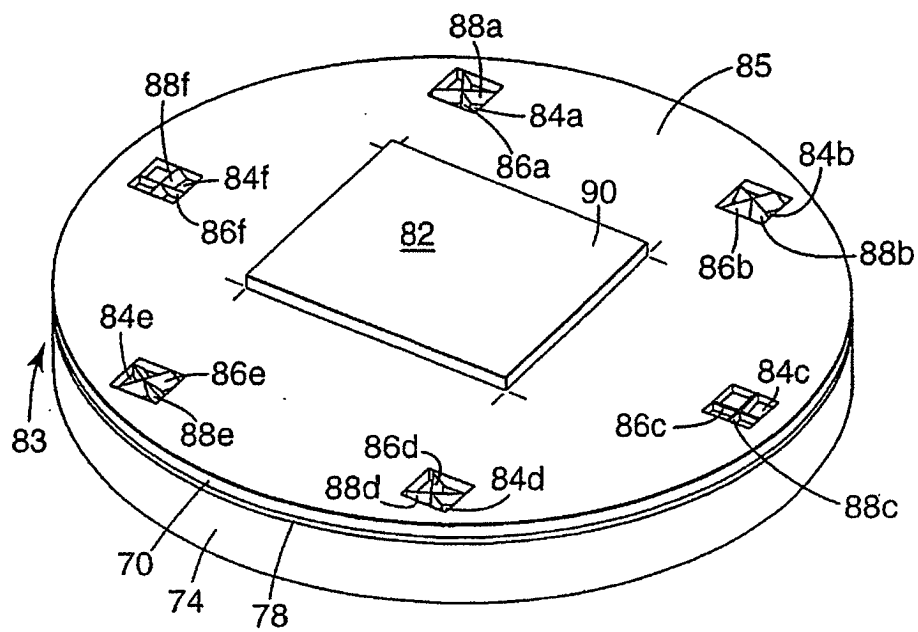
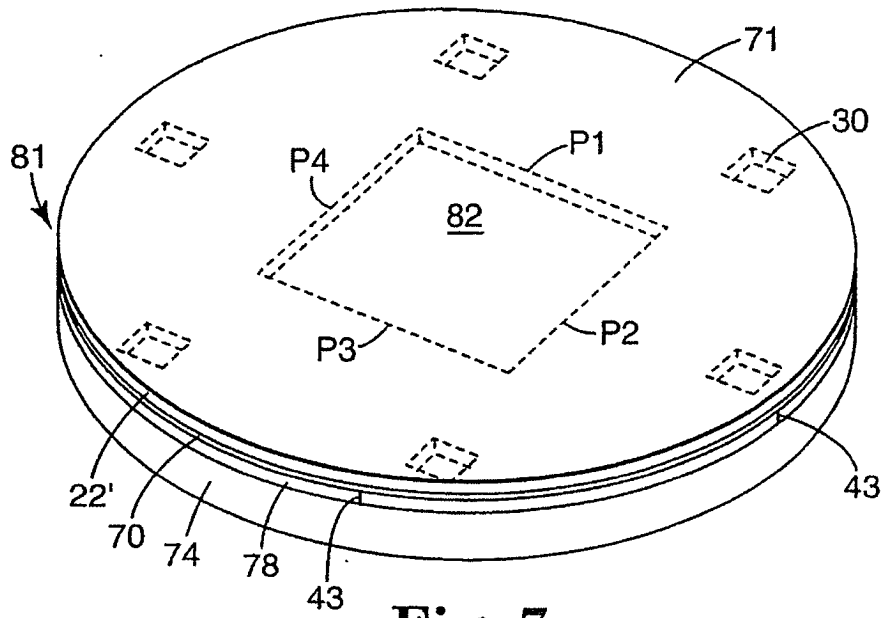


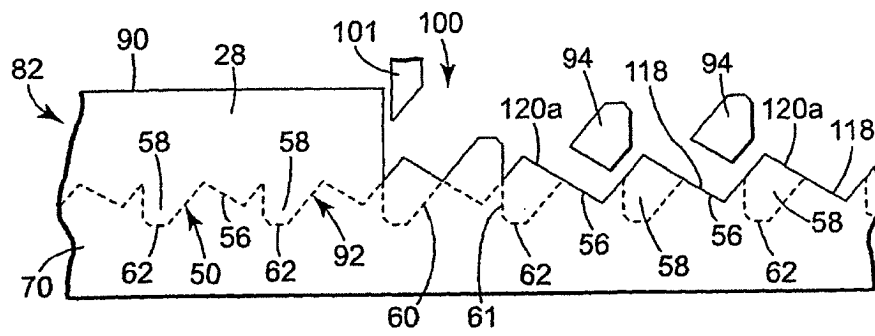
**Fig. 6**



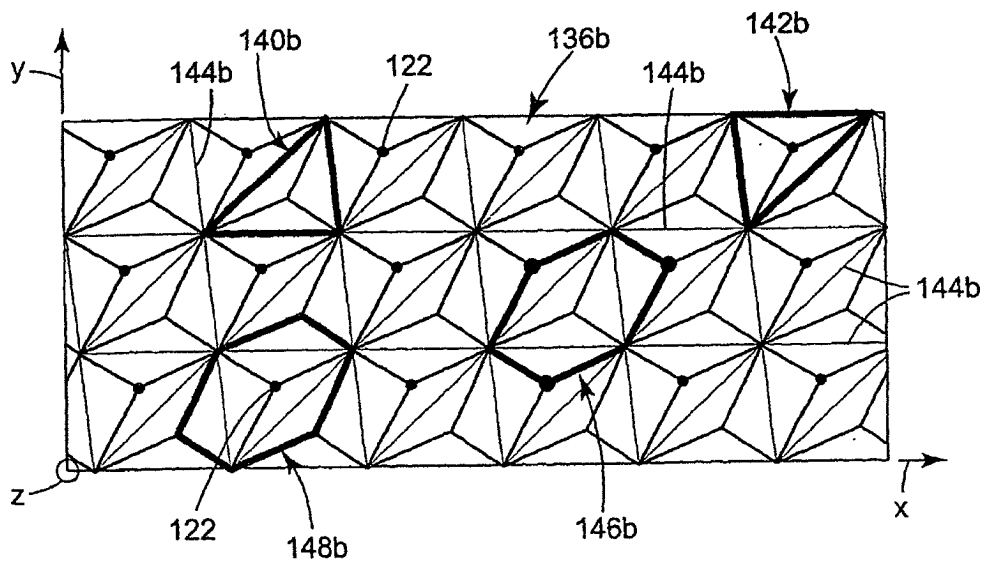
**Fig. 6a**



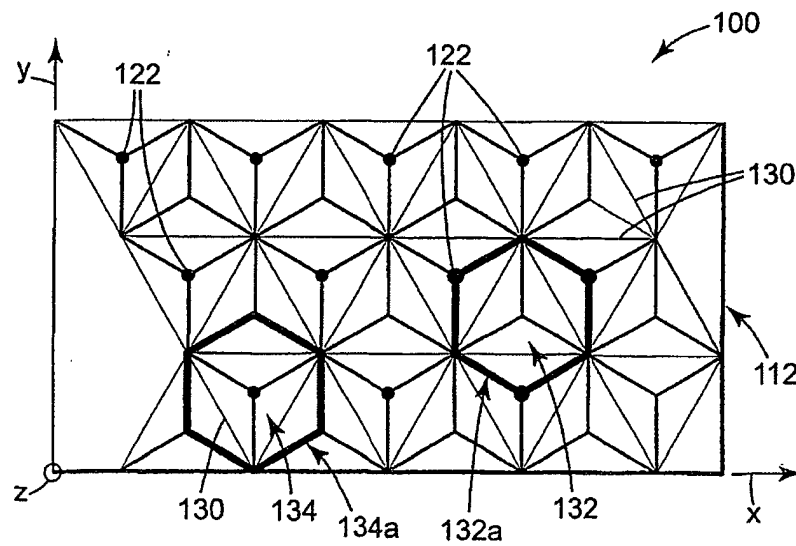
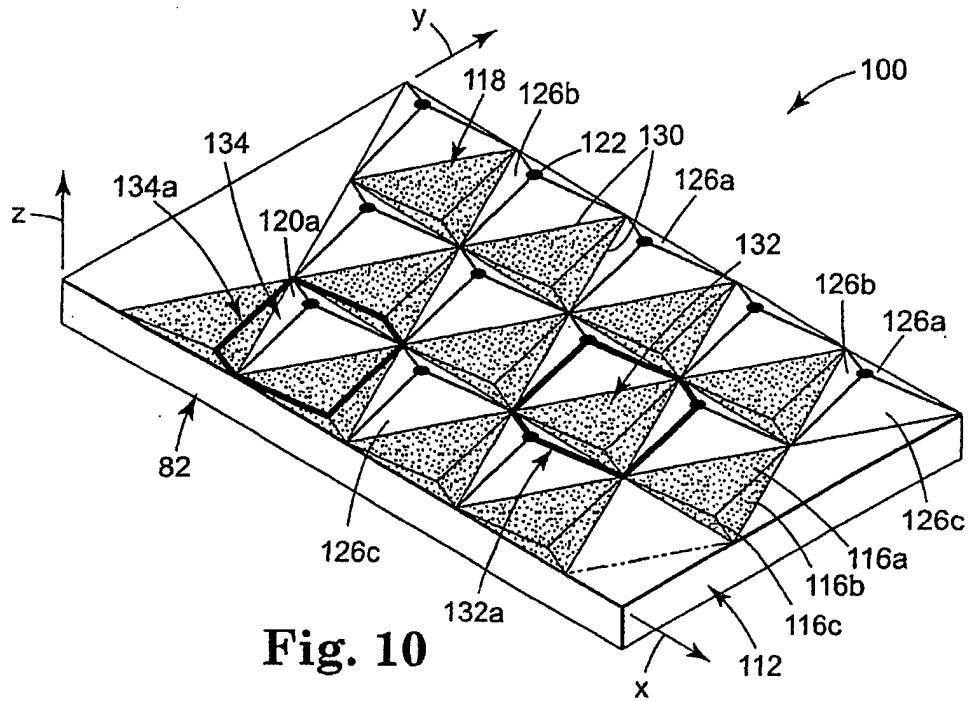


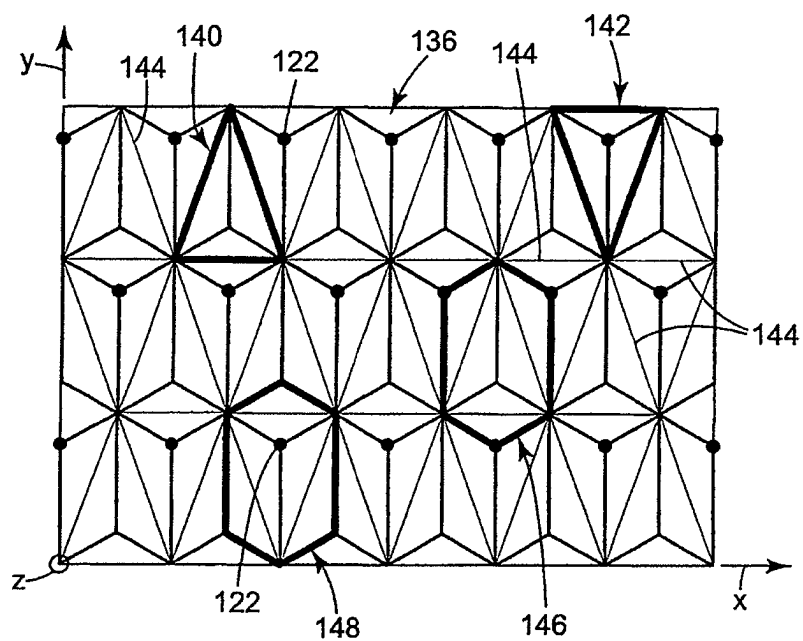


**Fig. 9**

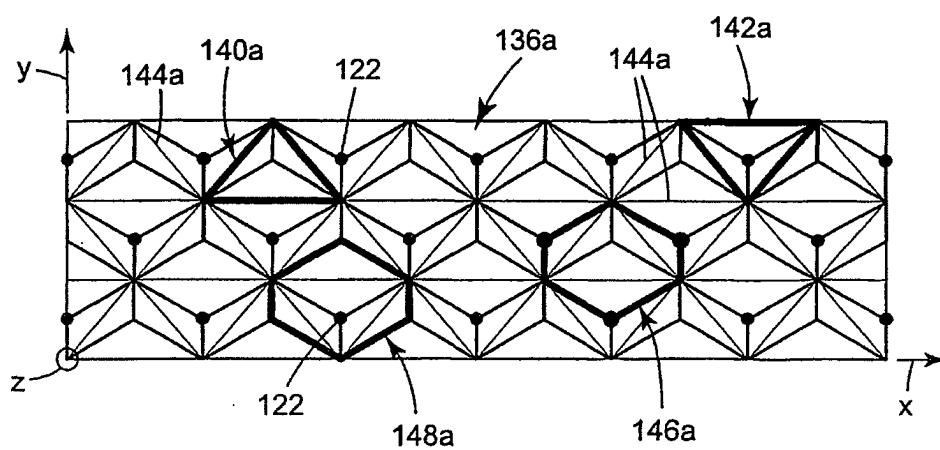


**Fig. 14**

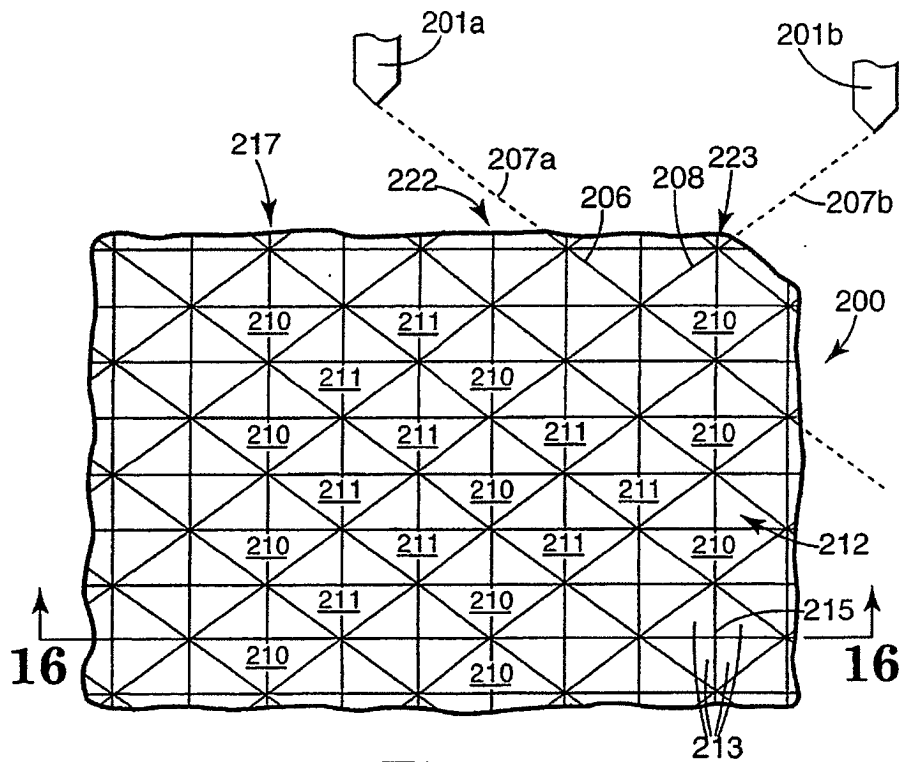




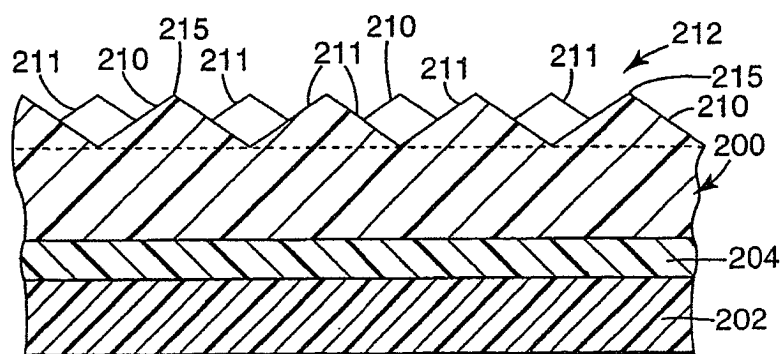
**Fig. 12**



**Fig. 13**

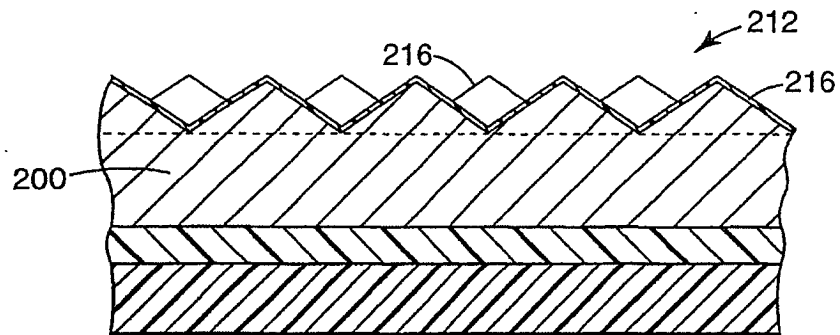


**Fig. 15**

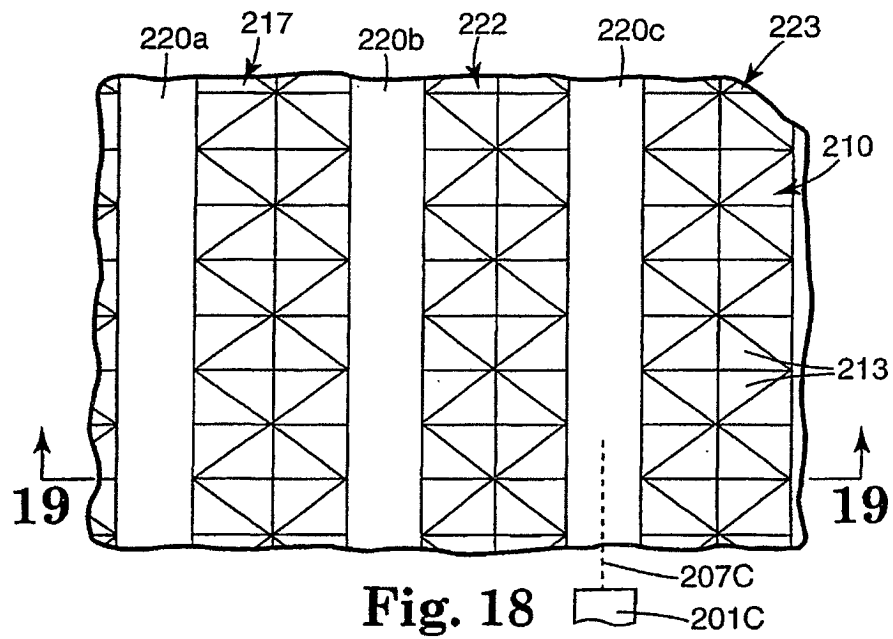


**Fig. 16**

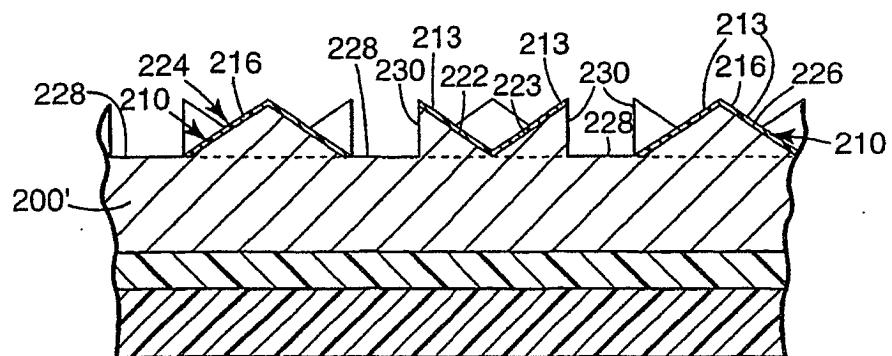




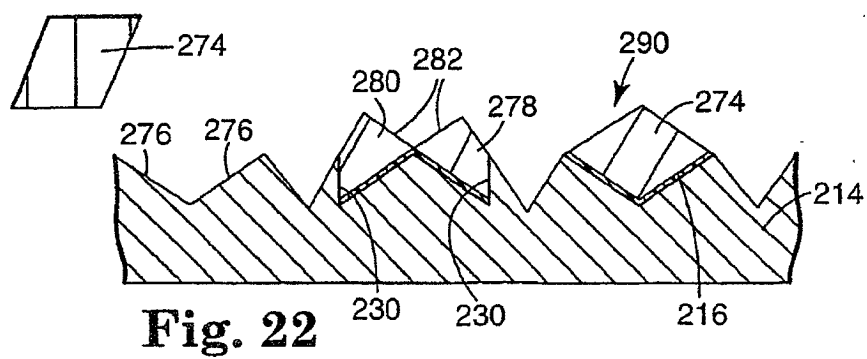
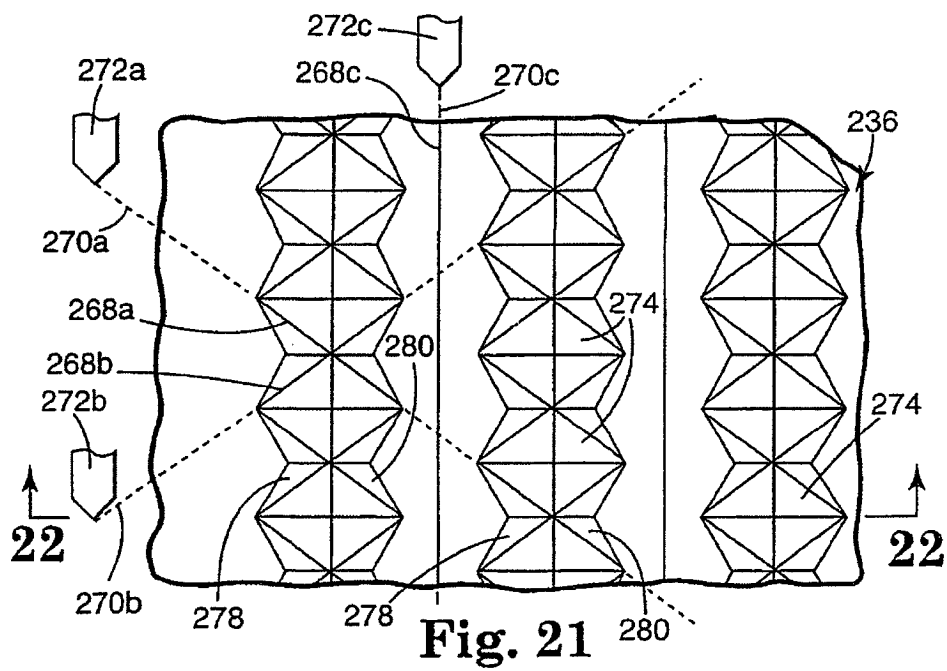
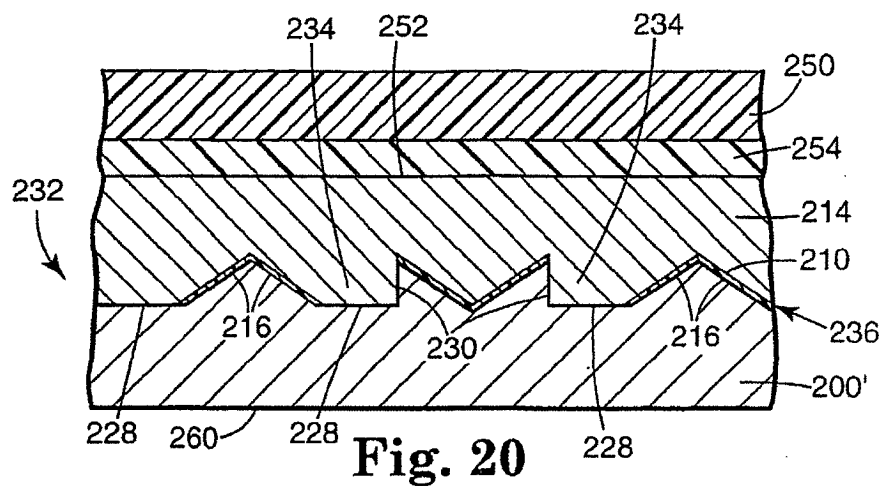
**Fig. 17**

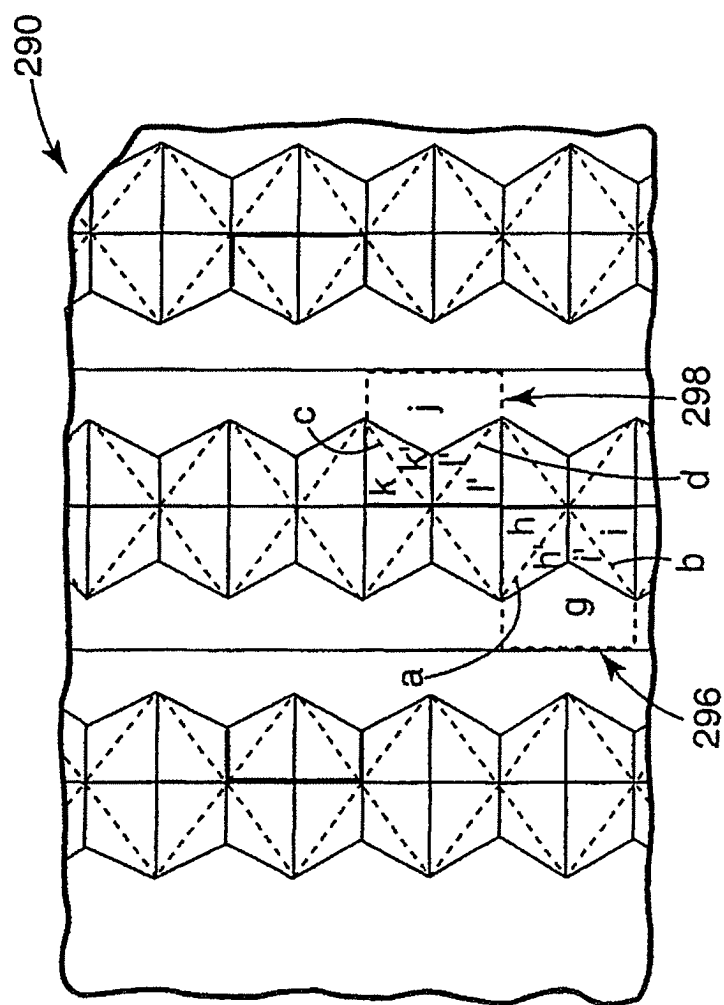


**Fig. 18**



**Fig. 19**





**Fig. 23**