



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 28 070 T2 2005.12.08

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 017 557 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 28 070.9

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US98/12459

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 930 255.9

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 99/001275

(86) PCT-Anmeldetag: 12.06.1998

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 14.01.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 12.07.2000

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 08.12.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 08.12.2005

(51) Int Cl.⁷: B29D 11/00

G02B 5/124, B29C 33/38, B29C 33/42

(30) Unionspriorität:

886074 02.07.1997 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

Minnesota Mining and Mfg. Co., St. Paul, Minn., US

(72) Erfinder:

ERWIN, L., Robert, Saint Paul, US; BENSON, M.,
Gerald, Saint Paul, US; SMITH, L., Kenneth, Saint
Paul, US; LUTTRELL, E., Dan, Saint Paul, US

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: FORM FÜR WÜRFELECKENBAHNEN UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, 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**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein für die Verwendung bei der Formung retroreflektiven Würfeleckenbahnenmaterials geeignete Formen und Verfahren für ihre Herstellung. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere aus mehreren dünnen Plättchen geformte Formen und Verfahren für ihre Herstellung.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Retroreflektierende Materialien sind durch die Fähigkeit gekennzeichnet, daß sie auf sie einfallendes Licht zur aussendenden Lichtquelle zurückreflektieren. Diese Eigenschaft hat zur weit verbreiteten Verwendung retroreflektierenden Bahnenmaterials bei einer Vielzahl von Anwendungen geführt, bei denen es um gute Sichtbarkeit geht. Retroreflektierendes Bahnenmaterial wird häufig auf flachen, steifen Gegenständen wie beispielsweise Straßenschildern und -absperrungen verwendet, aber auch auf unregelmäßigen oder flexiblen Oberflächen. Retroreflektierendes Bahnenmaterial kann beispielsweise auf die Seite eines LKW-Anhängers geklebt werden, wobei das Bahnenmaterial über Riffelungen und vorstehende Niete verlaufen muß, oder es kann an einen Abschnitt eines flexiblen Körpers wie der Sicherheitsweste eines Straßenarbeites oder anderer derartiger Sicherheitsbekleidung geklebt werden. Bei Situationen, in denen die darunterliegende Oberfläche unregelmäßig oder flexibel ist, ist das retroreflektierende Bahnenmaterial vorzugsweise dazu in der Lage, sich ohne Verluste bei der Reflexionsleistung an die darunterliegende Oberfläche anzupassen. Retroreflektierendes Bahnenmaterial wird außerdem häufig in Rollenform verpackt und verschickt, weshalb es ausreichend flexibel sein muß, damit es um einen Kern gewickelt werden kann.

[0003] Zwei bekannte Arten retroreflektierenden Bahnenmaterials sind auf Mikrokügelchen basierendes Bahnenmaterial und Würfeleckenbahnenmaterial. Auf Mikrokügelchen basierendes Bahnenmaterial, das manchmal als "mit Kügelchen versehenes" Bahnenmaterial bezeichnet wird, verwendet eine Vielzahl von Mikrokügelchen, die in der Regel zumindest teilweise in eine Bindemittelschicht eingebettet sind und damit verbundene, spiegelnd oder diffus reflektierende Materialien (z. B. Pigmentteilchen, Metallplättchen oder Aufdampfschichten usw.) aufweisen, die einfallendes Licht zurückreflektieren. Anschauungsbeispiele werden in den US-Patenten Nr. 3,190,178 (McKenzie), 4,025,159 (McGrath) und 5,066,098 (Kult) offen gelegt. Auf Mikrokügelchen basierendes Bahnenmaterial kann vorteilhafterweise im allgemeinen auf gewellte oder flexible Oberflächen geklebt werden. Aufgrund der symmetrischen Geometrie von mit Kügelchen versehenen Reflektoren weist auf Mikrokügelchen basierendes Bahnenmaterial auch einen relativ gleichmäßig ausgerichteten Lichtgesamtrücklauf auf, wenn es um eine zu seiner Oberfläche senkrechte Achse gedreht wird. Daher ist solches auf Mikrokügelchen basierendes Bahnenmaterial relativ unempfindlich hinsichtlich der Ausrichtung, in der es auf einer Oberfläche angeordnet ist. Solches Bahnenmaterial weist jedoch im allgemeinen einen geringeren Retroreflexionswirkungsgrad auf als Würfeleckenbahnenmaterial.

[0004] Retroreflektierendes Würfeleckenbahnenmaterial weist einen Körperabschnitt auf, der in der Regel eine im wesentlichen planare Grundfläche und gegenüber der Grundfläche eine strukturierte Oberfläche mit mehreren Würfeleckenelementen besitzt. Jedes Würfeleckenelement weist drei zueinander im wesentlichen senkrecht verlaufende optische Flächen auf, die sich an einem Bezugspunkt oder Scheitelpunkt schneiden. Die Basis des Würfeleckenelements fungiert als Apertur, durch die Licht in das Würfeleckenelement geleitet wird. Beim Gebrauch wird auf die Grundfläche des Bahnenmaterials einfallendes Licht dort reflektiert, durch die Basis der auf dem Bahnenmaterial angeordneten Würfeleckenelemente geleitet, von jeder der drei senkrechten optischen Würfeleckenflächen reflektiert und zur Lichtquelle umgelenkt. Die Symmetrieachse eines Würfeleckenelements, die auch als optische Achse bezeichnet wird, ist die Achse, die sich durch den Würfelecken-Scheitelpunkt erstreckt und mit den drei optischen Flächen des Würfeleckenelements den gleichen Winkel bildet. Würfeleckenelemente weisen in der Regel bei ungefähr entlang der optischen Achse auf die Basis des Elements einfallendem Licht den höchsten optischen Wirkungsgrad auf. Die von einem Würfeleckenreflektor zurückreflektierte Lichtmenge verringert sich, je weiter der Einfallswinkel von der optischen Achse abweicht.

[0005] Der maximale Retroreflexionswirkungsgrad von retroreflektierendem Würfeleckenbahnenmaterial ist eine Funktion der Geometrie der Würfeleckenelemente auf der strukturierten Oberfläche des Bahnenmaterials. Die Begriffe "aktiver Bereich" und "effektive Apertur" werden in der Würfelecken-Technik dazu verwendet, den Abschnitt eines Würfeleckenelements zu beschreiben, der auf die Basis des Elements einfallendes Licht zurückreflektiert. Eine ausführliche Lehre hinsichtlich der Bestimmung der aktiven Apertur für einen Würfelecken-elementaufbau liegt außerhalb des Schutzbereiches der vorliegenden Offenlegungsschrift. Eine Vorgehens-

weise für das Bestimmen der effektiven Apertur einer Würfeleckengeometrie wird in Eckhardt, Applied Optics, Bd. 10, Nr. 7, Juli 1971, S. 1559–1566, vorgestellt. Das US-Patent 835,648 an Straubel erläutert ebenso das Konzept der effektiven Apertur. Bei einem bestimmten Einfallswinkel kann der aktive Bereich durch den topologischen Schnittpunkt der Projektion der drei Würfeleckenflächen auf eine Ebene, die senkrecht zum gebrochenen einfallenden Licht verläuft, mit der Projektion der Bildoberflächen für die dritten Reflexionen auf die gleiche Ebene bestimmt werden. Der Begriff "Prozent aktiver Bereich" wird dann definiert als der aktive Bereich geteilt durch den Gesamtbereich der Projektion der Würfeleckenflächen. Der Retroreflexionswirkungsgrad von retroreflektierendem Bahnenmaterial steht in direkter Korrelation zum prozentualen Anteil des aktiven Bereichs der Würfeleckenelemente auf dem Bahnenmaterial.

[0006] Die optischen Eigenschaften des Retroreflexionsmusters von retroreflektierendem Bahnenmaterial sind zum Teil eine Funktion der Geometrie der Würfeleckenelemente. Die Verzerrungen bei der Geometrie der Würfeleckenelemente kann daher entsprechende Verzerrungen bei den optischen Eigenschaften des Bahnenmaterials verursachen. Um eine unerwünschte physische Verformung zu unterbinden, werden Würfeleckenelemente von retroreflektierendem Bahnenmaterial in der Regel aus einem Material mit einem relativ hohen Elastizitätsmodul hergestellt, der so hoch ist, daß er die physische Verzerrung der Würfeleckenelemente während des Biegens oder elastomeren Dehnens des Bahnenmaterials verhindert. Wie oben erläutert ist es häufig wünschenswert, daß retroreflektierendes Bahnenmaterial ausreichend flexibel ist, damit es auf ein Substrat geklebt werden kann, das gewellt oder selbst flexibel ist, oder damit es zu einer Rolle aufgewickelt werden kann, um Lagerung und Versand zu erleichtern.

[0007] Retroreflektierendes Würfeleckenbahnenmaterial wird hergestellt, indem man zunächst eine Urform herstellt, die ein Negativ oder ein Positiv einer Würfeleckenelement-Sollgeometrie aufweist. Die Form kann durch galvanisches Vernickeln, chemische Aufdampfung oder Vakuumaufdampfen repliziert werden, um Werkzeuge für das Formen von retroreflektierendem Würfeleckenbahnenmaterial herzustellen. Das US-Patent Nr. 5,156,863 an Prcone et al. liefert einen erläuternden Überblick über einen Prozeß für das Formen von Werkzeugen, die bei der Herstellung von retroreflektierendem Würfeleckenbahnenmaterial verwendet werden. Zu bekannten Verfahren für die Herstellung der Urform gehören Stabbündeltechniken, Direktbearbeitungstechniken und Laminattechniken. Jede dieser Techniken weist Vorteile und Einschränkungen auf.

[0008] Bei Stabbündeltechniken werden mehrere Stäbe, die jeweils an einem Ende eine geometrische Form besitzen, zusammengesetzt, so daß sie eine retroreflektierende Würfeleckenoberfläche bilden. Die US-Patente Nr. 1,591,572 (Stimson), 3,926,402 (Heenan), 3,541,606 (Heenan et al.) und 3,632,695 (Howell) liefern Anschauungsbeispiele. Stabbündeltechniken bieten die Möglichkeit der Herstellung einer großen Vielfalt von Würfeleckengeometrien in einer einzigen Form. Stabbündeltechniken sind jedoch für das Herstellen von kleinen Würfeleckenelementen (z. B. kleiner als 1,0 Millimeter) wirtschaftlich und technisch unpraktikabel.

[0009] Bei Direktbearbeitungstechniken wird in einem einheitlichen Substrat eine Reihe von Nuten gebildet, die eine retroreflektierende Würfeleckenoberfläche bilden. Die US-Patente Nr. 3,712,706 (Stamm) und 4,588,258 (Hoopman) liefern Anschauungsbeispiele. Direktbearbeitungstechniken bieten die Möglichkeit, sehr kleine, mit flexiblem retroreflektierendem Bahnenmaterial kompatibile Würfeleckenelemente genau zu bearbeiten. Es ist jedoch gegenwärtig nicht möglich, mit Direktbearbeitungstechniken bestimmte Würfeleckengeometrien herzustellen, die sehr große effektive Aperturen bei geringen Eintrittswinkeln besitzen. Der maximale theoretische Lichtgesamtrücklauf des in US-Patent Nr. 3,712,706 abgebildeten Würfeleckenelements beträgt beispielsweise ungefähr 67%.

[0010] Bei Laminattechniken werden mehrere Plättchen, die jeweils an einem Ende geometrische Formen besitzen, zusammengesetzt, so daß sie eine retroreflektierende Würfeleckenoberfläche bilden. Die vorläufige deutsche Schrift (OS) 19 17 292 und die internationalen Patente WO 94/18581 (Bohn et al.), WO 97/04939 (Mimura et al.), und WO 97/04940 (Mimura et al.) legen einen geformten Reflektor offen, wobei auf mehreren Platten eine mit Nuten versehene Oberfläche gebildet wird. Die Platten werden dann um einen bestimmten Winkel gekippt, und jede zweite Platte wird quer verschoben. Durch diesen Prozeß entstehen mehrere Würfeleckenelemente, von denen jedes durch zwei bearbeitete Oberflächen auf einer ersten Platte und eine Seitenfläche auf einer zweiten Platte gebildet wird. Das deutsche Patent DE 42 36 799 an Gubela legt ein Verfahren für das Herstellen eines Formwerkzeugs mit einer würfelförmigen Oberfläche für die Herstellung von Würfelecken offen. In einer ersten Richtung wird über die gesamte Länge einer Kante eines Bandes eine schräge Oberfläche geschliffen oder geschnitten. Dann werden in einer zweiten Richtung mehrere Kerben gebildet, damit auf dem Band Würfeleckenreflektoren entstehen. Schließlich werden vertikal in den Seiten des Bandes mehrere Kerben gebildet. Das vorläufige deutsche Patent 44 10 994 C2 an Gubela ist ein verwandtes Patent. Die in dem Patent 44 10 994 C2 offengelegten Reflektoren sind dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexions-

flächen eine konkave Krümmung aufweisen.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0011] Die vorliegende Erfindung betrifft das Bereitstellen einer Urform, die für die Verwendung beim Formen retroreflektierenden Bahnenmaterials aus mehreren Plättchen geeignet ist, und Verfahren für ihre Herstellung. Gemäß den hier offengelegten Verfahren hergestellte Urformen ermöglichen vorteilhafterweise die Herstellung von retroreflektierendem Würfeleckenbahnenmaterial, das einen Retroreflexionswirkungsgrad aufweist, der nahe bei 100% liegt. Um die Herstellung von flexiblem retroreflektierendem Bahnenmaterial zu erleichtern, ermöglichen die offengelegten Verfahren die Herstellung von retroreflektierenden Würfeleckenelementen mit einer Breite von 0,010 Millimetern oder weniger. Außerdem ermöglicht die vorliegende Anmeldung die Herstellung eines retroreflektierenden Würfeleckenbahnenmaterials, das eine symmetrische Reflexionsleistung in mindestens zwei verschiedenen Ausrichtungen aufweist.

[0012] Effiziente, kosteneffektive Verfahren für das Herstellen von Formen aus mehreren Plättchen werden ebenfalls offengelegt. Insbesondere wird eine Reduzierung der Anzahl der für die Herstellung einer vorgegebenen Dichte von Würfeleckenelementen in einem Bahnenmaterial notwendigen Plättchen offengelegt, wodurch die mit der Herstellung solcher Formen verbundene Zeit und die damit verbundenen Kosten reduziert werden.

[0013] Bei einer Ausführungsform wird gemäß Anspruch 1 ein Plättchen bereitgestellt, das sich für die Verwendung bei einer Form für die Verwendung bei der Formung retroreflektierender Würfeleckenartikel eignet.

[0014] Die drei zueinander senkrechten optischen Flächen jedes Würfeleckenelements werden vorzugsweise auf einem einzigen Plättchen gebildet. Alle drei optischen Flächen werden vorzugsweise durch den Bearbeitungsprozeß gebildet, um eine optische Qualität der Oberflächen sicherzustellen. Während und nach der Bearbeitungsphase wird vorzugsweise zwischen benachbarten ersten und zweiten Hauptoberflächen eine planare Grenzfläche beibehalten, um Ausrichtungsprobleme und Schäden durch den Umgang mit den Plättchen zu minimieren.

[0015] Es werden auch Verfahren für die Herstellung eines Plättchens für die Verwendung in einer Form nach den Ansprüchen 13 und 14 offengelegt.

[0016] Es wird weiterhin eine Formbaugruppe nach Anspruch 10 offengelegt.

[0017] Außerdem wird ein in Anspruch 17 definiertes Verfahren für die Herstellung mehrerer Plättchen für die Verwendung bei einer für die Verwendung bei der Formung retroreflektierender Würfeleckenartikel geeigneten Form offengelegt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] [Fig. 1](#) ist eine Perspektivansicht eines einzelnen Plättchens, das sich für die Verwendung bei den offengelegten Verfahren eignet.

[0019] [Fig. 2](#) ist eine Seitenansicht eines einzelnen Plättchens nach einem ersten Bearbeitungsschritt.

[0020] [Fig. 3](#) ist eine Seitenansicht eines einzelnen Plättchens nach einem zweiten Bearbeitungsschritt.

[0021] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht eines einzelnen Plättchens von oben nach einem ersten Bearbeitungsschritt.

[0022] [Fig. 5](#) ist eine Seitenansicht eines einzelnen Plättchens nach einem zweiten Bearbeitungsschritt.

[0023] [Fig. 6](#) ist eine Seitenansicht eines einzelnen Plättchens nach einem zweiten Bearbeitungsschritt.

[0024] [Fig. 7](#) ist eine Ansicht eines einzelnen Plättchens von oben nach einem zweiten Bearbeitungsschritt.

[0025] [Fig. 8](#) ist eine Perspektivansicht eines einzelnen Plättchens nach einem zweiten Bearbeitungsschritt.

[0026] [Fig. 9](#) ist eine Seitenansicht eines einzelnen Plättchens nach einem dritten Bearbeitungsschritt.

- [0027] [Fig. 10](#) ist eine Seitenansicht eines einzelnen Plättchens nach einem dritten Bearbeitungsschritt.
- [0028] [Fig. 11](#) ist eine Ansicht eines einzelnen Plättchens von oben nach einem dritten Bearbeitungsschritt.
- [0029] [Fig. 12](#) ist eine Perspektivansicht eines einzelnen Plättchens nach einem dritten Bearbeitungsschritt.
- [0030] [Fig. 13](#) ist eine Ansicht einer alternativen Ausführungsform eines einzelnen Plättchens von oben nach einem dritten Bearbeitungsschritt.
- [0031] [Fig. 14](#) ist eine Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform eines einzelnen Plättchens nach einem dritten Bearbeitungsschritt.
- [0032] [Fig. 15](#) ist eine Seitenansicht einer alternativen Ausführungsform eines einzelnen Plättchens nach einem dritten Bearbeitungsschritt.
- [0033] [Fig. 16](#) ist eine Perspektivansicht mehrerer Plättchen.
- [0034] [Fig. 17](#) ist eine Seitenansicht der mehreren in einer ersten Ausrichtung ausgerichteten Plättchen.
- [0035] [Fig. 18](#) ist eine Seitenansicht der mehreren Plättchen nach einem ersten Bearbeitungsvorgang.
- [0036] [Fig. 19](#) ist eine Seitenansicht der mehreren Plättchen nach einem ersten Bearbeitungsvorgang.
- [0037] [Fig. 20](#) ist eine Seitenansicht der mehreren in einer zweiten Ausrichtung ausgerichteten Plättchen.
- [0038] [Fig. 21](#) ist eine Seitenansicht der mehreren Plättchen nach einem zweiten Bearbeitungsvorgang.
- [0039] [Fig. 22](#) ist eine Seitenansicht der mehreren Plättchen nach einem zweiten Bearbeitungsvorgang.
- [0040] [Fig. 23](#) ist eine Seitenansicht der mehreren Plättchen nach einem dritten Bearbeitungsvorgang.
- [0041] [Fig. 24](#) ist eine Ansicht der mehreren Plättchen von oben nach einem dritten Bearbeitungsvorgang.
- [0042] [Fig. 25](#) ist eine Draufsicht auf einen Abschnitt der Arbeitsfläche eines einzelnen Plättchens.
- [0043] [Fig. 26](#) ist eine Seitenansicht der in [Fig. 25](#) abgebildeten Arbeitsfläche.
- [0044] [Fig. 27](#) ist eine Seitenansicht der in [Fig. 25](#) abgebildeten Arbeitsfläche.

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0045] Zum Zwecke der Übersichtlichkeit wird bei der Beschreibung verschiedener Ausführungsformen eine spezifische Terminologie verwendet. Diese Terminologie soll jedoch nicht als Einschränkung betrachtet werden und ist so zu verstehen, daß in jedem gewählten Begriff alle ähnlich funktionierenden technischen Äquivalente enthalten sind. Zu am gleichen Tag eingereichten verwandten Anmeldungen gehören: "Retroreflective Cube Corner Sheeting Mold and Sheeting Formed Therefrom" (US-PS lfd. Nr. 08/886998), "Retroreflective Cube Corner Sheeting, Molds Therefore, and Methods of Making the Same" (US-PS lfd. Nr. 08/887390), "Tiled Retroreflective Sheeting Composed of Highly Canted Cube Corner Elements" (US-PS lfd. Nr. 08/887389), "Retroreflective Cube Corner Sheeting Mold and Method of Making the Same" (US-PS lfd. Nr. 08/887074) und "Dual Orientation Retroreflective Sheeting" (US-PS lfd. Nr. 08/887006).

[0046] Bei den offengelegten Ausführungsformen können ganze Würfeleckenelemente in einer Vielzahl von Größen und Formen verwendet werden. Die Grundkanten benachbarter ganzer Würfeleckenelemente in einem Array liegen nicht alle in der gleichen Ebene. Im Gegensatz dazu sind die Grundkanten benachbarter abgestumpfter Würfeleckenelemente in einem Array in der Regel koplanar. Ganze Würfeleckenelemente weisen einen höheren Lichtgesamtrücklauf auf als abgestumpfte Würfeleckenelemente bei einem gegebenen Schräglightsgrad, sie führen jedoch bei höheren Eintrittswinkeln schneller zu Verlusten beim Lichtgesamtrücklauf. Ein Vorteil ganzer Würfeleckenelemente besteht in einem höheren Lichtgesamtrücklauf bei niedrigen Eintrittswinkeln, wobei der Leistungsverlust bei höheren Eintrittswinkeln nicht zu groß ist.

[0047] Der vorausgesagte Lichtgesamtrücklauf (TLR = Total Light Return) für ein Array aus aufeinander abgestimmten Würfeleckenpaaren lässt sich aus der Kenntnis des prozentualen Anteils des aktiven Bereiches und der Strahlenintensität berechnen. Die Strahlenintensität eines zurückreflektierten Strahls kann durch Verluste an der Vorderfläche und durch Reflexion von jeder der drei Würfeleckenoberflächen reduziert sein. Der Lichtgesamtrücklauf ist als das Produkt aus dem prozentualen Anteil des aktiven Bereichs und der Strahlenintensität oder ein prozentualer Anteil des einfallenden Gesamtlichts, das reflektiert wird, definiert. Eine Erläuterung des Lichtgesamtrücklaufs für direkt bearbeitete Würfelecken-Arrays wird in US-Patent Nr. 3,712,706 (Stamm) geboten.

[0048] Eine Ausführungsform eines Plättchens sowie ein Verfahren für dessen Herstellung werden nun unter Bezugnahme auf die [Fig. 1–Fig. 12](#) beschrieben. In den [Fig. 1–Fig. 2](#) ist ein repräsentatives Plättchen **10** abgebildet, das bei der Herstellung einer für das Formen von retroreflektierendem Bahnenmaterial geeigneten Form verwendet werden kann. Das Plättchen **10** weist eine erste Hauptoberfläche **12** und eine gegenüberliegende zweite Hauptoberfläche **14** auf. Das Plättchen **10** weist weiterhin eine Arbeitsfläche **16** und eine gegenüberliegende Unterseite **18** auf, die sich zwischen der ersten Hauptoberfläche **12** und der zweiten Hauptoberfläche **14** erstrecken. Das Plättchen **10** weist weiterhin eine erste Seitenfläche **20** und eine gegenüberliegende zweite Seitenfläche **22** auf. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Plättchen **10** ein rechtwinkliges Polyeder, wobei sich gegenüberliegende Oberflächen im wesentlichen parallel sind. Es versteht sich jedoch, daß sich gegenüberliegende Oberflächen von Plättchen **10** nicht parallel sein müssen.

[0049] Zu Beschreibungszwecken kann man das Plättchen **10** im dreidimensionalen Raum beschreiben, indem man seine Struktur mit einem kartesischen Koordinatensystem überlagert. Eine erste Bezugsebene **24** liegt in der Mitte zwischen den Hauptoberflächen **12** und **14**. Die erste Bezugsebene **24**, die als x-z-Ebene bezeichnet wird, weist die y-Achse als senkrechten Vektor auf. Eine zweite Bezugsebene **26**, die als x-y-Ebene bezeichnet wird, verläuft im wesentlichen koplanar mit der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** und weist die z-Achse als senkrechten Vektor auf. Eine dritte Bezugsebene **28**, die als y-z-Ebene bezeichnet wird, liegt in der Mitte zwischen der ersten Seitenfläche **20** und der zweiten Seitenfläche **22** und weist die x-Achse als senkrechten Vektor auf. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden verschiedene geometrische Eigenschaften der vorliegenden Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die hier dargelegten kartesischen Bezugsebenen beschrieben. Es versteht sich jedoch, daß sich solche geometrischen Eigenschaften unter Verwendung anderer Koordinatensysteme oder in bezug auf die Struktur des Plättchens beschreiben lassen.

[0050] Die [Fig. 2–Fig. 12](#) stellen das Ausbilden einer strukturierten Oberfläche dar, die mehrere optisch entgegengesetzt wirkende Würfeleckenelemente in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** aufweist. Kurz gesagt ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ein erster Satz Nuten mit mindestens zwei parallelen, benachbarten Nuten **30a**, **30b**, **30c** usw. (insgesamt mit **30** bezeichnet) in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** ausgebildet ([Fig. 2–Fig. 4](#)). Ein zweiter Satz Nuten mit mindestens zwei parallelen, benachbarten Nuten **38a**, **38b**, **38c** usw. (insgesamt mit **38** bezeichnet) ist ebenfalls in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** ausgebildet ([Fig. 5–Fig. 7](#)). Der erste und der zweite Satz Nuten schneiden sich vorzugsweise ungefähr entlang einer ersten Bezugsebene **24** und bilden eine strukturierte Oberfläche, die mehrere abwechselnde Spitzen und v-förmige Täler aufweist ([Fig. 8](#)). Die Sätze Nuten **30**, **38** müssen nicht ausgerichtet sein, wie dies in [Fig. 8](#) dargestellt ist. Alternativ dazu können die Spitzen und die v-förmigen Täler zueinander versetzt sein, wie dies in [Fig. 13](#) dargestellt ist.

[0051] Dann wird in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** eine dritte Nut **46** gebildet ([Fig. 9–Fig. 11](#)). Die dritte Nut **46** erstreckt sich vorzugsweise an einer Achse entlang, die ungefähr senkrecht zu der Richtung verläuft, in der der erste und der zweite Satz Nuten gebildet worden sind. Das Ausbilden der dritten Nut **46** führt zu einer strukturierten Oberfläche, die mehrere Würfeckenelemente mit drei zueinander senkrechten optischen Flächen auf dem Plättchen aufweist ([Fig. 12](#)). Der Begriff "Satz Nuten" bezieht sich hier auf alle in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** gebildeten parallelen Nuten.

[0052] Die Ausführungsformen werden nun ausführlicher beschrieben. In den [Fig. 2–Fig. 4](#) ist ein erster Satz Nuten mit mindestens zwei parallelen, benachbarten Nuten **30a**, **30b**, **30c** usw. (insgesamt mit der Bezugszahl **30** bezeichnet) in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** ausgebildet. Die Nuten definieren erste Nutenoberflächen **32a**, **32b**, **32c** usw. (insgesamt mit **32** bezeichnet) und zweite Nutenoberflächen **34b**, **34c**, **34d** usw. (insgesamt mit **34** bezeichnet), die sich an Nutenspitzen **33b**, **33c**, **33d** usw. (insgesamt mit **33** bezeichnet) schneiden. An der Kante des Plättchens kann durch den Nutformvorgang eine einzelne Nutenoberfläche **32a** gebildet werden. Die Nutenoberflächen **32a** und **34b** von benachbarten Nuten schneiden sich ungefähr orthogonal entlang einer Bezugskante **36a**. Die Begriffe "im wesentlichen orthogonal" oder "ungefähr orthogonal" sollen hier bedeuten, daß der Flächenwinkel zwischen den jeweiligen Oberflächen ungefähr 90° beträgt; leich-

te Variationen bei der Orthogonalität, wie sie in US-Patent Nr. 4,775,219 an Appeldorn offengelegt und beansprucht werden, werden in Erwägung gezogen. Auf ähnliche Weise schneiden sich die benachbarten Nutenoberflächen **32b** und **34c** ungefähr orthogonal entlang der ersten Bezugskante **36b**. Dieses Muster wird vorzugsweise wie in den [Fig. 3–Fig. 4](#) dargestellt über die gesamte Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** wiederholt. Die jeweiligen Nutenspitzen **33** liegen vorzugsweise in einem Abstand voneinander, der zwischen etwa 0,01 Millimeter und etwa 1,0 Millimeter beträgt.

[0053] Bei der Ausführungsform von [Fig. 2](#) werden die Nuten **30** so ausgebildet, daß die jeweiligen Nutenspitzen **33** und die jeweiligen ersten Bezugskanten **36** an einer Achse entlang verlaufen, die die erste Hauptoberfläche **12** und die Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** schneidet. Bei dieser Ausführungsform weist die Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** einen Abschnitt auf, der durch die Bildung der mehreren Nuten **30** nicht verändert wird. Es versteht sich, daß die Nuten auch so ausgebildet werden können, daß die jeweiligen Nutenspitzen **33** und ersten Bezugskanten **36** an einer Achse entlang verlaufen, die die erste Hauptoberfläche **12** und die zweite Hauptoberfläche **14** des Plättchens **10** schneidet, indem die Nuten tiefer in die Arbeitsfläche **16** eingeformt werden. Zusätzlich werden bei der Ausführungsform in den [Fig. 2–Fig. 4](#) die Nuten **30** so ausgebildet, daß jede der ersten Bezugskanten **36** in Ebenen angeordnet ist, die die erste Bezugsebene **24** und die zweite Bezugsebene **26** im rechten Winkel schneiden, so daß die Bezugskanten **36** in der Draufsicht von [Fig. 4](#) senkrecht zur Bezugsebene **24** erscheinen.

[0054] Bei der Ausführungsform in den [Fig. 2–Fig. 4](#) werden die Nuten **30** so ausgebildet, daß die ersten Bezugskanten **36** alle in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind, die die zweite Bezugsebene **26** in einem spitzen Winkel θ_1 von ungefähr $27,8^\circ$ schneidet. Die Nuten **30** können alternativ dazu so ausgebildet werden, daß die Bezugskanten **36** die Bezugsebene **26** in Winkeln schneiden, die sich von $27,8^\circ$ unterscheiden. Im allgemeinen ist es möglich, Nuten so auszubilden, daß die jeweiligen Bezugskanten **36** die Bezugsebenen **26** in einem beliebigen Winkel zwischen etwa 1° und etwa 85° und besonders bevorzugt zwischen etwa 10° und etwa 60° schneiden.

[0055] In den [Fig. 5–Fig. 8](#) wird ein zweiter Satz Nuten mit mindestens zwei parallelen, benachbarten Nuten **38a**, **38b**, **38c** usw. (insgesamt mit **38** bezeichnet) in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** gebildet. Die Nuten **38** definieren dritte Nutenoberflächen **40a**, **40b**, **40c** usw. (insgesamt mit **40** bezeichnet) und vierte Nutenoberflächen **42b**, **42c**, **42d** usw. (insgesamt mit **42** bezeichnet), die einander wie gezeigt an Nutenspitzen **41b**, **41c**, **41d** usw. (insgesamt mit **41** bezeichnet) schneiden. An der Kante des Plättchens kann durch den Nutformvorgang eine einzelne Nutenoberfläche **40a** gebildet werden. Die Nutenoberflächen **40a** und **42b** benachbarter Nuten schneiden sich ungefähr orthogonal entlang einer Bezugskante **44a**, was im Sinne der vorliegenden Offenlegungsschrift bedeutet, daß der Flächenwinkel zwischen den Oberflächen **40a** und **42b** ungefähr 90° beträgt. Auf ähnliche Weise schneiden sich die benachbarten Nutenoberflächen **40b** und **42c** ungefähr orthogonal entlang einer zweiten Bezugskante **44b**. Dieses Muster wird vorzugsweise über die gesamte Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** wiederholt. Die Nutenspitzen **41** sind vorzugsweise zwischen etwa 0,01 Millimeter und 0,10 Millimeter voneinander beabstandet.

[0056] Insbesondere in [Fig. 5](#) ist zu sehen, daß die Nuten **38** so ausgebildet werden, daß die Bezugskanten **44** an einer Achse entlang verlaufen, die die zweite Hauptoberfläche **14** und die Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** schneidet. Bei dieser Ausführungsform schneiden die Bezugskanten **44** (und die Nutenspitzen **41**) die zweite Bezugsebene **26** des Plättchens **10** in einem spitzen Winkel θ_2 , der ungefähr $27,8^\circ$ beträgt. Wie oben erläutert ist es möglich, Nuten auszubilden, die die Bezugsebene **26** in einem beliebigen Winkel zwischen etwa 1° und 85° schneiden.

[0057] Bei der Ausführungsform in den [Fig. 5–Fig. 8](#) werden die Nuten **38** so ausgebildet, daß die jeweiligen Bezugskanten **44** in Ebenen angeordnet sind, die die erste Bezugsebene **24** und die zweite Bezugsebene **26** im rechten Winkel schneiden, so daß die Bezugskanten **44** in der Draufsicht von [Fig. 7](#) senkrecht zur ersten Bezugsebene **24** erscheinen. Unter besonderer Bezugnahme auf [Fig. 7](#) werden die Nuten **38** zusätzlich vorzugsweise so ausgebildet, daß die Nutenspitzen **41** im wesentlichen koplanar mit den Nutenspitzen **33** und die Bezugskanten **44** im wesentlichen koplanar mit den Bezugskanten **36** sind. Alternativ dazu können die Nutenspitzen **33**, **41** und die Bezugskanten **36**, **44** in bezug aufeinander verschoben sein. Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform kann sich die Tiefe der Nutenspitzen **33**, **41** unterscheiden.

[0058] [Fig. 8](#) stellt eine Perspektivansicht eines repräsentativen Plättchens **10** nach dem Ausbilden der Nuten **38** dar. Das Plättchen **10** weist eine Reihe Nuten **30**, **38** auf, die wie oben beschrieben in seiner Arbeitsfläche **16** ausgebildet sind. Die Bezugskanten **36**, **44** schneiden sich ungefähr entlang der ersten Bezugsebene **24** und definieren mehrere Spitzen. Auf ähnliche Weise schneiden sich die Nutenspitzen **33**, **41** ungefähr entlang

der ersten Bezugsebene und definieren mehrere Täler zwischen den Spitzen.

[0059] Die [Fig. 9](#)–[Fig. 12](#) stellen eine Ausführungsform des Plättchens **10** nach dem Ausbilden einer dritten Nut **46** darin dar. Bei dieser Ausführungsform definiert die dritte Nut **46** eine fünfte Nutenoberfläche **48** und eine sechste Nutenoberfläche **50**, die sich an einer Nutenspitze **52** entlang einer Achse schneiden, die in der ersten Bezugsebene **24** enthalten ist. Es ist wichtig, daß die dritte Nut **46** so ausgebildet ist, daß die fünfte Nutenoberfläche **48** in einer Ebene liegt, die im wesentlichen orthogonal zu den ersten Nutenoberflächen **32** und den zweiten Nutenoberflächen **34** ist. Dies läßt sich erreichen, indem man die dritte Nut **46** so ausbildet, daß die fünfte Nutenoberfläche **48** mit der ersten Bezugsebene **24** einen Winkel bildet, der dem Winkel θ_1 entspricht; die sechste Nutenoberfläche bildet vorzugsweise gleichermaßen mit der ersten Bezugsebene **24** einen Winkel, der dem Winkel θ_2 entspricht, wobei es sich bei θ_1 und θ_2 um die gleichen θ_1 und θ_2 handelt, die in [Fig. 5](#) dargestellt sind. Das Ausbilden der fünften Nutenoberfläche **48** ergibt mehrere Würfeleckenelemente **60a**, **60b** usw. (insgesamt mit **60** bezeichnet) in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10**. Jedes Würfeckenelement **60** wird durch eine erste Nutenoberfläche **32**, eine zweite Nutenoberfläche **34** und einen Abschnitt der fünften Nutenoberfläche **48** definiert, die einander an einem Punkt schneiden und eine Würfeckenspitze oder einen Würfeckenscheitelpunkt **62** definieren. Auf ähnliche Weise liegt die sechste Nutenoberfläche **50** in einer Ebene, die im wesentlichen orthogonal zu den dritten Nutenoberflächen **40** und den vierten Nutenoberflächen **42** ist, die einander an einem Punkt schneiden und eine Würfeckenspitze oder einen Würfeckenscheitelpunkt **72** definieren. Das Ausbilden der sechsten Nutenoberfläche **50** ergibt auch mehrere Würfeckenelemente **70a**, **70b** usw. (insgesamt mit **70** bezeichnet) in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10**. Jedes Würfeckenelement **70** wird durch eine dritte Nutenoberfläche **40**, eine vierte Nutenoberfläche **42** und einen Abschnitt der sechsten Nutenoberfläche **50** definiert. Vorzugsweise bilden sowohl die fünfte Nutenoberfläche **48** als auch die sechste Nutenoberfläche **50** auf der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** mehrere Würfeckenelemente. Es versteht sich jedoch, daß die dritte Nut **46** so ausgebildet werden kann, daß nur die fünfte Nutenoberfläche **48** oder die sechste Nutenoberfläche **50** Würfeckenelemente bildet.

[0060] Unter besonderem Verweis auf die [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) werden nun verschiedene Merkmale des Plättchens **10** erläutert. Bei der offengelegten Ausführungsform beträgt der durch die sich gegenüberliegenden Oberflächen der Nuten **30** und **38** definierte Flächenwinkel 90° . Die ersten und die zweiten Bezugskanten **36**, **44** sind in Ebenen angeordnet, die die erste Bezugsebene **24** und die zweite Bezugsebene **26** in einem rechten Winkel schneiden. In der Draufsicht von [Fig. 11](#) erstrecken sich somit die Bezugskanten **36** und **44** an Achsen entlang, die im wesentlichen senkrecht zur ersten Bezugsebene **24** verlaufen. Die Bezugskanten **36** verlaufen an Achsen entlang, die die erste Hauptoberfläche **12** des Plättchens **10** schneiden und die zweite Bezugsebene **26** in einem spitzen Winkel von ungefähr $27,8^\circ$ schneiden. Die Bezugskanten **44** verlaufen auf gleiche Weise an Achsen entlang, die die zweite Hauptoberfläche **14** des Plättchens **10** schneiden und die zweite Bezugsebene **26** in einem spitzen Winkel von ungefähr $27,8^\circ$ schneiden. Die Spitze der dritten Nut **46** erstreckt sich an einer Achse entlang, die im wesentlichen parallel zur ersten Bezugsebene **24** verläuft, und der Flächenwinkel zwischen der fünften Nutenoberfläche **48** und der sechsten Nutenoberfläche **50** beträgt ungefähr $55,6^\circ$.

[0061] Die Arbeitsfläche **16** wird vorzugsweise unter Verwendung konventioneller Präzisionsbearbeitungswerkzeuge und -techniken wie beispielsweise Linienziehen, Fräsen, Nutenschneiden und Schlagzahnfräsen gebildet. Bei einer Ausführungsform kann die zweite Hauptoberfläche **14** des Plättchens **10** auf eine im wesentlichen planare Oberfläche wie die Oberfläche eines Präzisionsbearbeitungswerkzeugs ausgerichtet und jede Nut **30a**, **30b** usw. des ersten Satzes Nuten in der Arbeitsfläche **16** ausgebildet werden, indem ein V-förmiges Schneidwerkzeug mit einem eingeschlossenen Winkel von 90° an einer Achse entlang bewegt wird, die die erste Arbeitsfläche **12** und die zweite Bezugsebene **26** in einem Winkel θ_1 von $27,8^\circ$ schneidet. Bei der offengelegten Ausführungsform wird jede Nut **30** mit der gleichen Tiefe in der Arbeitsfläche ausgebildet, und das Schneidwerkzeug wird zwischen benachbarten Nuten seitlich um die gleiche Entfernung verfahren, so daß die Nuten im wesentlichen identisch sind. Als nächstes kann die erste Hauptoberfläche **12** des Plättchens **10** auf die planare Oberfläche ausgerichtet und jede Nut **38a**, **38b** usw. in der Arbeitsfläche **16** ausgebildet werden, indem ein V-förmiges Schneidwerkzeug mit einem eingeschlossenen Winkel von 90° an einer Achse entlang bewegt wird, die die zweite Arbeitsfläche **14** und die zweite Bezugsebene **26** in einem Winkel θ_2 von $27,8^\circ$ schneidet. Schließlich kann die Unterseite **18** des Plättchens **10** auf die planare Oberfläche ausgerichtet und die dritte Nut **46** in der Arbeitsfläche **16** ausgebildet werden, indem ein V-förmiges Schneidwerkzeug mit einem eingeschlossenen Winkel von $55,6^\circ$ an einer Achse entlang bewegt wird, die im wesentlichen parallel zur Grundfläche **18** und in der ersten Bezugsebene **24** enthalten ist. Obwohl die drei Nutenformsschritte in einer bestimmten Reihenfolge aufgeführt worden sind, werden Durchschnittsfachleute erkennen, daß die Reihenfolge der Schritte nicht entscheidend ist – die Schritte können in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden. Außerdem werden Durchschnittsfachleute erkennen, daß die drei Sätze Nuten geformt werden können, während das Plättchen in einer Position ausgerichtet ist; die vorliegende Offenlegungsschrift zieht ein solches Verfahren

in Erwägung. Weiterhin ist der genaue Mechanismus für das Befestigen des Plättchens, ob er nun physikalischer, chemischer oder elektromagnetischer Art ist, nicht entscheidend.

[0062] Zum Ausbilden einer Form, die sich für die Verwendung bei der Formung retroreflektierender Artikel eignet, können mehrere Plättchen **10** mit einer Arbeitsfläche **16**, die wie oben beschrieben ausgebildete Würfeleckenlemente **60, 70** aufweist, in einer geeigneten Halterung zusammengesetzt werden. Die Arbeitsfläche **16** wird dann unter Verwendung von Präzisionsvervielfältigungstechniken wie beispielsweise galvanischem Vernickeln repliziert, so daß eine Negativkopie der Arbeitsfläche **16** gebildet wird. Durchschnittsfachleute in der Reflexionstechnik sind Galvanisierungstechniken bekannt. Siehe beispielsweise US-Patent Nr. 4,478,769 und 5,156,863 an Prcone et al. Die Negativkopie der Arbeitsfläche **16** kann dann als Form für das Ausbilden retroreflektierender Artikel mit einer Positivkopie der Arbeitsfläche **16** verwendet werden. Es ist üblicher, zusätzliche Generationen galvanoformter Kopien auszubilden und zu einer größeren Form zusammenzusetzen. Es sei angemerkt, daß die ursprünglichen Arbeitsflächen **16** des Plättchens **10** oder Positivkopien davon auch als Prägewerkzeug zum Formen von retroreflektierenden Artikeln verwendet werden können. Siehe JP 8-309851 und US-Patent Nr. 4,601,861 (Prcone). Durchschnittsfachleute werden erkennen, daß die Arbeitsfläche **16** jedes Plättchens **10** unabhängig als Reflektor funktioniert. Somit müssen benachbarte Plättchen in der Form nicht in genauen Winkeln oder Abständen in bezug aufeinander positioniert werden.

[0063] Die [Fig. 16–Fig. 24](#) stellen ein weiteres Verfahren für das Ausbilden mehrerer Plättchen dar, die sich für die Verwendung bei einer für die Formung retroreflektierender Artikel geeigneten Form eignen. Bei der Ausführungsform in den [Fig. 16–Fig. 24](#) werden in den Arbeitflächen mehrerer Plättchen mehrere Würfeleckenlemente ausgebildet, während die Plättchen wie oben beschrieben nicht einzeln, sondern in einer Baugruppe zusammengehalten werden. Die mehreren Plättchen **10** werden vorzugsweise so zusammengesetzt, daß ihre Arbeitsflächen **16** im wesentlichen koplanar sind. Die Plättchen **10** werden, kurz gesagt, so ausgerichtet, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen in bezug auf eine feste Bezugsachse **82** in einem ersten Winkel β_1 angeordnet sind ([Fig. 17](#)). Ein erster Satz Nuten einschließlich mindestens zweier V-förmiger Nuten wird in der Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet ([Fig. 18–Fig. 19](#)). Die Plättchen werden dann so ausgerichtet, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen in bezug auf die Bezugsachse **82** in einem zweiten Winkel β_2 angeordnet sind ([Fig. 20](#)). Ein zweiter Satz Nuten einschließlich mindestens zweier V-förmiger Nuten wird in der Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet ([Fig. 21–Fig. 22](#)). Ein dritter Satz Nuten, der vorzugsweise mindestens eine V-förmige Nut in der Arbeitsfläche **16** jedes Plättchens **10** aufweist, wird ebenso ausgebildet ([Fig. 23](#)). Die Bildung des dritten Satzes Nuten führt zu einer strukturierten Oberfläche, die mehrere Würfeleckenlemente auf der Arbeitsfläche der mehreren Plättchen **10** aufweist ([Fig. 24](#)).

[0064] Die [Fig. 16–Fig. 24](#) werden nun ausführlicher beschrieben. In [Fig. 16](#) werden mehrere dünne Plättchen **10** so zusammengesetzt, daß die erste Hauptoberfläche **12** eines Plättchens **10** neben der zweiten Hauptoberfläche **14** eines benachbarten Plättchens **10** liegt. Die Plättchen **10** werden vorzugsweise in einer konventionellen Halterung zusammengesetzt, die die mehreren Plättchen nebeneinander befestigen kann. Einzelheiten hinsichtlich der Halterung sind nicht von entscheidender Bedeutung. Die Halterung definiert jedoch eine Grundebene **80**, die vorzugsweise im wesentlichen parallel zu den Unterseiten **18** der Plättchen **10** ist, wenn diese wie in [Fig. 16](#) abgebildet positioniert sind. Die mehreren Plättchen **10** lassen sich wie oben beschrieben durch ein kartesisches Koordinatensystem beschreiben. Die Arbeitsflächen **16** der mehreren Plättchen **10** sind vorzugsweise im wesentlichen koplanar, wenn die jeweiligen ersten Bezugsebenen **24** der Plättchen senkrecht zur Grundebene **80** positioniert sind.

[0065] In [Fig. 17](#) sind die Plättchen **10** so ausgerichtet, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen **24** in bezug auf eine senkrecht zur Grundebene **80** verlaufende feste Bezugsachse **82** in einem ersten Winkel β_1 angeordnet sind. Bei einer Ausführungsform beträgt β_1 ungefähr 27.8° . Alternativ dazu kann β_1 jedoch zwischen etwa 1° und etwa 85° betragen, liegt aber besonders bevorzugt zwischen etwa 10° und etwa 60° .

[0066] In den [Fig. 18–Fig. 19](#) ist ein erster Satz Nuten mit mehreren parallelen, benachbarten, V-förmigen Nuten **30a, 30b, 30c** usw. (insgesamt mit **30** bezeichnet) in den Arbeitsflächen **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet, wobei die Plättchen im Winkel β_1 angeordnet sind. Mindestens zwei benachbarte Nuten **30** sind in der Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet. Die Nuten **30** definieren erste Nutenoberflächen **32a, 32b, 32c** usw. (insgesamt mit **32** bezeichnet) und zweite Nutenoberflächen **34b, 34c, 34d** usw. (insgesamt mit **34** bezeichnet), die einander an Nutenspitzen **33b, 33c, 33d** usw. schneiden (insgesamt mit **33** bezeichnet). An der Kante des Plättchens kann durch den Nutformvorgang eine einzelne Nutenoberfläche **32a** gebildet werden. Bezeichnenderweise schneiden sich die Nutenoberflächen **32a** und **34b** von benachbarten Nuten ungefähr orthogonal entlang einer Bezugskante **36a**. Auf ähnliche Weise schneiden sich die benachbarten Nutenoberflächen **32b** und **34c** ungefähr orthogonal entlang der Bezugskante **36b**. Dieses Muster wird vor-

zugsweise über die gesamten Arbeitsflächen **16** der Plättchen **10** hinweg wiederholt.

[0067] Die Nuten **30** können durch das Entfernen von Abschnitten der Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen unter Verwendung einer großen Vielfalt von Materialentfernungstechniken ausgebildet werden, zu denen Präzisionsbearbeitungstechniken wie Fräsen, Linienziehen, Nutenschneiden und Schlagzahnfräsen sowie Naßätz- oder Laserablationstechniken gehören. Bei einer Ausführungsform werden die Nuten **30** in einem Hochpräzisionsbearbeitungsvorgang ausgebildet, bei dem sich ein Diamantschneidwerkzeug mit einem eingeschlossenen Winkel von 90° an einer Achse entlang, die im wesentlichen parallel zur Grundebene **80** verläuft, wiederholt quer über die Arbeitsflächen **16** der mehreren Plättchen **10** bewegt. Das Diamantschneidwerkzeug kann sich alternativ dazu an einer Achse entlang bewegen, die nicht parallel zur Grundebene **80** verläuft, so daß das Werkzeug die mehreren Plättchen **10** in verschiedenen Tiefen schneidet. Es versteht sich auch, daß das Bearbeitungswerkzeug ortsfest gehalten werden kann, während die mehreren Plättchen bewegt werden; jede relative Bewegung zwischen den Plättchen **10** und dem Bearbeitungswerkzeug wird in Erwägung gezogen.

[0068] Bei der Ausführungsform in den [Fig. 18–Fig. 19](#) werden die Nuten **30** in einer solchen Tiefe ausgebildet, daß die jeweiligen ersten Bezugskanten **36** die erste Hauptoberfläche **12** und die zweite Hauptoberfläche **14** jedes Plättchens schneiden. Bei der Seitenansicht in [Fig. 18](#) bilden daher die Bezugskanten **36** und die Nutenspitzen **33** im wesentlichen durchgängige Linien, die sich an einer parallel zur Grundebene **80** verlaufenden Achse entlang erstrecken. Weiterhin sind die Nuten **30** so ausgebildet, daß die Bezugskanten **36** in einer Ebene angeordnet sind, die die jeweiligen ersten Bezugsebenen **24** und die zweite Bezugsebene **26** im rechten Winkel schneidet. Bei einer zu [Fig. 4](#) analogen Draufsicht würde daher die erste Bezugskante **36** senkrecht zu den jeweiligen ersten Bezugsebenen **24** erscheinen. Die Nuten **30** können jedoch auch, wie in den [Fig. 2–Fig. 4](#) abgebildet ist, in geringeren Tiefen oder an anderen Achsen entlang ausgebildet werden.

[0069] In [Fig. 20](#) sind die Plättchen **10** dann so ausgerichtet, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen **24** in bezug auf die senkrecht zur Grundebene **80** verlaufende feste Bezugssachse **82** in einem zweiten Winkel β_2 angeordnet sind. Bei einer Ausführungsform beträgt β_2 ungefähr $27,8^\circ$. Alternativ dazu kann β_2 jedoch zwischen etwa 1° und etwa 85° betragen, liegt aber bevorzugt zwischen etwa 10° und etwa 60° . Der Winkel β_2 ist unabhängig vom Winkel β_1 und muß nicht gleich groß wie β_1 sein. Um die mehreren Plättchen **10** im Winkel β_2 auszurichten, werden sie vorzugsweise aus der Halterung entnommen und so wieder zusammengesetzt, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen im Winkel β_2 angeordnet sind.

[0070] In den [Fig. 21–Fig. 22](#) ist ein zweiter Satz Nuten mit mehreren parallelen, benachbarten, V-förmigen Nuten **38b**, **38c** usw. (insgesamt mit **38** bezeichnet) in den Arbeitsflächen **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet, wobei die Plättchen im Winkel β_2 angeordnet sind. Mindestens zwei benachbarte Nuten **38** sind in der Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet. Die Nuten **38** definieren dritte Nutenoberflächen **40a**, **40b**, **40c** usw. (insgesamt mit **40** bezeichnet) und vierte Nutenoberflächen **42b**, **42c**, **42d** usw. (insgesamt mit **42** bezeichnet), die sich wie gezeigt an Nutenspitzen **41b**, **41c**, **41d** usw. (insgesamt mit **41** bezeichnet) schneiden. An der Kante des Plättchens kann durch den Nutformvorgang eine einzelne Nutenoberfläche **40a** gebildet werden. Bezeichnenderweise schneiden sich die Nutenoberflächen **40a** und **42b** von benachbarten Nuten ungefähr orthogonal entlang einer Bezugskante **44a**. Auf ähnliche Weise schneiden sich die Nutenoberflächen **40b** und **42c** ungefähr orthogonal entlang der Bezugskante **44b**. Dieses Muster wird vorzugsweise über die gesamte Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen **10** wiederholt.

[0071] Die Nuten **38** werden auch vorzugsweise in einem Hochpräzisionsbearbeitungsvorgang ausgebildet, bei dem sich ein Diamantschneidwerkzeug mit einem eingeschlossenen Winkel von 90° an einer Schneidachse entlang, die im wesentlichen parallel zur Grundebene **80** verläuft, wiederholt quer über die Arbeitsflächen **16** der mehreren Plättchen **10** bewegt. Es ist wichtig, daß sich die Oberflächen benachbarter Nuten **38** an den Bezugskanten **44** entlang schneiden und orthogonale Flächenwinkel bilden. Wie in Verbindung mit [Fig. 15](#) noch erläutert wird, muß der eingeschlossene Winkel der Nuten nicht jeweils 90° betragen. Die Nuten **38** sind vorzugsweise in ungefähr der gleichen Tiefe in der Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet wie die Nuten **30** im ersten Satz Nuten. Zusätzlich werden die Nuten **38** vorzugsweise so ausgebildet, daß die Nutenspitzen **41** im wesentlichen koplanar mit den Nutenspitzen **33** und die Bezugskanten **44** im wesentlichen koplanar mit den Bezugskanten **36** sind. Nach dem Ausbilden der Nuten **38** sieht jedes Plättchen **10** vorzugsweise so aus wie in [Fig. 8](#) gezeigt.

[0072] In den [Fig. 23–Fig. 24](#) wird ein dritter Satz Nuten, zu dem vorzugsweise mindestens eine Nut **46** in jedem Plättchen **10** gehört, in der Arbeitsfläche **16** der mehreren Plättchen **10** ausgebildet. Bei der offengelegten Ausführungsform definieren die dritten Nuten **46a**, **46b**, **46c** usw. (insgesamt mit **46** bezeichnet) fünfte

Nutenoberflächen **48a**, **48b**, **48c** usw. (insgesamt mit **48** bezeichnet) und sechste Nutenoberflächen **50a**, **50b**, **50c** usw. (insgesamt mit **50** bezeichnet), die sich an Nutenspitzen **52a**, **52b**, **52c** usw. (insgesamt mit **52** bezeichnet) an Achsen entlang schneiden, die zu den jeweiligen ersten Bezugsebenen **24** parallel sind. Es ist wichtig, daß die dritten Nuten **46** so ausgebildet sind, daß die jeweiligen fünften Nutenoberflächen **48** in einer Ebene liegen, die im wesentlichen orthogonal zu den jeweiligen ersten Nutenoberflächen **32** und den jeweiligen zweiten Nutenoberflächen **34** ist. Das Ausbilden der fünften Nutenoberflächen **48** ergibt mehrere Würfeleckenelemente **60a**, **60b** usw. (insgesamt mit **60** bezeichnet) in der Arbeitsfläche **16** der entsprechenden Plättchen **10**.

[0073] Jedes Würfeleckenelement **60** wird durch eine erste Nutenoberfläche **32**, eine zweite Nutenoberfläche **34** und einen Abschnitt einer fünften Nutenoberfläche **48** definiert, die einander an einem Punkt schneiden und eine Würfeleckenspitze oder einen Würfeleckenscheitelpunkt **62** definieren. Auf ähnliche Weise liegt die sechste Nutenoberfläche **50** in einer Ebene, die im wesentlichen orthogonal zu den dritten Nutenoberflächen **40** und den vierten Nutenoberflächen **42** ist. Das Ausbilden der sechsten Nutenoberfläche **50** ergibt auch mehrere Würfeleckenelemente **70a**, **70b** usw. (insgesamt mit **70** bezeichnet) in der Arbeitsfläche **16** der Plättchen **10**. Jedes Würfeleckenelement **70** wird durch eine dritte Nutenoberfläche **40**, eine vierte Nutenoberfläche **42** und einen Abschnitt der sechsten Nutenoberfläche **50** definiert, die einander an einem Punkt schneiden und eine Würfeleckenspitze oder einen Würfeleckenscheitelpunkt **72** definieren. Vorzugsweise bilden sowohl die fünfte Nutenoberfläche **48** als auch die sechste Nutenoberfläche **50** auf der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** mehrere Würfeleckenelemente. Die dritte Nut **46** könnte jedoch alternativ so ausgebildet werden, daß nur die fünfte Nutenoberfläche **48** oder die sechste Nutenoberfläche **50** Würfeleckenelemente bildet.

[0074] Die drei zueinander senkrechten optischen Flächen **32**, **40**, **48** und **34**, **42**, **50** jedes Würfeleckenelements **60** bzw. **70** sind vorzugsweise auf einem einzigen Plättchen ausgebildet. Alle drei optischen Flächen werden vorzugsweise durch den Bearbeitungsprozeß gebildet, um eine optische Qualität der Oberflächen sicherzustellen. Während und nach der Bearbeitungsphase wird vorzugsweise zwischen benachbarten Plättchen eine planare Grenzfläche **12**, **14** beibehalten, um Ausrichtungsprobleme und Schäden durch den Umgang mit den Plättchen zu minimieren.

[0075] Bei einem bevorzugten Verfahren werden die mehreren Plättchen **10** erneut ausgerichtet, so daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen **24** ungefähr parallel zur Bezugssachse **82** angeordnet sind, bevor die mehreren Nuten **46** ausgebildet werden. Die Nuten **46** können jedoch ausgebildet werden, wenn die Plättchen so ausgerichtet sind, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen in bezug auf die Bezugssachse **82** in einem Winkel angeordnet sind. Bei einigen Ausführungsformen kann es insbesondere vorteilhaft sein, die jeweiligen dritten Nuten **46** auszubilden, wenn die jeweiligen Plättchen **10** im Winkel β_2 angeordnet sind, um einen zusätzlichen Ausrichtungsschritt im Herstellungsprozeß zu vermeiden. Die Nuten **46** werden vorzugsweise ebenfalls durch einen Hochpräzisionsbearbeitungsvorgang ausgebildet. Bei der offengelegten Ausführungsform bewegt sich ein Diamantschneidwerkzeug mit einem eingeschlossenen Winkel von $55,6^\circ$ an einer Achse entlang, die im wesentlichen in der ersten Bezugsebene **24** des Plättchens **10** enthalten ist und parallel zur Grundebene **80** verläuft, wiederholt quer über die Arbeitsflächen **16** jedes Plättchens **10**. Die Nuten **46** werden vorzugsweise so ausgebildet, daß die jeweiligen Nutenspitzen **52** etwas tiefer sind als die Spitzen des Nuten in dem ersten und dem zweiten Satz Nuten. Das Ausbilden der Nuten **46** ergibt mehrere Plättchen **10** mit einer im wesentlichen wie in [Fig. 12](#) abgebildeten strukturierten Oberfläche.

[0076] Die Arbeitsfläche **16** weist als Reflektor mehrere erwünschte Eigenschaften auf. Die in der Arbeitsfläche **16** des Plättchens **10** ausgebildete Würfeleckenelementgeometrie kann als Würfeleckenelementgeometrie mit "voller" oder "hoher Effizienz" bezeichnet werden, da sie eine maximale effektive Apertur aufweist, die nahe bei 100% liegt. Ein als Kopie der Arbeitsfläche **16** geformter Reflektor weist daher einen hohen optischen Wirkungsgrad auf, wenn Licht ungefähr an den Symmetriearchsen der Würfeleckenelemente entlang auf ihn einfällt. Hinzu kommt, daß die Würfeleckenelemente **60** und **70** in entgegengesetzten Ausrichtungen angeordnet und in bezug auf die erste Bezugsebene **24** symmetrisch sind und bei in hohen Eintrittswinkeln auf den Reflektor einfallendem Licht eine symmetrische Reflexionsleistung aufweisen. Es ist jedoch nicht notwendig, daß die Würfeleckenelemente um die Bezugsebenen symmetrisch sind.

[0077] Bei den in den [Fig. 1–Fig. 12](#) und [Fig. 16–Fig. 24](#) dargestellten Ausführungsformen wurden die Plättchen unter Verwendung gleichmäßiger Nutenabstände, Nuttiefen und Werkzeugwinkel ausgebildet, um eine Arbeitsfläche herzustellen, wobei die Würfeleckenelemente im wesentlichen identisch sind. Diese Faktoren können jedoch variiert werden, um eine Arbeitsfläche mit Würfeleckenelementen verschiedener Größe, Form und Ausrichtung herzustellen. Die [Fig. 13–Fig. 15](#) stellen alternative Ausführungsbeispiele für innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Offenlegungsschrift hergestellte Plättchen dar.

[0078] [Fig. 13](#) zeigt ein Plättchen **110**, das ein Array aus Würfeckenelementen **160a**, **160b**, **160c** usw. (insgesamt mit **160** bezeichnet) aufweist, die in einer ersten Ausrichtung angeordnet sind, und ein Array aus Würfeckenelementen **170a**, **170b**, **170c** usw. (insgesamt mit **170** bezeichnet), die in einer zweiten Ausrichtung angeordnet sind. Das Plättchen **110** in [Fig. 13](#) ist durch die verschiedenen Sätze Nuten gekennzeichnet, die in Winkeln ausgebildet werden, die in der Draufsicht nicht senkrecht zur Bezugsebene **24** sind. Das Plättchen **110** kann entweder einzeln oder als Teil einer Baugruppe ausgebildet werden, indem man den ersten und den zweiten Satz Nuten so ausbildet, daß die jeweiligen Bezugskanten in Ebenen angeordnet sind, die die dritte Bezugsebene **28** in einem schrägen Winkel ϕ_1 und die zweite Bezugsebene **26** in einem rechten Winkel schneiden. Auf ähnliche Weise wird die dritte Nut an einer Achse entlang ausgebildet, die die erste Bezugsebene **24** in einem schrägen Winkel ϕ_1 schneidet. Hinzu kommt, daß die Würfeckenelemente **160** nicht mit den Würfeckenelementen **170** auf dem Plättchen **110** ausgerichtet sind. Das Plättchen **110** weist mehrere Würfeckenelemente mit Aperturen unterschiedlicher Größe und Form auf. Diese Variation bei der Aperturgröße und -form kann wünschenswert sein, wenn man bestimmte optische Zielsetzungen erfüllen will, wie beispielsweise die Verbesserung der Gleichmäßigkeit des Retroreflexionsmusters eines als Kopie des Plättchens **110** ausgebildeten retroreflektierenden Artikels.

[0079] [Fig. 14](#) zeigt ein Plättchen **210**, bei dem die dritte Nut **246** an einer Achse **216** entlang ausgebildet ist, die parallel zur ersten Bezugsebene **24** verläuft, aber dazu versetzt ist. Außerdem unterscheiden sich die Winkel θ_1 und θ_2 so voneinander, daß die Symmetrieachsen der sich jeweils gegenüberliegenden Würfeckenelemente **214**, **216** in verschiedenen Winkeln in bezug auf die zweite Bezugsebene **26** gekippt sind.

[0080] [Fig. 15](#) zeigt ein Plättchen **310**, wobei die Nuten A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 in dem ersten und/oder dem zweiten Satz Nuten mit Werkzeugen ausgebildet werden, die verschiedene eingeschlossene Winkel aufweisen, so daß sich eine strukturierte Oberfläche mit mehreren Würfeckenelementen **312a**, **312b**, **312c**, **312d**, **312e** und **312f** mit unterschiedlicher Größe und unterschiedlichen eingeschlossenen Winkeln ergibt. Die Nuten A_1 , A_4 , A_5 können beispielsweise einen Winkel von 90° aufweisen, während die Nut A_2 einen Winkel von 105° und die Nut A_3 einen Winkel von 75° aufweist. Zudem sind die jeweiligen oberen und unteren Spitzen der Würfeckenelemente **312** in unterschiedlichen Abständen von der Unterseite **318** des Plättchens **310** angeordnet.

[0081] Die oben beschriebenen Verfahren ermöglichen die Herstellung einer großen Vielfalt von Würfeckengeometrien. Größe, Ausrichtung und Schrägheitsgrad der auf der Oberfläche der mehreren Plättchen ausgebildeten Würfeckenelemente können variiert werden. Artikel können als Kopien der Plättchen hergestellt werden. Die vorangegangene Erläuterung hat mehrere Ausführungsformen von Würfeckengeometrien offen gelegt. Die nachfolgenden Absätze bieten eine allgemeine Beschreibung der Winkelverhältnisse zwischen den Flächen der Würfeckenelemente, so daß Durchschnittsfachleute eine große Vielfalt von Würfeckenelementgeometrien herstellen könnten.

[0082] Die [Fig. 25](#)–[Fig. 27](#) stellen eine Draufsicht und Seitenansichten der Arbeitsfläche eines Plättchens **410** dar, in dem zwei sich gegenüberliegende Würfeckenelemente **460**, **470** ausgebildet sind. Das Plättchen **410** kann im dreidimensionalen Raum wie oben erläutert durch die Bezugsebenen **424**, **426** und **428** beschrieben werden. Zu Veranschaulichungszwecken kann das Würfeckenelement **460** als Einzelwürfel mit drei im wesentlichen zueinander senkrechten optischen Flächen **432**, **434**, **448** definiert werden. Die optischen Flächen **432** und **434** werden von gegenüberliegenden Oberflächen paralleler Nuten **430a** und **430b** gebildet, die sich an einer Bezugskante **436** entlang schneiden. Die optische Fläche **448** wird von einer Oberfläche der Nut **446** gebildet. Die Nuten **430a** und **430b** weisen jeweils Spitzen **433a** und **433b** auf, die an Achsen entlang verlaufen, die die dritte Bezugsebene in einem beliebigen Winkel ϕ schneiden. Auf ähnliche Weise verläuft die Nut **446** an einer Achse entlang, die die erste Bezugsebene in einem beliebigen Winkel ϕ schneidet. Der Winkel ϕ entspricht dem Grad der Winkeldrehung des Würfeckenelements auf der Oberfläche des Plättchens. Abhängig von Bearbeitungseinschränkungen kann der Winkel ϕ im Bereich von 0° – wobei die Sätze Nuten an Achsen entlang gebildet werden, die im wesentlichen mit den Bezugsebenen **424** und **428** übereinstimmen – bis fast 90° liegen. Bevorzugt liegt ϕ jedoch zwischen 0° und 45° .

[0083] [Fig. 26](#) stellt eine Seitenansicht des Einzelwürfels **460** entlang der Linien 26-26 dar. Eine Bezugsebene **456** fällt mit der Spitze der Nut **446** zusammen und verläuft senkrecht zur zweiten Bezugsebene **426**. Der Winkel α_1 definiert den spitzen Winkel zwischen der Würfelfläche **448** und der Bezugsebene **456**. Die Nutenspitzen **433a** und **433b** sind in einem spitzen Winkel θ in bezug auf die zweite Bezugsebene **426** angeordnet. [Fig. 27](#) stellt eine Seitenansicht des Einzelwürfels **460** entlang der Linien 27-27 dar. Die Ebenen **450a** und **450b** fallen mit den Spitzen **433a** bzw. **433b** zusammen. Der Winkel α_2 definiert den spitzen Winkel zwischen der Würfelfläche **432** und der Bezugsebene **450a**. Auf ähnliche Weise definiert der Winkel α_3 den spitzen Winkel zwischen der Würfelfläche **434** und der Bezugsebene **450b**.

[0084] Ein zweites kartesisches Koordinatensystem kann erstellt werden, indem man die den Einzelwürfel **460** bildenden Nutenspitzen als Bezugsachsen verwendet. Insbesondere kann die x-Achse parallel zum Schnittpunkt der Ebene **456** und der zweiten Bezugsebene **426** und die y-Achse parallel zum Schnittpunkt der Ebene **450b** und der zweiten Bezugsebene **426** erstellt werden, und die z-Achse verläuft senkrecht zur zweiten Bezugsebene **426**. Übernimmt man dieses Koordinatensystem, so können die Normaleneinzelvektoren N_1 , N_2 und N_3 für die Einzelwürfeloberflächen **448**, **432** bzw. **434** folgendermaßen definiert werden:

$$N_1 = \cos(\alpha_1)j + \sin(\alpha_1)k$$

$$N_2 = \cos(\alpha_2)i - \sin(\theta)\sin(\alpha_2)j + \cos(\theta)\sin(\alpha_2)k$$

$$N_3 = -\cos(\alpha_3)i - \sin(\theta)\sin(\alpha_3)j + \cos(\theta)\sin(\alpha_3)k$$

[0085] Die Oberflächen **432**, **434** und **448** müssen im wesentlichen zueinander senkrecht sein. Somit sind die Skalarprodukte der Normalenvektoren gleich Null.

$$N_1 \cdot N_2 = N_2 \cdot N_3 = N_1 \cdot N_3 = 0.$$

[0086] Daher gelten die folgenden Bedingungen:

$$\alpha_1 = \theta \text{ und}$$

$$\tan(\alpha_2)\tan(\alpha_3) = 1.$$

[0087] Jeder beliebige Satz Winkel α_1 , α_2 , α_3 und θ , der diese Kriterien erfüllt, bildet retroreflektierende Würfeleckenelemente. In der Praxis kann ein Hersteller von retroreflektierendem Würfeleckenbahnenmaterial einen Wert für den Winkel α_1 auswählen, um die optische Achse des Würfeleckenelements in einem Sollwinkel in bezug auf die Grundebene des als Kopie der Form ausgebildeten retroreflektierenden Bahnenmaterials auszurichten. Wie oben angegeben zieht die vorliegende Offenlegungsschrift geringfügige Abweichungen von einer vollkommenen Orthogonalität in Erwagung, die die Eigenschaften des Musters des zurückreflektierten Lichts verändern sollen.

[0088] Die Plättchen werden vorzugsweise aus einem formbeständigen Material gebildet, das Präzisionstoleranzen halten kann, wie beispielsweise bearbeitbare Kunststoffe (zum Beispiel Polyethylenterephthalat, Polymethylmethacrylat und Polycarbonat) oder Metalle (zum Beispiel Messing, Nickel, Kupfer oder Aluminium). Die physischen Abmessungen der Plättchen sind in erster Linie von den Bearbeitungseinschränkungen abhängig. Die Plättchen besitzen vorzugsweise eine Dicke von mindestens 0,1 Millimeter, eine Höhe zwischen 5,0 und 100,0 Millimeter und eine Breite zwischen 10 und 500 Millimeter. Diese Maße dienen lediglich Veranschauungszwecken und sollen nicht einschränkend sein.

[0089] Bei der Herstellung von retroreflektierenden Artikeln wie retroreflektierendem Bahnenmaterial wird die strukturierte Oberfläche der mehreren Plättchen als Urform verwendet, die unter Verwendung von Galvanoformtechniken oder anderen konventionellen Repliziertechniken repliziert werden kann. Die mehreren Plättchen können im wesentlichen identische Würfeleckenelemente oder Würfeleckenelemente mit unterschiedlicher Größe, Geometrie oder Ausrichtung aufweisen. Die strukturierte Oberfläche der Kopie, die in der Technik als "Matrize" bezeichnet wird, enthält ein negatives Abbild der Würfeleckenelemente. Diese Kopie kann als Form für das Ausbilden eines Reflektors verwendet werden. Es ist jedoch üblicher, eine große Anzahl Positiv- oder Negativkopien zusammenzusetzen, um eine Form zu bilden, die für das Formen von retroreflektierendem Bahnenmaterial groß genug ist. Das retroreflektierende Bahnenmaterial kann dann als integrales Material z. B. wie oben beschrieben durch Prägen einer vorgeformten Folie mit einem Array aus Würfeleckenelementen oder durch Gießen eines flüssigen Materials in eine Form hergestellt werden. Alternativ dazu kann das retroreflektierende Bahnenmaterial als Schichtprodukt hergestellt werden, indem man, wie in der PCT-Anmeldung Nr. WO 95/11464 und US-Patent Nr. 3,648,348 gelehrt wird, die Würfeleckenelemente auf eine vorgeformte Folie gießt oder eine vorgeformte Folie auf vorgeformte Würfeleckenelemente laminiert. Ein solches Bahnenmaterial kann beispielsweise unter Verwendung einer Nickelform hergestellt werden, die durch galvanisches Beschichten einer Urform mit Nickel gebildet wird. Die galvanogeförmte Form kann als Matrize für das Prägen des Musters der Form auf eine Polycarbonatfolie mit einer Dicke von ungefähr 500 µm und einem Brechungsindex von ungefähr 1,59 verwendet werden. Die Form kann in einer Presse verwendet werden, wobei das Pressen bei einer Temperatur von ungefähr 175° bis 200°C durchgeführt wird.

[0090] Bei nützlichen Materialien für die Herstellung von solchem reflektierenden Bahnenmaterial handelt es sich vorzugsweise um Materialien, die formbeständig, haltbar und witterungsbeständig sind und sich ohne wei-

teres in die Sollkonfiguration verformen lassen. Zu Beispielen für geeignete Materialien gehören Acrylate, die im allgemeinen einen Brechungsindex von etwa 1,5 besitzen, wie beispielsweise Acrylharz von Rohm und Haas, duroplastische und Epoxidacrylate (vorzugsweise strahlengehärtet), Polycarbonate mit einem Brechungsindex von etwa 1,6, Ionomere auf Polyethylenbasis (unter dem Namen "SURLYN" auf dem Markt), Polyester und Celluloseacetatbutyrate. Im allgemeinen kann jedes beliebige optisch durchlässige Material verwendet werden, das sich – in der Regel unter Einwirkung von Wärme und Druck – verformen lässt. Andere für das Ausbilden von retroreflektierendem Bahnenmaterial geeignete Materialien werden im US-Patent Nr. 5,450,235 an Smith et al. offengelegt. Das Bahnenmaterial kann je nach Bedarf auch Farbstoffe, UV-Absorptionsmittel oder andere Additive enthalten.

[0091] Unter manchen Umständen ist es wünschenswert, retroreflektierendes Bahnenmaterial mit einer Trägerschicht zu versehen. Eine Trägerschicht ist besonders für retroreflektierendes Bahnenmaterial nützlich, das Licht gemäß den Prinzipien der Totalreflexion reflektiert. Eine geeignete Trägerschicht kann aus einem beliebigen transparenten oder lichtundurchlässigen Material (einschließlich farbigem Material) hergestellt werden, das sich effektiv mit dem offengelegten retroreflektierenden Bahnenmaterial in Eingriff bringen lässt. Zu geeigneten Trägermaterialien gehören Bahnenmaterial aus Aluminium, verzinkter Stahl, Polymermaterialien wie Polymethylmethacrylate, Polyester, Polyamide, Polyvinylfluoride, Polycarbonate, Polyvinylchloride, Polyurethane und eine große Vielzahl von daraus und aus anderen Materialien hergestellten Laminaten.

[0092] Die Trägerschicht oder -folie kann in einem Gittermuster oder einer beliebigen anderen für die reflektierenden Elemente geeigneten Konfiguration verschweißt werden. Das Verschweißen kann durch Verwendung mehrerer Verfahren einschließlich Ultraschallschweißen, Klebstoffe oder Heißsiegeln an diskreten Stellen auf den Arrays aus reflektierenden Elementen erfolgen (siehe beispielsweise US-PATENT 3,924,928). Das Verschweißen ist erwünscht, damit das Eindringen von Verunreinigungen wie Schmutz und/oder Feuchtigkeit verhindert wird und den reflektierenden Oberflächen der Würfeleckenelemente benachbarte Luftzwischenräume erhalten bleiben.

[0093] Wenn der Verbundwerkstoff mehr Festigkeit oder Zähigkeit aufweisen soll, können Trägerfolien aus Polycarbonat, Polybutyrat oder faserverstärktem Kunststoff verwendet werden. Abhängig vom Flexibilitätsgrad des entstehenden retroreflektierenden Materials kann dieses aufgewickelt oder in Streifen oder andere geeignete Designs geschnitten werden. Das retroreflektierende Material kann auf der Rückseite mit Klebstoff und einer Trägerfolie versehen sein, so daß es ohne den zusätzlichen Schritt des Aufbringens eines Klebstoffs oder des Verwendens anderer Befestigungsmittel an jedem beliebigen Substrat angebracht werden kann.

[0094] Die hier offengelegten Würfeleckenelemente können einzeln zugeschnitten werden, so daß sie das von den Artikeln zurückreflektierte Licht in ein gewünschtes Muster oder Divergenzprofil verteilen, wie von US-Patent Nr. 4,775,219 gelehrt wird. In der Regel beträgt der eingeführte Halbwinkelfehler der Nut weniger als ± 20 Bogenminuten und häufig weniger als ± 5 Bogenminuten.

BEISPIEL

[0095] Eine Baugruppe aus ungefähr 25 Plättchen mit einer Länge von 127,0 Millimeter, einer Höhe von 25,4 Millimeter und einer Dicke von 0,508 Millimeter wurde im wesentlichen wie in [Fig. 16](#) abgebildet in einer Halterung zusammengesetzt. Die Plättchen wurden aus Messing (70/30) gebildet, und die erste und die zweite Hauptoberfläche der mehreren Plättchen wurden auf eine Oberflächenrauhigkeit von ungefähr 0,005 bis 0,025 Mikrometer poliert. Keilblöcke mit genau geformten geneigten Oberflächen, die in einem Winkel von $27,8^\circ$ zu einer senkrecht zur Grundebene der Halterung verlaufenden Bezugsachse angeordnet sind, halten die Baugruppe in einer festen Position, so daß die ersten Bezugsebenen der jeweiligen mehreren Plättchen in einem Winkel von $27,8^\circ$ zur Bezugsachse angeordnet sind. Ein erster Satz Nuten wurde ausgebildet, indem ein Diamantbearbeitungswerkzeug an zu den Hauptoberflächen der Plättchen im wesentlichen senkrechten Achsen entlang quer über die mehreren Plättchen bewegt wurde. Die Nuten wurden gleichförmig mit einer Tiefe von ungefähr 0,154 Millimeter ausgebildet, und die Nutenspitzen waren um ungefähr 0,308 Millimeter voneinander entfernt.

[0096] Die mehreren Plättchen wurden dann aus der Halterung entnommen und so neu positioniert, daß ihre ersten Bezugsebenen in einem Winkel von $27,8^\circ$ zur Bezugsachse angeordnet waren. Ein zweiter Satz Nuten wurde ausgebildet, indem ein Diamantbearbeitungswerkzeug an zu den Hauptoberflächen der Plättchen im wesentlichen senkrechten Achsen entlang quer über die mehreren Plättchen bewegt wurde. Die Nuten wurden gleichförmig mit einer Tiefe von ungefähr 0,154 Millimeter ausgebildet, und die Nutenspitzen waren um ungefähr 0,308 Millimeter voneinander entfernt. Zusätzlich dazu wurden die Nuten an Achsen entlang ausgebildet,

die im wesentlichen koplanar mit den Achsen entsprechender Nuten in dem ersten Satz Nuten sind.

[0097] Die mehreren Plättchen wurden wieder aus der Halterung entnommen und so neu positioniert, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen im wesentlichen senkrecht zur Grundebene der Halterung verliefen. Dann wurde ein dritter Satz Nuten ausgebildet, indem ein Diamantbearbeitungswerkzeug mit einem eingeschlossenen Winkel von $55,6^\circ$ an einer Achse entlang bewegt wurde, die im wesentlichen mit der ersten Bezugsebene jedes Plättchens in der Baugruppe zusammenfiel. Diese Bearbeitungsschritte führten zu einer Arbeitsfläche, die im wesentlichen wie in [Fig. 24](#) abgebildet das positive Abbild eines Arrays optisch entgegen gesetzt wirkender Würfeleckenelemente enthält.

[0098] Die Plättchen wurden dann aus der Baugruppe entnommen, gereinigt und in einer Halterung wieder zusammengesetzt, um ein Hauptwerkzeug zu bilden. Durch chemische Aufdampfung von Nickel wurde ein Matrizenwerkzeug aus Nickel von der Oberfläche des Hauptwerkzeugs ausgebildet. Der Reflexionskoeffizient einer spiegelnden Nickeloberfläche liegt für Glühlicht bei etwa 0,62 bis etwa 0,64. Für die in einem Ausrichtungswinkel von ungefähr Null und einem Eintrittswinkel von etwa -4° angeordnete Nickelmatrize wurde der prozentuale Lichtrücklauf gemessen. Die Daten zum prozentualen Lichtrücklauf wurden so eingestellt, daß sie einem kreisförmigen Bereich mit einem Durchmesser von etwa 26,99 Millimeter (1,0625 Inch) entsprachen. In der nachfolgenden Tabelle 1 ist der inkrementelle und der kumulative prozentuale Lichtrücklauf für verschiedene Beobachtungswinkel dargestellt:

Tabelle 1

inkrementeller Beobachtungswinkel	inkrementeller Prozentsatz	kumulativer Prozentsatz
0 - 0,1	4,764	4,76
0,1 - 0,2	8,438	13,20
0,2 - 0,3	3,500	16,70
0,3 - 0,4	0,639	17,34
0,4 - 0,5	0,592	17,93
0,5 - 0,6	0,359	18,29

0,6 - 0,7	0,259	18,55
0,7 - 0,8	0,209	18,76
0,8 - 0,9	0,181	18,9
0,9 - 1,0	0,167	19,1

[0099] Zum Vergleich wurde der prozentuale Lichtrücklauf für ein Matrizenwerkzeug aus Nickel gemessen, das für die Herstellung von retroreflektierendem Bahnenmaterial mit abgestumpften Würfeleckenelementen gemäß US-Patent Nr. 4,588,258 (Hoopman) mit einem Grunddreieck von etwa 70° - 55° - 55° verwendet wurde. Das Matrizenwerkzeug wurde in einem Ausrichtungswinkel von etwa 180° und einem Eintrittswinkel von etwa -4° angeordnet. Die Daten zum prozentualen Lichtrücklauf wurden für einen kreisförmigen Bereich mit einem Durchmesser von etwa 26,99 Millimeter (1,0625 Inch) bestimmt. In der nachfolgenden Tabelle 2 ist der inkrementelle und der kumulative prozentuale Lichtrücklauf für verschiedene Beobachtungswinkel dargestellt:

Tabelle 2

inkrementeller Beobachtungswinkel	inkrementeller Prozentsatz	kumulativer Prozentsatz
0 - 0,1	1,369	1,369
0,1 - 0,2	3,115	4,484
0,2 - 0,3	3,197	7,681
0,3 - 0,4	0,938	8,618
0,4 - 0,5	0,911	9,530
0,5 - 0,6	0,434	9,964
0,6 - 0,7	0,229	10,193
0,7 - 0,8	0,143	10,335
0,8 - 0,9	0,103	10,439
0,9 - 1,0	0,078	10,517

[0100] Die vorliegende Erfindung ist nun unter Bezugnahme auf verschiedene Ausführungsformen davon beschrieben worden. Der Schutzmfang der vorliegenden Erfindung soll nicht auf die hier beschriebenen bevorzugten Strukturen und Verfahren, sondern vom Schutzmfang der nachfolgenden Ansprüche beschränkt werden.

Patentansprüche

1. Plättchen (**10, 10a, 10b, 10c, 10d, 110, 210, 310, 410**), das sich für die Verwendung in einer Form für die Verwendung bei der Formung retroreflektierender Würfeleckenartikel eignet, wobei das Plättchen eine erste und eine zweite Hauptoberfläche (**12, 14**) besitzt, die sich gegenüberliegen und zwischen sich eine erste Bezugsebene (**24**) definieren, wobei das Plättchen weiterhin eine verbindende Oberfläche (**16**) aufweist, die die erste und die zweite Hauptoberfläche miteinander verbindet, und folgendes aufweist:
 einen ersten Satz Nuten (**30**) einschließlich mindestens zweier paralleler, benachbarter, V-förmiger Nuten (**30a, 30b, 30c, A1, A2, A3, A4, A5**) in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine erste Nutenoberfläche und eine zweite Nutenoberfläche definieren, die sich im wesentlichen senkrecht zueinander schneiden und eine erste Bezugskante (**36**) bilden,
 weiterhin gekennzeichnet durch
 einen zweiten Satz Nuten (**38**) einschließlich mindestens zweier paralleler, benachbarter, V-förmiger Nuten (**38a, 38b, 38c, A1, A2, A3, A4, A5**) in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine dritte Nutenoberfläche und eine vierte Nutenoberfläche definieren, die sich im wesentlichen senkrecht zueinander schneiden und eine zweite Bezugskante (**44**) bilden, und
 einen dritten Satz Nuten (**46**) einschließlich mindestens einer Nut (**46**) in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine fünfte Nutenoberfläche und eine sechste Nutenoberfläche definiert, wobei die fünfte Nutenoberfläche die erste und die zweite Nutenoberfläche im wesentlichen senkrecht schneidet und mindestens eine erste Würfelecke (**60a, 60b, 160a, 160b, 160c, 214, 312a-f**) bildet, die in einer ersten Ausrichtung angeordnet ist, und die sechste Nutenoberfläche die dritte und die vierte Nutenoberfläche im wesentlichen senkrecht schneidet und mindestens eine zweite Würfelecke (**70a, 70b, 70c, 170a, 170b, 170c, 212, 312a-f**) bildet, die in einer zweiten Ausrichtung angeordnet ist, die sich von der ersten Ausrichtung unterscheidet, und wobei die mindestens eine erste Würfelecke mehrere nicht identische Würfeleckenelemente aufweist.

2. Plättchen nach Anspruch 1, wobei die verbindende Oberfläche eine zweite Bezugsebene (**26**) definiert, die im wesentlichen parallel zur verbindenden Oberfläche und senkrecht zur ersten Bezugsebene verläuft, und wobei die erste Bezugskante in Bezug auf die zweite Bezugsebene in einem ersten Winkel und die zweite Bezugskante in Bezug auf die zweite Bezugsebene in einem zweiten Winkel geneigt ist, der sich von dem ersten

Winkel unterscheidet.

3. Plättchen nach Anspruch 1, wobei der erste und/oder der zweite Satz Nuten in der verbindenden Oberfläche des Plättchens Nuten mit unterschiedlichen Tiefen aufweist.

4. Plättchen nach Anspruch 1, wobei dem sich die fünfte und die sechste Nutenoberfläche schneiden und eine Nutenspitze definieren, die sich an einer Achse entlang erstreckt, die die erste Bezugsebene in einem schrägen Winkel schneidet.

5. Plättchen nach Anspruch 1, wobei die verbindende Oberfläche eine zweite Bezugsebene (**26**) definiert, die im wesentlichen parallel zur verbindenden Oberfläche und senkrecht zur ersten Bezugsebene verläuft, und die erste und die zweite Nutenoberfläche in Bezug auf eine zur zweiten Bezugsebene senkrechte Achse in unterschiedlichen Winkeln geneigt sind.

6. Plättchen nach Anspruch 1, wobei der erste und/oder der zweite Satz Nuten Nuten mit unterschiedlichen eingeschlossenen Winkeln aufweist.

7. Plättchen nach Anspruch 1, wobei der dritte Satz Nuten im wesentlichen aus einer Nut besteht.

8. Plättchen nach Anspruch 7, wobei sich die eine Nut an einer Achse entlang erstreckt, die im wesentlichen parallel zur ersten Bezugsebene ist.

9. Plättchen nach Anspruch 1, wobei die erste und die zweite Hauptoberfläche im wesentlichen eben sind.

10. Formbaugruppe, die mehrere Plättchen nach Anspruch 1 aufweist.

11. Formbaugruppe nach Anspruch 10, wobei die Dicke jedes Plättchens zwischen etwa 0,025 und etwa 5 Millimeter beträgt.

12. Retroreflektierendes Bahnenmaterial, das direkt oder indirekt aus der Formbaugruppe von Anspruch 10 hergestellt ist.

13. Verfahren für die Herstellung eines Plättchens für die Verwendung in einer Form, die sich für die Verwendung bei der Formung retroreflektierender Würfeleckenartikel eignet, wobei das Plättchen eine erste und eine zweite Hauptoberfläche besitzt, die sich gegenüberliegen und zwischen sich eine erste Bezugsebene definieren, und wobei das Plättchen weiterhin eine verbindende Oberfläche aufweist, die die erste und die zweite Hauptoberfläche miteinander verbindet, wobei das Verfahren folgendes aufweist:

das Formen eines ersten Satzes Nuten einschließlich mindestens zweier paralleler, benachbarter, V-förmiger Nuten in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine erste Nutenoberfläche und eine zweite Nutenoberfläche definieren, die sich im wesentlichen senkrecht zueinander schneiden und eine erste Bezugskante bilden,

weiterhin gekennzeichnet durch

das Formen eines zweiten Satzes Nuten einschließlich mindestens zweier paralleler, benachbarter, V-förmiger Nuten in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine dritte Nutenoberfläche und eine vierte Nutenoberfläche definieren, die sich im wesentlichen senkrecht zueinander schneiden und eine zweite Bezugskante bilden, und

das Formen eines dritten Satzes Nuten einschließlich mindestens einer Nut in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine fünfte Nutenoberfläche und eine sechste Nutenoberfläche definiert, wobei die fünfte Nutenoberfläche die erste und die zweite Nutenoberfläche im wesentlichen senkrecht schneidet und mindestens eine erste Würfelecke bildet, die in einer ersten Ausrichtung angeordnet ist, und die sechste Nutenoberfläche die dritte und die vierte Nutenoberfläche im wesentlichen senkrecht schneidet und mindestens eine zweite Würfelecke bildet, die in einer zweiten Ausrichtung angeordnet ist, die sich von der ersten Ausrichtung unterscheidet, und

wobei der erste Satz Nuten mit einer ersten Ausrichtung des Plättchens geformt wird, der zweite Satz Nuten mit einer zweiten Ausrichtung des Plättchens geformt wird und der dritte Satz Nuten mit einer dritten Ausrichtung des Plättchens geformt wird, die sich von der ersten oder zweiten Ausrichtung unterscheidet.

14. Verfahren für die Herstellung eines Plättchens für die Verwendung in einer Form, die sich für die Verwendung bei der Formung retroreflektierender Würfeleckenartikel eignet, wobei das Plättchen eine erste und eine zweite Hauptoberfläche besitzt, die sich gegenüberliegen und zwischen sich eine erste Bezugsebene de-

finieren, und wobei das Plättchen weiterhin eine verbindende Oberfläche aufweist, die die erste und die zweite Hauptoberfläche miteinander verbindet, wobei das Verfahren folgendes aufweist:
das Formen eines ersten Satzes Nuten einschließlich mindestens zweier paralleler, benachbarter, V-förmiger Nuten in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine erste Nutenoberfläche und eine zweite Nutenoberfläche definieren, die sich im wesentlichen senkrecht zueinander schneiden und eine erste Bezugskante bilden,
weiterhin gekennzeichnet durch
das Formen eines zweiten Satzes Nuten einschließlich mindestens zweier paralleler, benachbarter, V-förmiger Nuten in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine dritte Nutenoberfläche und eine vierte Nutenoberfläche definieren, die sich im wesentlichen senkrecht zueinander schneiden und eine zweite Bezugskante bilden, und
das Formen eines dritten Satzes Nuten einschließlich mindestens einer Nut in der verbindenden Oberfläche des Plättchens, die eine fünfte Nutenoberfläche und eine sechste Nutenoberfläche definiert, wobei die fünfte Nutenoberfläche die erste und die zweite Nutenoberfläche im wesentlichen senkrecht schneidet und mindestens eine erste Würfecke bildet, die in einer ersten Ausrichtung angeordnet ist, und die sechste Nutenoberfläche die dritte und die vierte Nutenoberfläche im wesentlichen senkrecht schneidet und mindestens eine zweite Würfecke bildet, die in einer zweiten Ausrichtung angeordnet ist, die sich von der ersten Ausrichtung unterscheidet, und
wobei der erste, der zweite und der dritte Satz Nuten bei in einer übereinstimmenden Position angeordnetem Plättchen geformt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei mindestens einer der Formsschritte das Formen von Nuten mit verschiedenen Tiefen in der verbindenden Oberfläche aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei die verbindende Oberfläche eine zweite Bezugsebene (26) definiert, die im wesentlichen parallel zur verbindenden Oberfläche und senkrecht zur ersten Bezugsebene verläuft, und wobei bei dem Schritt des Formens des ersten Satzes Nuten die Nuten derart geformt werden, daß die erste Bezugskante in Bezug auf die zweite Bezugsebene in einem ersten Winkel geneigt ist, und bei dem Schritt des Formens des zweiten Satzes Nuten die Nuten derart geformt werden, daß die zweite Bezugskante in Bezug auf die zweite Bezugsebene in einem zweiten Winkel geneigt ist, der sich von dem ersten Winkel unterscheidet.

17. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Plättchen eines von mehreren Plättchen ist, wobei jedes Plättchen eine erste und eine zweite Hauptoberfläche besitzt, die sich gegenüberliegen und zwischen sich eine erste Bezugsebene definieren, und wobei jedes Plättchen weiterhin eine verbindende Oberfläche aufweist, die die erste und die zweite Hauptoberfläche miteinander verbindet,
wobei der Schritt des Formens des ersten Satzes Nuten das Formen des ersten Satzes Nuten in der verbindenden Oberfläche jedes Plättchens aufweist, nachdem die mehreren Plättchen derart ausgerichtet worden sind, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen parallel zueinander und in Bezug auf eine feste Bezugsachse in einem ersten Winkel angeordnet sind,
wobei der Schritt des Formens des zweiten Satzes Nuten das Formen des zweiten Satzes Nuten in der verbindenden Oberfläche jedes Plättchens aufweist, nachdem die mehreren Plättchen derart ausgerichtet worden sind, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen parallel zueinander und in Bezug auf die feste Bezugsachse in einem zweiten Winkel angeordnet sind, und
wobei der Schritt des Formens des dritten Satzes Nuten das Formen des dritten Satzes Nuten in der verbindenden Oberfläche der mehreren Plättchen aufweist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, das weiterhin vor dem Schritt des Formens des dritten Satzes Nuten den Schritt des derartigen Ausrichtens der mehreren Plättchen aufweist, daß ihre jeweiligen ersten Bezugsebenen parallel zueinander und in Bezug auf die feste Bezugsachse in einem dritten Winkel angeordnet sind.

19. Verfahren nach Anspruch 17, wobei mindestens einer der Formsschritte das Formen von Nuten in verschiedenen Tiefen in der verbindenden Oberfläche der Plättchen aufweist.

20. Verfahren nach Anspruch 17, wobei mindestens einer der Formsschritte das Formen von Nuten mit ungleichmäßigem Nutenabstand in der verbindenden Oberfläche der Plättchen aufweist.

21. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der Schritt des Formens eines dritten Satzes Nuten das derartige Formen jeder Nut in dem dritten Satz Nuten aufweist, daß sich die fünfte Nutenoberfläche und die sechste Nutenoberfläche an einer Achse entlang schneiden, die die erste Bezugsebene in einem schrägen Winkel

schneidet.

22. Verfahren nach Anspruch 17, wobei sich die mindestens eine erste und die mindestens eine zweite Würfecke jeweils im wesentlichen auf einem der Plättchen befinden.

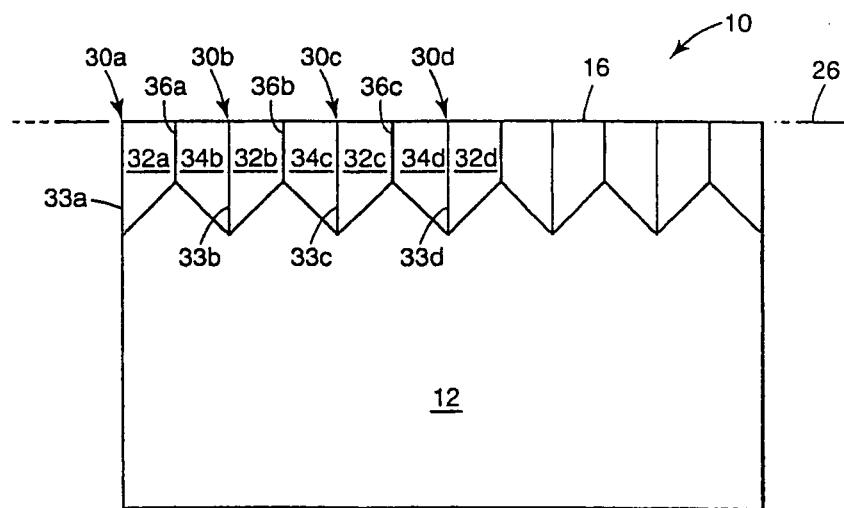
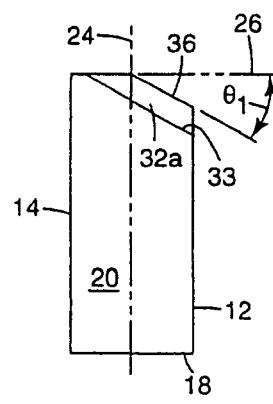
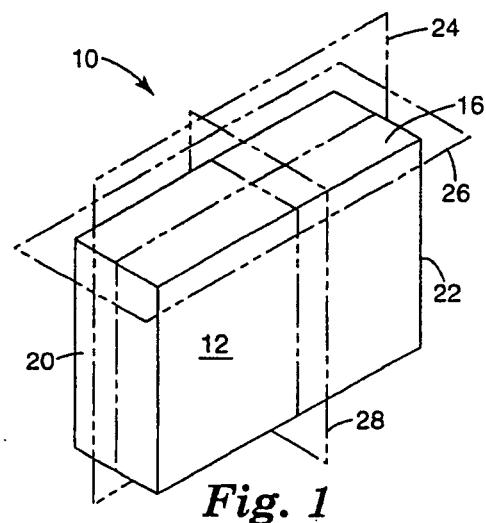
23. Verfahren nach Anspruch 17, wobei benachbarte erste und zweite Hauptoberflächen eine im wesentlichen ebene Grenzfläche aufweisen.

24. Mehrere Plättchen, die nach dem verfahren von Anspruch 17 hergestellt sind.

25. Verfahren nach Anspruch 17, das weiterhin das Replizieren der verbindenden Oberfläche der mehreren Plättchen in einem integralen Substrat aufweist, um eine Negativkopie der mehreren Würfeckenelemente zu formen, die sich für die Verwendung als Form für die Formung retroreflektierender Artikel eignet.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



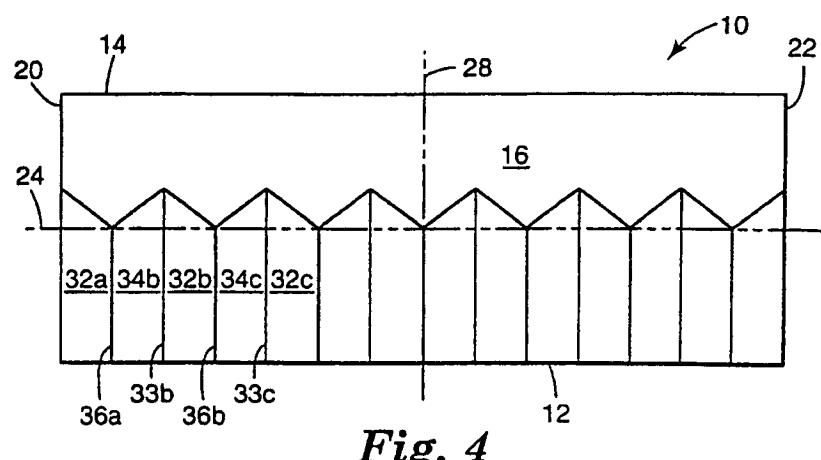


Fig. 4

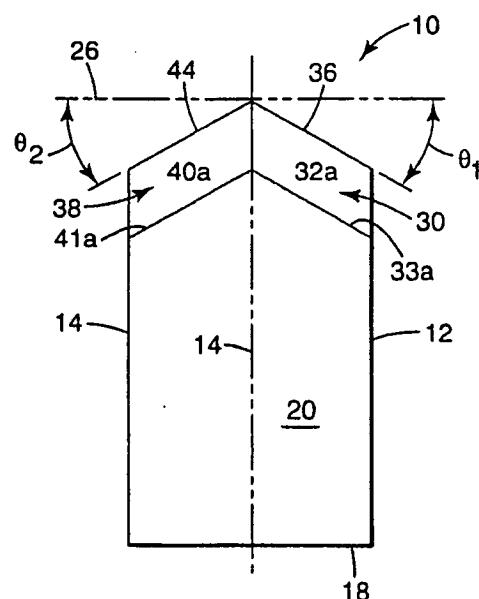


Fig. 5

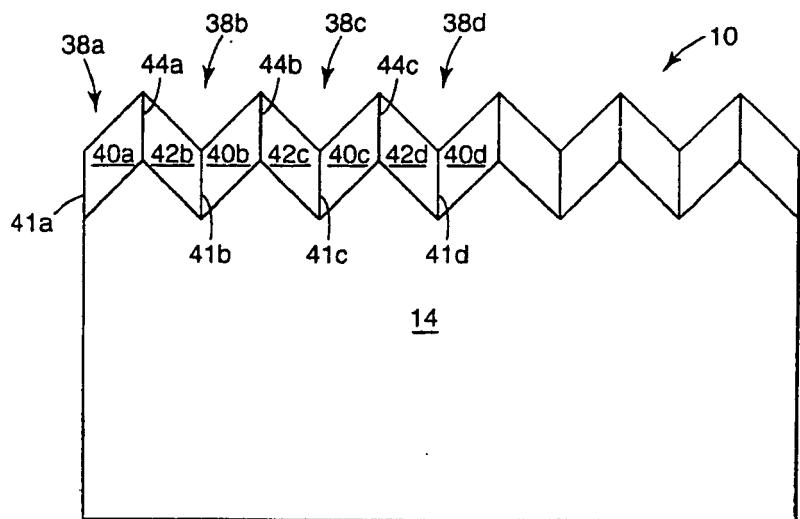


Fig. 6

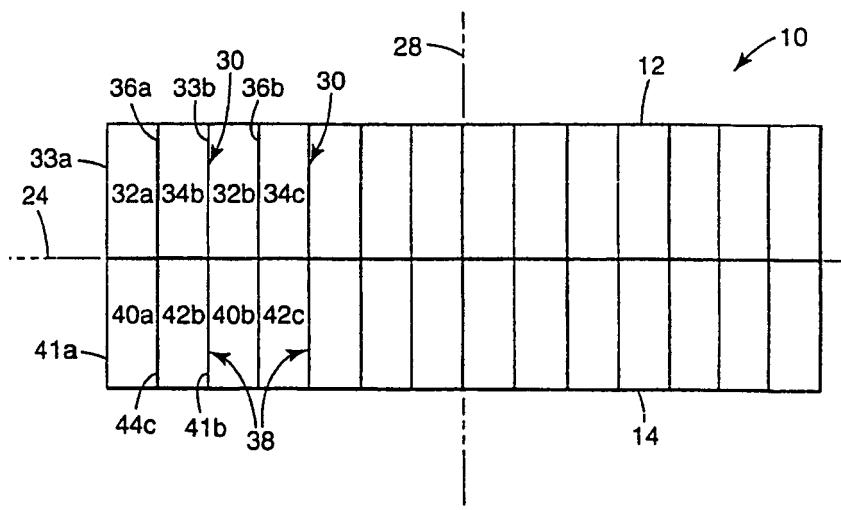


Fig. 7

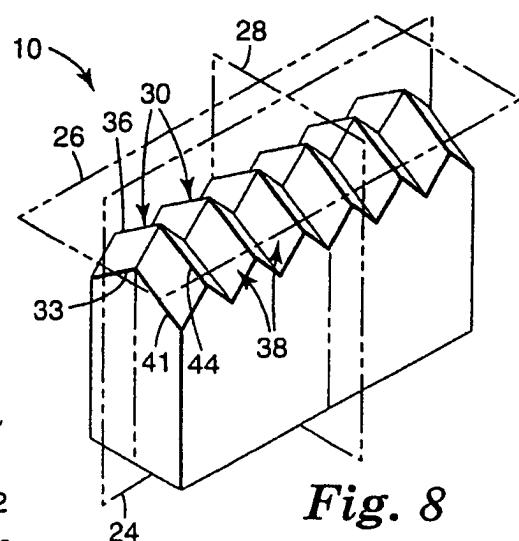


Fig. 8

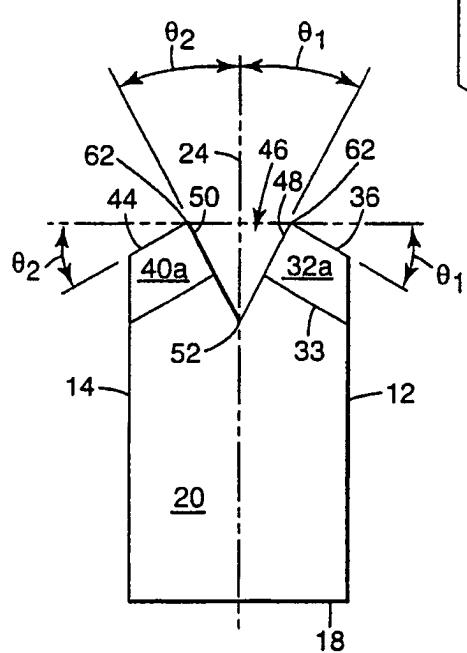


Fig. 9

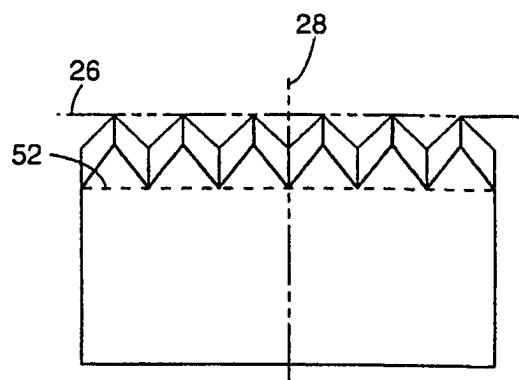


Fig. 10

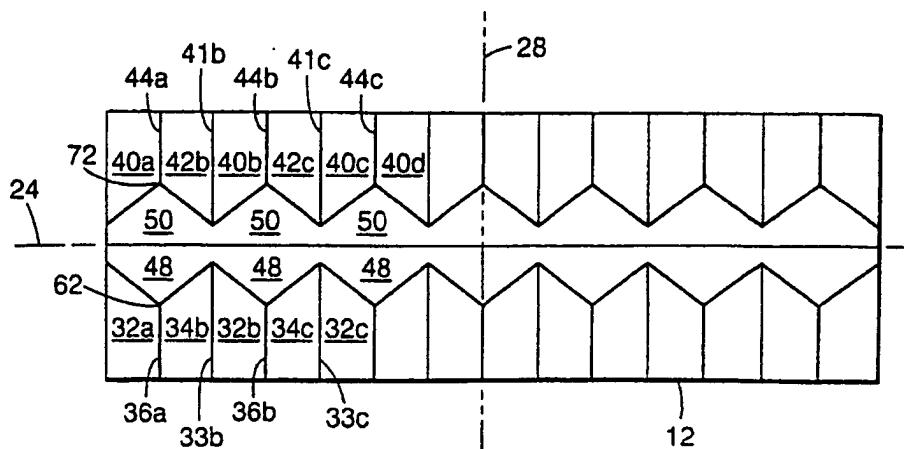


Fig. 11

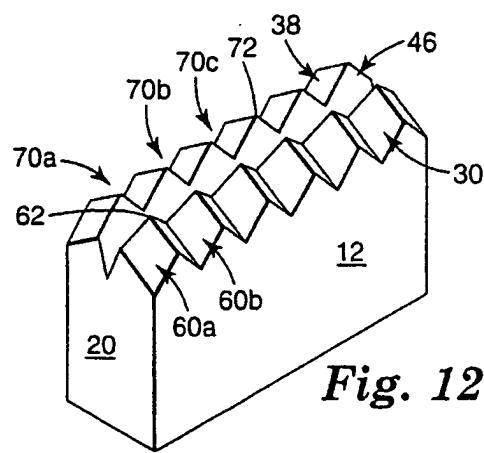


Fig. 12

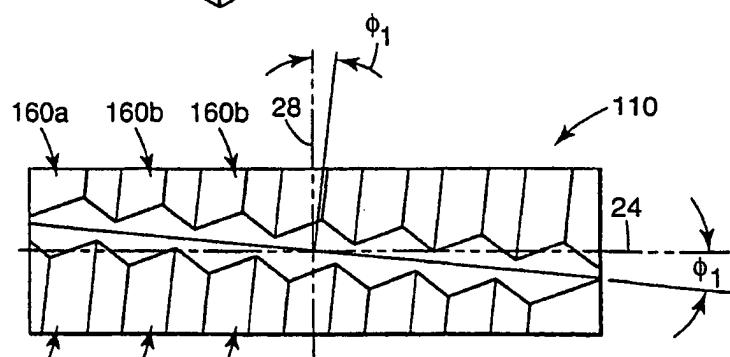


Fig. 13

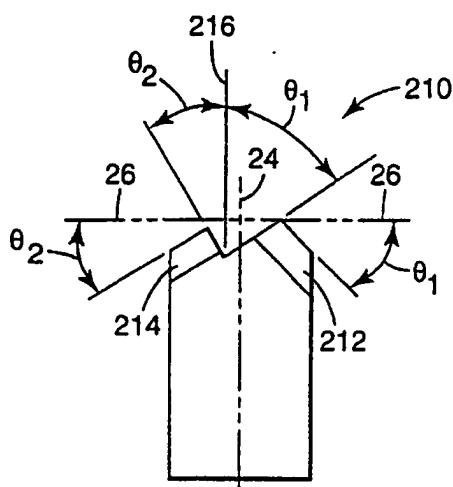


Fig. 14

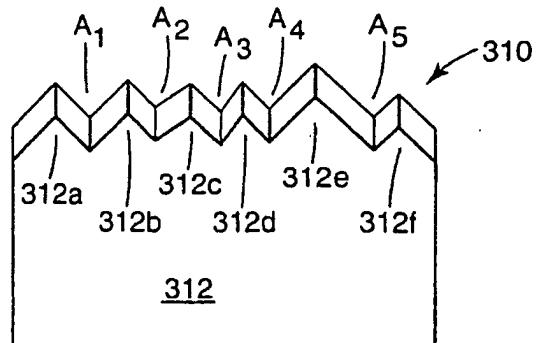


Fig. 15

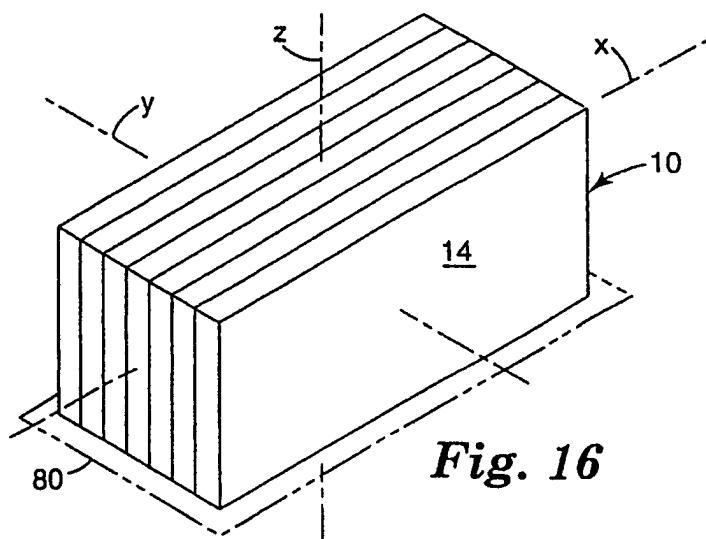


Fig. 16

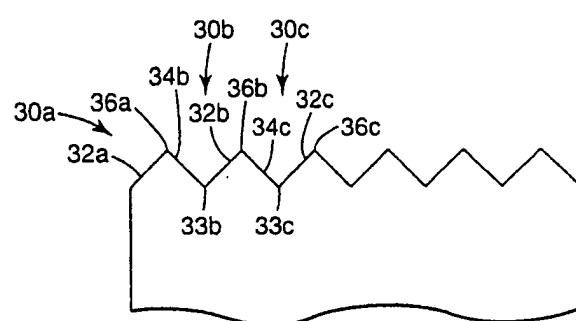
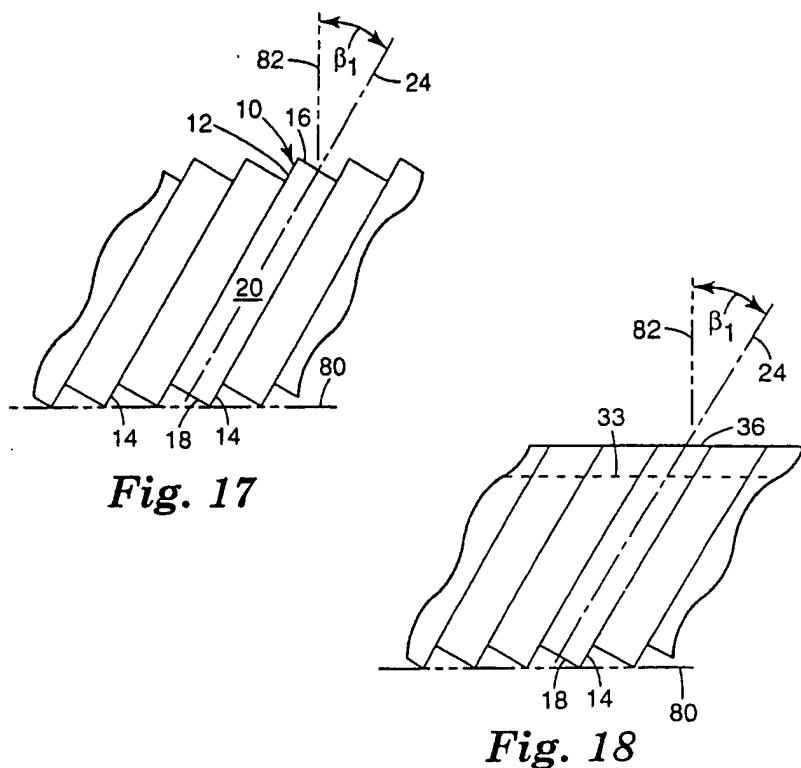


Fig. 19

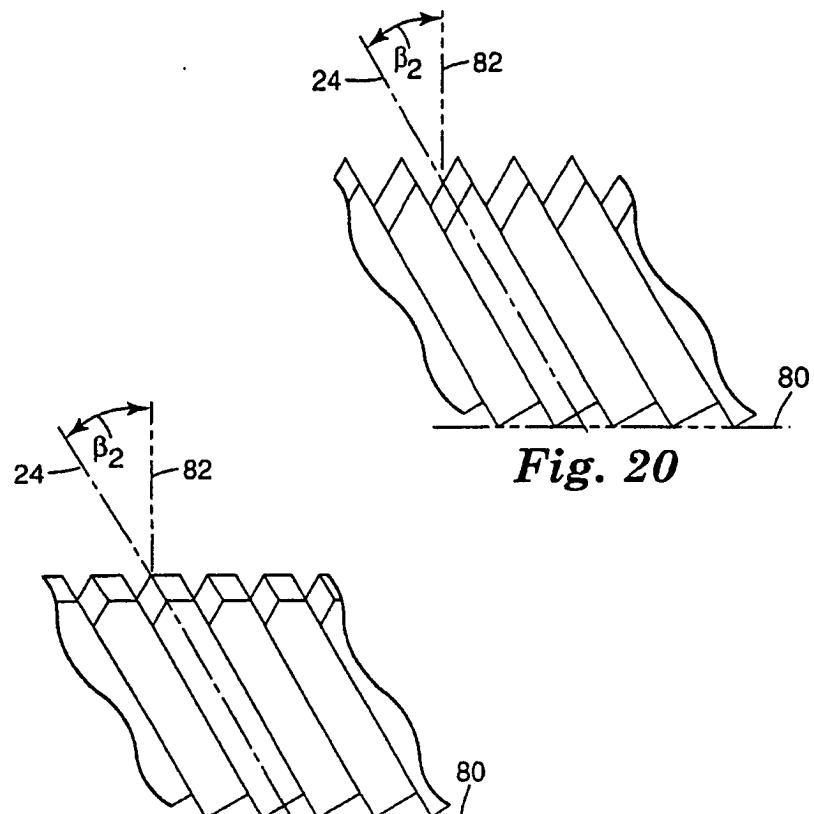


Fig. 21

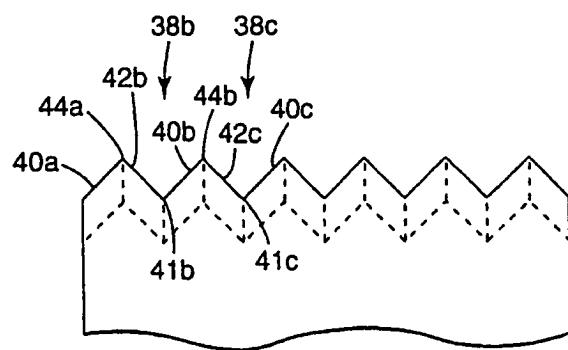


Fig. 22

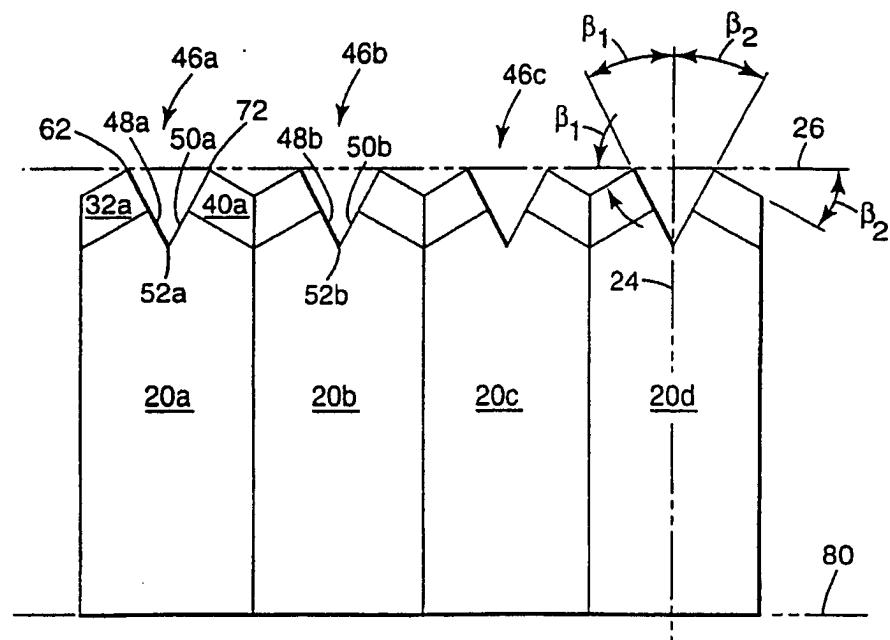


Fig. 23

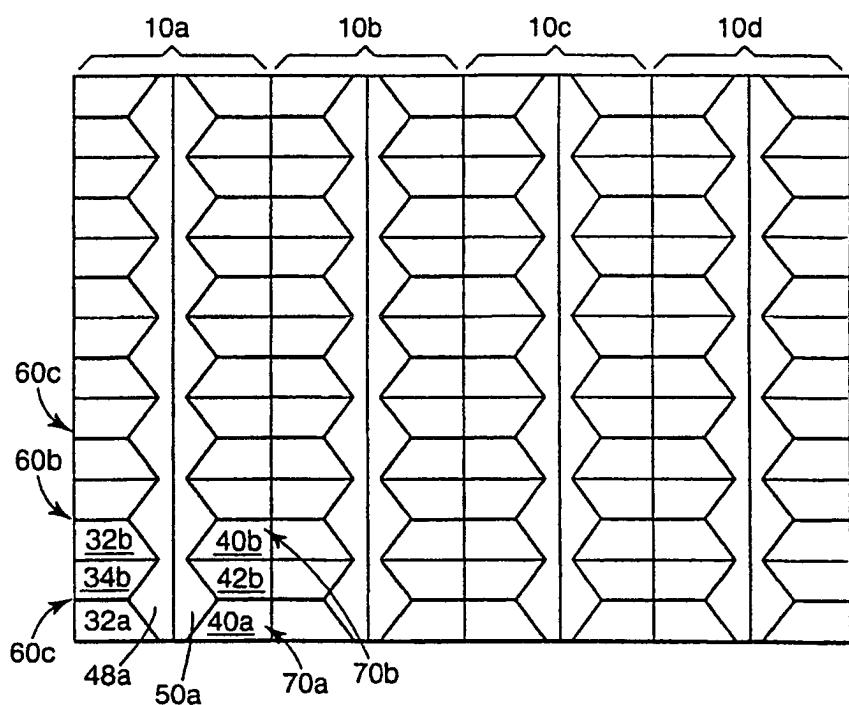


Fig. 24

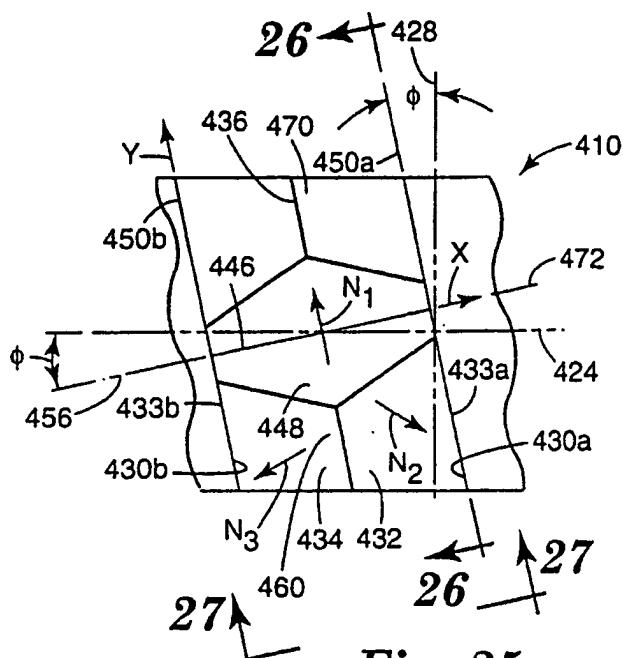


Fig. 25

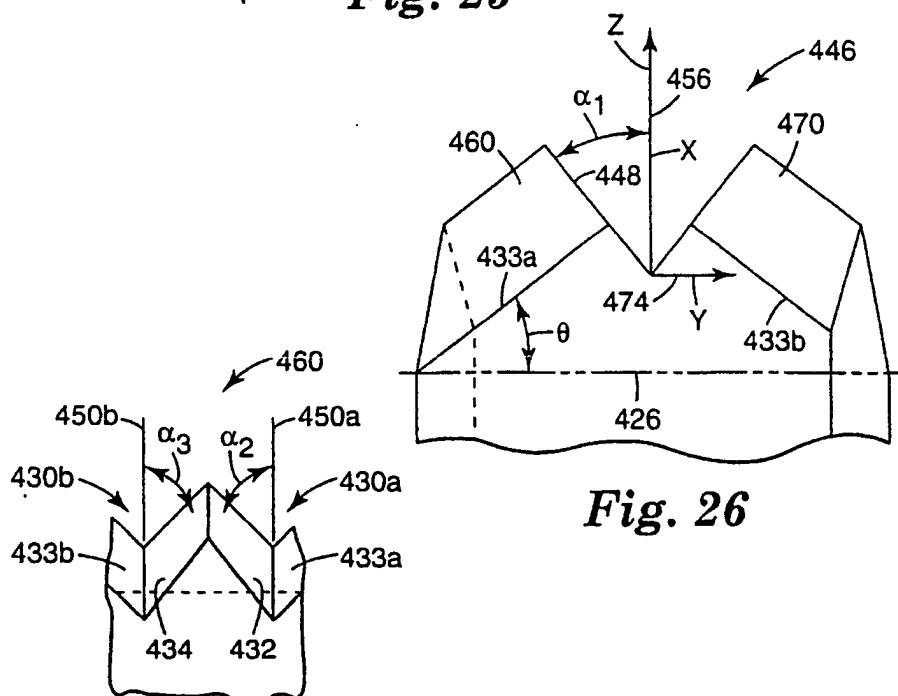


Fig. 26

Fig. 27