

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3931256号
(P3931256)

(45) 発行日 平成19年6月13日(2007.6.13)

(24) 登録日 平成19年3月23日(2007.3.23)

(51) Int.C1.

F 1

G02B 5/124 (2006.01)
G09F 13/16 (2006.01)G02B 5/124
G09F 13/16

F

請求項の数 2 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平9-503164
 (86) (22) 出願日 平成8年6月6日(1996.6.6)
 (65) 公表番号 特表平11-507746
 (43) 公表日 平成11年7月6日(1999.7.6)
 (86) 國際出願番号 PCT/US1996/009233
 (87) 國際公開番号 WO1996/042025
 (87) 國際公開日 平成8年12月27日(1996.12.27)
 審査請求日 平成15年6月3日(2003.6.3)
 (31) 優先権主張番号 60/000,090
 (32) 優先日 平成7年6月9日(1995.6.9)
 (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 戸田 利雄
 (74) 代理人
 弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 1つ以上の面において改善された照射角を形成するキューブコーナ製品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学的に実質的透明な材料から形成される再帰反射キューブコーナ製品であって、基礎面に配置される底面と、該底面の反対側に設けられる組織化表面とを備えた基材を具備し、前記組織化表面は、実質的平行な溝群の3つの相互交差する溝セットによって形成される傾斜キューブコーナ要素の適合ペア群の配列を備え、それら適合ペアの各々が、第1のキューブコーナ要素および光学的に対向した第2のキューブコーナ要素を有してなる、再帰反射キューブコーナ製品において、

前記配列内の複数の前記キューブコーナ要素は、それぞれに対称軸を有するとともに、それら対称軸が4°～15°の傾斜角度で傾斜して配置される第1の面を内包し、

前記複数のキューブコーナ要素の各々は、基部三角形を有するとともに、該基部三角形の1つの夾角のみが60°未満である後方傾斜構造を有し、

前記再帰反射キューブコーナ製品は、前記第1の面から角度的に変位した位置に、該製品における最も広範囲の照射角を形成する第2の面を内包し、

前記複数のキューブコーナ要素は、前記第2の面が前記再帰反射キューブコーナ製品の縁に15°未満の角度で交差するように方向付けされ、

前記再帰反射キューブコーナ製品は、前記第1の面から前記第2の面と同じ方向へ角度的に変位した位置に、該第2の面に75°～90°の角度で交差するとともに、該第2の面における照射角と実質的同様の広範囲の照射角を形成する第3の面を内包し、

前記再帰反射キューブコーナ製品は、約1.5の屈折率を有する材料を含み、前記第3の

面において約60°の照射角で、該再帰反射キューブコーナ製品の前記底面へ入射する光の少なくとも5%の総光反射を示すこと、
を特徴とする再帰反射キューブコーナ製品。

【請求項2】

基礎面に配置される底面と、該底面の反対側に設けられる組織化表面とを備えた基材を具備する製品であって、前記組織化表面は、第1溝セットと2つの第2溝セットとを含む、実質的平行な溝群の3つの交差する溝セットによって形成されるキューブコーナ要素の適合ペア群の配列を備えてなる、製品において、

前記配列内の実質的全ての適合ペアが、前記第1溝セットの第1溝にほぼ垂直でかつ前記底面に垂直な面において4°～15°の範囲で傾斜する対称軸を有する第1のキューブコーナ要素と、該第1のキューブコーナ要素に光学的に対向し、該第1溝にほぼ垂直でかつ該底面に垂直な面において4°～15°の範囲で傾斜する対称軸を有する第2のキューブコーナ要素とを備え、

前記第1のキューブコーナ要素及び前記第2のキューブコーナ要素の各々が、前記第1溝を底辺とする二等辺の基部三角形を有し、

前記2つの第2溝セットが、60°未満の角度で互いに交差し、

前記第1溝セットにおける実質的全ての前記第1溝の主要部分が、前記底面に垂直でかつ前記製品の縁に35°～55°の角度で交差する面に置かれること、を特徴とする製品。

【発明の詳細な説明】

発明の分野

本発明は、組織化表面を有する再帰反射製品に関する。特に本発明は、キューブコーナ再帰反射要素を含む組織化表面を有する再帰反射シートと、該製品を形成するための型に関する。

背景

キューブコーナ再帰反射要素に依存する再帰反射製品は、交通および個人安全標識関連用途において広く受け入れられている。キューブコーナ再帰反射シートは、悪い照明条件の下および夜間における道路標識の可視性、または顕著性を向上させるために広く使用されている。キューブコーナ再帰反射シートは、車両顕著性標識関連用途においても広く受け入れられる。例えば米国では、政府規制によりセミトラックトレーラーに再帰反射材料を配置して、これらの車両の顕著性を向上させることが要求される。キューブコーナ再帰反射シートのその他の用途としては、高度可視性衣料用の再帰反射シートなどが挙げられる。

基礎的なキューブコーナ再帰反射要素は、再帰反射技術で良く知られている。この要素は、概して単一基準点、または頂点で交差する3つの相互に実質的垂直な側面を有し、基部三角形が頂点に対向した三面体構造である。要素の対称軸、または光学軸は、キューブ頂点を通って延び、キューブコーナ要素の内部空間を三等分する軸である。機能に際しては、キューブコーナ要素の底面へ入射した光が3側面のそれぞれに反射して、光源に向けて方向転換する。側方キューブコーナ面からの反射は、正反射を通じて達成されたり、その場合、キューブコーナ要素の側面は、例えばアルミニウムまたは銀などの正反射性物質で被覆される。代案として全内反射の原理によって反射が達成されることもあり、その場合、キューブコーナ要素の面は、正反射性材料で被覆されない。概して再帰反射シートには、キューブコーナ反射性要素の少なくとも1配列を含む組織化表面が組み込まれ、対象物の可視性を向上させる。シートによって再帰反射される総合光は、個々のキューブコーナ要素によって再帰反射される光の合計である。

「照射角形成」という用語は、シートに入射する光の照射角およびシートの方向の関数として、再帰反射シートの再帰反射性能について述べるために一般に使用される。入射光の照射角は、典型的にはシートの底面に直角に延びる軸に関して測定される。製品の再帰反射性能は、特定の照射角で製品が反射する製品面に入射する総合光の百分率として表現することもできる。

従来の平頭のキューブコーナ再帰反射要素は、照射角が良好でない。入射光の照射角が要

10

20

30

40

50

素の光学軸をはずれると、従来のキューブコーナ要素によって再帰反射される光量は、急速に落ち込む。同様に傾斜しない平頭のキューブコーナ要素を用いる再帰反射シートも、シートに高照射角度で入射する光に対する再帰反射性能に劣る。

複数面において広い照射角を示す再帰反射シートは、多くの用途に恩恵をもたらす。このような用途の1つは、トラック輸送産業のための再帰反射顕著性シートに関する。トラック顕著性シートは、典型的にはトレーラーのフレームに対して水平方向および垂直方向にトラックトレーラーの後方と側方に配置される。効果的に機能するためには、どちらの方向にシートが配置された場合でも、シートはトレーラーに高照射角度で入射する光を再帰反射しなくてはならない。したがって2面において広い照射角を示す再帰反射トラック顕著性シートを提供することが望ましいであろう。標識用途もまた、複数面で広い照射角を有する再帰反射シートから恩恵を被るであろう。特に広い照射角の複数面を有する再帰反射シートは、シートを標識上で特定方向に配置する重要性を低下させる。

「タイル貼り」として技術分野で一般に知られている、複数面に広い照射角を有する再帰反射製品を製造するための1方法は、複数の傾斜キューブコーナ配列の不連続なタイルをシート上に異なる方向で配列することを伴う。タイル貼りに関する出版物の例は、広い照射角の複数面がある製品を効果的に製造する利点を有するタイル貼りを含む。しかしタイル貼りには、いかなる特定方向でもタイル貼り部分のごく一部だけが、それらの表面に入射する光の最大量を再帰反射するように方向付けられているという固有の不都合がある。その結果、タイル貼りキューブコーナシートは、照射角を複数面で得るために、いかなる特定方向でも固有の輝度損失を被る。

米国特許第4,588,258号では、2つの広い照射角の面を有する再帰反射製品が開示されている。キューブコーナ要素の光学軸を含む面と実質的一致する第1の面と、第1の面に垂直な第2の面である。しかしこの製品は、第2の面よりも実質的にさらに広い照射角を第1の面で示す。

ゼロ以外の照射角で実質的同様の再帰反射性能を示す2つの広い照射角の面を有する再帰反射シートを提供することが望ましいであろう。タイル貼りキューブコーナシートに必用なように、輝度を犠牲にすることなく、この光学特性を達成するシートを提供することは、より一層望ましいであろう。技術は、このような製品またはこのような光学特性を達成するための方法を開示あるいは提案しない。

発明の要約

本発明は、1つ以上の面において改善された照射角を有するキューブコーナ再帰反射シート、およびマスター製品と該製品を製造するための型に向けたものである。1実施例において本発明はキューブコーナ要素の適合ペアの配列を含み、適合ペアの対向した要素が第1の面において4°～15°の傾斜角度で傾斜するそれぞれの対称軸を有し、製品がその最も広い照射角、すなわち第1の面から角度的に変位した角を第2の面で示し、第2の面が製品の縁と約15°未満の角度で交差するようにキューブコーナ要素が方向付けされた再帰反射キューブコーナ製品を提供する。

好ましい実施例では、発明に従った再帰反射製品は、第2の面と75°～90°の角度で交差する第3の面において実質的同様の広い照射角を示す。したがって本発明に従った好ましい製品は、特定の照射角で実質的同様の再帰反射性能を示す2つの広い照射角の面を有する。好ましくは、これらの2つの面の1つは製品の縁とほぼ平行に並び、第2の面は製品の縁とほぼ垂直に並ぶ。

本発明の第2の側面は、第1溝セットおよび2つの第2溝セットを含む3つの交差する溝のセットによって形成するキューブコーナ要素の適合ペアの配列を含む組織化表面を有する製品に向けたものである。各適合ペアにおける対向したキューブコーナ要素は、60度未満の角度で交差する第1溝セットおよび第2溝セットに対してほぼ垂直な面で傾斜する対称軸を有する。さらに第1溝セット内の実質的全ての溝の主要部分、好ましくは溝全体は、製品の縁と約35～55度、好ましくは約45度の角度で交差する面に置かれる。好ましくは組織化表面中の溝間の距離は、約600ミクロン未満であり、対向したキューブコーナ要素は、約4度～約15度の傾斜角度で傾斜する。

10

20

30

40

50

特定の実施例によると、製品は再帰反射シートを製造するための型を含む。この実施例では、第1溝は好ましくは型の縦縁と約35～55度、好ましくは約45度の角度で交差する。別の特定の実施例によると、製品は再帰反射シートを含む。この実施例では、第1溝は好ましくはシートの縦縁と約35～55度、好ましくは約45度の角度で交差する。この特定の実施例に従って製造された再帰反射シートは、シート縦縁と実質的平行に並んだ第1の広い照射角の面と、シートの縁と実質的垂直に並んだ第2の広い照射角の面を有する。これは、車両顕著性シート用途、および標識用途を含めた多数の再帰反射シート用途において望ましい光学特性である。

特定の実施例によれば、製品は再帰反射シートを製造するためのマスター製品または型として有用なこともある。この実施例においては、少なくとも1群の第1溝は、好ましくは型の縦縁と約35～55度、好ましくは約45度の角度で交差する面に置かれる。別の特定の実施例によれば、製品はそれ自体が再帰反射シートである。この実施例においては、少なくとも1群の配列の第1溝は、好ましくはシート縦縁と約35～55度、好ましくは約45度の角度で交差する面に置かれる。少なくとも1群の配列を本発明に従って方向付けすることで、シート縦縁と実質的平行な面におけるタイル貼り再帰反射の照射角が改善される。

図の簡単な説明

図1は、本発明の原理に基づいたキューブコーナ製品の1実施例の部分拡大平面図である。

図2は、図1に示すキューブコーナ製品の断面図である。

図3は、図1に示す製品に従った再帰反射製品の予測再帰反射性能を示す等輝度曲線のグラフである。

図4は、図1に示す製品に従った再帰反射製品の測定された再帰反射性能を示す等輝度曲線のグラフである。

図5は、図1-2に示すキューブコーナ立体形に対する入射光の照射角の関数としての総光反射のグラフである。

図6は、図1-2に示すキューブコーナ立体形および異なるキューブコーナ立体形について、入射光の照射角の関数としての総光反射を比較したグラフである。

図7は、本発明の原理に基づいたキューブコーナ再帰反射シートの1実施例の概略図である。

図8は、図7に示したシートの1応用例をトラック顕著性シートとして示す自動車の斜視図である。

図9は、不等辺の基部三角形キューブコーナ要素を用いた再帰反射シートの斜視図である。

図10は、図9に示す製品に従った再帰反射製品の予測再帰反射性能を示す等輝度曲線のグラフである。

図11は、不等辺の基部三角形キューブコーナ要素を用いた再帰反射シートの斜視図である。

図12は、図11に示す製品に従った再帰反射製品の予測再帰反射性能を示す等輝度曲線のグラフである。

図13は、本発明の原理に基づいたキューブコーナ再帰反射シートの概略平面図である。

図14は、市販のキューブコーナ再帰反射シートの概略平面図である。

図15は、図13に示すシートと図14に示すシートの光学性能を比較したグラフである。

図16a-16jは、増大する傾斜角度におけるキューブコーナ再帰反射要素の適合ペアの等輝度プロフィールを示す等輝度グラフである。

図1、2、7-9、11、13、および14は、一定比率には描かれていない。

詳細な説明

本発明は、改善された光学性能特性を示すキューブコーナ再帰反射製品を提供する。本発明の1実施例は、少なくとも1つの面で改善された照射角を示す再帰反射シートの提供に向けたものである。本発明に従った製品は、少なくとも2つの「広い照射角」面を有することが必用ではないが好ましい。本発明に従った製品は、特定の照射角においてどちらの

10

20

40

50

広い照射角の面でも、実質的同一光量を反射することがより一層好ましい。

本発明の1側面は、従来のキューブコーナ技術に暗黙の特定の仮説が、全てのキューブコーナ立体形に対しては当てはまらないという認識にある。従来のキューブコーナ技術に暗黙の特に重要な1仮説は、キューブコーナ要素の光学軸を特定面において特定角度で傾斜させることで、キューブコーナ要素の光学軸を含む面に対して実質的平行で、シート基礎面に垂直な面における製品の照射角が改善されるという仮説である。我々は、この仮説が全種類のキューブコーナ立体形に対しては、正確でないことを見出した。本発明の第2の側面は、キューブコーナ要素の光学軸がある面と一致しない広い照射角の面を有する再帰反射製品の光学性能は、広い照射角の面をシートの縁に対して特定の方向角度で配列することにより改善されることもあるという認識である。好ましくは広い照射角の面は、シートの1縁に対しほぼ平行に方向付けられるべきである。 10

図1は、第1溝セット30および2つの第2溝セット36、37を含む相互に交差する3つの溝セットから形成される複数のキューブコーナ要素12、14を含む製品の組織化表面10の部分拡大概略平面図である。キューブコーナ要素12、14は、相互にほぼ垂直な3つの面16、18、20と、基材の3つの溝セットの各々の1つの溝によって画成される基部三角形とを有する。各溝セット内の隣接する溝間の距離は、好ましくは約600ミクロン未満、より好ましくは約150～200ミクロンであるが、キューブコーナ要素の精密な測定値が決定的ではないことを理解すべきである。図1に示すキューブコーナ要素12、14の基部三角形の夾角は、ほぼ65度、65度、および50度であるが、キューブコーナ要素12、14の基部三角形の特定の立体形は決定的ではなく、これらの特定基部三角形の測定値を有するキューブコーナ要素により本発明が制限されることは理解されるであろう。 20

第1溝セットとしての溝セット30、および第2溝セットとしての溝セット36、37の指定は、実質的任意の慣例である。図1に示すキューブコーナ要素のように二等辺の基部三角形を有するキューブコーナ要素では、第2溝セット36、37は、実質的同一の溝側面角度（例えば38.721°）を有する。対照的に、第1溝30の溝側面角度 a_1 （例えば27.795°）は、第2溝セット36、37の溝側面角度とは異なる。1つの溝セットを第1溝セットとして指定する慣例を用いることで、その上に配列が配置される基材の縁に対するキューブコーナの配列の方向は、第1溝セット30が基材の縁と交差する角度によって定義できる。

図2は、図1に示す組織化表面10を有する製品2の部分断面図である。製品2は、平らに置いた際に基礎面に配置される底面6と、底面6の反対側に設けられる組織化表面10とを有する基材4とを含む。基材4を形成する材料は、製品2が相応しい特定用途次第で異なっても良い。異なる用途のための適切な材料については、以下に述べる。さらに図2に示す実施例では、組織化表面10は底面6の反対側に配置される。 30

図2について述べると、キューブコーナ要素12、14の対称軸24、26は、底面6に実質的直角で、それぞれのキューブコーナ要素12、14の頂点と交差して延びる軸28に対しあよそ7.47度の傾斜角度で傾斜する。しかし精密な傾斜角度が決定的ではないことは理解され、本発明は約4度から約15度で広がる傾斜角度の範囲でも考察された。図2に示す実施例では、各キューブコーナ要素12、14は、第1溝30にほぼ直交する面（つまり図2の断面）において傾斜する。より正確には、一対のキューブコーナ要素12、14は、第1溝30と底面6との双方に対しほぼ垂直な面に、それらの対称軸24、26が置かれよう傾斜する。図1-2に示すような傾斜キューブコーナ要素は、「後方」傾斜キューブコーナ要素とも称される。後方傾斜キューブコーナ要素は、キューブコーナ要素の基部三角形の1夾角のみが60度未満であることでさらに特長づけられ、その他の2つの夾角は60度よりも大きく（二等辺三角形の場合）、図示した実施例では約65度である。対照的に前方傾斜するキューブは、基部三角形の2つの夾角が60度未満であり、基部三角形の1夾角は60度を超えることで特長付けられる。 40

図2はまた、およそ29.795度である第1溝30の溝側面角度 a_1 を示す。図2には示されないが、第2溝36、37の溝側面角度は、およそ38.721度である。実質的に図1および2に示すようなキューブコーナ要素を組み込んだ再帰反射シートは、米国特許第2,310,790号（Jungersen）で開示されている。 50

図3は、屈折率1.517の材料から形成される後方傾斜キューブコーナ要素12、14によって形成される再帰反射キューブコーナ要素の適合ペアの異なる照射角および方向角度における予測総光反射を示す等輝度輪郭グラフである。キューブコーナ適合ペア配列の予測総光反射は、%作用面積および光線強度の知識から計算することもできる。総光反射は、%作用面積と光線強度の積として定義される。直接機械加工キューブコーナ配列の総光反射に関する優れた考察は、Stammにより米国特許第3,812,706号で発表されている。

初期単一光線強度では、シート底面を通る2経路透過から、および3つの各キューブ表面での反射損失から、損失が生じることもある。近垂直入射および屈折率約1.5のシートの底面透過損失は、およそ0.92である。反射性被覆されたキューブの反射損失は、例えばコーティングの種類およびキューブ表面垂直線に対する照射角度に左右される。アルミニウム反射性被覆キューブ表面の典型的な反射係数は、各キューブ表面でおよそ0.85~0.9である。全内反射に依存するキューブの反射損失は、実質的に皆無である。しかしキューブ表面垂直線に対する光線の照射角度が臨界角未満であると、全内反射が崩壊して著しい量の光がキューブ表面を通過することもあり得る。臨界角は、キューブ材料の屈折率、およびキューブの背後物質（典型的には空気）の屈折率の関数である。前面透過損失および全内反射については、Hechtの「Optics」1987年第二版Addison Wesleyなどの標準的光学テキストで説明されている。

単一または個々のキューブコーナ要素の有効面積は、屈折入射光線に直角な面における3つのキューブコーナ表面の投射と、同一面における第3の反射の画像表面の投射との位相的共通部分により求めることもでき、またそれに等しい。有効口径を求めるための1つの方法は、例えばEckhardtによりApplied Optics第10巻7号、1971年7月1559-1566頁で考察されている。Straubelは、米国特許第835,648号で有効面積または口径の概念についても考察している。次に単一キューブコーナ要素の%作用面積は、キューブコーナ表面の投射総面積で割った有効面積として定義される。%作用面積は、光学技術の当業者に既知の光学モデリング技術を用いて計算することもでき、あるいは従来の光線追跡技術を用いて数値的に求めることもできる。キューブコーナ適合ペア配列の%作用面積は、適合ペア中の個々のキューブコーナ要素2個の%作用面積を平均化して計算できる。別の表現では、%作用口径は、光を再帰反射するキューブコーナ配列の面積を配列の総面積で割ったものに等しい。%作用面積は、例えばキューブ立体形、屈折率、照射角度、およびシートの方向による影響を受ける。

図3について述べると、ベクトルV₁は、キューブコーナ要素12、14の対称軸24、26を含む面を表す。例えば図1のベクトルV₁は、第1溝30に実質的垂直な面に置かれる。同軸等輝度曲線は、照射角および方向角度の様々な組み合わせにおけるキューブコーナ要素12、14の配列のピーク総光反射の百分率として、予測総光反射を表す。プロットの中心からの放射状の展開は、増大する照射角を表す一方、円周状の展開は、光源に対して変化するキューブコーナ要素の方向を表す。最も内側の等輝度曲線は、キューブコーナ要素12、14の適合ペアがピーク総光反射のおよそ90%を反射する照射角セットの境界を定める。連続的に境界外にある等輝度曲線は、要素12、14のピーク総光反射の連続的により低い百分率を反射する照射角の境界を定める。

図4は、図1および2に示すキューブコーナ要素の適合ペアと同じ立体形を有するキューブコーナ要素の適合ペアの測定された総光反射を表す、図3に示したグラフに同様の等輝度グラフである。キューブコーナ要素は、屈折率が1.517であるBK7ガラスから形成される。製造の不完全性、測定誤差および選択材料の屈折率のためにプロットにはわずかな変動があるものの、図4に示す測定結果によって図3に示す等輝度プロフィールの形状が確認される。

図3-4に示す等輝度プロットの2つの側面に注目すべきである。第1にプロットは、キューブコーナ要素12、14の適合ペアが実質的相互に垂直で、ベクトルV₁が示すキューブコーナ要素の傾斜面と一致しない面に置かれる2つの広い照射角の面を有することを実証する。図1-2に示すキューブコーナ適合ペアでは、2つの広い照射角の面は、キューブコーナ要素の傾斜面に対しておよそ45度に方向付けられており、等輝度グラフの広く丸い突出

10

20

30

40

50

部に一致する 2 つの実質的垂直な面 40、42 として等輝度グラフ上で同定される。

図 3-4 に示す等輝度曲線の第 2 の側面は、キューブ 12、14 が面 V₁ に対し実質的対称的であるという事実から帰結する。したがって図 1-2 に示す立体形を有するキューブコーナ要素の適合ペアは、面 40 または面 42 のどちらにおいても特定照射角の光のほぼ同一百分率を反射する。この側面は、面 40 および 42 に対応する面における要素 12、14 の底面への入射光の照射角の関数として、キューブコーナ要素 12、14 の予測総光反射をプロットした図 5 でさらに詳細に示される。曲線 44 および 46 は、屈折率 1.6 の材料から形成される再帰反射キューブコーナ要素の適合ペアの総光反射を表す。2 つの曲線は、実質的には照射角の全範囲にわたり重なり合っており、適合ペアにより反射される総光が面 40 または面 42 に対応する面の特定の照射角において、ほぼ等しいことを示唆する。60° を超える角度でのわずかな差違は、非常に高照射角度でのキューブの性能予測における数値的誤差に起因する。曲線 48 および 50 は、屈折率 1.5 の材料から形成される再帰反射キューブコーナ要素の適合ペアの類似曲線である。

図 6 では、図 1-2 に示すキューブコーナ要素の適合ペア立体形の再帰反射性能と、米国特許第 4,588,258 号（'258 号特許）が述べる屈折率 1.5 の前方傾斜キューブコーナ要素の適合ペア立体形とが比較される。曲線 52 は、総光反射を '258 号特許立体形における照射角の最も広い面での照射角の関数としてプロットする。この面は、'258 号特許で「X」面として同定される。曲線 54 は、「258 立体形における照射角が 2 番目に広い面での照射角の関数として、総光反射をプロットする。この面は、「258 号特許で「Y」面として同定される。曲線 56 および 58 は、図 1 に示す立体形における 2 つの照射角が広い面に対する照射角の関数として、総光反射をプロットする。図 6 は、約 35 ~ 40 度を超える照射角において、図 1 に示すキューブコーナ要素の適合ペアが広い照射角の面 40、42 の双方で、「258 号特許の示す立体形が「Y」面で反射するよりも高い百分率の光を反射することを実証する。

図 7 は、本発明の原理に基づいた 2 つの広い照射角の面を有する代表的な再帰反射シート 60 の概略平面図である。シート 60 は、第 1 および第 2 の縦縁（すなわち長手方向の縁）62 および実質的に図 1-2 に示す組織化表面に関連して述べたような組織化表面を含む。組織化表面は、第 1 溝 66 および第 2 溝 68、69 の 2 つのセットを含む実質的平行な溝群の 3 つの交差するセットによって画成されるキューブコーナ要素の適合ペアの配列を含む。キューブコーナ要素は二等辺の基部三角形を有するので、2 つの底夾角は同一である。第 1 溝セットを基部三角形の 2 つの等しい角を結ぶ溝セットとして定義することもできる。残りの溝セットは、第 2 溝セットとみなすことができる。図 7 に示す実施例では、配列はシート表面を実質的完全に覆って延びる。キューブコーナ要素の各適合ペアは、第 1 溝 66 に対し実質的垂直な面において傾斜する 2 つの対向したキューブコーナ要素 70、72 を含む。さらに実質的全ての第 1 溝 66 の主要部分、好ましくは第 1 溝 66 全体は、製品の縦縁 62 と好ましくはおよそ 45 度である角度で交差する面に置かれる。図 7 では、図示の目的で組織化表面が大きく拡大されていることに留意すべきである。実際には、隣接する溝間の距離は、典型的には約 60 ~ 600 ミクロンである。

図 7 に示す各適合ペアの対向したキューブコーナ要素 70、72 は、第 1 溝 66 に物理的に相互に直接対向して位置されるが、このような相対物理的位置は、本発明の要求条件でないことが理解されるであろう。最も広い意味では、ここで使用される「対向した」という用語は、光学的に対向したことを意味するものと解釈される。キューブコーナ要素は「鏡像」再帰反射パターンを作り出す場合、光学的に対向したと考えることもできる。キューブコーナ再帰反射技術では、相互に物理的鏡像である要素、すなわち実質的同一であるが相互に相対的に 180 度回転したキューブコーナ要素は、鏡像再帰反射パターンを生じることが良く知られている。直接的機械加工技術では、図 7 に示すように対向したキューブコーナ要素を相互に溝に直接対向して位置させることが有利である。しかし対向したキューブコーナ要素は、シート上で相互に物理的に離れていても良いことが理解されるであろう。さらに光学的に対向したキューブコーナ要素を生じるために、対向したキューブコーナ要素が相互に完全な物理的鏡像でなくても良いことが理解されるであろう。通常の視覚化条件の下では、対向したキューブコーナ要素の物理的形状におけるわずかな変動は、再帰反射

10

20

30

40

50

パターンにおいて肉眼では検出不可能なわずかな変動しか生じない。このようなキューブコーナ要素でも、ここで使用される用語の意味の範囲内では対向した要素である。

図7に示す組織化表面を有する再帰反射シートは、図3に示したのと実質的同一形状の理論的等輝度プロフィールを示す。しかしシートの縁とおよそ45度の角度で交差する面に第1溝66が置かれるようにキューブコーナ要素の配列が方向付けられているので、図3の面40に対応する1つの広い照射角の面は、シート60の縦縁62とほぼ平行である。図3の面42と対応するその他の広い照射角の面は、シート60の縦縁とほぼ垂直である。製造の不完全性や測定誤差などの要因の結果、シート60の再帰反射性能が図3に示す理論的性能とは異なる場合もあることは、当業者によって認識されるであろう。このような小さな変動は、本発明の範囲内であると考えられる。

再帰反射シート60が特に有利な1つの用途は、車両顕著性シートの分野である。図8は、水平方向に配置された再帰反射シート60の帯と、垂直方向に配置された再帰反射シート60の帯を有する大型車両82を示す概略である。再帰反射シート60は、通過する自動車のヘッドライトからの光を再帰反射して車両82の顕著性を向上させる。高照射角度で再帰反射シート60の水平方向の帯が反射する光量を最大化するためには、その照射角の最も広い面が縦縁62と実質的平行であるべきである。対照的に、高照射角度で再帰反射シート60の垂直方向の帯が反射する光量を最大化するためには、その照射角の最も広い面が縦縁62と実質的垂直であるべきである。

再帰反射シート60は、このような車両顕著性用途に特に良く適している。シート60を車両82上に水平方向に置いた場合、1つの広い照射角の面は、再帰反射シート60の縦縁62と実質的平行（例えばおよそ5°以内）に並ぶので、水平の帯が高照射角度で反射する光量が最大化される。同様にシート60を車両上に垂直方向に置いた場合、1つの広い照射角の面は、再帰反射シート60の縦縁62と実質的垂直に並ぶので、垂直の帯が高照射角度で反射する光量が最大化される。単一シート製品をこの用途のために提供できる能力は、このような顕著性シートのデザイン、製造、流通、および装備過程に経費節減をもたらす。

シート60は、道路標識シート用途においても同様に有利である。上述のように最も傾斜したキューブコーナシート製品の再帰反射性能は、標識上のシートの方向に依存する。例えば'258号特許が示すシートは、X面として同定される面でより良い照射角を有する。'258号特許のシートからの最良の光学性能を確実にするためには、X面が入射光の入射面と一致するようにシートを方向付けなくてはならない。対照的に図7に示すシートでは、どちらの広い照射角の面が入射光の入射面と一致するように方向付けられていても良い。

ほとんどの用途においては、1つの照射角の最も広い面がシートの縦縁62と実質的平行に並ぶ場合に、シート60はその最良の再帰反射性能を示す。図7に示すキューブコーナ立体形では、これはシートの縦縁62と45度の角度で交差する面に第1溝66の主要部分、好ましくは各第1溝66の長さ全体がある組織化表面に対応する。しかし当業者は、シート片の縁と厳密に45度に交差する面に第1溝がなくても良いことを理解するであろう。製品の縁62と第1溝66の交差角度が45度から外れるにつれて、製品の再帰反射輝度は低下するが、低下は緩やかである。約35~55度、さらに好ましくは約40~50度の角度で第1溝66が縁62と交差するならば、性能要求条件次第で図7に示す立体形から本発明の利点は得られる。さらにキューブコーナ要素の光学軸の傾斜面から角度的に変位した広い照射角の面を有するその他のキューブコーナ立体形が多数存在する。広い照射角の面が、シートの縁と実質的平行に並ぶようにキューブコーナ要素を方向付けることで、このようなキューブコーナ要素を組み込んだ再帰反射シートの性能が、改善される場合もあることを再帰反射技術の当業者は理解するであろう。

本発明の光学的利点は、図1に示す立体形以外のキューブコーナ要素立体形を使用することで得られる。不等辺の基部三角形を有する広範なキューブコーナ要素は、本発明の観点に従った再帰反射シートの製造に適切な等輝度プロフィールを有する。不等辺の基部三角形キューブコーナ要素は、キューブコーナ要素基部三角形の3つの夾角がいずれも同一でないことで特長付けられる。

代表的な不等辺の基部三角形キューブコーナ要素立体形を用いた組織化表面100の1例は

10

20

30

40

50

、図9に示した。各キューブコーナ再帰反射要素の基部三角形の夾角は、ほぼ62.09度、50.00度、および67.91度である（それぞれ₁、₂、および₃）。溝102（a₃）の溝側面角度はおよそ41.812度であり、溝104（a₂）の溝側面角度はおよそ27.623度であり、溝106（a₁）の溝側面角度はおよそ35.702度である。溝106にほぼ平行で基材底面に直行する面において、各キューブコーナ要素の光学軸は、基材底面に直交する軸に対しあよそ8.30度傾斜する。

図10は、屈折率が1.590で、図9に示す立体形を有する材料から形成されたキューブコーナ要素の適合ペアを用いた再帰反射シートの予測等輝度プロフィールである。ベクトルV₁は、キューブコーナ要素が傾斜する面（すなわちキューブコーナ要素の対称軸を含む面）に対応する。図9に示すキューブコーナ立体形は、面110、112として表示されるキューブコーナ要素がそれぞれほぼ30度および120度傾斜する面から角度的に変位した2つの広い照射角の面を示す。さらに面110および112は、相互にほぼ垂直である。したがって溝106が再帰反射シートの縦縁と30度または60度に交差するように組織化表面を方向付けることで、1つの広い照射角の面はシートの縦縁と平行に、もう1つの広い照射角の面はシートの縦縁と垂直に並ぶ。

図11は、互いに対向するキューブコーナ要素の傾斜を規定する面（すなわち第1溝にほぼ直交するとともに底面に直交する面）から角度的に変位した2つの広い照射角の面を有する別の不等辺の基部三角形キューブコーナ立体形を含む組織化表面120を示す。図11に示すキューブコーナ要素基部三角形の夾角は、ほぼ68.71度、48.00度、およびである63.29度（それぞれ₁、₂、および₃）。溝122（a₃）の溝側面角度はおよそ36.324度であり、溝124（a₂）の溝側面角度はおよそ26.283度であり、溝126（a₁）の溝側面角度はおよそ42.306度である。キューブコーナ要素の光学軸は、溝126とほぼ45度の角度で交差する面において基材底面に直角の軸に対しあよそ9.51度傾斜する。

図12に示すように、図11に示したキューブコーナ要素の配列を含む屈折率1.590の再帰反射シートは、要素がそれぞれ約26度および116度傾斜する面V₁から角度的に変位した2つの広い照射角の面130、132を有する。したがって溝126が再帰反射シート縦縁と19度または71度に交差するように組織化表面を方向付けることで、1つの広い照射角の面はシート縦縁と平行に、もう1つの広い照射角の面はシート縦縁と垂直に並ぶ。

不等辺の基部三角形を用いたキューブコーナ要素デザインには、二等辺の基部三角形を有するキューブコーナ要素と比べてさらに別の利点がある。1つの利点は、不等辺の基部三角形キューブコーナ要素を有する組織化表面は、製造工程において隣接するキューブコーナ要素に物理的破損を引き起こすことなく、対向したキューブコーナ要素の傾斜度をより大きくできることである。

3つの相互に交差する溝のセットを使用した直接機械加工キューブでは、溝側面角度のいずれか1つが45°を超えるとキューブの切断が生じ、切削工具が隣接するキューブ縁を切断する。キューブコーナ要素の破損の結果、再帰反射性が損失する。例えば米国特許第4,588,258号が述べるキューブコーナ要素立体形は、従来の配列において傾斜角度9.736度を超える傾斜ができない。以下の表Iは、溝にほぼ平行で底面に垂直な面に傾斜して対向したキューブコーナ要素について、夾角（θ）および溝側面角度（a）を含む基部三角形の代表的な不等辺形状の数値データを示す。不等辺形状は、いずれかの溝側面角度が45度以下であっても、キューブコーナ要素を大きく傾斜させることができるので、切削削り工具が引き起こす機械的切断に起因する既知の限界を超えてキューブコーナ要素を傾斜させることが可能になる。例えば表Iは、ほぼ13.376度までの傾斜角度が、縁切断を生じることなく（すなわちいずれの溝側面角度も45度以下で）実現可能であることを示す。

10

20

30

40

表 1

β_2	β_3	β_1	a_1	a_2	a_3	傾き角度
40.0	73.321	66.679	36.695	21.063	45.789	14.912
41.0	72.845	66.155	36.577	21.677	45.485	14.305
42.0	72.358	65.642	36.464	22.300	45.161	13.689
42.5	72.110	65.390	36.408	22.614	44.992	13.376
43.0	71.858	65.142	36.354	22.931	44.818	13.061
44.0	71.345	64.655	36.247	23.571	44.455	12.421
45.0	70.817	64.183	36.145	24.221	44.071	11.769
46.0	70.274	63.727	36.047	24.881	43.666	11.105
47.0	69.713	63.287	35.953	25.550	43.238	10.426
48.0	69.133	62.867	35.864	26.230	42.787	9.733
49.0	68.533	62.467	35.780	26.921	42.313	9.025
50.0	67.912	62.088	35.700	27.623	41.814	8.300
51.0	67.266	61.734	35.626	28.336	41.289	7.559
52.0	66.595	61.405	35.558	29.061	40.738	6.801
53.0	65.896	61.104	35.495	29.797	40.160	6.024
54.0	65.167	60.833	35.440	30.545	39.553	5.228
55.0	64.405	60.595	35.391	31.304	38.917	4.412
56.0	63.607	60.393	35.349	32.075	38.250	3.574
57.0	62.770	60.230	35.316	32.857	37.552	2.715
58.0	61.892	60.109	35.291	33.650	36.822	1.833
59.0	60.967	60.033	35.275	34.452	36.058	0.927
60.0	60.000	60.000	35.264	35.264	35.264	0.000

傾斜する面にはない改善された好ましい照射角に関するこの発明の教示と共に、不等辺の基礎立体形キューブコーナ要素の配列は、またキューブの底面へ垂直または直角に入射する光について、総光反射が崩壊する既知の限界を超えた傾きを可能にする。再帰反射シートの総光反射 (T L R) は、%作用口径と再帰反射される光線強度の産物である。キューブ立体形、照射角、および屈折率の組み合わせによっては、%有効口径が比較的高くても、光線強度の著しい減少の結果、総光反射が比較的劣ることもある。1例は、再帰反射光線の全内反射に依存する再帰反射キューブコーナ要素の配列である。全内反射がキューブ面の1つで臨界角を超えると、光線強度はかなり減少する。このような状況では、金属化またはその他の反射性コーティングが有利に使用できることもあるが、経費、加工、外観、またはその他の要因のためにこれらのコーティングが常に望ましいとは限らない。このような状況では、不等辺の基部三角形キューブコーナ要素の使用が好ましい。

表IIは、垂直入射光および屈折率1.586のキューブに関する限界総光反射立体形を示す。例えば米国特許第4,589,258号 (Hooper) が示すように底角度52.1° - 52.2° - 74.6° のキューブコーナ要素では、限界傾き角度は15.60°である。しかし不等辺の基礎立体形を使用することで、総光反射を崩壊させることなく、例えば16.41° (45.40° - 58.57° - 76.03°) または18.830° (77.358° - 65.642° - 37.00°) などのようにこの限界を超えることもできる。表IIのデータは、分析解ではなく数値解を表す。

10

20

40

表 II

β_1	β_3	β_3	a_1	a_2	a_3	傾き	
75.600	52.200	52.20	50.867	26.505	26.505	15.602	
		0					
75.749	48.900	55.35	50.939	24.769	28.080	15.857	
		1					
76.030	45.400	58.57	50.924	22.949	29.689	16.408	
		0					10
76.623	41.400	61.97	50.985	20.840	31.290	17.476	
		7					
77.358	37.000	65.64	50.816	18.582	33.064	18.830	
		2					

本発明の原理は、タイル貼り再帰反射シートにも応用できる。ここでの用法では、タイル貼り組織化表面には、シートの縁に対して異なる方向に配置されたキューブコーナ要素の適合ペアの複数の不連続な配列が含まれる。タイル貼りは、広い照射角の複数面を有する再帰反射シートを製造するために用いられる1つの方策である。定義によれば特定の照射角およびシート方向では、配列の一部のみが最大量の光を再帰反射するように方向付けられているので、タイル貼り再帰反射シートは、高照射角度で固有の輝度損失を被る。しかし本発明の原理に基づいた組織化表面でキューブコーナ要素の配列を方向付けることにより、タイル貼りシート固有の輝度損失を最小化する、または少なくとも減少させることが可能である。

タイル貼りの実用性は、図7に示す再帰反射シートに関する説明することもできる。上述のように図7に示す再帰反射シート組織化表面は、2つの広い照射角の面に帰結するキューブコーナ要素の適合ペアの単一配列を有する。第1の面はシート60の縦縁62と実質的平行であり、第2の面はシート60の縦縁62と実質的垂直である。シートの縁に対して2つの異なる方向に配置された2つの別個の配列を有する組織化表面が含まれるタイル貼り再帰反射シートは、4つの広い照射角の面を有する。同様にシートの縁に対して3つの異なる方向に配置された3つの別個のタイル貼り配列を有するタイル貼り組織化表面を含む再帰反射シートは、6つの広い照射角の面を有する。概して図7に示すキューブコーナ立体形については、シートの縁に対しX/2個の別個の方向に配置された複数のタイル貼り配列を有する組織化表面によって、X個の広い照射角の面を有する再帰反射シートを作ることができる。

本発明に従って、少なくとも1つのキューブコーナ要素の適合ペア配列は、1つの広い照射角の面がシートの縁とほぼ平行に位置するように方向付けられるべきである。したがって図7に示すキューブコーナ要素立体形では、第1溝が製品の縁とほぼ45度の角度で交差するようにキューブコーナ要素の適合ペアの1配列が方向付けられるべきである。

残りの配列の方向は、組織化表面中のキューブコーナ要素の適合ペアの不連続な配列の数に左右される。図7のキューブコーナ立体形について、タイル貼りの目標がより回転対称的な再帰反射パターンの製造であると仮定すると、キューブコーナ要素の適合ペアの配列間の角差違は、式

$$= 90/N$$

で表すこともできる。式中Nは、キューブコーナ要素の不連続な配列の数を表す。ゆえに(例えばキューブコーナ要素のN-2配列を使用する)4つの広い照射角の面を有する再帰反射シートでは、キューブコーナ配列方向の角差違は、およそ45度であるべきである。したがってキューブコーナ要素の第2の配列は、第1溝が製品の縁とおよそ90の角度で交差するように方向付けられるべきである。同様に6つの広い照射角の面を有する再帰反射シ

20

10

20

30

10

40

10

50

ートでは、キューブコーナ配列方向の差違はおよそ30度であるべきである。したがって、キューブコーナ要素の第2の配列は、第1溝が縦シートの縁に対しておよそ15度の角度で製品の縁と交差するように方向付けられるべきであり、キューブコーナ要素の第3の配列は、第1溝が縦シートの縁に対しておよそ75度の角度で製品の縁と交差するように方向付けられるべきである。この連続は、希望する限り多くの別個の方向に続けることができる。

図13は、6つの広い照射角の面を生じるキューブコーナ要素の6つの配列を有する本発明に従ったタイル貼り再帰反射シート150の1実施例の概略図である。好ましい実施例では、再帰反射シート150は、ロールに巻き取れる薄く柔軟な再帰反射シートの連続的ウェブとして製造される。再帰反射シート150の組織化表面は、シート150の縦縁152に対して6つの別個の方向に置かれたキューブコーナ要素の適合ペア配列の6つの群を含む。第1の配列群154は、第1溝が縁152と15度の鋭角に交差するように配置され、第2の配列群158は、第1溝が縁152と75度の鋭角に交差するように配置され、第3の配列群162は、第1溝が縁152と45度の鋭角に交差するように配置され、第4の配列群155は、第1溝が縁152と45度の鋭角に交差するように配置され、第5の配列群159は、第1溝が縁152と75度の鋭角に交差するように配置され、第6の配列群163は、第1溝が縁152と15度の鋭角に交差するように配置される。各配列は、上記の図1および2に関連して述べたのと実質的同一のキューブコーナ要素の適合ペアから形成される。ベクトル156、160、および164は、それぞれキューブコーナ要素の各配列154、158、162の第1溝の方向を表す。同様にベクトル157、161、および165は、それぞれ配列155、159、および163の第1溝の方向を表す。6つの別個の配列群154、155、158、159、162および163がそれぞれシート150の組織化表面の表面積のおよそ6分の1をカバーすることは、必用ではないが好ましい。

シート150は、6つの広い照射角の面を有する。配列群162および155に対応する2つの広い照射角の面は、シート150の縦縁152に対してほぼ0度および90度に並ぶ。配列セット154および159に対応する2つの広い照射角の面は、シート150の縁に対して60度および150度に並ぶ。配列セット158および163に対応する2つの広い照射角の面は、シート150の縁に対して30度および120度に並ぶ。

図13に示すシート150は、6つの別個の方向に方向付けされた6つの配列を用いて、6つの広い照射角の面があり、内1つがシート150の縦縁152に実質的平行に並ぶ再帰反射シートを作り出す。しかしシート150により多くのまたはより少ない数の配列を組み込み、それに相応してより多くのまたはより少ない数の広い照射角の面のある再帰反射シートを作り出せることが理解されるであろう。

本発明の単一配列実施例に関連して上述したように、発明の利点を得るためにには、配列が精密に並ぶ必用はない。多くの用途では、特定照射角での必用な輝度を生み出すには、好ましい方向の約5度内外のキューブコーナ配列の配置で十分である。

図14は、図1-2に示したのと同様の後方傾斜キューブコーナ要素の適合ペアの複数のタイル貼り配列を用いた再帰反射シート170の概略図である。図14に示すシートは、イリノイ州ナイルズのStimsonite Corporationから市販されSTIMSONITE高性能等級反射性シートの商品名の下に製造流通される（ロット1203W、製品番号8432170）。再帰反射シート170の組織化表面は、シート170の縦縁172に対して複数の別個の方向に配置されたキューブコーナ要素の適合ペア配列の複数の群を含む。キューブコーナ配列は、配列の第1溝がシート170の縦縁172に対して0度、30度、60度、および90度の方向に配置された面に置かれるように方向付けられる。

本発明に従ったシート150の縦縁152に対して広い照射角の面がおよそ0度および90度の角度に並ぶように再帰反射シートのタイル貼り部分を位置づけることで、図14に示すタイル貼りシートに比して著しい性能増大が達成される。これらの性能増大は、再帰反射シートの輝度（カンデラ毎平方メートル）を再帰反射シート上でのタイル部分の変化する方向（例えば変化する溝アライメント角度）に対する距離（メートル）の関数として表した図15に示される。図15における輝度データは、道路を45度の角度に横切って駐車したセミトラックトレーラーに接近する標準的セダンを表す。再帰反射シートは、セミトレーラーの底

10

20

50

30

40

50

縁を水平に横切って配置される。図15を制作するために用いた試験環境および方法論の詳細な説明は、Sign Luminance as a Methodology for Matching Driver Needs, Roadway Variables, and Signing Materials、WoltmanおよびSzczech著Transportation Research Record, 1213, Humanperformance and Highway Visibility--Design Safety and Methods,米国学術研究会議輸送調査委員会pp.21-26(1989)にある。

図15では、曲線180が図14のシートに対応する。曲線182は5、35、および65度の方向に配置されたキューブコーナ配列を有するシートに対応し、曲線184は10、40、および70度の方向に配置されたキューブコーナ配列を有するシートに対応し、曲線186は15、45、および75度の方向に配置されたキューブコーナ配列を有するシートに対応し、曲線188は20、50、および80度の方向に配置されたキューブコーナ配列を有するシートに対応する。図15は、ほぼ15、45および75度の方向に配置されたキューブコーナ配列を有するシートが、シートからの距離のほとんど全てにおいて最良の再帰反射性能を示すことを実証する。同様に10、40、および70度の方向に配置されたキューブコーナ配列を有するシート、および20、50、および80度の方向に配置されたキューブコーナ配列を有するシートは、モデル化した距離範囲にわたり良好な再帰反射性能を示す。シート170に対して0度の方向では、最も劣る再帰反射性能が示される。本発明に従って方向付けされたタイル貼り再帰反射シートは、曲線上に示すあらゆる距離において図14に示すシートよりも優れている。さらに本発明に従ったシートは、約50メートルから約150メートルに及ぶ距離的臨界範囲において2倍近く明るい。

本発明に従った反射性シートは、例えば説明したキューブコーナ要素の配列で既成シートを型押しして、あるいは型に液体材料を流し込んで一体型材料として製造することもできる。代案としてはこのような再帰反射シートは、例えば米国特許第3,684,348号が教示するように既成フィルムに要素を流し込んで、あるいは個々の成形要素表面上に既成フィルムをラミネートして層状製品として作ることもできる。

本発明に従った再帰反射シートを製造するための有用なツールとしては、連続的ベルトまたはマンドレルの形態でも良い型押し型が挙げられる。このような連続的型は、例えばダイヤモンド刻線または旋盤などの精密機械加工ツールを使用した被削性基材中の組織化表面の直接的機械加工に始まるマスター型、または製品を製造するための複製工程を用いて形成することができる。組織化表面は、マスター製品上へのニッケルの電着により複製することができる。このような複数の複製ツールを型押しまたは鋳造型に連結することができる。本発明が新しい組織化表面立体形を有する製品について述べる範囲で、本発明の請求事項は、再帰反射シートの複製、成形および製造法に使用する型をカバーすることを意図する。

この発明の再帰反射製品またはシートに適切な材料は、好ましくは寸法安定性、耐久性、耐候性を有し、希望する形状に容易に複製される透明な材料である。適切な材料の実例としては、ガラスと、Rohm and Haas Companyが製造するPLEXIGLASブランドの樹脂などの屈折率約1.5のアクリルと、屈折率約1.59のポリカーボネートと、英国特許番号第2,027,441号および米国特許第4,576,850号、第4,582,885号、および第4,668,558号が教示するような反応性材料と、材料から形成するキューブコーナ要素の硬化に使用される化学線の波長に対して透過性の材料と、ポリ(カーボネート)、ポリ(メタクリル酸メチル)、ポリ(テレフタル酸エチレン)、および多官能アクリレートモノマーの架橋ポリマーからなる群より選択されるポリマー材料と、E.I.Dupont de Nemours and Co., Inc.からSURLYNの商品名の下に市販されるようなポリエチレンをベースとするイオノマーと、ポリエステル、ポリウレタンと、酢酸酪酸セルロースが挙げられる。ポリカーボネートは、概してより広範な照射角で改善された再帰反射性能に貢献する韌性および比較的高い屈折率を有するため、特に適切である。これらの材料は、染料、着色剤、顔料、UV安定剤、またはその他の添加剤をさらに含んでも良い。着色剤は、シートの日中可視性および顕著性を改善するために蛍光染料または顔料を含んでも良い。材料の透明性は、製品またはシートのこれらの部分を通して、分離または平頭表面が光を透過することを確実にする。

平頭または分離面の組み込みにより製品の再帰反射性はなくならず、むしろ製品全体が部

10

20

30

40

50

分的に透明になる。部分的に透明な材料が要求されるいくつかの用途では、製品の低い屈折率は製品を通る光透過範囲を改善する。これらの用途では、アクリル(屈折率約1.5)のより大きい透過範囲が望ましい。

完全に再帰反射性の製品では、高屈折率を有する材料が好ましい。これらの用途では、屈折率が約1.59であるポリカーボネートなどの材料を使用して、材料と空気間の屈折率の差違を増大させることにより再帰反射を増大させる。またポリカーボネートは、温度安定性および耐衝撃性を有するために概して好ましい。

発明では、優れた光学性能および卓越した柔軟性を有するシートを製造するために開示されたキューブコーナ要素光学デザインを使用した鋳造硬化タイプの製造法の使用も考察された。この方法を使用した製品の1実施例は、キューブコーナ要素のための第1のポリマー組成物と、熱可塑性材料である第2のポリマーオーバーレイ材料とを含む。好ましくはオーバーレイ材料は、キューブコーナ要素を形成する樹脂の硬化に使用される化学線の波長に対し透過性である。この実施例の材料の別の好ましい特性は、各部材の相対弾性係数である。高弾性係数の材料は、変形抵抗性を与える機械的特性を有するので、キューブコーナ要素のために好ましい。オーバーレイ材料は、好ましくは相対弾性係数が幾分低めのポリマー材料である。キューブコーナ部材の硬化の間に、キューブコーナ材料の組成物次第で、個々のキューブコーナ要素には一定度合いの縮小が起きる。オーバーレイ材料の弾性係数が高すぎる場合、硬化の間にそれらが縮小するにつれてキューブコーナ要素にねじり応力がかかる。応力が十分に高ければキューブコーナ要素は歪み、結果的に光学性能が劣化する。オーバーレイフィルムの弾性係数がキューブコーナ材料の係数よりも十分に低ければ、オーバーレイは、キューブコーナ要素の縮小と共に変形し、付着するキューブコーナ要素に光学特性の劣化につながるタイプの変形応力を及ぼさない。

代案としては、キューブコーナ要素の寸法次第で、キューブコーナ要素とオーバーレイ材料との弾性係数の格差はそれほど大きなくて良い。キューブコーナ要素の高さが低い場合、より小さなキューブコーナ要素が硬化する間に示す収縮は、絶対寸法単位での測定ではそれほど大きくなく、またオーバーレイフィルムは、大型のキューブコーナ要素に対するほど大きなねじれおよび寸法応力の発生に向けた相互作用をキューブコーナ要素に対してしないと思われる。概してオーバーレイ材料とキューブコーナ要素材料間の係数格差は、 $1.0 \sim 1.5 \times 10^7$ パスカル程度以上であるべきだと言うことができる。キューブコーナ要素の高さが低下するにつれ、この係数格差がすぐ上に書いた範囲特定の下縁に近づくこともあり得る。しかしキューブコーナ要素材料の係数には、実用的な下限があることに留意すべきである。概して約 $2.0 \sim 215 \times 10^8$ パスカル程度の一一定レベル以下では、キューブコーナ要素は柔軟になりすぎて、応力をかけた際に適切に破断するのに十分な機械的剛性を持たない。実施例によっては破断は、不連続なキューブコーナ要素を得るために望ましい特徴である。このような破断なしには、応力下でのシートの柔軟性および優れた光学特性に必須である個々のキューブコーナ要素のデカップリングは達成できない。

キューブコーナ要素とその上にキューブコーナ要素が流し込まれるオーバーレイフィルム間の相対弾性係数に関する考察だけでなく、オーバーレイフィルムには、弾性係数が比較的低いことが要求される。これは、製造の目標が結果的に得られる再帰反射シート材料における高度な柔軟性の達成である場合に重要である。好ましくはキューブコーナ要素は、最小量のランドでオーバーレイフィルム上に流し込まれる。ランドが十分に最小化できるならば、オーバーレイフィルムの延伸またはその他の適切な弾性ひずみの結果、個々のキューブコーナ要素間のキューブコーナ材料の破断が生じる。これは二次加工後にオーバーレイ/キューブコーナ材料に弾性応力をかけることで達成され、あるいは材料を二次加工装置から単に除去する過程の結果として得られる。これは、二次加工におけるかなりの効率を意味し、同一効果を達成するためにより多くのランドを破断する重要な鋳造後操作が不必要であることから二次加工経費の節減となる。

キューブコーナフィルムの最小ランドの破断の結果として、個々のキューブコーナ光学要素は、相互におよびオーバーレイ材料から実質的に完全にデカップルされる。このデカップ

10

20

30

40

50

リングから著しい利点が派生する。それらの第1は、材料に求められる超柔軟性である。デカップルされた光学要素は、ランドの厚さに関わらずもはやランドの効果により機械的に制約されない。これにより弾性オーバーレイ／キューブコーナ複合材料の著しいひずみが可能になる一方、同時にひずみ後の複合材料の実質的完全な機械的回復が可能になる。また個々のキューブ要素のデカップリングによって、複合材料にかかるひずみ応力を分離することが可能になる。この直接的利点は、再帰反射材料にかかる応力が、概して材料の光学特性に最小の劣化効果を与えることである。柔軟性がより少ない従来技術の二次加工では、キューブコーナ組成物の1領域にかかる限局性の応力が隣接領域に伝達される結果、光学特性の著しい損失が再帰反射材料のより大きな領域に達する。

再帰反射製品において柔軟性をある程度達成するための別の異なる方法では、第1のステップで底材料のシートにキューブコーナ要素の配列を一時的に固着する。キューブコーナ要素は、底材料上の剥離コーティング上に適切な材料を流し込んで形成することもできる。次に金属被膜加工またはその他の手段によって、キューブコーナ要素上に反射性層が形成される。次に基材は、キューブコーナ要素の反射性層側面に固定される。底材料のシートは除去され、基材上に形成した比較的自立型のキューブコーナ要素の露出配列が残される。

適切な裏打ち層は、再帰反射要素にシールできる着色または非着色材料を含めたあらゆる透明なまたは不透明な材料から作ることもできる。適切な裏打ち材料としては、アルミニウムシートと、亜鉛めっき鋼と、ポリメタクリル酸メチルと、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、ポリ塩化ビニルなどのポリマー材料と、これらおよびその他の材料から作られる多様なラミネートが挙げられる。

裏打ち層またはシートは、反射キューブコーナ要素に格子パターンまたはその他のあらゆる適切な形状でシールすることもできる。シーリングは、超音波溶接、接着剤などのいくつかの方法の使用、または反射要素の配列上の不連続な位置でのヒートシーリングによって影響を受けることもある（例えば米国特許第3,924,928号参照）。土または水分などの汚染物質の進入防止、キューブコーナ反射表面周囲の空隙保存ためにはシーリングが望ましい。再帰反射シートの比較的細長い帯を必用とするトラック顯著性などの用途において、縁シーリングが有益なこともある。

複合材において追加的強度または韌性が必用な場合、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打ちシートを使用することもできる。結果的に得られる再帰反射材料の柔軟性の程度次第で、材料は巻いたりまたは帯やその他の適切なデザインに切断することができる。また再帰反射材料を接着剤および剥離シートで裏打ちして、接着剤塗布またはその他の固着手段を使用する追加的ステップなしに、あらゆる基材へ塗布できるようにすることもできる。

上述の各実施例に関連して特に開示されてはいないが、キューブコーナ再帰反射技術の既存の特徴を組み込んだ様々な修正または組み合わせが本発明で考察された。例えばキューブコーナ要素を分離する溝の中に分離面を提供することは、当業者には明らかであろう。さらに例えば表面へのアルミニウムまたは銀の層の蒸気コーティングなど、組織化表面の一部分を正反射性物質で被覆することも明らかであろう。さらにAppeldornに対する米国特許第4,775,219号が開示するように、隣接するキューブコーナ要素間の二面角が異なっても良いことは、当業者には明らかであろう。このような明らかな修正または組み合わせを組み込んだ製品は、本発明の範囲内にあると考えられる。

実施例 I

この実施例は、キューブコーナ要素の光学軸の傾斜を規定する面と最も広い照射角を規定する面との間に、所望量の角度的変位をもたらすキューブコーナ要素の傾斜角範囲を明らかにする。図16Aから16Jは、図1-2に示すキューブコーナ要素の適合ペアの予測再帰反射性能を表す等輝度曲線である。概して図16Aから16Eは、65-65-50の基部三角形を生じる傾斜角度まで、キューブコーナ要素の傾斜角度が増加するに従い、キューブコーナ要素の傾斜を規定する面からの、最も広い照射角を規定する面の角度的変位が増大することを示す。その後、対向したキューブコーナ要素の傾斜角度の増大の結果、広い照射

10

20

30

40

50

角の面とキューブコーナ要素傾斜面の間における角度的な変位は減少する。

図16Aは、等辺の基部三角形を有し、屈折率が1.59である单一キューブコーナ要素の等輝度プロフィールである。これは、等辺の基部三角形キューブコーナ要素の3つの対称軸の結果である良く知られた6つの丸い突出部の等輝度パターンを示す。図16Bから16Jは、対向したキューブコーナ要素が増大する傾斜角度で傾斜するのに伴う、キューブコーナ要素の適合ペアの等輝度パターンのひずみを表す。対向したキューブコーナ要素は、等輝度グラフを通じて図で水平方向へ延びる面において傾斜する。図16Bは、およそ61度、61度、および58度の夾角を有する二等辺の基部三角形を生じる1.60度の傾斜を有するキューブコーナ要素の等輝度プロフィールを表す。図16Cは、およそ62度、62度、および56度の夾角を有する二等辺の基部三角形を生じる3.14度の傾斜を有するキューブコーナ要素の等輝度プロフィールを表す。図16Dは、およそ63度、63度、および54度の夾角を有する二等辺の基部三角形を生じる4.63度の傾斜を有するキューブコーナ要素の等輝度プロフィールを表す。図16Eは、およそ65度、65度、および50度の夾度を有する二等辺の基部三角形を生じる7.47度の傾斜を有するキューブコーナ要素の等輝度プロフィールを表す。図16Fは、およそ67度、67度、および46度の夾角を有するに二等辺の基部三角形を生じる10.15度の傾斜を有するキューブコーナ要素の等輝度プロフィールを表す。

この一連の等輝度グラフを調べると、対向したキューブコーナ要素傾斜面からの照射角の最も広い面の角度的な変位が増大することが明らかである。

残りの等輝度グラフは、照射角の最も広い面と対向したキューブコーナ要素傾斜面との間の開度の減少を表す。図16Gは、およそ69度、69度、および42度の夾角を有する二等辺の基部三角形を生じる12.69度の傾斜を表す。図16Hは、およそ71度、71度、および38度の夾角を有する二等辺の基部三角形を生じる15.12度の傾斜を表す。図16Iはおよそ73度、73度、および34度の夾角を有する二等辺の基部三角形を生じる17.46度の傾斜を表す。図16Jは、およそ75度、75度、および30度の夾角を有する二等辺の基部三角形を生じる19.72度の傾斜を表す。

この一連の等輝度グラフは、対向したキューブコーナ要素が約12度までの増大する傾斜角度で傾斜するにつれ、キューブコーナ要素の傾斜面に対しておよそ45度に方向付けされた2つの案質的垂直な面において、製品の照射角が広がり続けることを実証する。さらに大きな傾斜は、これらの面における照射角を増大させ、傾斜面と実質的一致する面での照射角を減少させる。最適な傾斜量は、65-65-50の基部三角形に対応するおよそ7.47度であるように見えるが、およそ5度からおよそ12度に広がる傾斜角度の範囲は、相互にほぼ垂直に方向付けされた2つの広い照射角の面を有する再帰反射製品の製造に適するようであることが理解されるであろう。

当業者にはこの発明の範囲と精神から逸脱することなく、この発明の様々な修正および変更ができるることは明らかであろう。

10

20

30

【図1】

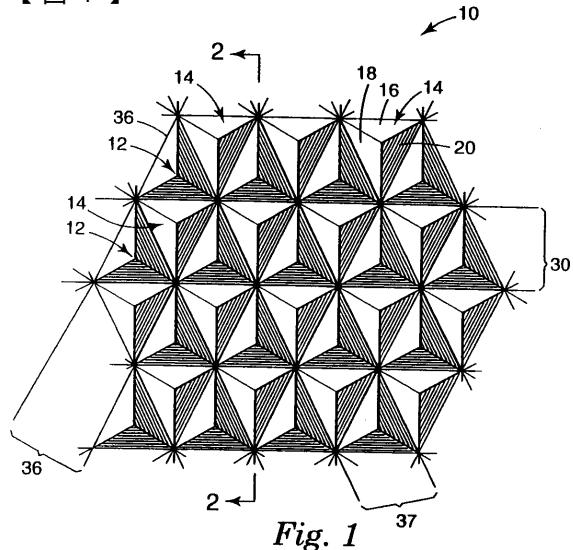


Fig. 1

【図3】

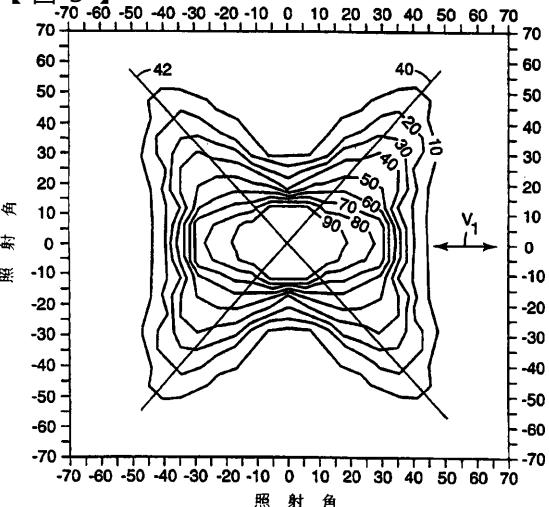


Fig. 3

【図2】

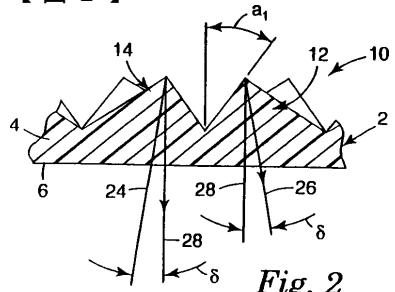


Fig. 2

【図4】

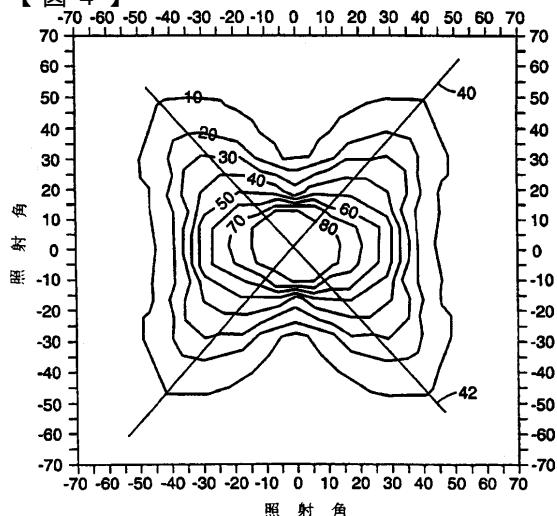


Fig. 4

【図5】

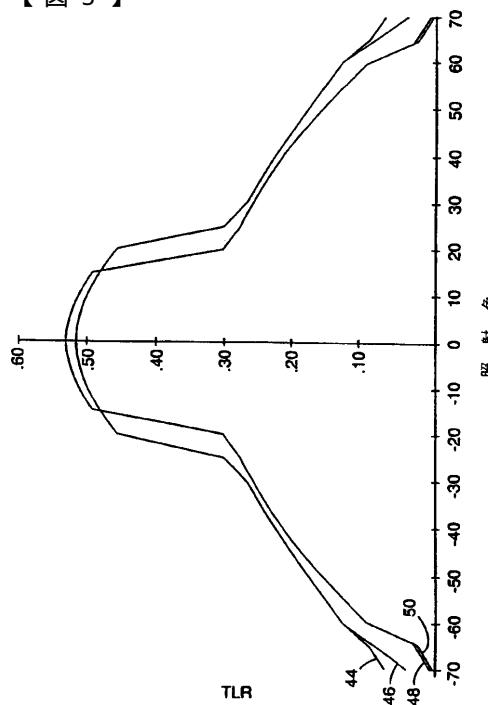


Fig. 5

【図6】

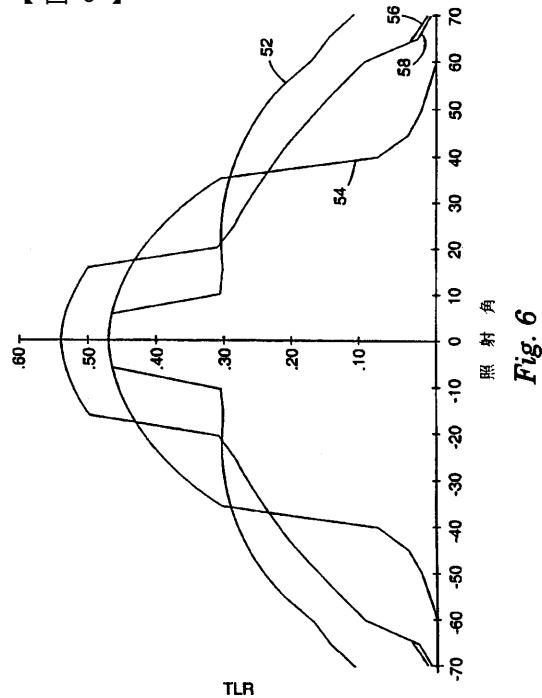


Fig. 6

【図7】

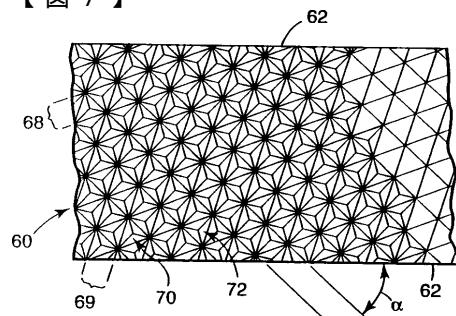


Fig. 7

【図8】

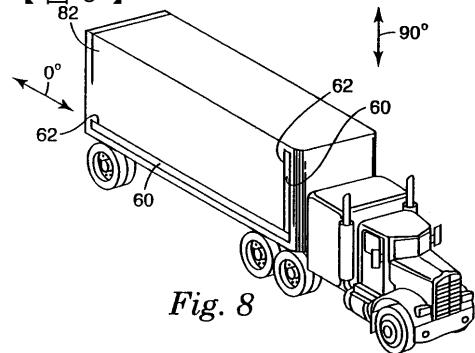


Fig. 8

【図9】

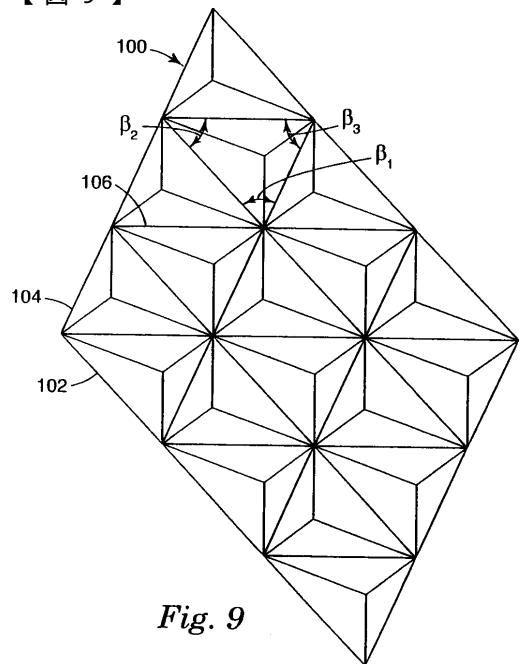


Fig. 9

【図10】

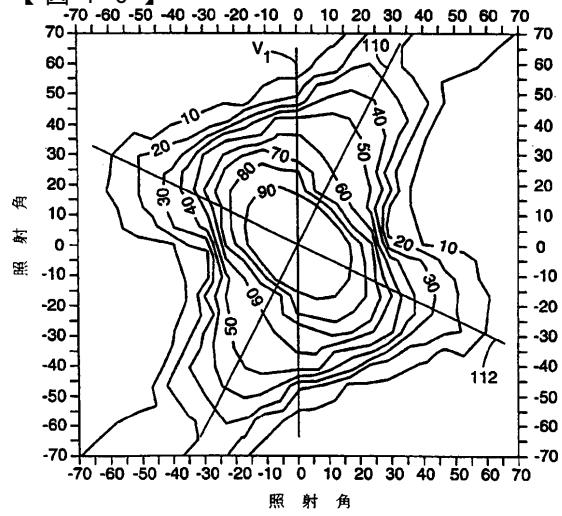


Fig. 10

【図 1 1】

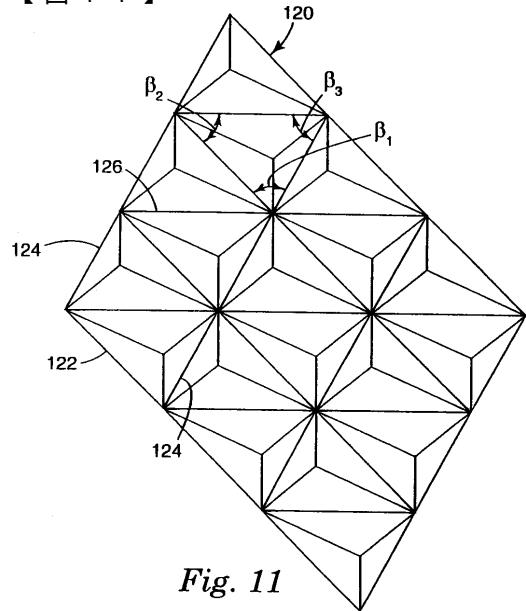


Fig. 11

【図 1 2】

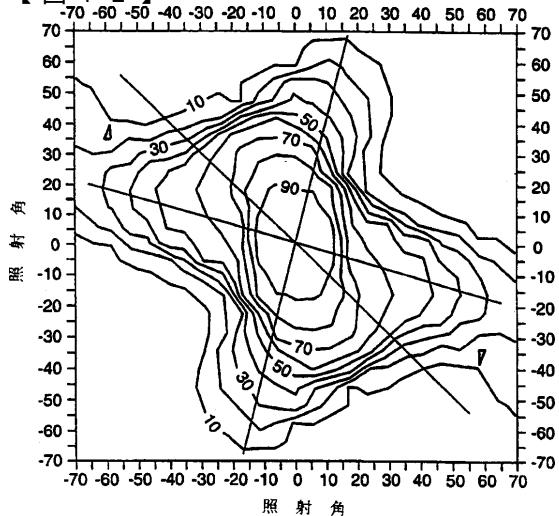


Fig. 12

【図 1 3】

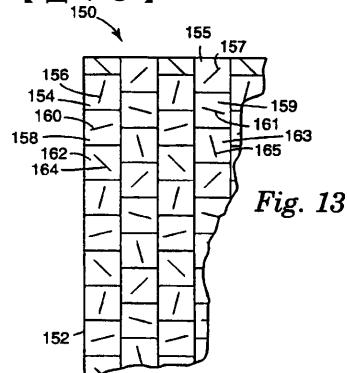


Fig. 13

【図 1 4】

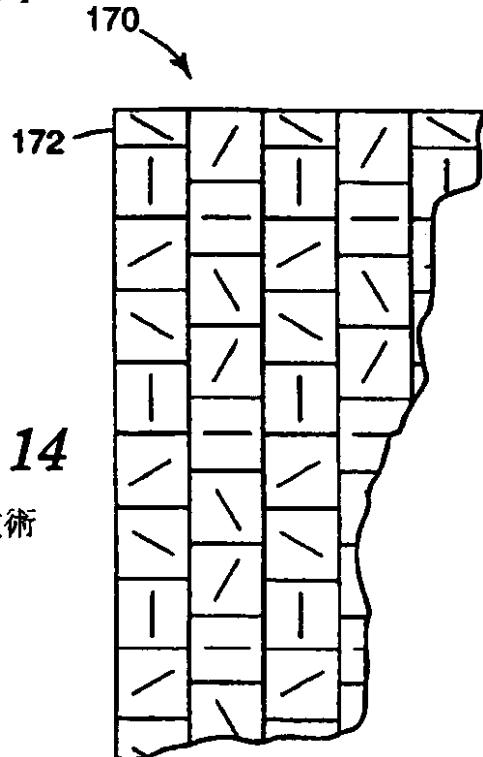


Fig. 14

従来技術

【図 15】

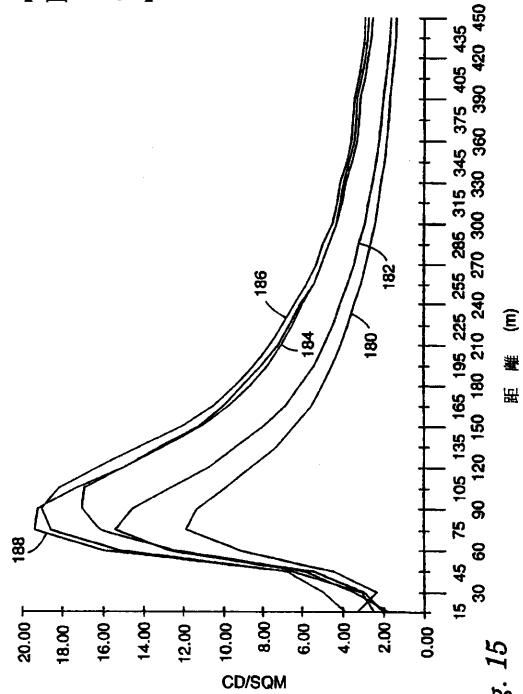
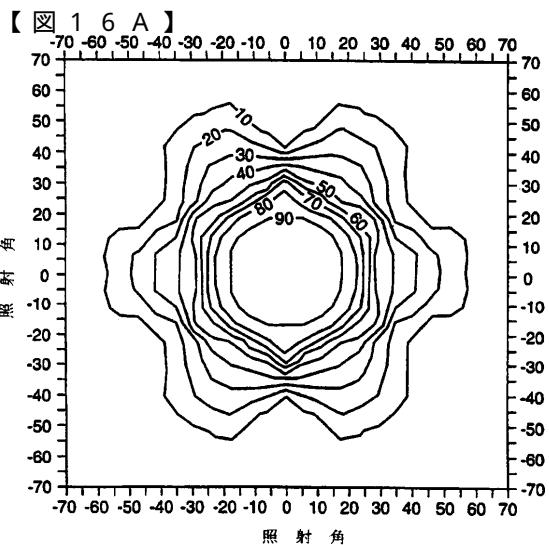


Fig. 15



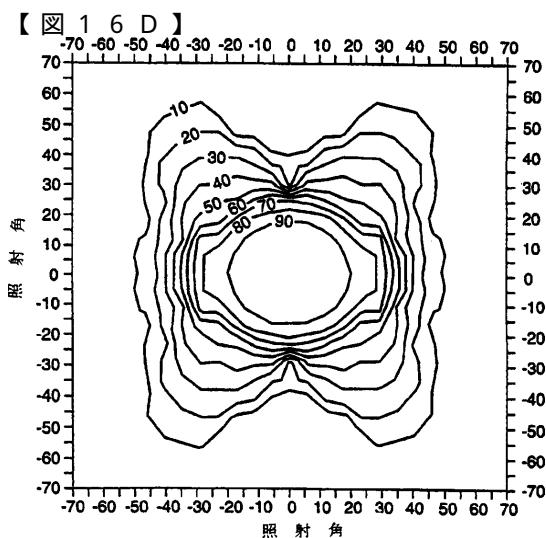


Fig. 16D

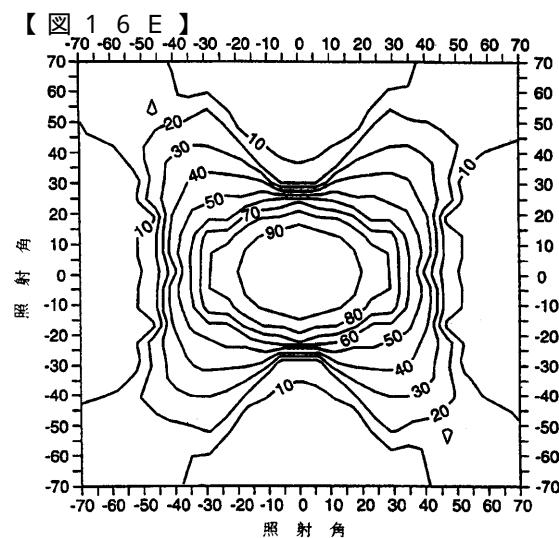


Fig. 16E

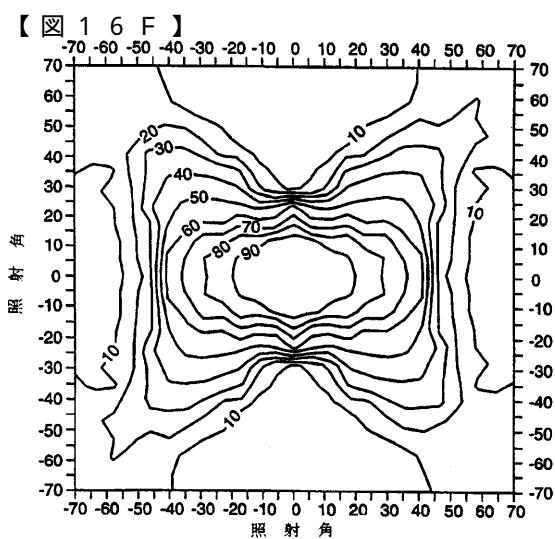


Fig. 16F

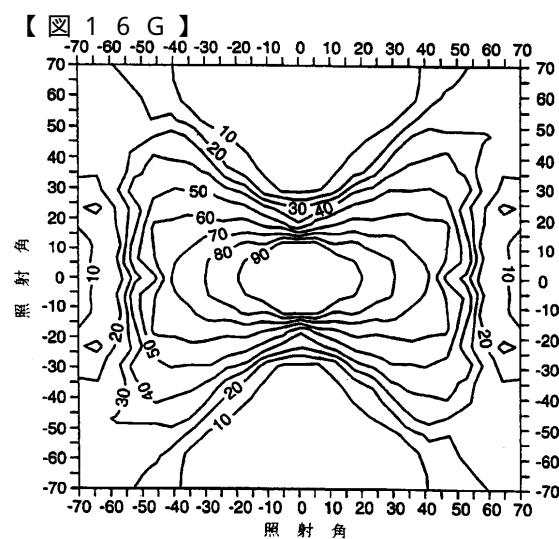


Fig. 16G

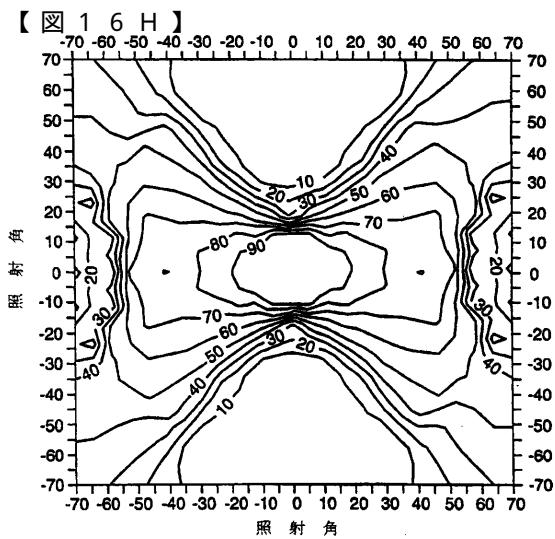


Fig. 16H

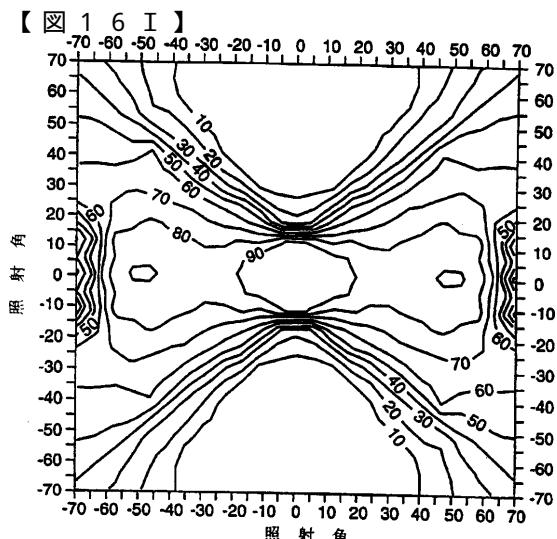


Fig. 16I

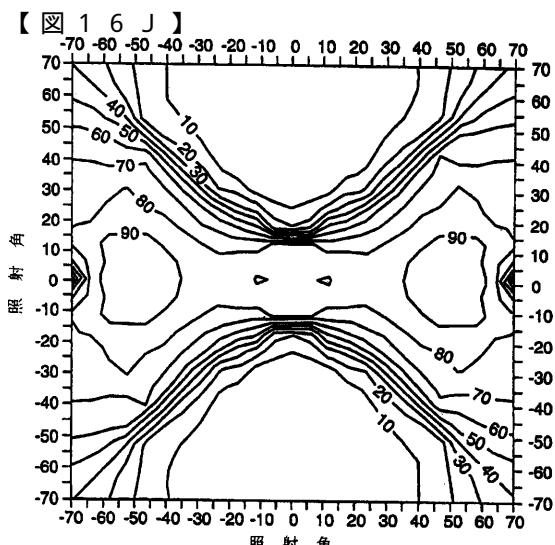


Fig. 16J

フロントページの続き

(72)発明者 スミス,ケンネス エル.

アメリカ合衆国,ミネソタ 55133-3427,セントポール,ポスト オフィス ボックス
33427

(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,ポスト オフィス ボックス
33427

審査官 谷山 稔男

(56)参考文献 特開昭60-100103(JP,A)

実開平07-019706(JP,U)

特開平06-265355(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/124

G09F 13/16