

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4235750号  
(P4235750)

(45) 発行日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(24) 登録日 平成20年12月26日(2008.12.26)

(51) Int.Cl.	F 1	
<b>B29C 33/38</b>	(2006.01)	B 29 C 33/38
<b>G02B 5/124</b>	(2006.01)	G 02 B 5/124
<b>B29D 11/00</b>	(2006.01)	B 29 D 11/00

請求項の数 3 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願平11-507184
(86) (22) 出願日	平成10年6月12日(1998.6.12)
(65) 公表番号	特表2002-507945(P2002-507945A)
(43) 公表日	平成14年3月12日(2002.3.12)
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/012459
(87) 国際公開番号	W01999/001275
(87) 国際公開日	平成11年1月14日(1999.1.14)
審査請求日	平成17年6月13日(2005.6.13)
(31) 優先権主張番号	08/886,074
(32) 優先日	平成9年7月2日(1997.7.2)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	スリーエム カンパニー アメリカ合衆国、ミネソタ 55144- 1000, セント ポール, スリーエム センター
(74) 代理人	弁理士 石田 敏
(74) 代理人	弁理士 鶴田 準一
(74) 代理人	弁理士 西山 雅也
(74) 代理人	弁理士 樋口 外治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】再帰反射キューブコーナー製品の成形用の型に使用する薄板、この薄板を備える型組立体、及びこの型組立体から製造される再帰反射シート

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

再帰反射キューブコーナー製品の成形用の型に使用するのに適した薄板(10、10a、10b、10c、10d、110、210、310、410)であって、両者間に第1基準面(24)を規定する互いに反対側の第1および第2主面(12、14)と、該第1および第2主面を互いに接続する作用面(16)とを有し、該作用面が、該作用面に実質的に平行であるとともに前記第1基準面に垂直な第2基準面(26)と、前記第1基準面および前記第2基準面に垂直な第3基準面(28)とを規定し、

該作用面に少なくとも2つの隣接する平行なV形溝(30a、30b、30c、A1、A2、A3、A4、A5)を有する第1溝セット(30)を具備し、該第1溝セットの該V形溝が、互いに実質的に直交して第1基準縁部(36)を形成する第1溝表面および第2溝表面を画定する、薄板において、

前記作用面に少なくとも2つの隣接する平行なV形溝(38a、38b、38c、A1、A2、A3、A4、A5)を有する第2溝セット(38)であって、該第2溝セットの該V形溝が、互いに実質的に直交して第2基準縁部(44)を形成する第3溝表面および第4溝表面を画定する第2溝セットと、

前記作用面に少なくとも1つの溝(46)を有する第3溝セット(46)であって、該溝が第5溝表面および第6溝表面を画定し、該第5溝表面が前記第1および第2溝表面と実質的に直交して、第1の向きに配置される少なくとも1つの第1キューブコーナー(60a、60b、60c、160a、160b、160c、214、312a-f)を形成し、該第6溝表面が前記第3および第4

溝表面と実質的に直交して、前記第1の向きとは異なる第2の向きに配置される少なくとも1つの第2キューブコーナー(70a、70b、70c、170a、170b、170c、212、312a-f)を形成する第3溝セットと、を具備することを特徴とする薄板。

#### 【請求項2】

請求項1に記載の薄板を複数個備える型組立体であって、各々の前記薄板の前記作用面が、隣接する前記薄板の前記作用面に対し同一平面上にあるように、複数個の前記薄板が互いに隣接して組み立てられている型組立体。

#### 【請求項3】

請求項2に記載の型組立体から製造される再帰反射キューブコーナーシート。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 技術分野

本発明は、概して、キューブコーナー再帰反射シートの成形に使用するのに適する型、および該型を製造する方法に関する。本発明は、特に、複数の薄い薄板から形成される型、および該型を製造する方法に関する。

##### 発明の背景

再帰反射材料は、材料上に入射する光を発光源方向に再度方向付ける能力に特徴がある。この特性により、再帰反射シートを各種の顕著性用途に広範囲に使用することができる。再帰反射シートは、たとえば道路標識およびバリケードなどの平らな剛性製品に使用されることが多いが、不規則または可撓性の表面にも使用される。たとえば、再帰反射シートは、トラックトレーラの側面に付着させることができるが、この場合、シートは段や突出するリベットを通り越す必要がある。あるいは、シートは、道路工事作業者の安全ベストまたはその他の安全用衣類などの可撓性本体部分に付着させることができる。下にある表面が不規則または可撓性である場合、再帰反射シートは、再帰反射性能を犠牲にすることなく、下にある表面に馴染む能力を有することが望ましい。さらに、再帰反射シートは、ロールの形態で梱包されて出荷されることが多いので、シートは、コアの周囲に巻くことができるよう十分に可撓性である必要がある。

公知の2種類の再帰反射シートは、微小球ベースのシートおよびキューブコーナーシートである。微小球ベースのシートは、「ビード付き」シートと呼ばれることもあり、結合剤層に一般に少なくとも部分的に埋め込まれるとともに、対応する鏡面反射または拡散反射材料(たとえば、顔料粒子、金属フレークもしくは蒸気塗膜など)を有する多数の微小球を使用して入射光を再帰反射する。具体的な例は、米国特許第3,190,178号(McKenzie)、第4,025,159号(McGrath)および第5,066,098号(Kult)に開示されている。有利なことに、微小球ベースのシートは、概して、段付き表面または可撓性表面に付着することができる。また、ビード付き再帰反射器の対称的な幾何学的形状により、微小球ベースのシートは、シートの表面に垂直な軸線周囲で回転するときに、向きが比較的均一な全光反射を示す。したがって、こうした微小球ベースのシートは、シートが表面に配置される向きに対して比較的低い感度を有する。しかし、概してこうしたシートの再帰反射効率は、キューブコーナーシートよりも低い。

キューブコーナー再帰反射シートは、実質的に平らな底面と、この基部表面に互いに反対側の複数のキューブコーナーから成る構造化表面とを一般に有する本体部分から成る。各々のキューブコーナー素子は、1つの基準点つまり頂点で交差する3つの相互に垂直な光学面を備える。キューブコーナー素子の底部は、光がキューブコーナー素子に伝導される口径として作用する。使用の際、シートの底面に入射する光は、シートの底面で屈折し、シート上に配置されたキューブコーナー素子の底部を介して伝導され、3つの垂直なキューブコーナー光学面各々から反射して、光源方向に再度方向付けられる。キューブコーナー素子の光学軸とも呼ばれる対称軸線は、キューブコーナーの頂点から延在して、キューブコーナー素子の3つの光学面に対して等しい角度を形成する。キューブコーナー素子は、光学軸にほぼ沿って素子の底部上に入射する光に対応して最も高度な光学的効率を一般に示す。キューブコーナー再帰反射器によって再帰反射する光の量は、入射角が光学軸から逸脱すると減少する。

キューブコーナー再帰反射シートの最大再帰反射効率は、シートの構造化表面上のキューブコーナー素子の幾何学的形状の関数である。「能動領域」および「有効口径」は、キューブコーナーの分野では、素子の底部に入射する光を再帰反射するキューブコーナー素子の部分を特徴付けるために使用する。キューブコーナー素子構造の有効口径の決定に関する詳しい説明は、本発明の開示の範囲外である。キューブコーナーの幾何学的形状の有効口径を決定する1つの手順は、1971年7月発行のEckhardtの「Applied Optics」(応用光学)、第10巻、7号、1559~1566ページに記載されている。Straubelに付与された米国特許第835,648号も、有効口径の概念を説明している。特定の入射角では、能動領域は、屈折した入射光に垂直な平面上に対する3つのキューブコーナー面の突出部と、同一平面上に対する第3の反射の像表面の突出部との位相的交差により決定できる。次に、「百分率能動領域」は、キューブコーナー面の突出部全体の領域で除算した能動領域と定義する。再帰反射シートの再帰反射効率は、シート上のキューブコーナー素子の百分率能動領域に直接的に相関する。

さらに、再帰反射シートの再帰反射パターンの光学特性は、部分的にキューブコーナー素子の幾何学的形状の関数である。したがって、キューブコーナー素子の幾何学的形状の歪曲によって、シートの光学特性に対応する歪曲が生じる可能性がある。好ましくない物理的変形を抑制するため、再帰反射シートのキューブコーナー素子は、シートを屈曲させたり弾性的に伸長させたりする際に、キューブコーナー素子の物理的な歪曲を抑制するのに十分なように、比較的高度の弾性率を有する材料から一般に製造される。上記のとおり、多くの場合、再帰反射シートは十分に可撓性であり、シートが、段がある基材またはそれ自身が可撓性である基材に付着できるか、または再帰反射シートをロール状に巻いて、容易に保管および出荷できることが望ましい。

キューブコーナーの再帰反射シートは、所望のキューブコーナー素子の幾何学的形状の、負または正の像を含む種型を最初に製造して製造される。型は、ニッケル電気めっき、化学的蒸着または物理的蒸着を使用して、キューブコーナーの再帰反射シートを形成するツーリングを製造して複製することができる。Pricon等に付与された米国特許第5,156,863号には、キューブコーナーの再帰反射シートを製造する際に使用するツーリングを成形する工程の具体的な概要が記載されている。種型を製造する公知の方法としては、ピンバンドリング技術、直接機械加工技術および積層技術がある。これらの技術は各々、利点と制約を有する。

ピンバンドリング技術では、各々一方の端部に幾何学的形状を有する複数のピンは、一緒に組み立てられてキューブコーナーの再帰反射面を形成する。米国特許第1,591,572号(S timson)、第3,926,402号(Heenan)、第3,541,606号(Heenan等)、第3,632,695号(How ell)には、具体的な例が記載されている。ピンバンドリング技術は、1つの型でキューブコーナーの多様な幾何学的形状を製造する能力を提供する。しかし、ピンバンドリング技術は、たとえば約1.0mm未満の小型キューブコーナー素子を製造する場合、経済的かつ技術的に実際的ではない。

直接機械加工技術では、一連の溝を单一の基材に形成して、キューブコーナーの再帰反射面を形成する。米国特許第3,712,706号(Stamm)および第4,588,258号(Hoopman)には、具体的な例が記載されている。直接機械加工技術は、可撓性再帰反射シートに匹敵する非常に小さいキューブコーナー素子を正確に機械加工する能力を提供する。しかし、直接機械加工技術を使用して、低入射角で非常に高度の有効口径を有するキューブコーナーの特定の幾何学的形状を製造することは、現在は不可能である。米国特許第3,712,706号に記載されているキューブコーナー素子の幾何学的形状の理論最大全光反射は、約67%である。

積層技術では、各薄板が一方の端部に幾何学的形状を有する複数の薄板を組み立てて、キューブコーナーの再帰反射面を形成する。ドイツ暫定公開公報第19 17 292号、国際公開第WO 94/18581号(Bohn等)、第WO 97/04939号(Mimura等)および第WO 97/04940号(Mimura等)は、溝付き表面が複数のプレート上に形成される成形反射器を開示している。このプレートは一定の角度だけ傾斜され、各々の第2プレートが交差するように変位される

10

20

30

40

50

。この過程によって、複数のキューブコーナー素子が形成され、各素子は、第1プレート上の2つの機械加工面と、第2プレート上の1つの側面とにより形成される。Gubelaに付与されたドイツ特許第DE 42 36 799号には、キューブコーナーを製造するための立方体表面を備える成形工具を製造する方法が記載されている。斜面は、バンドの一方の縁部の長さ全体にわたって第1方向に研削または切削される。次に、複数の刻み目を第2方向に形成して、バンド上にキューブコーナー反射器を形成する。最後に、複数の刻み目をバンドの側面に垂直に形成する。Gubelaに付与されたドイツ暫定特許第44 10 994 C2号は、関連特許である。特許第44 10 994 C2号に記載されている反射器は、凹湾曲率を有する反射面に特徴がある。

## 発明の開示

10

本発明は、複数の薄板から再帰反射シートを形成するときに使用するのに適する種型の提供、および該種型の製造方法に関する。有利なことに、本明細書に開示する方法に従って製造した種型により、100%に近い再帰反射効率レベルを示す再帰反射キューブコーナーシートを製造することができる。可撓性再帰反射シートの製造を容易にするため、開示された方法により、幅が0.010mm以下のキューブコーナー再帰反射素子を製造することができる。さらに、本出願により、少なくとも2つの異なる向きにおいて対称な再帰反射性能を示すキューブコーナー再帰反射シートを製造することができる。

複数の薄板から形成される型を製造する効率的かつ費用効果の高い方法についても開示する。特に、シート内に一定密度のキューブコーナー素子を製造するのに必要な薄板の数の減少について開示し、それによりこうした型の製造に関連する時間および費用を減少させる。

20

一実施例では、再帰反射キューブコーナー製品を成形するときに使用する型に使用するのに適する薄板であって、両者間に第1基準面を規定する互いに反対側の第1および第2主面を有し、第1および第2主面を接続する作用面をさらに備え、該作用面が、該作用面に実質的に平行であるとともに第1基準面に垂直な第2基準面と、第1基準面および第2基準面に垂直な第3基準面とを画定する薄板を提供する。この薄板は、(a)薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第1溝面および第2溝面を画定して第1基準縁部を形成する第1溝セットと、(b)薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第3溝面および第4溝面を画定する第2溝セットと、(c)薄板の作用面に少なくとも1つの溝を備え、この溝が、第5溝面および第6溝面を画定し、第5溝面が、第1および第2溝面と実質的に直交して、第1の向きで配置される少なくとも1つの第1キューブコーナーを形成し、第6溝面が、第3および第4溝面に実質的に直角に交差して、第1の向きとは異なる第2の向きに配置される少なくとも1つの第2キューブコーナーを形成する第3溝セットとを含む。

30

一実施例では、第1および第2の溝セットは、その個々の基準縁部が、上面図で第1基準面に対して垂直な軸線に沿って延在するように形成する。第3の溝セットは、第3基準面に含まれる軸線に沿って延在する、頂点を有する1つの溝を備える。この実施例では、薄板は、第1溝セットの溝および第3の溝により画定される第1列のキューブコーナー素子と、第2溝セットの溝および第3の溝により画定される第2列のキューブコーナー素子を備える。

40

各々のキューブコーナー素子の3つの相互に垂直な光学面は、1つの薄板上に形成することが好ましい。3つの光学面はすべて、光学的品質の表面を確保するために、機械加工工程で形成することが好ましい。機械加工段階およびその後の段階では、隣接する第1主面と第2主面との間に平らな界面を維持して、薄板の取扱いによる整合問題およびは損を最小限にすることが好ましい。

さらに、再帰反射キューブコーナー製品の成形に使用するのに適する型に使用する薄板を製造する方法であって、この薄板が、両者間に第1基準面を規定する互いに反対側の第1および第2主面を有し、この第1および第2主面を接続する作用面であって、この作用面に実質的に平行であるとともに第1基準面に垂直な第2基準面と、第1基準面および第2

50

基準面に垂直な第3基準面とを画定する作用面をさらに備える方法を開示する。この方法は、(a)薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第1溝面および第2溝面を画定して第1基準縁部を形成する第1溝セットを形成するステップと、(b)薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第3溝面および第4溝面を画定して第2基準縁部を形成する第2溝セットを形成するステップと、(c)薄板の作用面に少なくとも1つの溝を備え、この溝が第5溝面および第6溝面を画定し、第5溝面が、第1および第2溝面と実質的に直交して、第1の向きに配置される少なくとも1つのキューブコーナーを形成し、第6溝面が、第3および第4溝面と実質的に直角に交差して、第1の向きとは異なる第2の向きに配置される少なくとも1つの第2キューブコーナーを形成する第3溝セットを形成するステップとを含む方法を開示する。

さらに、複数の薄板を備える型組立体であって、これらの薄板が、両者間に第1基準面を規定する互いに反対側の平行な第1および第2主面を備え、各々の薄板が、第1および第2主面を接続する作用面をさらに備え、この作用面が、この作用面に実質的に平行であるとともに、第1基準面に垂直な第2基準面と、第1基準面および第2基準面に垂直な第3基準面とを画定する型組立体を開示する。複数の薄板の作用面は、(a)各々の薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第1溝面および第2溝面を画定する第1溝セットと、(b)各々の薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第3溝面および第4溝面を画定して、個々の薄板各々に第2基準縁部を形成する第2溝セットと、(c)複数の薄板の作用面に少なくとも1つの溝を備え、各々の溝が、第5溝面および第6溝面を画定し、第5溝面が、第1および第2溝面と実質的に直交して、第1の向きに配置される少なくとも1つの第1キューブコーナーを形成し、第6溝面が、第3および第4溝面と実質的に直交して、第1の向きとは異なる第2の向きに配置される少なくとも1つの第2キューブコーナーを形成する第3溝セットとを備える。

こうした型組立体の一実施例では、第1の溝セットは、複数の薄板の個々の第1主面を実質的に全体に横断して延在し、第2の溝セットは、複数の薄板の個々の第2主面を実質的に全体に横断して延在する。さらに、第1および第2溝セットは、その個々の基準縁部が、上面図で個々の第1基準面に垂直な軸線に沿って延在するように形成される。最後に、第3溝セットは、頂点を有する個々の薄板に、個々の薄板の第3基準面に平行な軸線に沿って延在する1つの溝を備える。この実施例によると、個々の薄板は各々、第1溝セットの溝により画定される第1列のキューブコーナー素子と、第2溝セットの溝および第3の溝により画定される第2列のキューブコーナー素子とを備える。

さらに、再帰反射キューブコーナー製品の成形に使用するのに適する型に使用する複数の薄板を製造する方法であって、各々の薄板が、両者間に第1基準面を規定する互いに反対側の第1および第2主面を有し、第1および第2主面を接続する作用面をさらに備え、この作用面が、作用面に実質的に平行であるとともに第1基準面に垂直な第2基準面と、第1基準面および第2基準面に垂直な第3基準面とを画定する方法を開示する。この方法は、(a)個々の第1基準面が互いに平行であり、固定基準軸線に対して第1の角度で配置される複数の薄板を方向付けるステップと、(b)各々の薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第1溝面および第2溝面を画定する第1溝セットを形成するステップと、(c)個々の第1基準面が互いに平行であり、固定基準軸線に対して第2の角度で配置される複数の薄板を方向付けるステップと、(d)各々の薄板の作用面に少なくとも2つの平行な隣接V形溝を備え、隣接する各々の溝が、実質的に直交する第3溝面および第4溝面を画定して、個々の薄板各々に第2基準縁部を形成する第2溝セットを形成するステップと、(e)複数の薄板の作用面に少なくとも1つの溝を備え、各々の溝が、第5および第6溝面を画定し、第5溝面が、第1および第2溝面に実質的に直交して、第1の向きに配置される少なくとも1つのキューブコーナーを形成し、第6の溝面が、第3および第4溝面に実質的に直交して、第1の向きとは異なる第2の向きに配置される少なくとも1つの第2キューブコーナーを形成する第3溝セツ

10

20

30

40

50

トを形成するステップとを含む。

開示する1つの方法では、複数の薄板は、基部平面を画定する適切な取付具に組み付けられる。この取付具は、薄板の個々の第1基準面が実質的に平行であり、基部平面に対して垂直ベクトルである固定基準軸線に対して第1の角度、好ましくは約1°～約85°、さらに好ましくは約10°～約60°で配置されるように複数の薄板を固定する。次に、第1溝セットは、たとえばルーリング、フライカット、研削またはフライス加工などの適切な材料除去技術を使用して、複数の薄板の作用面に近接する複数の薄板各々の部分を除去して形成される。次に、複数の薄板を取付具に再び組み付けて、その個々の第1基準面が実質的に平行であり、基部平面に対して垂直ベクトルである固定基準軸線に対して第2の角度、好ましくは約1°～約85°、さらに好ましくは約10°～約60°で配置されるように固定する。次に、上記の適切な材料除去技術を使用して、第2溝セットを形成する。次に、複数の薄板を取付具に再び組み付けて、個々の第1基準面が基準軸線に対して実質的に平行になるように固定する。次に、上記の適切な材料除去技術を使用して、第3の溝セットを形成する。第3溝セットは、個々の薄板に1つの溝を画定することが好ましい。

#### 【図面の簡単な説明】

図1は、開示する方法に使用するのに適する1つの薄板の斜視図である。

図2は、第1機械加工ステップ後の1つの薄板の端面図である。

図3は、第1機械加工ステップ後の1つの薄板の側面図である。

図4は、第1機械加工ステップ後の1つの薄板の上面図である。

図5は、第2機械加工ステップ後の1つの薄板の端面図である。

図6は、第2機械加工ステップ後の1つの薄板の側面図である。

図7は、第2機械加工ステップ後の1つの薄板の上面図である。

図8は、第2機械加工ステップ後の1つの薄板の斜視図である。

図9は、第3機械加工ステップ後の1つの薄板の端面図である。

図10は、第3機械加工ステップ後の1つの薄板の側面図である。

図11は、第3機械加工ステップ後の1つの薄板の上面図である。

図12は、第3機械加工ステップ後の1つの薄板の斜視図である。

図13は、第3機械加工ステップ後の1つの薄板の代替実施例の上面図である。

図14は、第3機械加工ステップ後の1つの薄板の代替実施例の端面図である。

図15は、第3機械加工ステップ後の1つの薄板の代替実施例の側面図である。

図16は、複数の薄板の斜視図である。

図17は、第1の向きに方向付けられた複数の薄板の端面図である。

図18は、第1の機械作業後の複数の薄板の端面図である。

図19は、第1の機械作業後の複数の薄板の側面図である。

図20は、第2の向きに方向付けられた複数の薄板の端面図である。

図21は、第2の機械作業後の複数の薄板の端面図である。

図22は、第2の機械作業後の複数の薄板の側面図である。

図23は、第3の機械作業後の複数の薄板の端面図である。

図24は、第3の機械作業後の複数の薄板の上面図である。

図25は、1つの薄板の作用面の一部分の上面図である。

図26は、図25に示す作用面の側立面図である。

図27は、図25に示す作用面の側立面図である。

#### 好適な実施例の詳細な説明

様々な実施例を説明するに当たり、分かりやすくするために特定の用語を使用する。ただし、こうした用語は、制限を意図するのではなく、選択した各々の用語は、同様に機能する技術的に等価なものすべてを含むと考えるべきである。本出願と同日に提出された関連出願としては、Retroreflective Cube Corner Sheetng Mold and Sheetng Formed Therefrom (再帰反射キューブコーナーシート型および該型から成形するシート) (代理人名簿番号第53305USA5A号)、Retroreflective Cube Corner Sheetng, Molds Therefore, and Methods of Making the Same (再帰反射キューブコーナーシート、その型、および該

10

20

30

40

50

型の製造方法) (代理人名簿番号第53318USA8A号) 、 Tiled Retroreflective Sheeting Composed of Highly Canted Cube Corner Elements (高度に傾斜したキューブコーナー素子から成る張合わせ再帰反射シート) (代理人名簿番号第53285USA9A号) 、 Retroreflective Cube Corner Sheeting Mold and Method of Making the Same (再帰反射キューブコーナーシート型および該型の製造方法) (代理人名簿番号第51952USA6A号) および Dual Orientation Retroreflective Sheeting (二重軸再帰反射シート) (代理人名簿番号第52303USA8B号) がある。

開示する実施例は、 様々なサイズおよび形状の完全なキューブコーナー素子を利用することができる。1つのアレイ内の隣接する完全なキューブコーナー素子の底縁部は、 必ずしも同一平面ではない。これと対照的に、 1つのアレイ内の隣接する切頭キューブコーナー素子の底縁部は、 一般に同一平面にある。完全なキューブコーナー素子の全光反射は、 一定量の傾斜を有する切頭キューブコーナー素子の場合よりも大きいが、 完全なキューブは、 比較的大きい入射角において比較的迅速に全光反射を失う。完全なキューブコーナー素子の1つの利点は、 入射角が小さい場合に全光反射がより大きく、 比較的大きい入射角における性能の損失が大きすぎない点である。

キューブコーナーが合致した対のアレイの予測全光反射 (TLR) は、 百分率能動領域および光線強度の知識から計算することができる。光線強度は、 前面損失および再帰反射光線の3つのキューブコーナー表面各々からの反射によって減少する。全光反射は、 百分率能動領域と光線強度との積、 つまり再帰反射される全入射光の割合として定義される。直接機械加工したキューブコーナーアレイの全光反射については、 米国特許第3,712,706号 (Stamm) に記載されている。

次に、 薄板の一実施例およびこの実施例の製造方法について、 図1～図12に関して説明する。図1および図2は、 再帰反射シートの成形に適する型の製造に有用な代表的な薄板10を示す。薄板10は、 第1主面12と、 反対側の第2主面14とを備える。薄板10は、 第1主面12と第2主面14との間に延在する作用面16と、 反対側の底面18とをさらに備える。薄板10は、 第1端面20と、 反対側の第2端面22とをさらに備える。好適な実施例では、 薄板10は、 反対側の表面が実質的に平行な正長方形多角体である。しかし、 薄板10の反対側の表面は必ずしも平行である必要はないことが分かる。

説明の目的上、 薄板10は、 デカルト座標系をその構造上に重ねた3次元空間として特徴付けることができる。第1基準面24は、 主面12と14との間の中心に位置する。第1基準面24は、 x-z平面と呼び、 その垂直ベクトルとしてy軸を有する。第2基準面26はx-y平面と呼ばれ、 薄板10の作用面16と実質的に同一平面に延在し、 その基準ベクトルとしてz軸を有する。第3基準面28は、 y-z平面と呼ばれ、 第1端面20と第2端面22との間の中心に位置し、 その基準ベクトルとしてx軸を有する。分かりやすくするために、 本発明の様々な幾何学的属性について、 本明細書に記載するデカルト基準面を参照して説明する。ただし、 こうした幾何学的属性は、 他の座標系を使用するか、 または薄板の構造に関して説明できることが分かるであろう。

図2～図12は、 薄板10の作用面16における複数の光学的に対向するキューブコーナー素子から成る構造化表面の形成を示す。簡潔に述べるなら、 好適な実施例により、 少なくとも2つの平行な隣接溝30a、 30b、 30cなど (30と総称する) から成る第1溝セットは、 薄板10の作用面16に形成される (図2～図4)。少なくとも2つの平行な隣接溝38a、 38b、 38cなど (38と総称する) から成る第2溝セットも、 薄板10の作用面に形成される (図5～図7)。第1および第2溝セットは、 第1基準面24にほぼ沿って交差し、 複数の1つ置きにある頂点とv形の谷とを含む構造化表面を形成することが好ましい (図8)。溝セット30、 38は、 図8に示すように、 整合配置される必要はない。あるいは、 頂点とv形の谷とは、 図13に示すように、 互いにに対して偏位させることができる。

次に、 第3の溝46を薄板10の作用面16に形成する (図9～図11)。第3の溝46は、 第1および第2溝セットが形成される方向にほぼ垂直な軸線に沿って延在することが好ましい。第3の溝46を形成すると、 薄板上に3つの相互に垂直な光学面を有する複数のキューブコーナー素子を含む構造化表面が形成される (図12)。本明細書で使用する場合、「溝セッ

10

20

30

40

50

ト」は、薄板10の作用面16に形成される平行な溝すべてを意味する。

次に、実施例について詳細に説明する。図2～図4を参照すると、少なくとも2つの平行な隣接溝30a、30b、30cなど(30と総称する)から成る第1溝セットは、薄板10の作用面16に形成される。これらの溝は、溝の頂点(33b、33c、33dなど(33と総称する))において交差する第1溝表面32a、32b、32cなど(32と総称する)および第2溝表面34b、34c、34dなど(34と総称する)を画定する。薄板の縁部では、溝を形成する作業により、1つの溝表面32aが形成される。隣接する溝の溝表面32aおよび34bは、基準縁部36aにほぼ直交する。本明細書で使用する場合、「実質的に直交」または「ほぼ直交」という用語は、個々の表面間の二面角が約90であることを意味するが、Appeldornに付与された米国特許第4,775,219号に記載されているように、直交性のわずかな変化が意図されている。同様に、隣接する溝表面32bおよび34cは、第1基準縁部36bに沿ってほぼ直交する。このパターンは、図3および図4に示すように、薄板10の作用面16全体を横断して反復することが好ましい。個々の溝の頂点33は、約0.01mm～約1.0mmの距離だけ分離していることが好ましい。

図2の実施例では、溝30は、個々の溝の頂点33および個々の第1基準縁部36が、薄板10の第1主面12および作用面16と交差する軸線に沿って延在するように形成される。この実施例では、薄板10の作用面16は、複数の溝30の形成によって変化しない部分を含む。溝は、溝を作用面16内により深く形成することにより、個々の溝の頂点33および第1基準縁部36が薄板10の第1主面12および第2主面14と交差する軸線に沿って延在するように形成することもできることが分かる。あるいは、図2～図4の実施例では、溝30は、第1基準縁部36が、第1基準面24および第2基準面26と直交角度交差する平面に配置されるように形成し、図4の上面図において、基準縁部36が基準面24に垂直に見えるようにしても良い。

図2～図4の実施例では、溝30は、第1基準縁部36すべてが、第2基準面26と約27.8°の鋭角<sub>1</sub>で交差する共通平面に配置されるように形成する。あるいは、溝30は、基準縁部36が基準面26と27.8°ではない角度で交差するように形成することもできる。一般に、個々の基準縁部36が、約1°～約85°の角度、さらに好ましくは約10°～約60°の角度で基準面26と交差するように溝を形成することが可能である。

次に、図5～図8を参照すると、少なくとも2つの平行な隣接溝38a、38b、38cなど(38と総称する)から成る第2溝セットは、薄板10の作用面16に形成される。溝38は、図示のとおり溝の頂点41b、41c、41dなど(41と総称する)で交差する第3の溝表面40a、40b、40cなど(40と総称する)および第4の溝表面(42b、42c、42dなど(42と総称する))を画定する。薄板の縁部では、溝を形成する作業によって、1つの溝表面40aが形成される。隣接する溝の溝表面40aおよび42bは、基準縁部44aに沿ってほぼ直交し、これは、本発明の目的上、表面40aおよび42b間の二面角が約90°であることを意味する。同様に、隣接する溝表面40bおよび42cは、第2基準縁部44bに沿ってほぼ直交する。このパターンは、薄板10の作用面16全体を横断して反復することが好ましい。溝の頂点41は、約0.01mm～0.10mmだけ離間配置することが好ましい。

特に図5を参照すると、溝38は、基準縁部44が、薄板10の第2主面14および作用面16と交差する軸線に沿って延在するように形成されることが分かる。この実施例では、基準縁部44(および溝の頂点41)は、約27.8°の鋭角<sub>2</sub>で薄板10の第2基準面26と交差する。上記のとおり、基準面26と約1°～85°で交差する溝を形成することができる。

図5～図8の実施例では、個々の基準縁部44が、第1基準面24および第2基準面26と直交角度で交差する平面に配置され、図7の上面図で、基準縁部44が第1基準面24に対して垂直に見えるように形成される。さらに、特に図7を参照すると、溝38は、溝の頂点41が溝の頂点33と実質的に同一平面になり、基準縁部44が基準縁部36と実質的に同一平面になるように形成することが好ましい。あるいは、溝の頂点33、41および基準縁部36、44は、互いにに対して偏位させても良い。もう1つの代替実施例では、溝の頂点33、41の深さは互いに変えることができる。

図8は、溝38の形成が完了した後の代表的な薄板10の斜視図を示す。薄板10は、上記のとおり、その作用面16に形成された一連の溝30、38を備える。基準縁部36、44は、第1基準面24にほぼ沿って交差し、複数の頂点を確定する。同様に、溝の頂点33、41は、第1基準

10

20

30

40

50

面にほぼ沿って交差し、頂点間に複数の谷を形成する。

図9～図12は、薄板10に第3の溝46を形成した後の薄板10の実施例を示す。この実施例では、溝46は、第1基準面24に含まれる軸線に沿って溝角頂52で交差する第5の溝表面48および第6溝表面50を画定する。重要なことは、第5溝表面48が、第1溝表面32および第2溝表面34と実質的に直交する平面に配置されるように第3の溝46を形成することである。これは、第5溝表面48が、第1基準面24とともに角度<sub>1</sub>に相当する角度を形成し、第6溝表面が同様に、第1基準面24とともに好ましくは角度<sub>2</sub>を形成するように第3の溝46を形成することにより達成することができ、ここで、<sub>1</sub>および<sub>2</sub>は、図5に示すのと同じ<sub>1</sub>および<sub>2</sub>である。第5溝表面48の形成によって、薄板10の作用面16に複数のキューブコーナー素子60a、60bなど(60と総称する)が形成される。各々のキューブコーナー素子60は、相互に1点で交差する第1溝表面32、第2溝表面34および第5溝表面48の一部分により画定され、キューブコーナーの頂点つまり尖端62を形成する。同様に、第6溝表面50は、相互に1点で交差する第3溝表面40および第4溝表面42に実質的に直角な平面に配置され、キューブコーナーの頂点つまり尖端72を形成する。第6の溝表面50を形成すると、薄板10の作用面16に複数のキューブコーナー素子70a、70bなど(70と総称する)がさらに形成される。各々のキューブコーナー素子70は、第3溝表面40、第4溝表面42、および第6溝表面50の一部分により画定される。第5溝表面48および第6溝表面50はともに、薄板10の作用面16上に複数のキューブコーナー素子を形成する。しかし、第3の溝46は、第5の溝表面48または第6の溝表面50のみがキューブコーナー素子を形成するように形成できることが分かる。

特に図11および図12を参照して、薄板10の様々な特徴について説明する。開示する実施例では、溝30および38の反対側の表面により画定される二面角は90°である。第1および第2基準縁部36、44は、第1基準面24と直交角度で交差するとともに、第2基準面26と直交角度で交差する平面に配置される。したがって、図11の平面図では、基準縁部36および44は、第1基準面24に実質的に垂直な軸線に沿って延在する。基準縁部36は、約27.8°の鋭角で薄板10の第1主面12に交差するとともに第2基準面26と交差する軸線に沿って延在する。基準縁部44は、約27.8°の鋭角で薄板10の第2主面14と交差するとともに第2基準面26と交差する軸線に追って同様に延在する。第3の溝46の頂点は、第1基準面24と実質的に平行な軸線に沿って延在し、第5溝表面48および第6溝表面50間の二面角は約55.6°である。

作用面16は、たとえばルーリング、フライス加工、溝削りおよびフライカットなど、従来の精密機械加工工具および技術を用いて形成することが好ましい。一実施例では、薄板10の第2主面を精密機械加工工具の表面などのような実質的に平らな表面に見当合わせし、第1溝セットの各々の溝30a、30bなどは、第1作用面12および第2基準面26と27.8°の角度<sub>1</sub>で交差する軸線に沿って、90°の開先角度を有するV形切削工具を移動させて作用面16に形成することができる。開示する実施例では、各々の溝30は作用面に同じ深さで形成され、切削工具は、溝が実質的に同じになるように、隣接する溝間で同じ距離だけ側方に移動させる。次に、薄板10の第1主面12を平らな表面に見当合わせし、各々の溝38a、38bなどは、第2作用面14および第2基準面26と27.8°の角度<sub>2</sub>で交差する軸線に沿って、90°の開先角度を有するV形切削工具を移動させて作用面16に形成することができる。最後に、薄板10の底面18を平らな表面に見当合わせして、第3の溝46は、底面18と実質的に平行であるとともに第1基準面24に含まれる軸線に沿って、55.6°の開先角度を有するV形切削工具を移動させて、作用面16に形成する。溝形成ステップを特定の順序で列挙したが、当業者であれば、各ステップの順序は重要ではなく、各々のステップをどの順序でも実施できることができることが分かるであろう。さらに、当業者は、3つの溝セットは、薄板のある位置に見当合わせして形成することができ、本発明の開示はこうした方法を意図することが分かるであろう。さらに、薄板を固定する特定の機構は、物理的、化学的または電磁的かどうかに関わらず、重要ではない。

再帰反射製品の成形に使用するのに適する型を形成するには、上記のように成形したキューブコーナー素子60、70を備える作用面16を有する複数の薄板10を適切な取付具で互いに

10

20

30

40

50

組み付けることができる。次に、たとえばニッケル電気めっきなどの精密複製技術を用いて作用面16を複製し、作用面16の雌型を成形する。電気めっき技術は、再帰反射業界の当業者には周知のことである。たとえば、Pricon等に付与された米国特許第4,478,769号および第5,156,863号参照。次に、作用面16の雌型は、作用面16の雄型を有する再帰反射製品を成形するための型として使用する。より一般的には、追加の世代の電鋳レプリカを成形し、組み立ててより大きい型とする。薄板10のオリジナルの作用面16またはその雄型は、エンボス加工工具として使用して再帰反射製品を形成することもできる点に注意する。日本特許第8-309851号および米国特許第4,601,861号(Pricon)参照。当業者は、各薄板10の作用面16は個々に再帰反射器として機能することが分かるであろう。したがって、型内の隣接する薄板は、互いに精密な角度または距離で配置する必要はない。

10

図16～図24は、再帰反射製品の成形に適する型に使用するのに適する複数の薄板を形成するもう1つの方法を示す。図16～図24の実施例では、複数のキューブコーナー素子は、複数の薄板の作用面に形成され、複数の薄板は、上記のように、個々ではなく一緒に1つの組立体内に保持される。複数の薄板10は、その作用面16が実質的に同一平面になるように組み立てることが好ましい。簡潔に述べるなら、薄板10は、その個々の第1基準面が固定基準軸線82に対して第1の角度つまり<sub>1</sub>で配置されるように方向付ける(図17)。少なくとも2つのV形溝を含む第1の溝セットは、複数の薄板10の作用面16に形成される(図18および図19)。次に、薄板は、第1基準面が、基準軸線82に対して第2の角度<sub>2</sub>で配置されるように方向付ける(図20)。少なくとも2つのV形溝を含む第2の溝セットは、複数の薄板10の作用面16に形成される(図21および図22)。好ましくは少なくとも1つのV形溝を各々の薄板10の作用面16に備える第3の溝セットも形成する(図23)。第3の溝セットを形成すると、複数の薄板10の作用面に複数のキューブコーナー素子を備える構造化表面が生じる(図24)。

20

次に、図16～図24についてさらに詳細に説明する。図16では、複数の薄い薄板10は、1つの薄板10の第1主面12が隣接する薄板10の第2主面14に隣接するように一緒に組み立てる。薄板10は、互いに隣接する複数の薄板を固定できる従来の取付具内で組み立てることが好ましい。取付具の詳細は、重要ではない。しかし、取付具は基部平面80を画定し、この基部平面80は、薄板10が図16に示すように配置される場合、薄板10の底面18に実質的に平行であることが好ましい。複数の薄板10は、上記のとおりデカルト座標系により特徴付けることができる。複数の薄板10の作用面16は、個々の第1基準面24を基部平面80に垂直にして薄板を配置する場合、実質的に同一平面にある。

30

図17では、薄板10は、その個々の第1基準面24が、基部平面80に垂直な固定基準軸線82から第1の角度<sub>1</sub>で配置されるように方向付ける。一実施例では、<sub>1</sub>は約27.8°である。しかし、あるいは<sub>1</sub>は約1°～約85°でも良いが、約10°～約60°であればさらに好ましい。

図18および図19を参照すると、複数の平行な隣接V形溝30a、30b、30cなど(30と総称する)から成る第1溝セットは、薄板10を角度<sub>1</sub>で配置して複数の薄板10の作用面に形成する。少なくとも2つの隣接溝30が複数の薄板10の作用面16に形成される。これらの溝30は、図示のとおり溝角頂33b、33c、33dなど(33と総称する)で交差する第1溝表面32a、32b、32cなど(32と総称する)および第2溝表面34b、34c、34dなど(34と総称する)を画定する。薄板の縁部では、溝を形成する作業により、1つの溝表面32aが形成される。重要なことは、隣接する溝の溝表面32aおよび34bが、基準縁部36aに沿ってほぼ直交することである。同様に、隣接する溝表面32bおよび34cは、基準縁部36bに沿ってほぼ直交する。このパターンは、薄板10の作用面16全体を横断して反復することが好ましい。

40

溝30は、フライス加工、ルーリング、溝削りおよびフライカットなどの精密機械加工技術並びに化学的蝕刻またはレーザ融蝕技術を含む多様な材料除去技術を用いて、多数の薄板の作用面16の部分を除去して形成することができる。一実施例では、溝30は、高精度機械作業で形成され、この場合、90°の開先角度を有するダイヤモンド切削工具が、基部平面80に実質的に平行な軸線に沿って複数の薄板10の作用面16を横方向に横断して繰返し移動する。あるいは、ダイヤモンド切削工具は、複数の薄板10を横断して異なる深さで

50

切削するように、基部平面80に平行ではない軸線に沿って移動させても良い。機械加工工具は固定して保持できるが、複数の薄板は移動するように配置されることが分かるであろう。薄板10と機械加工工具との間には、任意の相対運動を意図する。

図18および図19の実施例では、溝30は、個々の第1基準縁部36が各々の薄板の第1主面および第2主面14と交差する深さで形成される。したがって、図18に示す端面図では、基準縁部36および溝の頂点33は、基部平面80に平行な軸線に沿って延在する実質的に連続する線を形成する。さらに、溝30は、基準縁部36が、個々の第1基準面24および第2基準面26と直交角度で交差する平面に配置されるように形成する。したがって、図4に類似の上面図では、第1基準縁部36は、個々の第1基準面24に垂直に見える。しかし、溝30は、図2～図4に示すようにより浅く形成するか、または異なる軸線に沿って形成することもできる。10

図20では、薄板10は次に、個々の第1基準面24が、基部平面80に垂直な固定基準軸線82から第2の角度 $\alpha_2$ で配置されるように方向付けられる。一実施例では、 $\alpha_2$ は約27.8°である。しかし、あるいは $\alpha_2$ は約1°～約85°でも良く、約10°～約60°であれば好ましい。角度 $\alpha_2$ は、角度 $\alpha_1$ に関係なく、 $\alpha_1$ に等しい必要はない。複数の薄板10を角度 $\alpha_2$ で方向付けるには、薄板10を取付具から取り外して、その個々の第1基準面を角度 $\alpha_2$ で配置することが好ましい。

図21および図22では、複数の平行な隣接V形溝38b、38cなど(38と総称する)から成る第2溝セットは、薄板を角度 $\alpha_2$ で配置して薄板の作用面16に形成する。少なくとも2つの隣接溝38は、複数の薄板10の作用面16に形成される。溝38は、図示の溝の頂点41b、41c、41dなど(41と総称する)で交差する第3の溝表面40a、40b、40cなど(40と総称する)および第4の溝表面42b、42c、42dなど(42と総称する)を画定する。薄板の縁部では、溝を形成する作業によって、1つの溝表面40aが形成される。重要なことは、隣接する溝の溝表面40aおよび42bが基準縁部44aに沿ってほぼ直交することである。溝表面40bおよび42cは、同様に基準縁部44bに沿ってほぼ直交する。このパターンは、複数の薄板10の作用面16全体を横断して反復することが好ましい。20

溝38は、高精度機械加工作業で形成することが好ましく、こうした作業では、90°の開先角度を有するダイヤモンド切削工具が、基部平面80に実質的に平行な切削軸線に沿って複数の薄板10の作用面16を横断して横方向に繰返し移動する。隣接する溝38の表面は基準縁部44に沿って交差し、直交二面角を形成することが重要である。各々の溝の開先角度は、図15に関して説明したように90°ではなくて良い。溝38は、第1溝セットの溝30と同様、複数の薄板10の作用面16にほぼ同じ深さで形成することが好ましい。さらに、溝38は、溝の頂点41が溝の頂点33と実質的に同一平面になり、基準縁部44が基準縁部36と実質的に同一平面になるように形成することが好ましい。溝38を形成した後、各々の薄板10は図8に示すように見えることが好ましい。30

図23および図24では、第3の溝セットは、各々の薄板10に少なくとも1つの溝46を含むことが好ましく、複数の薄板10の作用面16に形成される。開示する実施例では、第3の溝46a、46b、46cなど(46と総称する)は、個々の第1基準面24に平行な軸線に沿って溝角頂52a、52b、52cなど(52と総称する)と交差する第5溝表面48a、48b、48cなど(48と総称する)および第6溝表面50a、50b、50cなど(50と総称する)を画定する。重要なことは、第3の溝46が、個々の第1溝表面32および個々の第2溝表面34に対して実質的に直角な平面に配置されることである。第5の溝表面48を形成することにより、個々の薄板10の作用面16に複数のキューブコーナー素子60a、60bなど(60と総称する)が形成される。40

各々のキューブコーナー素子60は、キューブコーナーの頂点つまり尖端62を画定する1点で相互に交差する第1溝表面32と、第2溝表面34と、第5溝表面48の一部とにより画定される。同様に、第6溝表面50は、第3溝表面40および第4溝表面42に対して実質的に直角な平面に配置される。第6溝表面50を形成すると、薄板10の作用面16に複数のキューブコーナー素子70a、70bなど(70と総称する)がさらに形成される。各々のキューブコーナー素子70は、キューブコーナーの頂点つまり尖端72を画定する1点で相互に交差する第3溝表面40と、第4溝表面42と、第6溝表面50の一部とにより画定される。第5溝表面48およ50

び第6溝表面50はともに、薄板10の作用面16に複数のキューブコーナー素子を形成する。しかし、あるいは第3の溝46は、第5の溝表面48または第6の溝表面50のみがキューブコーナー素子を形成するように形成しても良い。

各々のキューブコーナー素子60、70の3つの相互に垂直な光学面32、40、48および34、42、50は個々に、1つの薄板上に形成することが好ましい。3つの光学面すべては、光学的品質の表面を確保するために、機械加工工程で形成することが好ましい。平らな界面12、14は、機械加工段階およびその後の段階で隣接する薄板間に維持して、薄板の取扱いによる整合配置の問題および破損を最小限にすることが好ましい。

好適な方法では、複数の薄板10は、その個々の第1基準面24が、複数の溝46を形成する前に、基準軸線82に対してほぼ平行に配置されるように再度方向付ける。しかし、溝46は、その個々の第1基準面が基準軸線82に対して傾斜するように薄板を方向付けて形成しても良い。特に、いくつかの実施例では、個々の薄板10を角度<sub>2</sub>で配置して個々の第3の溝46を形成すると、製造工程において追加の方向付けステップを避ける上で有利である。溝46は、高精度機械加工作業で形成することも好ましい。開示する実施例では、開先角度が5.6°のダイヤモンド切削工具が、基部平面80に平行な薄板10の第1基準面24に実質的に含まれる軸線に沿って各々の薄板10の作用面16を横断して移動する。溝46は、個々の溝の頂点52が、第1および第2の溝セットの溝の頂点よりわずかに深くなるように形成することが好ましい。溝46を形成すると、実質的に図12に示すように構造化表面を有する複数の薄板10が生じる。

作用面16は、再帰反射器として望ましいいくつかの特性を示す。薄板10の作用面16に形成されるキューブコーナー素子の幾何学的形状は、ほぼ100%の最大有効口径を示すという点で、「完全」または「高効率」キューブコーナー素子幾何学的形状と特徴付けることができる。したがって、作用面16のレプリカとして形成される再帰反射器は、キューブコーナー素子の対称軸線にほぼ沿って再帰反射器上に入射する光に対応する高度に光学的な効率を示す。さらに、キューブコーナー素子60および70は反対側の向きに配置され、第1基準面24に対して対称であり、高度の入射角度で再帰反射器上に入射する光に対応して対称な再帰反射性能を示す。しかし、キューブコーナー素子が基準面周囲で対称である必要はない。

図1～図12および図16～図24に示す実施例では、溝の間隔、深さおよび工具の角度を一定にして形成され、キューブコーナー素子が実質的に同じである作用面を形成する。しかし、これらの要素は、サイズ、形状および向きが異なるキューブコーナー素子を有する作用面を形成するために変えることができる。図13～図15は、本発明の範囲内で製造される具体的な代替実施例の薄板を示す。

図13は、第1の向きに配置されるキューブコーナー素子160a、160b、160cなど(160と総称する)のアレイ、および第2の向きに配置されるキューブコーナー素子170a、170b、170cなど(170と総称する)のアレイを備える薄板110を示す。図13の薄板110は、平面図で基準面24に垂直ではない角度で形成される様々な溝セットに特徴がある。薄板110は、個々の基準縁部が、斜角<sub>1</sub>で第3基準面28と交差し、直交角度で第2基準面26と交差する平面に配置されるように第1および第2の溝セットを形成することにより、上記のとおり個々にあるいは組立体の一部として形成することができる。同様に、第3の溝は、斜角<sub>1</sub>で第1基準面24と交差する軸線に沿って形成される。さらに、キューブコーナー素子160は、薄板110上のキューブコーナー素子170と整合配置されない。薄板110は、サイズおよび形状が異なる口径を有する複数のキューブコーナー素子を備える。口径のサイズおよび形状の違いは、たとえば薄板110のレプリカとして形成される再帰反射製品の再帰反射パターンの均一性を高めるなど、特定の光学的目的を達成する上で望ましい。

図14は、第3の溝246が、第1基準面24に平行だが変位している軸線216に沿って形成される薄板210を示す。さらに、角度<sub>1</sub>および<sub>2</sub>は、対向する個々のキューブコーナー素子214、216の対称軸線が、第2基準面26に対して異なる角度で傾斜するように互いに異なる。

図15は、第1および/または第2溝セットの溝A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>が、開先角度が異なる工具で形成されて、サイズおよび開先角度が異なる複数のキューブコーナー素子312a、31

10

20

30

40

50

2b、312c、312d、312eおよび312fを有する構造化表面が形成される薄板310を示す。たとえば、溝A<sub>1</sub>、A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub>は90°、溝A<sub>2</sub>は105°、溝A<sub>3</sub>は75°である。さらに、キューブコーナー素子312の個々の尖端および頂点は、薄板310の底面318から様々な距離で配置される。上記の方法により、広範なキューブコーナーの幾何学的形状を製造することができる。複数の薄板の表面に形成されるキューブコーナー素子のサイズ、向きおよび程度は異なって良い。製品は、薄板のレプリカとして製造することができる。上記の説明は、キューブコーナーの幾何学的形状のいくつかの実施例を開示する。以下の段落では、当業者が様々なキューブコーナー素子の幾何学的形状を製造できるように、キューブコーナー素子の外間の角度関係を一般的に説明する。

図25～図27は、薄板410内に形成されたキューブコーナー素子460、470の反対側の対を有する薄板410の作用面の上面図および側立面図である。薄板410は、上記のとおり基準面424、426および428による3次元空間として特徴付けることができる。図示の目的上、キューブコーナー素子460は、実質的に相互に垂直な光学面432、434、448を有する単位キューブとして定義できる。光学面432および434は、基準縁部436に沿って交差する平行な溝430aおよび430bの反対側の表面により形成される。光学面448は、溝446の1つの表面により形成される。溝430aおよび430bは、任意の角度 $\alpha$ で第3基準面と交差する軸線に沿って延在する個々の頂点433aおよび433bを有する。同様に、溝446は、任意の角度 $\beta$ で第1基準面と交差する軸線に沿って延在する。角度 $\alpha$ は、薄板表面のキューブコーナー素子の角度回転の角度に相当する。機械加工の制約を条件として、角度 $\beta$ は、溝セットが基準面424および428に実質的に一致する軸線に沿って形成されるように0°～約90°である。しかし、 $\beta$ は0°～45°であることが好ましい。

図26は、線26-26に沿って切った単位キューブ460の側立面図である。基準面456は溝446の頂点と一致し、第2基準面426に垂直である。角度 $\alpha_1$ は、キューブ面448と基準面456との間の鋭角を画定する。溝の頂点433aおよび433bは、第2基準面426に対して鋭角 $\alpha_1$ で配置される。図27は、線27-27に沿って切った単位キューブ460の側立面図である。平面450aおよび450bは、各々頂点433aおよび433bと一致する。角度 $\alpha_2$ は、キューブ面432と基準面450aとの間の鋭角を画定する。同様に、角度 $\alpha_3$ は、キューブ面434と基準面450bとの間の鋭角を画定する。

第2デカルト座標系は、単位キューブ460を基準軸線として形成する溝の頂点を使用して確立することができる。特に、x軸は、平面456と第2基準面426との交点に平行に確立でき、y軸は、平面450bと第2基準面426との交点に平行に確立でき、z軸は、第2基準面426に垂直に延在する。この座標系を選択すると、単位垂直ベクトルN<sub>1</sub>、N<sub>2</sub>およびN<sub>3</sub>は、単位キューブ表面448、432および434に対して各々以下のように定義できる。

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

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

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

表面432、434および448は、実質的に相互に垂直でなければならない。したがって、垂直ベクトルの点乗積はゼロに等しい。

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

したがって、以下の条件が維持される。

$$\alpha_1 = \alpha_2 + \alpha_3$$

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

この基準に適合する角度 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ および $\beta$ のセットは、再帰反射キューブコーナー素子を形成する。実際に、再帰反射キューブコーナーシートのメーカーは、角度 $\alpha_1$ の値を選択して、型のレプリカとして形成される再帰反射シートの基部平面に対して所望の角度にキューブコーナー素子の光学軸を方向付けることができる。上記のとおり、本発明の開示は、再帰反射光のパターンの特性を変更するために設計された完全な直交からわずかに異なることを意図する。

薄板は、機械加工可能なプラスチック（たとえば、ポリエチレンテレフタレート、ポリメチルメタクリレートおよびポリカーボネート）または金属（たとえば、黄銅、ニッケル、

10

20

30

40

50

銅もしくはアルミニウム)など、精度許容差を維持できる寸法安定性材料から成形することが好ましい。薄板の物理的寸法は、主に機械加工上の制約により制限される。薄板は、厚さが少なくとも0.1mm、高さ5.0~100.0mm、幅10~500mmであることが好ましい。これらの数値は、例示するために示すにすぎず、本発明を制限する意図はない。

再帰反射シートなどの再帰反射製品を製造する際、複数の薄板の構造化表面は、電鋳技術またはその他の従来の複製技術を使用して複製できる種型として使用される。複数の薄板は、実質的に同じキューブコーナー素子を含むか、またはサイズ、幾何学的形状もししくは向きが異なるキューブコーナー素子を含むことができる。先行技術で「スンタバ」と呼ばれるレプリカの構造化表面は、キューブコーナー素子の負のイメージを含む。このレプリカは、再帰反射器を成形するための型として使用できる。しかし、より一般的には、多数の正または負のレプリカを組み立てて、再帰反射シートを成形するのに十分に有用な大きさの型を形成する。次に、再帰反射シートは、たとえば、上記のキューブコーナー素子のアレイを含む予備成形シートをエンボス加工するか、または型内に流体材料を流し込んで、一体材料として製造することができる。あるいは、再帰反射シートは、PCT出願第WO 95/11464号または米国特許第3,648,348号に記載されているように予備成形フィルムに対してキューブコーナー素子を注型するか、または予備成形フィルムを予備成形キューブコーナー素子に積層して、層状製品として製造することができる。一例として、こうしたシートは、ニッケルを種型上に電着させて形成したニッケル型を使用して製造できる。電鋳型は、型のパターンを厚さ約500μmおよび屈折率約1.59のポリカーボネートフィルム上にエンボス加工するスタンパとして使用できる。この型は、約175~200の温度で行われるプレス成形で成形機として使用できる。

こうした反射シートを製造するのに有用な材料は、寸法安定性、耐久性、耐候性があり、所望の構成に容易に成形可能な材料であることが好ましい。適切な材料の例としては、一般に約1.5の屈折率を有するアクリル樹脂、たとえばRohm and Haasが市販するPlexiglas樹脂；屈折率が約1.6の、好ましくは放射線硬化性の熱硬化性アクリレートおよびエポキシアクリレート、並びにポリカーボネート；ポリエチレンベースのイオノマー(「SURLYN」の商標で市販)；ポリエステル；セルロースアセテートブチレートがある。概して、一般に熱および圧力下で成形可能な光学的に伝導性の材料を使用できる。再帰反射シートの成形に適するその他の材料は、Smith等に付与された米国特許第5,450,235号に記載されている。このシートは、着色剤、染料、紫外線吸収剤、または必要に応じてその他の添加剤を含むことができる。

状況によっては、再帰反射シートに裏材層を形成することが望ましい。裏材層は、全内面反射の原理により反射する再帰反射シートに特に有用である。適切な裏材層は、着色材料を含む透明または不透明な材料であって、本明細書で開示する再帰反射シートに効果的に係合できる材料から製造することができる。適切な裏材材料としては、アルミニウムシート、亜鉛めっき鋼、ポリメチルメタクリレートなどのポリマー材料、ポリエステル、ポリアミド、ポリフッ化ビニル、ポリカーボネート、ポリ塩化ビニル、ポリウレタン、並びに上記およびその他の材料から製造される各種のラミネートがある。

裏材層またはシートは、グリッドパターンまたは反射素子に適するその他の構成で封止することができる。封止は、超音波溶接、接着剤を含む多くの方法を使用するか、または反射素子のアイレ上の離散した位置で溶封して行うことができる(たとえば、米国特許第3,924,928号参照)。封止は、汚れおよび/または水分などの異物の侵入を抑制し、キューブコーナー阻止の反射面に隣接する大気空間を保護するために望ましい。

複合材料にさらに強度または韌性が必要な場合、ポリカーボネート、ポリブチレートまたは纖維強化プラスチックの裏材シートを使用できる。結果として得られる再帰反射材料の可撓性の程度に応じて、材料を圧延するか、またはストリップもしくはその他の適切な構造に切断する。再帰反射材料は、接着剤および剥離シートで裏打ちして基材に貼付するのに役立つようにすると、接着剤を塗布するか、またはその他の固定手段を使用する必要がなくなる。

本明細書で開示するキューブコーナー素子は、米国特許第4,775,219号に記載されている

10

20

30

40

50

ように、製品が再帰反射する光を所望のパターンまたは発散プロファイルに分布するように個々に加減することができる。一般に、導入される溝の半角誤差は、 $\pm 20$ アーク分未満であり、多くの場合 $\pm 5$ アーク分未満である。

#### 実施例

長さ127.0mm×高さ25.4mm×厚さ0.508mmの約25個の薄板の組立体は、実質的に図16に示すように取付具に組み付けた。これらの薄板は、70/30黄銅から形成し、複数の薄板の第1および第2主面は、表面粗さ約0.005~0.025 μmまで研磨した。精密成形傾斜面が取付具の基部平面に垂直な基準軸線から27.8°の角度に配置されるウェッジブロックは、複数の個々の薄板の第1基準面が基準軸線から27.8°の角度で配置されるように、組立体を固定位置に維持する。第1溝セットは、薄板の主面に実質的に垂直な軸線に沿って、複数の薄板を横方向に横断するようにダイヤモンド機械加工工具を移動させて形成した。溝は、約0.154mmの深さまで均一に形成し、溝の頂点は、約0.308mmの距離だけ離した。10

次に、複数の薄板を取付具から取り外して、複数の薄板の第1基準面が基準軸線から27.8°の角度で配置されるように再び配置した。第2溝セットは、薄板の主面に実質的に垂直な軸線に沿って複数の薄板を横方向に横断するようにダイヤモンド機械加工工具を移動させて形成した。溝は、約0.154mmの深さまで均一に形成し、溝の頂点は、約0.308mmの距離だけ離した。さらに、第1溝セット内の対応する溝の軸線と実質的に同一平面の軸線に沿って溝を形成した。

複数の薄板を再び取付具から取り外し、薄板の個々の基準面が取付具の基部平面に実質的に垂直になるように再び配置した。次に、第3の溝セットは、55.6°の開先角度を有するダイヤモンド機械加工工具を組立体内の各薄板の第1基準面に実質的に一致する軸線に沿って移動させて形成した。これらの機械加工ステップにより、図24に実質的に示す光学的に対向するキューブコーナー素子のアレイの正のイメージを含む作用面が形成された。20

次に、薄板を組立体から取り外して清掃し、取付具に再び組み付けて種工具を形成した。ニッケルスタンパ工具は、ニッケルの化学蒸着を使用して種工具の表面から形成した。白熱灯の鏡状ニッケル表面の反射係数は、約0.62~約0.64だった。百分率光反射は、ニッケルスタンパを配向角度約0°および入射角度約-4°に配置して測定した。百分率光反射データは、直径約26.99mm(1.0625 in)の円形領域に対応するように調節した。様々な観察角度に関する増分および累積百分率光反射を以下の表1に示す。

表 1

増分観察角度	増分百分率	累積百分率
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

比較上、百分率光反射は、基部三角形が約70°~-55°~-55°である米国特許第4,588,258号(Hoopman)による切頭キューブコーナー素子を備える再帰反射シートの製造に使用するニッケルスタンパ工具について測定した。このスタンパ工具は、配向角度約180°および入射角度約-4°で配置した。百分率光反射データは、直径約26.99mm(1.0625 in)の円形領域に関するデータだった。様々な観察角度に関する増分および累積百分率光反射を以下の表2に記載する。40

表 2

増分観察角度	増分百分率	累積百分率
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

10

本発明について、そのいくつかの実施例に関して説明した。当業者には、本発明の範囲を逸脱せずに、上記の実施例に多くの変更を加えることができる事が明白である。したがって、本発明の範囲は、本明細書に記載する好適な構造および方法に限定されるのではなく、以下の広範な請求の範囲により制限されるべきである。

【図 1】

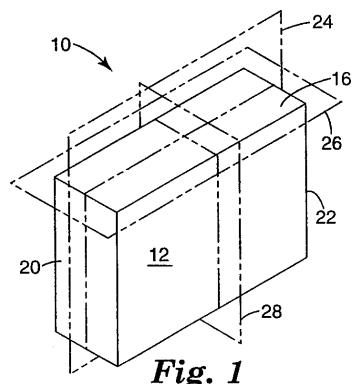


Fig. 1

【図 2】

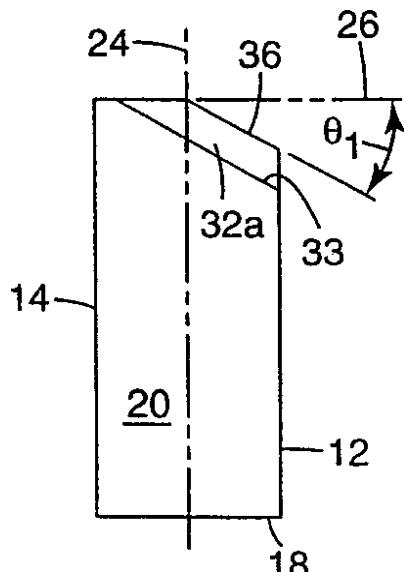


Fig. 2

【図3】

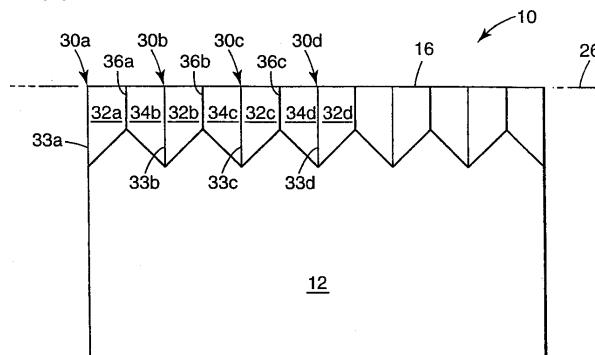


Fig. 3

【図5】

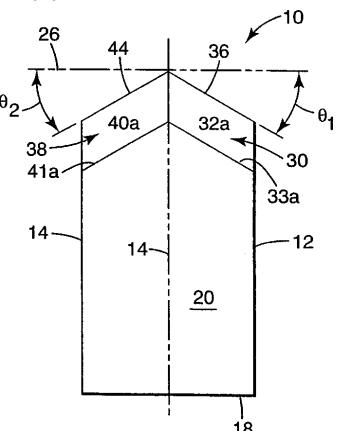


Fig. 5

【図4】

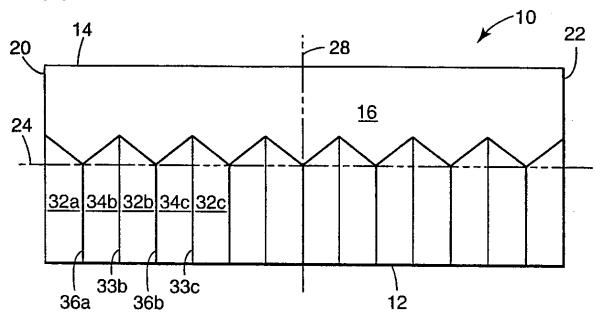


Fig. 4

【図6】

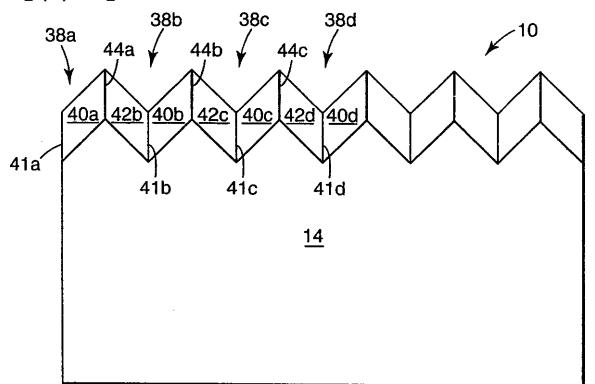


Fig. 6

【図8】

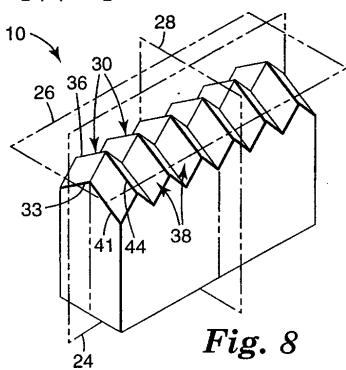


Fig. 8

【図7】

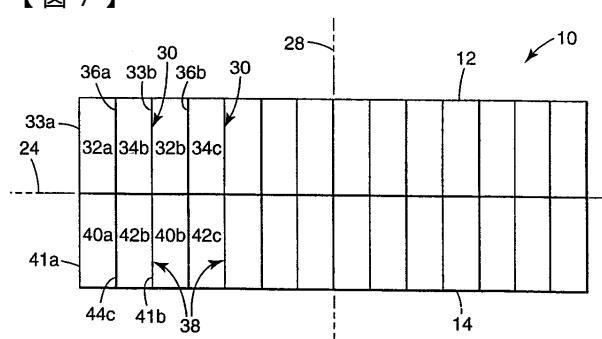


Fig. 7

【図9】

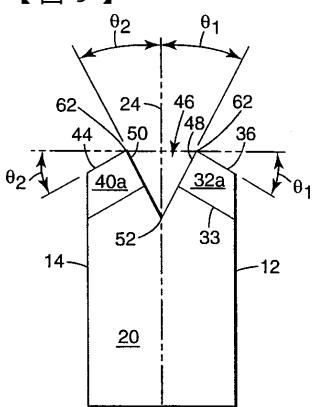


Fig. 9

【図 1 0】

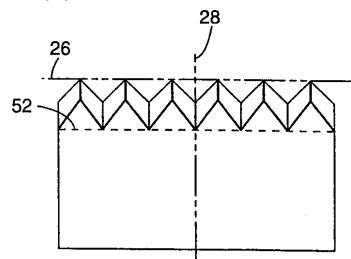


Fig. 10

【図 1 1】

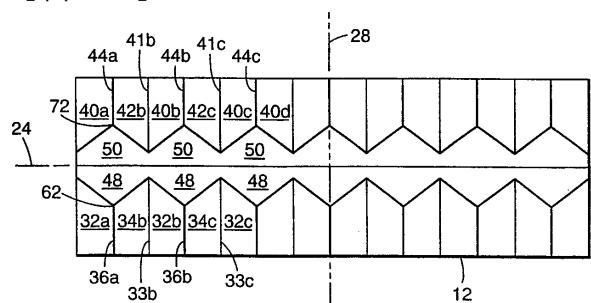


Fig. 11

【図 1 2】

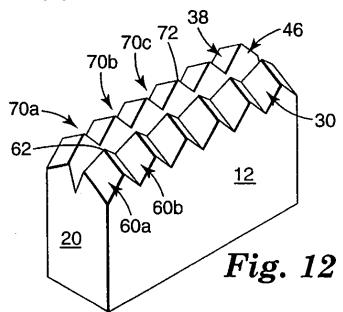


Fig. 12

【図 1 3】

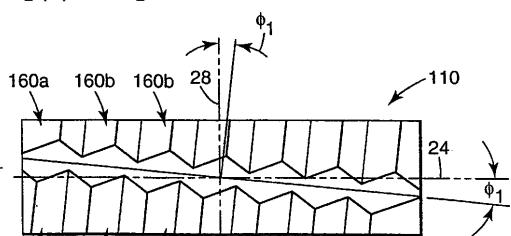


Fig. 13

【図 1 4】

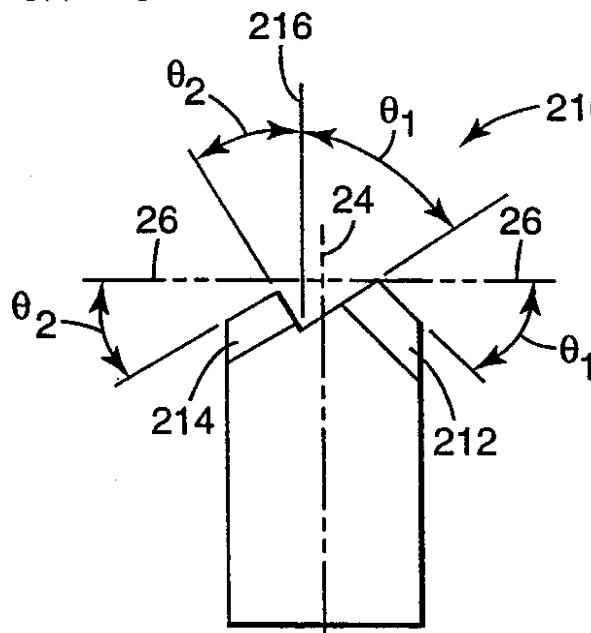


Fig. 14

【図 1 5】

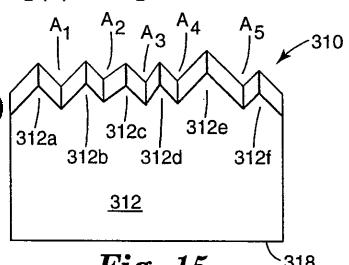


Fig. 15

【図 1 6】

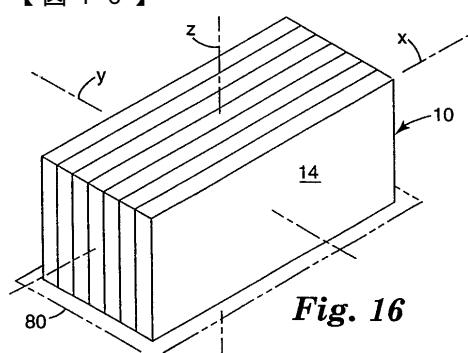


Fig. 16

【図 17】

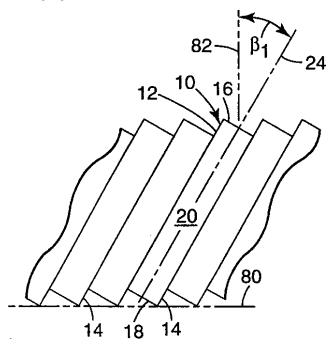


Fig. 17

【図 18】

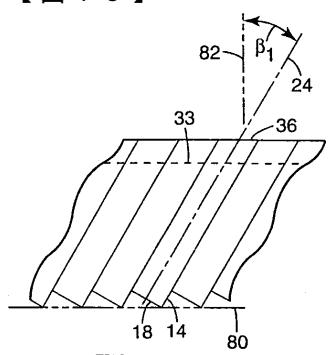


Fig. 18

【図 19】

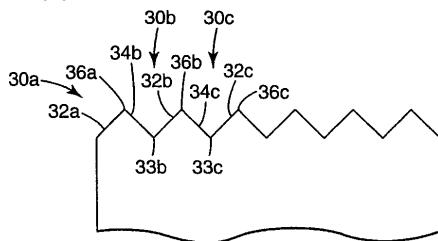


Fig. 19

【図 20】

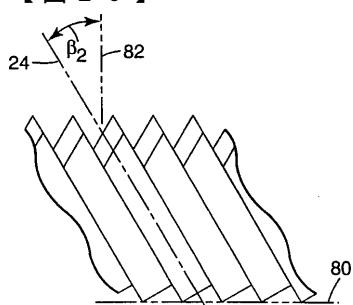


Fig. 20

【図 21】

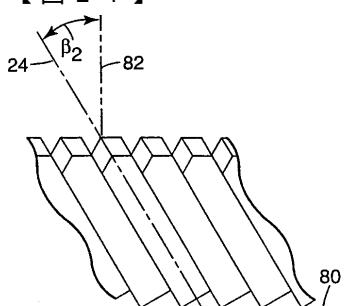


Fig. 21

【図 22】

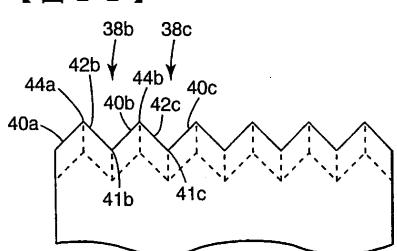


Fig. 22

【図 23】

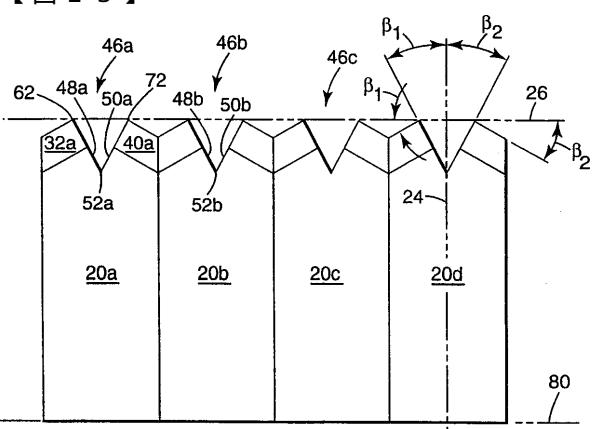


Fig. 23

### 【図24】

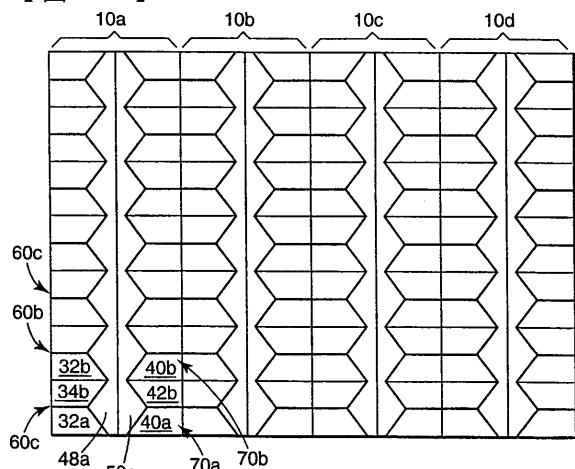


Fig. 24

【図25】

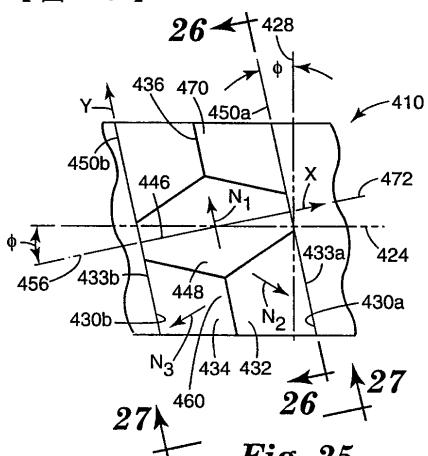


Fig. 25

【図26】

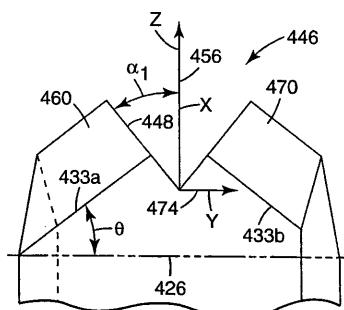


Fig. 26

【図27】

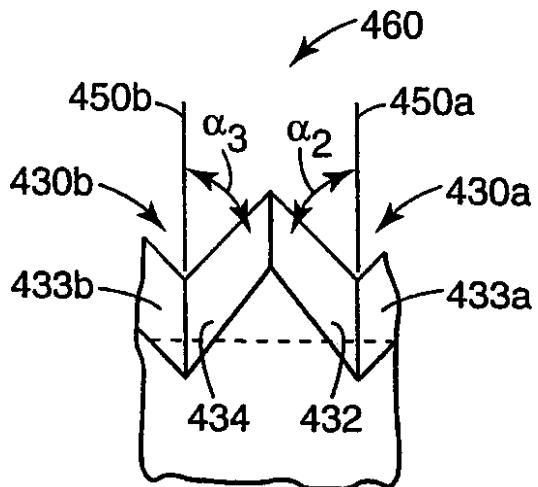


Fig. 27

---

フロントページの続き

(72)発明者 アーウィン, ロバート エル.  
アメリカ合衆国, ミネソタ 55133 3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3  
3427

(72)発明者 ベンソン, ジェラルド エム.  
アメリカ合衆国, ミネソタ 55133 3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3  
3427

(72)発明者 スミス, ケネス エル.  
アメリカ合衆国, ミネソタ 55133 3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3  
3427

(72)発明者 ラットトレル, ダン イー.  
アメリカ合衆国, ミネソタ 55133 3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3  
3427

審査官 保倉 行雄

(56)参考文献 米国特許第03833285(US, A)  
米国特許第03926402(US, A)  
米国特許第03923378(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B29C 33/00 ~ 33/76