



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0007555
(43) 공개일자 2012년01월20일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) Int. Cl.
G02B 5/124 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2011-7031047(분할)</p> <p>(22) 출원일자(국제출원일자) 2004년02월26일
심사청구일자 2011년12월26일</p> <p>(62) 원출원 특허 10-2011-7009940
원출원일자(국제출원일자) 2004년02월26일
심사청구일자 2011년04월29일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2011년12월26일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2004/005672</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2004/081619
국제공개일자 2004년09월23일</p> <p>(30) 우선권주장
10/404,265 2003년04월01일 미국(US)
(뒷면에 계속)</p> | <p>(71) 출원인
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 캄파니
미국 미네소타주 55133-3427 세인트 폴 피.오. 박스 33427 쓰리엠 센터</p> <p>(72) 발명자
스미스 케니스 엘
미국 미네소타주 55133-3427 세인트 폴 피.오. 박스 33427</p> <p>(74) 대리인
신정건, 김태홍</p> |
|---|--|

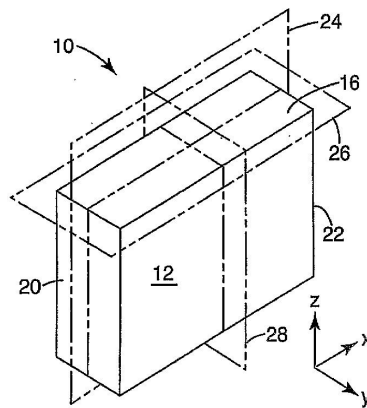
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 큐브 코너 요소를 포함하는 라미나 및 재귀 반사 시트

(57) 요약

본 발명에 따른 라미나는, 홈으로부터 형성된 표면을 지닌 큐브 코너 요소들을 포함하며, 인접하는 상기 홈들은 공칭상의 평행보다는 크고 약 1° 보다는 작은 범위로 비평행하고, 인접하는 홈들은 적어도 2° 만큼 다른 끼인각을 지닌다.

대표도 - 도1



(30) 우선권주장

10/404,890 2003년04월01일 미국(US)

60/452,464 2003년03월06일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

시야면과 배면을 구비하는 큐브 코너 요소들의 어레이를 포함하는 재귀 반사 시트로서, 상기 시트는 ASTM D4596-1a에 따른 0° 와 90° 의 배향에 있어서, -4° 의 조사각과 0.2° 의 관찰각에 대한 평균 휘도가 적어도 625 칸델라/럭스/m²로 나타나고, -4° 의 조사각과 0.5° 의 관찰각에 대한 평균 휘도가 적어도 375 칸델라/럭스/m²로 나타나며, -4° 의 조사각과 1.0° 의 관찰각에 대한 평균 휘도가 적어도 80 칸델라/럭스/m²로 나타나며, 상기 배면은 입방체의 배면에서 공기 계면을 유지하는 시일 필름을 포함하는 것인 재귀 반사 시트.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 시야면은 오버레이 필름을 포함하는 것인 재귀 반사 시트.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 큐브 코너 요소들을 포함하는 라미나, 라미나들의 조립체를 포함하는 툴(tool), 그리고 특히 재귀 반사 시트를 포함하는 그 복제물(replication)에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 재귀 반사성 물질은 그 물질로 입사한 광을 원래의 광원으로 되돌려 향하게 할 수 있는 능력을 가지는 것에 그 특징이 있다. 이러한 특징으로 인해 각종 교통 안전 및 인명 안전 도구용 재귀 반사 시트에 널리 사용되어 왔다. 재귀 반사 시트는 차량 및 의복용 재귀 반사 테이프뿐만 아니라 다양한 제품, 예컨대 도로 표지(road sign), 바리케이드, 번호판, 포장 도로 마커(marker) 및 마킹 테이프에 일반적으로 사용된다.

[0003] 재귀 반사 시트의 타입으로 미소구형체에 기초한 시트(microsphere-based sheeting)와 큐브 코너 시트(cube corner sheeting) 두 가지가 공지되어 있다. 미소구형체에 기초한 시트[때때로 "비드형(beaded)" 시트라고도 칭함]는 통상적으로 바인더 층에 적어도 부분적으로 매립되어 있는 다수의 미소구형체를 이용하고, 입사광을 재 반사시키기 위해 관련된 정반사 혹은 확산형 반사 물질[예컨대, 안료 입자, 금속 박편 혹은 증기 코트(vapor coat) 등]을 지닌다. 비드형 재귀 반사체의 대칭적인 기하학적 구조로 인해, 미소구형체에 기초한 시트는 배향에 무관하게, 즉 시트의 표면에 수직인 축을 중심으로 회전시켜 배향이 변경되더라도 동일한 전체 광 복귀(total light return; TLR)를 나타낸다. 따라서, 이러한 미소구형체에 기초한 시트는 그 시트가 소정의 표면에 놓이게 되는 배향에 대해 상대적으로 덜 민감하다. 그러나, 일반적으로 이러한 시트는 재귀 반사 효율에서 있어서 큐브 코너 시트보다 열등하다.

[0004] 큐브 코너 재귀 반사 시트는 통상 실질적으로 평면의 전방면과, 다수의 기하학적 구조를 포함하는 후방의 구조화된 표면을 지닌 얇은 투명층을 포함하며, 상기 구조화된 표면의 일부 혹은 전부는 큐브 코너 요소와 동일한 구조의 3개의 반사면을 포함한다.

[0005] 큐브 코너 재귀 반사 시트는 일반적으로 구조화된 표면을 구비하는 마스터 몰드(master mold)를 먼저 제조함으로써 제조되는데, 이러한 구조화된 표면은 완성된 시트가 큐브 코너 피라미드 혹은 큐브 코너 캐비티(혹은 양자)를 갖도록 구성되어 있는가에 따라 완성된 시트 내에 바람직한 큐브 코너 요소의 기하학적 구조나 혹은 그것의 음(역전된)의 카피와 일치된다. 상기 몰드는 그 다음 엠보싱, 압출 혹은 주조-경화 등의 공정에 의해 큐브 코너 재귀 반사 시트를 형성하기 위한 툴링(tooling)을 형성하기 위해 통상적인 니켈 전기 성형과 같은 임의의 적절한 기술을 사용하여 복제된다. 미국 특허 제5,156,863호(Pricone 등의 명의)에는 큐브 코너 재귀 반사 시트의 제조용 툴링을 형성하기 위한 개략적인 방법이 예시적으로 개시되어 있다. 마스터 몰드를 제조하기 위한 공지의 방법들은 핀 번들링(pin-bundling) 기술, 직접 기계 가공법, 라미나를 사용하는 기술을 포함한다.

[0006] 핀 번들링 기술에 있어서, 일단부 상에 큐브 코너 요소와 같은 기하학적 형상을 각각 지닌 복수 개의 핀들은 마스터 몰드를 형성하기 위해 서로 조립된다. 미국 특허 제1,591,572호(Stimson 명의) 및 제3,926,402호(Heenan 명의)는 예시적인 예들을 제공한다. 핀 번들링은 각각의 핀이 개별적으로 기계 가공되기 때문에 단일의 몰드 내에서 광범위한 큐브 코너의 기하학적 구조를 제조할 수 있는 능력을 제공한다. 그러나, 이러한 기술들은 몰

드를 형성하기 위해 정밀하게 기계 가공한 다음 번들 내에서 설치되어야 하는 많은 수의 핀들과 그 핀들의 축소된 크기로 인해, 소형의 큐브 코너 요소(예컨대, 높이가 약 1 밀리미터 미만인 큐브를 구비하는 큐브 코너 요소)를 제조하기 위해서는 실용적이지 못하다.

[0007] 직접 기계 가공법에 있어서, 일련의 홈들이 절두된 큐브 코너 요소들을 포함하는 마스터 몰드를 형성하기 위해 평평한 기관(예컨대, 금속판)의 표면에 형성되어 있다. 이러한 기술 중 가장 잘 알려진 하나에 따르면, 3세트의 평행한 홈들이 60도의 끼인각에서 서로 교차하여 이등변 삼각형을 각각 지닌 큐브 코너 요소들의 어레이를 형성한다[미국 특허 제3,712,706호(Stamm 명의) 참조]. 다른 기술에서는, 2세트의 홈들은 60도보다 더 큰 각도에서 서로 교차하고, 제3의 세트의 홈들은 60도 미만의 각도에서 다른 2개의 세트들 각각과 교차하여 경사진 큐브 코너 요소의 대응쌍의 어레이를 형성한다[미국 특허 제4,588,258호(Hoopman 명의) 참조]. 직접 기계 가공법에서, 다수의 개개의 표면들은 통상 절단 공구의 연속 운동에 의해 형성된 동일한 홈을 따라 형성된다. 따라서, 이러한 개개의 표면들은 몰드 제조 공정 전반에 걸쳐 그들의 정렬성을 그대로 유지한다. 이러한 이유로 인해, 상기 직접 기계 가공법은 극소형의 큐브 코너 요소들을 정확하게 기계 가공할 능력을 제공한다. 그러나, 직접 기계 가공법은 전체 광 복귀에 영향을 미치는 제조 가능한 큐브 코너의 기하학적 구조 타입에 있어서 설계 융통성(design flexibility)을 감소시킨다는 단점을 안고 있다.

[0008] 라미나를 이용하는 기술에 있어서, 하나의 종방향 가장자리 상에 형성된 기하학적 형상을 지닌 라미나로 일컫는 복수 개의 얇은 시트(즉, 판)들이 마스터 몰드를 형성하도록 조립되어 있다. 라미나를 이용하는 기술은 더 작은 수의 부품들을 별도로 기계 가공해야 하므로 일반적으로 핀 번들링 기술보다 덜 노동 집약적인 방법이다. 예컨대, 하나의 라미나는 단지 단일의 큐브 코너 요소를 지닌 각각의 핀과 비교하여 통상적으로 약 400-1000개의 개별적인 큐브 코너 요소들을 구비할 수 있다. 그러나, 라미나를 이용하는 상기 기술에 따른 설계 융통성은 핀 번들링에 의해 얻을 수 있는 것에 비해 열등하다. 라미나를 이용하는 기술의 예시적인 예들은 유럽 특허 제 0 844 056 A1호(Mimura 등의 명의), 미국 특허 제6,015,214호(Heenan 등의 명의), 제5,981,032호(Smith 명의) 및 제6,257,860호(Luttrell 명의)에서 찾아 볼 수 있다.

[0009] 절두된 큐브 코너 어레이들의 인접하는 큐브 코너 요소들의 밀변 가장자리들은 통상적으로 동일 평면 상에 있다. "완전 입방체(full cube)" 혹은 "양호한 기하학적 구조(PG)의 큐브 코너 요소"라 표현되는 다른 큐브 코너 요소의 구조들은 통상적으로 동일 평면 상에 있지 않는 적어도 2개의 비이면 가장자리(non-dihedral edge)를 포함한다. 이러한 구조들은 통상적으로 절두된 큐브 코너 요소들에 비해 더 높은 전체 광 복귀를 나타낸다. 소정의 PG 큐브 코너 요소들은 WO 00/60385에 설명된 바와 같이 연속한 기관의 직접 기계 가공을 이용하여 제조될 수 있다. 그러나, 이러한 다단계 제조 공정을 이용하여 기하학적 정밀도를 유지하기는 곤란하다. 또한, 결과로 생긴 PG 큐브 코너 요소들 및/또는 그 요소들의 배치에 있어서는 설계 제약을 명백하게 받을 수 있다. 이와는 대조적으로, 핀 번들링과 라미나를 이용하는 기술은 PG 큐브 코너 요소들의 다양한 형상 및 배치의 형성을 허용해준다. 그러나, 핀 번들링과는 달리, 라미나를 이용하는 기술은 상대적으로 더 작은 PG 큐브 코너 요소들을 형성할 능력을 제공한다는 점에서 또한 유리하다.

[0010] 큐브 코너의 대칭축은 그 구조를 3등분하여 모두 3개의 입방체 면과 동일한 각을 형성하는 벡터이다. 전술한 Stamm 명의의 특허에 따른 절두된 입방체들에 있어서, 대칭 축은 등변삼각형에 수직이고, 그 입방체는 경사 또는 기울기가 없는 것으로 간주된다. 앞서 사용한 용어 "전방 경사(forward canting)" 혹은 "양의 경사(positive canting)"는 기본 삼각형의 단지 하나의 끼인각을 60° 에 대해 증가시키는 방식으로 경사진 절두된 큐브 코너 요소들을 표현하기 위해 큐브 코너 기술분야에서 사용되어 왔다. 반대로, 앞서 사용한 용어 "후방 경사(backward canting)" 혹은 "음의 경사(negative canting)"는 기본 삼각형의 2개의 끼인각을 60° 에 대해 증가시키는 방식으로 경사진 절두된 큐브 코너 요소들을 표현하기 위해 큐브 코너 기술분야에서 사용되어 왔다. 미국 특허 제5,565,151호(Nilsen 명의)와 미국 특허 제4,588,258호(Hoopman 명의)를 참조하기 바란다. PG 큐브 코너 요소들의 경사는 미국 특허 제6,015,214호(Heenan 등의 명의)에 설명되어 있다.

[0011] 큐브 코너 요소들을 전방 또는 후방으로 경사지게 만듦으로써 조사각 경사도(entrance angularity)를 향상시킨다. 완전 큐브 코너 요소들은 주어진 크기의 경사에 대해 절두된 큐브 코너 요소들보다 더 높은 전체 광 복귀를 지니지만, 완전 입방체는 높은 조사각에서 더 신속하게 전체 광 복귀를 잃게 된다. 완전 큐브 코너 요소들의 장점들 중 하나는 더 높은 조사각에서 성능의 실질적인 저하 없이 낮은 조사각에서 전체 광 복귀가 높다는 데 있다.

[0012] 배향에 대해 전체 광 복귀(TLR)의 균일성을 향상시키기 위한 일반적인 방법은 타일링(tiling), 즉 미국 특허 제 4,243,618호(Van Arnam 명의), 미국 특허 제4,202,600호; 미국 특허 제5,936,770호(Nestegard 등의 명의)에 예

로서 설명되어 있는 바와 같이 완제품에서 2개 이상의 배향에 복수 개의 소형 툴링 섹션들을 배치하는 방법이다. 타일링은 시각적으로 불쾌할 수 있다. 또한, 타일링은 시트의 제조를 위해 사용되는 툴링을 만드는 것과 관련하여 제조 단계의 수를 증가시킨다.

[0013] TLR과의 관련에 추가하여, 재귀 반사 시트의 성능은 또한 관찰각(observation angle) 혹은 시트의 발산 프로파일과 관련이 있다. 이것은 공급원, 즉 통상적으로 차량의 헤드라이트에 대해 재귀 반사된 광의 확산과 관련이 있다. 큐브 코너로부터 나온 재귀 반사된 광의 확산은 회절, 편광 및 비직교성(non-orthogonality)을 포함한 효과에 의해 우세하게 된다. 이러한 목적을 위해, 미국 특허 제5,138,488호(Szzech 명의)의 제5칼럼의 표 1에 설명되어 있는 바와 같은 각도 에러를 도입하는 것이 일반적이다.

[0014] 이와 유사하게, 유럽 특허 제0 844 056 A1호(Mimura 명의)의 예 1에는 플라이 커팅(fly cutting) 공정이 개시되어 있는데, 이 공정에 따르면 다이아몬드 절단 공구를 이용하여 형성된 V자형의 홈의 바닥 각도를 규칙적인 차수로 약간 변경시켰고, 70.6 μm , 70.7 μm 및 70.9 μm 의 깊이를 지닌 3가지 타입의 대칭적인 V자형 홈을 시트의 주요면에 수직한 방향으로 141.4 μm 의 반복 피치에서 연속적으로 그리고 반복적으로 절단시켰다. 따라서, 반복 패턴으로 89.0°, 90.0° 및 91.0°의 3개의 상이한 수직 각도를 지닌 일련의 연속한 지붕 형상의 돌출부들이 상기 시트의 하나의 가장자리 상에 형성되어 있다.

[0015] 비록 상기 기술분야에서는 다양한 재귀 반사 구조 및 이들의 측정된 혹은 계산된 재귀 반사 성능을 설명하고 있지만, 제조 산업에서는 새로운 큐브 코너 광학 디자인과 제조 방법, 특히 향상된 성능 및/또는 향상된 제조 효율에 기여하는 전술한 특징을 지닌 재귀 반사 시트가 유리한 것으로 밝혀졌다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 큐브 코너 요소들을 포함하는 라미나, 라미나들의 조립체를 포함하는 툴(tool), 그리고 특히 재귀 반사 시트를 포함하는 그 복제물(replication)을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0017] 일 실시예에 있어서, 본 발명은 홈으로부터 형성된 표면을 지닌 큐브 코너 요소들을 포함하는 라미나에 관한 것으로, 인접하는 상기 홈들은 공칭상의 평행보다는 크고 약 1° 보다는 작은 범위로 비평행하다. 인접하는 홈들은 적어도 2° 만큼 다른 끼인각을 지닌다. 하나의 구체예에 있어서, 상기 홈의 끼인각은 반복 패턴으로 배열된다. 다른 구체예에 따르면, 상기 요소들의 표면은 공동의 피크 높이에서 교차한다. 또 다른 구체예에 있어서, 상기 홈들은 공칭상으로 상호 평행한 것에서부터 1° 미만의 각도로 비평행한 것까지의 범위에 속하는 2등분 평면을 구비한다.

[0018] 다른 실시예에 있어서, 본 발명은 양호한 기하학적 구조의 큐브 코너 요소들을 포함하는 라미나에 관한 것으로, 상기 큐브 코너 요소들의 적어도 일부는 45° 내지 135° 사이의 정렬각, 225° 내지 315° 사이의 정렬각 및 이들의 조합에서 선택된 정렬각을 지니도록 경사져 있다. 양호하게는, 제1의 큐브 코너 요소는 60° 내지 120° 사이의 정렬각을 지니도록 경사져 있고, 제2의 인접하는 입방체는 240° 내지 300° 사이의 정렬각을 지니도록 경사져 있다. 또한, 제1의 입방체의 정렬각은 제2의 입방체의 정렬각이 180° 로부터 차이를 갖는 것과 실질적으로 동일한 크기만큼 0° 또는 180° 로부터 차이를 갖는다.

[0019] 전술한 각각의 실시예들에 있어서, 큐브 코너 요소들은 측면 홈의 교번하는 쌍으로부터 형성된 표면을 포함하는 것이 바람직하다. 측면 홈들의 각 쌍의 끼인각은 실질적으로 180° 의 합을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 제1의 홈의 끼인각은 적어도 약 5° (예컨대, 약 10° 내지 약 20°)의 크기만큼 90° 보다 더 큰 것이 바람직하고, 제2의 인접하는 홈의 끼인각은 대략 동일한 크기만큼 90° 보다 작다.

[0020] 또 다른 실시예에 있어서, 본 발명은 측면 홈 세트로부터 형성된 표면을 지닌 큐브 코너 요소들을 포함하는 미세구조화된 표면을 지닌 라미나로서, 상기 측면 홈 세트 내의 적어도 2개의 홈들은 공칭상의 평행보다는 크고 약 1° 보다는 작은 각도 범위로 비평행하다. 상기 요소들은 1 아크분(arc minute) 내지 60 아크분의 크기를 지닌 이면각 에러(dihedral angle error)를 포함하는 것이 바람직하다. 이면각 에러는 반복 패턴으로 배열되는 것이 바람직하다. 상기 홈들은 부호 및/또는 크기가 변하는 스큐(skew) 및/또는 경사(inclination)를 포함한다.

[0021] 개시된 모든 실시예들에 있어서, 인접하는 홈들은 측면 홈들이나 것이 바람직하다. 또한, 상기 요소들 각각은 주

요 홈 표면을 형성하는 공동의 평면에서 소정의 면을 지닌다. 추가적으로, 상기 요소들은 양호한 기하학적 구조의 큐브 코너 요소들이다.

[0022] 다른 실시예들에 따르면, 본 발명은 전술한 임의의 복수 개의 라미나 혹은 이들의 조합을 포함하는 마스터 툴에 관한 것이다. 이 라미나들은 인접하는 라미나들의 큐브 코너 요소들이 대향하는 배향으로 있도록 조립되는 것이 바람직하다. 상기 요소들은 평면도에서의 형상이 사다리꼴, 사각형, 평행사변형, 오각형 및 육각형으로부터 선택되는 것이 바람직하다.

[0023] 또 다른 실시예에 있어서, 본 발명은 다세대형 툴링(multigenerational tooling) 및 재귀 반사 시트를 포함하는 마스터 툴의 복제물(replica)에 관한 것이다. 재귀 반사 시트는 상기 라미나들에서 도출될 수 있거나 상기 라미나를 참조하여 설명한 것과 동일한 광학적 특징을 지닐 수 있다. 재귀 반사 시트는 큐브 코너 요소, 큐브 코너 캐비티(cavity) 혹은 이들의 조합을 구비할 수 있다.

[0024] 따라서 다른 실시예에 있어서, 본 발명은 측면 홈에 의해 형성된 표면을 지닌 양호한 기하학적 구조의 큐브 코너 요소들의 열을 포함하는 재귀 반사 시트에 관한 것으로, 인접하는 측면 홈들은 공칭상의 평행보다는 크고 약 1° 보다는 작은 범위로 비평행하며, 적어도 2° 만큼 다른 끼임각을 지닌다. 다른 실시예에 있어서, 재귀 반사 시트는 일렬의 큐브 코너 요소를 포함하며, 제1의 큐브 코너 요소는 45° 내지 135° 사이의 정렬각을 지니도록 경사져 있으며, 제2의 인접하는 입방체는 225° 내지 315° 사이의 정렬각을 지니도록 경사져 있다. 또 다른 실시예에 따르면, 재귀 반사 시트는 측면 홈 세트에 의해 형성된 표면을 지닌 양호한 기하학적 구조의 큐브 코너 요소들의 열을 포함하며, 상기 측면 홈 세트 내의 적어도 2개의 홈들은 공칭상의 평행보다는 크고 약 1° 보다는 작은 범위로 비평행하다. 전술한 실시예들 각각에 따르면, 상기 시트는 라미나 혹은 라미나들을 참조하여 설명한 특징들을 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0025] 다른 구체예에 있어서, 본 발명은 양호한 기하학적 구조의 큐브 코너 요소들의 한 쌍의 인접하는 열을 포함하는 재귀 반사 시트에 관한 것으로, 상기 열 내의 인접하는 요소들은 공칭상으로 평행한 것에서부터 1° 미만의 각도로 비평행한 것까지의 범위에 속하는 적어도 하나의 이면 가장자리를 구비하며, 상기 한 쌍의 열은 적어도 두 가지 타입의 대응쌍을 포함한다.

[0026] 양호한 실시예에 있어서, 본 발명에 개시된 재귀 반사 시트는 향상된 특징을 지닌다. 일 실시예에 있어서, 재귀 반사 시트는 적어도 1의 균일 지수(uniformity index)를 나타낸다. 이러한 균일성은 2 이상의 배향으로 타일링 없이 얻어질 수 있다. 균일 지수는 적어도 3, 보다 양호하게는 적어도 5이다. 다른 양호한 실시예에 있어서, 재귀 반사 시트는 ASTM D4596-1a에 따른 0° 와 90° 의 배향에 있어서, -4° 의 조사각과 0.5° 의 관찰각에 대한 평균 휘도(average brightness)가 적어도 375 칸델라/럭스/m²로 나타나는 양호한 기하학적 구조의 큐브 코너 요소들의 어레이를 포함한다. 양호하게는, 상기 시트는 다른 관찰각에서도 또한 향상된 휘도를 나타낸다. 본 발명은 또한 본 명세서에서 설명하는 특징의 임의의 조합을 개시한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 따르면, 큐브 코너 요소들을 포함하는 라미나, 라미나들의 조립체를 포함하는 툴(tool), 그리고 특히 재귀 반사 시트를 포함하는 그 복제물(replication)을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 큐브 코너 요소의 형성 이전의 예시적인 단일 라미나를 도시한 사시도이다.
- 도 2는 제1 홈 세트를 형성한 이후의 예시적인 단일 라미나를 도시한 단부도이다.
- 도 3은 제1 홈 세트를 형성한 이후의 예시적인 단일 라미나를 도시한 측면도이다.
- 도 4는 제1 홈 세트와 제2 홈 세트를 형성한 이후의 예시적인 단일 라미나를 도시한 평면도이다.
- 도 5는 제1 홈 세트와 주요 홈 표면을 형성한 이후의 예시적인 단일 라미나를 도시한 평면도이다.
- 도 6은 큐브 코너들이 측방향으로 경사져 있으며, 제1 홈 세트와 제3의 주요 홈을 포함하는 라미나의 4개의 예시적인 조립체를 도시한 평면도이다.
- 도 7은 라미나 상에서 측방향으로 경사진 한 쌍의 인접 큐브의 대칭 축을 도시하는 측면도이다.
- 도 8은 큐브 코너들이 측방향으로 경사져 있는 4개의 라미나를 도시한 사시도이다.

도 9는 큐브 코너들은 측방향으로 경사져 있고 라미나들은 대향하는 배향으로 조립되어 있는 4개의 라미나를 도시한 사시도이다.

도 10a는 후방으로 경사진 큐브 코너 요소를 도시한 도면이다.

도 10b는 측방향으로 경사진 큐브 코너 요소를 도시한 도면이다.

도 10c는 전방으로 경사진 큐브 코너 요소를 도시한 도면이다.

도 11은 큐브 코너들이 라미나의 가장자리에 수직한 평면에서 전방으로 경사져 있는 라미나 조립체를 도시한 평면도이다.

도 12는 큐브 코너들이 라미나의 가장자리에 수직한 평면에서 후방으로 경사져 있는 라미나 조립체를 도시한 평면도이다.

도 13은 전방 9.74° 로 경사져 있는 폴리카보네이트로 구성된 큐브 코너 요소의 대응쌍에 대한 예측 광 복귀 율곡선을 도시하는 등강도 도표(isointensity plot)를 나타낸 도면이다.

도 14는 후방 7.74° 로 경사져 있는 폴리카보네이트로 구성된 큐브 코너 요소의 대응쌍에 대한 예측 광 복귀 율곡선을 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다.

도 15는 측방 4.41° 로 경사져 있는 폴리카보네이트 입방체를 포함하는 2개의 대향하는 라미나에 대한 예측 광 복귀 율곡선을 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다.

도 16은 측방 5.23° 로 경사져 있는 폴리카보네이트 입방체를 포함하는 2개의 대향하는 라미나에 대한 예측 광 복귀 율곡선을 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다.

도 17은 측방 6.03° 로 경사져 있는 폴리카보네이트 입방체를 포함하는 2개의 대향하는 라미나에 대한 예측 광 복귀 율곡선을 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다.

도 18은 측방 7.33° 로 경사져 있는 폴리카보네이트 입방체를 포함하는 2개의 대향하는 라미나에 대한 예측 광 복귀 율곡선을 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다.

도 19는 측방 9.74° 로 경사져 있는 폴리카보네이트 입방체를 포함하는 라미나 조립체에 대한 예측 광 복귀 율곡선을 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다.

도 20은 정렬각 대 균일 지수(uniformity index)간의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 21은 비스듬한(skewed) 측면 홈을 지닌 라미나를 도시한 평면도이다.

도 22는 전형적인 큐브 코너 요소의 각각의 이면각을 도시한 도면이다.

도 23은 양의 기울기와 음의 기울기를 나타내는 라미나의 큐브 코너 요소를 도시한 측면도이다.

도 24는 주요 홈의 각도 에러가 2 내지 10 아크분 범위인 7.47° 만큼 후방으로 경사져 있는 입방체에 대한 점 다이어그램(spot diagram)을 도시한 도면이다.

도 25는 측면 홈의 각도 에러가 0 내지 -20 아크분 범위인 7.47° 만큼 후방으로 경사져 있는 입방체에 대한 점 다이어그램을 도시한 도면이다.

도 26은 주요 홈과 측면 홈의 각도 에러 조합을 갖는 7.47° 만큼 후방으로 경사져 있는 입방체에 대한 점 다이어그램을 도시한 도면이다.

도 27은 측면 홈이 7 아크분의 일정한 스큐, +1.5 아크분의 측면 홈 각도 에러 및 4개의 홈마다 반복하는 패턴으로 변하는 경사를 포함하는 7.47° 만큼 후방으로 경사져 있는 입방체에 대한 점 다이어그램을 도시한 도면이다.

도 28은 +7 아크분 대신 -7 아크분의 스큐를 갖는 것만 제외하고 도 29와 동일한 기하학적 구조를 지닌 입방체에 대한 점 다이어그램을 도시한 도면이다.

도 29는 도 27 및 도 28의 조합에 대한 점 다이어그램을 도시한 도면이다.

도 30은 입방체가 7.47° 만큼 전방으로 경사져 있는 것만 제외하고 도 29와 동일한 각도 에러, 스큐, 경사를 지닌 입방체에 대한 점 다이어그램을 도시한 도면이다.

도 31은 다양한 스큐 및 경사를 지니고 6.02° 만큼 측방향으로 경사져 있는 입방체에 대한 점 다이어그램을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 첨부 도면, 특히 라미나(들)는 단지 예시적으로 도시한 것이기 때문에, 반드시 실측으로 나타낼 필요가 없다. 예컨대, 첨부 도면(들)은 확대된 라미나 혹은 라미나의 일부를 확대하여 도시한 것일 수 있다.
- [0030] 본 발명은 큐브 코너 요소를 포함하는 라미나(들), 라미나 조립체를 포함하는 틀 및 복제물에 관한 것이다. 본 발명은 또한 재귀 반사 시트에 관한 것이다.
- [0031] 재귀 반사 시트는 라미나를 사용하는 기술로 제조된 마스터 몰드로부터 제조되는 것이 바람직하다. 따라서, 라미나(들) 및 재귀 반사 시트의 큐브 코너 요소들의 적어도 일부, 바람직하게는 실질적으로 전부는 절두되지 않는 완전한 입방체이다. 하나의 구체예에 있어서, 완전한 입방체 요소의 밑면은 평면도에서 삼각형이 아니다. 다른 구체예에서는, 완전한 입방체 요소들의 비(非)이면각(non-dihedral) 가장자리들은 동일한 평면에 전부가 있지 않는 것을 특징으로 하고 있다(즉, 동일 평면 상에 존재하지 않음). 이러한 큐브 코너 요소들을 "양호한 기하학적 구조(preferred geometry, PG)의 큐브 코너 요소"인 것이 바람직하다.
- [0032] PG 큐브 코너 요소는 기준 평면을 따라 연장되는 큐브 코너 요소의 구조화 표면(structured surface)의 맥락에서 정의될 수 있다. 이러한 적용을 위해 PG 큐브 코너 요소는 (1) 기준 평면에 평행하지 않는 비이면각의 가장자리, (2) 이웃하는 큐브 코너 요소의 인접한 비이면각의 가장자리에 실질적으로 평행한 비이면각의 가장자리 중 적어도 하나를 갖는 큐브 코너 요소를 의미한다. 3개의 반사면이 직사각형(정사각형 포함), 사다리꼴형 혹은 오각형을 포함하는 큐브 코너 요소는, 예컨대 PG 큐브 코너 요소가 된다. PG 큐브 코너 요소의 정의와 관련하여 "기준 평면(reference plane)"이란 인접하는 큐브 코너 요소들 혹은 다른 기하학적 구조의 그룹의 부근에 있는 하나의 평면에 근접하는 평면 혹은 다른 표면을 일컫고, 상기 큐브 코너 요소들 혹은 다른 기하학적 구조는 그 평면을 따라 배치되어 있다. 단일 라미나(single lamina)의 경우, 인접하는 큐브 코너 요소들의 그룹은 일렬 혹은 한 쌍의 열로 구성된다. 조립된 라미나의 경우, 인접하는 큐브 코너 요소들의 그룹은 단일 라미나의 큐브 코너 요소 및 인접하는 접착 라미나를 포함한다. 시트의 경우, 인접하는 큐브 코너 요소의 그룹은 일반적으로 사람의 눈으로 식별할 수 없는 면적(예컨대, 바람직하게는 적어도 1 mm²), 양호하게는 시트의 전체 면적을 뒤덮는다.
- [0033] "조사각(entrance angle)"은 기준 축(즉, 재귀 반사성 샘플에 직각인 벡터)과 입사광의 축 사이의 각도를 일컫는다.
- [0034] "배향(orientation)"은 샘플이 데이터 마크의 초기 0도 배향에서부터 기준 축을 중심으로 회전할 수 있는 각도를 일컫는다.
- [0035] 라미나(들)는 적어도 2개의 라미나를 칭한다. "라미나"는 그 길이 및 높이가 두께보다 적어도 약 10배(양호하게는, 적어도 100, 200, 300, 400, 500배)인 박판을 일컫는다. 본 발명은 라미나(들)의 어떤 특성의 치수를 한정하지 않는다. 재귀 반사 시트의 제조에 사용할 의도로 제공된 라미나의 경우, 최적의 치수는 최종 설계(예컨대, 큐브 코너 구조)의 광학적 요구 조건에 의해 제한될 수 있다. 일반적으로 라미나는 0.25 인치(6.35 mm) 미만, 양호하게는 0.125 인치(3.175 mm) 미만의 두께를 지닌다. 라미나의 두께는 양호하게는 약 0.020 인치(0.508 mm), 보다 양호하게는 약 0.010 인치(0.254 mm)이다. 통상적으로, 라미나의 두께는 적어도 약 0.001 인치(0.0254 mm)이고, 보다 양호하게는 적어도 약 0.003 인치(0.0762 mm)이다. 라미나의 길이는 약 1 인치(25.4 mm) 내지 약 20 인치(50.8 cm) 범위이고, 통상적으로 6 인치(15.24 cm) 미만이다. 라미나의 높이는 통상적으로 약 0.5 인치(12.7 mm) 내지 약 3 인치(7.62 cm)이고, 더욱 통상적으로는 약 2 인치(5.08 cm) 미만이다.
- [0036] 도 1 내지 도 8을 참조하면, 라미나(10)는 제1의 주요면(12)과 반대편의 제2의 주요면(14)을 포함한다. 라미나(10)는 제1의 주요면(12)과 제2의 주요면(14) 사이에서 연장되는 작업면(16)과 반대편의 바닥면(18)을 더 포함한다. 라미나(10)는 제1의 단부면(20)과 반대편의 제2의 단부면(22)을 더 포함한다. 양호한 실시예에 있어서, 라미나(10)는 대향하는 면들이 실질적으로 평행한 정사각형의 다면체이다. 그러나 라미나(10)의 대향하는 면들이 반드시 평행할 필요는 없다는 것을 이해할 것이다.
- [0037] 라미나(10)는 그 라미나의 구조 위로 직각 좌표계를 중첩시킴으로써 3차원 공간 내에서 그 특징을 묘사할 수 있다. 제1의 기준면(24)은 상기 주요면(12, 14)들 사이에서 중앙에 위치한다. x-z 평면으로 칭하는 제1의 기준

면(24)은 그것의 수직 벡터로서 y 축을 지닌다. x - y 평면으로 칭하는 제2의 기준면(26)은 라미나(10)의 작업면(16)과 실질적으로 동일 평면 상에서 연장되며, 그것의 수직 벡터로서 z 축을 가진다. y - z 평면으로 칭하는 제3의 기준면(28)은 제1의 단부면(20)과 제2의 단부면(22) 사이에서 중심에 있고 그것의 수직 벡터로서 x 축을 가진다. 간략화를 위해, 본 발명의 다양한 기하학적 특성들은 전술한 바와 같이 본 명세서에서는 직각 좌표계를 참조하여 설명될 것이다. 그러나, 이러한 기하학적 특성들은 다른 좌표계를 사용하거나 라미나의 구조를 참조하여 설명될 수도 있다는 것에 주목하길 바란다.

[0038] 본 발명의 라미나(들)는 제1 홈 세트, 선택적인 제2 홈 세트, 그리고 양호하게는 제3의 주요 홈으로부터 형성되고 나아가 그들을 포함하는 표면(예컨대, 주요 홈의 표면)들을 지닌 큐브 코너 요소를 포함하는 것이 바람직하다.

[0039] 도 2 내지 도 9에는 라미나(10)의 작업면(16)에 복수 개의 큐브 코너 요소들을 포함하는 구조화된 표면이 도시되어 있다. 일반적으로, 적어도 2개, 양호하게는 복수 개의 홈(30a, 30b, 30c)(집합적으로 30으로 칭함) 등을 포함하는 제1 홈 세트들이 라미나(10)의 작업면(16)에 형성되어 있다. 상기 홈(30)은 각각의 홈 정점(33)들과 각각의 제1 기준 가장자리(36)들이 제1의 주요면(12)과 라미나(10)의 작업면(16)을 교차하는 축을 따라 연장되도록 형성되어 있다. 비록 라미나(10)의 작업면(16)은 변하지 않은(즉, 구조화되지 않은) 채로 남아 있는 부분을 포함할 수 있지만, 작업면(16)에 구조화되지 않은 표면 부분이 실질적으로 존재하지 않는 것이 바람직하다.

[0040] 특정의 홈의 방향은 홈 정점과 정렬된 벡터에 의해 정의된다. 홈 방향 벡터는 x , y , z 방향의 성분들에 의해 정의될 수 있고, x 축은 기준면(28)에 직각이며, y 축은 기준면(24)에 직각이다. 예컨대, 홈(30b)에 대한 홈 방향은 홈 정점(33b)과 정렬된 벡터에 의해 정의된다. 심지어 홈들이 평행하지 않을 경우라도(즉, z 방향의 성분이 상이함) 홈 정점들은 평면도에서 보았을 때 서로 평행하게 보일 수도 있다는 것에 주목해야 한다.

[0041] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "홈 세트"는 공칭상으로 1° 내에서 평행 내지 비평행한 홈에서 그 홈 세트의 인접하는 홈들까지 분포되어 있는 라미나(10)의 작업면(16)에 형성된 홈들을 일컫는다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "인접하는 홈"은 공칭상으로 1° 내에서 평행 혹은 비평행한 가장 근접한 홈을 일컫는다. 별법으로서 혹은 추가적으로, 이하에 상세히 설명되어 있는 바와 같이 홈 세트의 홈들은 공칭상으로 1° 내에서 평행 내지 비평행한 홈에서부터 특정의 기준면들까지 분포될 수 있다. 따라서, 개개의 홈 및/또는 홈 세트의 홈들에 대한 각각의 특징(예컨대, 수직, 각을 이루는 것 등)은 이러한 동일한 정도의 잠재적인 편차를 갖는 것으로 이해될 것이다. 공칭상으로 평행한 홈들은 홈 형성 머신의 정밀도 내에서 고의적인 변화에 노출되지 않은 홈들이다. 홈 세트의 홈들은 또한 이하에 보다 상세히 설명되어 있는 바와 같이 끼인각(included angle) 에러, 및/또는 스큐, 및/또는 경사 등의 다중 비-직교성[multiple non-orthogonality (MNO)]을 도입할 목적으로 약간의 의도한 변화를 포함할 수도 있다.

[0042] 도 3 내지 도 9를 참조하면, 제1 홈 세트는 홈 정점(33b, 33c, 33d)(집합적으로 33으로 칭함) 등에서 교차하는 제1의 홈 표면(32a, 32b, 32c)(집합적으로 32로 칭함) 등과 제2의 홈 표면(34b, 34c, 34d)(집합적으로 34로 칭함) 등을 형성하는 홈(30a, 30b, 30c)(집합적으로 30이라고 칭함) 등을 포함한다. 라미나의 가장자리에서 홈 형성 작업은 단일의 홈 표면(32a)을 형성할 수 있다.

[0043] 도 4에 도시된 또 다른 실시예에 있어서, 라미나(10)는 또한 라미나(10)의 작업면(16)에 또한 형성된 적어도 2개, 양호하게는 복수 개의 인접한 홈(집합적으로 38로 칭함)을 포함하는 제2의 홈 세트를 선택적으로 더 포함할 수 있다. 이 실시예에 있어서, 제1 및 제2의 홈 세트들은 복수 개의 교번하는 피크와 V자형의 골을 포함하는 구조화된 표면을 형성하도록 제1의 기준면(24)을 따라 대략 교차한다. 별법으로서, 피크 및 V자형의 골들은 서로에 대해 오프셋될 수 있다. 홈(38)들은 도시된 바와 같이 홈 정점(41b, 41c)(집합적으로 41이라 칭함) 등에서 교차하는 제3의 홈 표면(40a, 40b)(집합적으로 40이라 칭함) 등과 제4의 홈 정점(42b, 42c)(집합적으로 42라 칭함) 등을 형성한다.

[0044] 이러한 제1 및 제2의 홈 세트 양자를 본 명세서에서는 또한 "측면 홈"이라고 칭할 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 측면 홈은 홈(들)이 이들 각각의 방향 벡터 당 공칭상으로 1° 내에서 평행 내지 비평행한 홈에서 측면 홈 세트의 인접하는 홈들까지 분포되어 있는 홈 세트를 말한다. 별법으로서 혹은 추가적으로, 측면 홈들은 공칭상으로 기준면(28)에 평행한 홈에서 1° 내에서 기준면(28)에 비평행한 홈까지 분포되어 있는 홈을 말한다. 측면 홈들은 통상적으로 평면도에서 전술한 편차 정도와 동일하게 기준면(24)에 수직이다. 측면 홈들이 공칭상으로 1° 내에서 평행 혹은 비평행한 것인가에 따라, 복제되고 조립된 마스터 내의 개별적인 요소들은 현미경으로 혹은 간섭계를 이용하여 측면 홈의 이면각도 혹은 평행을 측정함으로써 평면도에서 보았을 때 사다리꼴형, 사각형, 평행사변형 및 오각형, 그리고 육각형의 형상을 통상적으로 갖는다. 적절한 간섭계들이 이하

에서 설명될 것이다.

- [0045] 상기 요소들의 제3의 표면이 유럽 특허 제0 844 056 A1호(Mimura 등의 명의)에 개시된 바와 같이 작업면(12 혹은 14)을 포함할 수 있지만, 상기 라미나는 실질적으로 이 라미나의 전장에 연장되는 주요 홈 표면(50)을 포함하는 것이 바람직하다. 제3의 표면이 라미나의 작업면(즉, 12 혹은 14)이거나 주요 홈 표면인 것에 상관없이, 하나의 열에 포함되는 각각의 요소의 제3의 표면은 공동의 평면을 공유하는 것이 바람직하다. 도 5 및 도 6과 도 8 및 도 9를 참조하면, 주요 홈 표면(50)은 공칭상으로 표면(32, 34, 40, 42)에 수직인 표면에서부터 1° 내에서 직교하지 않는 표면까지 분포되어 있다. 주요 홈 표면(50)의 형성은 라미나 상에 3개의 직교 혹은 대략 직교하는 광학적 표면들을 구비하는 복수 개의 큐브 코너 요소를 포함하는 구조화된 표면이 생기도록 해준다. 단일의 라미나는 한 쌍의 주요 홈 표면을 동시에 제공하는 기준면(24)에 대한 작업면(16)의 교차점을 따라 양측면 및/또는 주요 홈 상에서 단일의 주요 홈 표면, 한 쌍의 홈 표면을 지닐 수 있다. 상기 주요 홈은 1° 내에서 기준면(26)에 평행한 것이 바람직하다.
- [0046] 대향하는 배향을 지닌 한 쌍의 단일 라미나와 양호하게는 대향하는 배향을 지닌 복합 라미나는 통상적으로 그들의 개별적인 주요 홈 표면들이 주요 홈을 형성하도록 마스터 틀 속으로 조립된다. 예컨대, 도 6, 도 8 및 도 9에 도시되어 있는 바와 같이, 4개의 라미나(즉, 100, 200, 300, 400)들은 다른 라미나 쌍들마다 대향하는 배향으로 위치 설정되도록 조립되는 것이 바람직하다[즉, 라미나(100)의 큐브 코너 요소들은 라미나(200)의 큐브 코너 요소들에 대해 대향하는 배향으로 되고, 라미나(300)의 큐브 코너 요소들은 라미나(400)의 큐브 코너 요소들에 대해 대향하는 배향으로 됨]. 또한, 대향하는 배향을 지닌 라미나 쌍들은 이들의 개개의 주요 홈 표면(50)들이 주요 홈(52)을 형성하도록 위치 설정되어 있다. 양호하게는 대향하는 라미나들은 수직 벽의 형성을 최소화시키기 위해 소정의 구성(예컨대, 34b가 42b와 정렬되는 구조)으로 위치 설정된다.
- [0047] 홈 세트들의 형성 이후에, 작업면(16)은 미세구조화된다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "미세구조화(microstructured)"란 0.25 인치(6.35 mm) 미만, 양호하게는 0.125 인치(3.175 mm) 미만, 더욱 양호하게는 0.04 인치(1 mm) 미만의 측방향 치수(예컨대, 큐브 코너 구조의 홈 정점들 사이의 거리)를 지닌 구조를 포함하는 시트의 적어도 하나의 주요면을 일컫는다. 큐브 코너 요소들의 측방향 치수는 양호하게는 0.020 인치(0.508 mm) 미만, 보다 양호하게는 0.007 인치(0.1778 mm) 미만이다. 따라서, 각각의 홈 정점(33, 41)들은 비평행한 홈들로부터 생긴 약간의 변화와는 달리 홈 전체에 걸쳐 상기 동일한 간격만큼 분리되는 것이 바람직하다. 미세구조는 0.004 인치(0.1016 mm) 미만의 높이가 가장 통상적인데 반하여 약 0.001 인치(0.0254 mm) 내지 0.010 인치(0.254 mm) 범위의 평균 높이를 지닌다. 또한, 큐브 코너 미세구조의 측방향 치수는 통상적으로 적어도 0.0005 인치(0.0127 mm)이다. 큐브 코너 미세구조는 큐브 코너 캐비티 또는 양호하게는 피크를 지닌 큐브 코너 요소들 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0048] 일 실시예에 있어서, 도 3 내지 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명은 측면 홈을 포함하는 라미나(들)에 관한 것으로, 인접하는 홈들은 상이한 끼인각을 포함한다. "끼인각(included angle)"이란 홈 정점에서 교차하는 V자형 홈의 2개의 면 사이에 형성되는 각을 일컫는다. 끼인각은 통상 다이아몬드 절단 틀의 기하학적 구조와 절단 방향에 대한 그 틀의 위치에 관한 함수이다. 따라서, 각각의 상이한 끼인각에 대해 상이한 다이아몬드 틀이 통상적으로 사용된다. 별법으로서, 더욱 시간 소모적이지만, 상이한 끼인각들은 동일한 홈 내에서 복수 회의 절단을 행함으로써 형성될 수 있다. 제1 홈(예컨대, 측면 홈)의 끼인각은 인접한 홈(예컨대, 제2의 측면 홈)의 끼인각에 비해 적어도 2° (예컨대, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°) 만큼, 양호하게는 적어도 10° (예컨대, 11°, 12°, 13°, 14°) 만큼, 더욱 양호하게는 적어도 15° (예컨대, 16°, 17°, 18°, 19°, 20°) 만큼 상이하다. 따라서, 끼인각에서의 차이는 비직교성을 위해 도입된 의도한 각도 에러에서 생기는 끼인각에서의 차이보다 실질적으로 더 크다. 또한, 끼인각에서의 차이는 통상적으로 70° (예컨대, 65°, 60°, 50°) 미만, 양호하게는 55° 미만, 보다 더 양호하게는 50° 미만, 가장 양호하게는 40° 미만이다.
- [0049] 하나의 구체예에 있어서, 상이한 끼인각(예컨대, 인접하는 측면 홈의 끼인각)들은 필요로 하는 상이한 다이아몬드 절단 틀의 수를 최소화시키기 위해 반복되는 패턴으로 배열되어 있다. 이러한 실시예에 따르면, 인접하는 측면 홈의 각도들의 합은 약 180° 이다. 양호한 실시예에 있어서, 라미나는 90° 보다 큰 끼인각을 지닌 제1의 서브-세트 측면 홈과 90° 미만의 끼인각을 지닌 제2의 서브-세트 측면 홈을 번갈아 가면서 포함한다. 이렇게 함으로써, 제1 홈의 끼인각은 통상적으로 90° 보다 적어도 약 5° 크기만큼, 양호하게는 약 10° 내지 약 20° 범위의 크기만큼 더 큰 반면에, 인접하는 홈의 끼인각은 이와 동일한 크기만큼 90° 보다 작다.
- [0050] 비록 라미나는 공칭상으로 90° 의 끼인각을 지닌 2개가 넘는 서브-세트 및/또는 측면 홈을 더 포함할 수 있지만, 상기 라미나는 공칭상으로 90° 의 끼인각을 지닌 측면 홈들이 실질적으로 없는 것이 바람직하다. 양호

한 실시예에 따르면, 상기 라미나는 교번하는 쌍의 측면 홈(예컨대, 75.226° 와 104.774°)을 포함하며, 이에 따라 측면 홈들 전체를 형성하기 위해 단지 2개의 상이한 다이아몬드의 사용을 필요로 한다. 따라서 도 6 내지 도 9를 참조하면, 하나 걸러 하나의 측면 홈(즉, 30a, 30c, 30e 등)들은 104.774° 의 끼인각을 지닌 나머지 측면 홈(즉, 30b, 30d 등)들과는 교대로 75.226° 의 끼인각을 지닌다. 이하에 상세히 설명된 바와 같이, 이러한 방식으로 상이한 끼인각을 사용함으로써 균일 지수를 향상시킨다.

[0051] 또 다른 구체예에 있어서, 상이한 끼인각(예컨대, 인접한 측면 홈의 끼인각)으로 대체하여 혹은 그것과 조합하여 반복 패턴으로 배열되고, 그 결과로 생긴 큐브 코너 요소들은 공통의 피크 높이에서 교차하는 표면을 지니는데, 이는 입방체 피크(예컨대, 36)가 동일한 평면 내에서 3-4 마이크론 내에 있다는 것을 의미한다. 공통의 피크 높이는 하중을 균일하게 분배시킴으로써 틀링 혹은 시트를 취급할 때 내구성의 향상에 기여한다.

[0052] 변형례 혹은 그것과의 조합에 따르면, 라미나는 측방향으로 경사진 큐브 코너 요소들을 포함한다. 단독으로 전방 혹은 후방으로 경사져 있는 큐브 코너 요소들에 있어서, 대칭 축들은 기준면(28)에 평행한 경사면 내에서 경사지거나 기울어져 있다. 큐브 코너 요소에 대한 상기 경사면은 기준면(26)에 수직인 동시에 입방체의 대칭 축을 포함하는 평면이다. 따라서, 경사면을 정의하는 수직 벡터는 단독으로 전방 혹은 후방으로 경사져 있는 큐브 코너 요소에 대해 실질적으로 0의 y성분을 지닌다. 단독으로 측방향으로 경사진 큐브 코너 요소들의 경우, 그 입방체의 대칭 축들은 기준면(24)에 실질적으로 평행한 평면 내에서 경사져 있고, 이에 따라 경사면을 정의하는 수직 벡터는 실질적으로 0의 x성분을 지닌다.

[0053] 별법으로서, x-y 평면에서 대칭 축의 투영은 경사 방향을 특징짓기 위해 사용될 수 있다. 이 대칭 축은 이들 3개의 표면 각각과 동일한 각을 형성하는 3개의 큐브 코너 표면들을 3등분하는 벡터로서 정의된다. 도 10a 내지 도 10c에는 단독으로 후방으로 경사져 있으며, 단독으로 측방향으로 경사져 있고, 그리고 단독으로 후방으로 경사져 있는 3개의 상이한 큐브 코너의 기하학적 구조의 평면도가 각각 도시되어 있다. 이들 도면에서, 입방체의 피크는 지면 바깥으로 연장되며 x-y 평면에 있는 대칭축(입방체 피크로부터 지면속으로 연장)의 투영은 화살표로 표시되어 있다. 정렬 각도는 평면도에서 입방체의 측면에 대략 수직인 이면각의 가장자리(11)(예컨대, 이면각 2-3)로부터 상기 도면에서 반시계방향으로 측정된 각도이다. 측방향으로 경사가 없이 후방으로 경사질 경우 정렬 각도는 0° 로 되는 반면에, 측방향으로 경사가 없이 전방으로 경사진 경우 정렬 각도는 180° 로 된다. 전방 혹은 후방으로 경사가 없이 측방향으로 경사진 입방체의 경우, 정렬 각도는 90° (도 10b에 도시) 또는 270° 중 하나로 된다. 대칭 축의 투영이 우측으로 향하면(도 10b) 정렬 각도는 90° 로 되고, 대칭 축의 투영이 좌측으로 향하면 정렬 각도는 270° 로 된다.

[0054] 별법으로서, 입방체는 경사면 수직 벡터가 x 성분과 y 성분 양자를 포함하도록 경사질 수 있다(즉, x 성분과 y 성분 각각이 0이 아님). 0° 내지 45° 혹은 0° 내지 315° 사이의 정렬 각도에서, 후방 경사 성분은 45° 혹은 315° 의 정렬 각도에서 동일하게 되는 후방 경사 성분과 측방향 경사 성분에 비해 우세하다. 또한, 135° 내지 225° 사이의 정렬 각도에서, 전방 경사 성분은 135° 및 225° 의 정렬 각도에서 동일하게 되는 전방 경사 성분과 측방향 경사 성분에 비해 우세하다. 따라서, 우세한 측방향 경사 성분을 포함하는 경사면들은 45° 내지 135° 혹은 225° 내지 315° 사이의 정렬 각도를 갖는다. 따라서 큐브 코너 요소는 경사면 수직 벡터의 y성분의 절대치가 경사면 수직 벡터의 x성분의 절대치보다 더 클 때 측방향으로 우세하게 경사지게 된다.

[0055] 측방향으로 경사진 입방체들이 경사면이 기준면(24)에 평행한 상이한 끼인각의 입방체를 구비하는 교번하는 쌍의 측면 홈으로 형성되어 있는 실시예들에 있어서, 주어진 라미나 내에서 인접하는 입방체(예컨대, $\alpha-\beta$ 혹은 $\alpha'-\beta'$)는 동일하거나 평행한 평면에서 경사져 있다. 그러나 일반적으로, 경사면 수직 벡터의 x성분이 존재할 경우, 특정한 라미나 내의 인접하는 입방체는 동일한 평면에서 경사지지 않는다. 오히려 큐브 코너 요소의 대응쌍은 동일하거나 평행한 평면(즉, $\alpha-\alpha'$ 혹은 $\beta-\beta'$)에서 경사져 있다. 양호하게는 임의의 주어진 라미나의 큐브 코너 요소들은, 예컨대 상이한 끼인각을 포함하는 인접하는 측면 홈에서 시작하는 단지 2개의 상이한 정렬 각도를 구비한다. 도 10b에 도시된 예의 측방향 경사에 대한 정렬 각도는 도 6에 $\beta-\beta'$ 입방체와 일치하는 90° 이다. 이와 유사하게, 도 6에서 $\alpha-\alpha'$ 측방향 경사의 입방체에 대한 정렬 각도는 270° (도시 생략)이다.

[0056] 도 11에는 입방체들이 전방으로 경사져 있는 라미나가 도시되어 있는 반면에, 도 12에는 입방체가 후방으로 경사져 있는 라미나가 도시되어 있다. 이러한 방법으로 경사진 입방체 구조는 단일 타입의 대향하는 입방체의 대응쌍을 초래한다. 표면(64a, 62b)을 지닌 도 11의 입방체(54a)는 표면(64b, 62c)을 지닌 입방체(54b)와 동일하며, 이는 표면(64c, 62d) 등을 지닌 입방체(54c)와 동일하다. 따라서, 동일한 열 내에 있는 모든 입방체는 동일하고, 그 열은 기준면(24)에 평행하다. 입방체(54a)는 표면(66e, 68d)을 지닌 입방체(56a)에 대한 대향하는

대응쌍이다. 또한, 입방체(54b)는 입방체(56b)에 대한 대향하는 대응쌍이다. 이와 유사하게, 입방체(54c)는 입방체(56c)에 대한 대향하는 대응쌍이다. 마찬가지로, 도 12의 입방체(57)는 입방체(58)에 대한 대향하는 대응쌍이다. 구조화된 표면의 평면에 수직인 축을 중심으로 제1의 입방체가 180° 회전할 때, 대응쌍은 제2의 입방체로 중첩 가능한 입방체를 만들게 될 것이다. 대응쌍은 반드시 큐브 코너 요소들의 그룹 내에서 직접 인접 혹은 접촉할 필요는 없다. 대응쌍은 통상적으로 대향하는 배향을 위한 조사각에서 양의 변화 혹은 음의 변화에 대해 대칭인 재귀 반사 성능을 제공한다.

[0057] 이것과 대조적으로, 측방향 경사는 입방체 구조가 동일한 열에서 동일한 측면 홈 세트에 의해 생성된 2개의 상이한 입방체 배향을 포함하도록 해준다. 측면 홈의 제1 및 제2 세트 모두 혹은 대향하는 배향으로 조립된 인접하는 한 쌍의 라미나를 포함하는 단일의 라미나에 있어서, 이 라미나는 도 6, 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이 4개의 뚜렷하게 상이한 입방체들과 2개의 상이한 대응쌍을 포함한다. 4개의 뚜렷하게 상이한 입방체들은 표면(32b, 34c)을 지닌 입방체 알파(α), 표면(32c, 34d)을 지닌 베타(β), 표면(40c, 42d)을 지닌 알파 프라임(α'), 그리고 표면(40b, 42c)을 지닌 베타 프라임(β')과 동일하다. 입방체(α , α')는 입방체(β , β')와 마찬가지로 180° 회전할 때 입방체 면이 평행하도록 동일한 기하학적 구조를 갖는 대응쌍이다. 또한, 인접하는 라미나(예컨대, 100, 200) 상의 입방체는 대향하는 배향으로 구성되어 있다. 비록 입방체의 대칭 축은 측방향으로 기울어져 있지만, 측면 홈들의 2등분 평면(즉, 홈을 2개의 동일한 부분으로 분할시키는 평면)은 공칭상으로 인접하는 측면 홈의 2등분 평면에 평행(즉, 상호 평행)한 평면에서 1° 내에서 비평행한 평면까지 분포되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 각각의 2등분 평면은 공칭상으로 기준면(28)에 평행한 평면에서 1° 내에서 기준면(28)에 비평행한 평면까지 분포되어 있다.

[0058] 도 13 및 도 14는 변하는 조사각과 배향 각도에서 1.59의 굴절 지수를 지닌 물질로 형성된 재귀 반사성 큐브 코너 요소의 대응쌍에 대한 예측 전체 광 복귀를 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다. 도 13에서는 대응쌍이 전방으로 9.74° [예컨대, 도 11의 큐브 코너 요소(54, 56)]로 경사져 있다. 도 14에서는 대응쌍이 후방으로 7.47° [예컨대, 도 12의 큐브 코너 요소(57, 58)]로 경사져 있다. 도 15 내지 도 19는 90° 및 270°의 정렬각에 대해 각각 큐브 코너 요소들이 측방향으로 4.41°, 5.23°, 6.03°, 7.33° 및 9.74° 경사져 있는 변하는 조사각과 배향 각도에서 1.59의 굴절 지수를 지닌 물질로 형성된 재귀 반사성 큐브 코너 요소를 포함하는 라미나에 대한 예측 전체 광 복귀를 도시하는 등강도 도표를 나타낸 도면이다. 교번하는 측면 홈의 쌍(즉, 75.226° 및 104.774°)은 도 17에서 6.03° 만큼 측방향으로 경사져 있는 큐브 코너 요소들을 만들기 위해 사용된다. 측방향으로 경사진 어레이는 도 6에 도시된 바와 같이 2개 형태의 대응쌍, 즉 β - β' 와 α - α' 를 지닌다. 이들 대응쌍은 각각 90° 및 270°의 정렬각을 지닌다. 도 15 내지 도 19에는 도 6, 도 11 및 도 12에 도시된 바와 동일한 배향(즉, 수직 배향)을 지닌 라미나에 대한 등광도 윤곽선 그래프가 각각 도시되어 있다.

[0059] 큐브 코너의 대응쌍의 어레이에 대한 예측 전체 광 복귀는 활동 면적 퍼센트와 광선 강도의 정보로부터 계산할 수 있다. 전체 광 복귀는 활동 면적 퍼센트와 광선 강도의 곱으로 정의된다. 직접 기계 가공한 큐브 코너 어레이에 대한 전체 광 복귀는 미국 특허 제3,712,706호(Stamm 명의)에 기재되어 있다.

[0060] 초기 단일의 광선 강도에 있어서, 손실은 시트의 전방면을 통한 2회 패스 투과로부터 그리고 3개의 입방체 표면 각각에서의 반사 손실로부터 유래된다. 거의 수직인 입사광과 약 1.59의 시트 굴절율에 대한 전방면 투과 손실은 대략 0.10(약 0.90 투과)이다. 반사 가능하게 피복된 입방체 표면에 대한 반사 손실은, 예컨대 코팅의 형태와 입방체 표면 법선에 대한 입사각에 의해 결정된다. 알루미늄으로 반사 가능하게 피복된 입방체 표면에 대한 통상적인 반사 계수는 각각의 입방체 표면에서 대략 0.85 내지 0.9이다. 총 내부 반사에 의존하는 입방체에 대한 반사 손실은 실질적으로 0(실질적으로 100% 반사)이다. 그러나 입방체 표면 법선에 대한 광선의 입사각이 임계각보다 더 작을 경우, 총 내부 반사는 약해질 수 있고 현저한 양의 광이 입방체 표면을 통과할 수 있다. 임계각은 입방체 재료의 굴절율의 함수이고 또 입방체 뒤에 있는 물질(통상적으로 공기)의 굴절율의 함수이다. Hecht 저서 1987년 Addison Wesley 출판사 제2판 "광학(Optics)" 등과 같은 표준 광학 서적의 본문에는 전방 표면 투과 손실과 총 내부 반사에 대해 설명하고 있다. 단일 혹은 개별적인 큐브 코너 요소에 대한 유효 면적은 반사된 입사 광선에 직각인 평면 상에서의 3개의 큐브 코너 표면의 투영과 동일한 평면 상에서 제3의 반사의 이미지 표면의 투영간의 위상적인 교차점에 의해 결정되고, 그것과 동일해질 수 있다. 유효 구멍을 결정하기 위한 하나의 절차는, 예컨대 "Applied Optics" V10, N7, 1971년 7월 판, 제1559-1566면에서 Eckhardt에 의해 설명되어 있다. 미국 특허 제835,648호(Straubel 명의)에는 또한 유효 면적 혹은 구멍의 개념이 개시되어 있다. 단일 큐브 코너 요소에 대한 활동 면적 퍼센트는, 큐브 코너 표면의 투영의 총면적으로 나눈 유효 면적으로서 정의된다. 활동 면적 퍼센트는 광학 기술분야에서 당업자들에게 알려진 광학 모델링 기법을 사용하여 계산될 수 있거나, 또는 종래의 광선 추적 기법을 사용하여 수치 해석적으로 계산될 수 있다. 큐브 코너 대응쌍의 어레이

에 대한 활동 면적 퍼센트는 대응쌍에서 2개의 개별적인 큐브 코너 요소의 활동 면적 퍼센트를 평균함으로써 계산될 수 있다. 달리 말하자면, 활동 구멍 퍼센트는 광을 재귀 반사하고 있는 큐브 코너 어레이의 면적을 상기 어레이의 총면적으로 나눈 것과 동일하다. 활동 면적 퍼센트는, 예컨대 입방체의 기하학적 구조, 굴절율, 입사각 및 시트의 배향에 의해 영향을 받는다.

[0061] 도 13을 참조하면, 벡터(V_1)는 기준면(26)에 직각이면서 도 11에서 큐브 코너 요소(54, 56)의 대칭 축들을 포함하는 평면을 나타낸다. 예컨대, 벡터(V_1)는 주요 홈 표면(50)의 교차점에 의해 형성된 주요 홈 정점(51)에 실질적으로 직각인 평면 내에 놓인다. 중심의 등광도 곡선은 조사각과 배향 각도의 다양한 조합에서 큐브 코너 요소(54, 56)의 어레이의 예측 전체 광 복귀를 나타낸다. 이 그래프의 중심으로부터 방사방향으로의 이동은 조사각의 증가를 나타내는 반면에, 원주상으로의 이동은 광원에 대한 큐브 코너 요소의 배향 변화를 나타낸다. 최내측의 등광도 곡선은 큐브 코너 요소의 대응쌍(54, 56)이 70%의 전체 광 복귀를 나타내는 조사각 세트의 경계를 정하게 된다. 성공적으로 중심에서 벗어나는 등광도 곡선은 성공적으로 낮은 백분율로 조사각 및 배향 각도의 경계를 정한다.

[0062] 단일의 전방 혹은 후방 경사 입방체의 대응쌍은 통상 서로 실질적으로 수직인 폭넓은 조사각 경사도의 2개의 평면(즉, V_1 및 V_2)을 지닌다. 전방으로의 경사는 도 13에 도시된 바와 같이 조사각의 기본 평면들이 수평 및 수직이 되도록 해준다. 더 높은 조사각에서 복귀된 광의 양은 배향에 따라 현저하게 변하고, 최상의 조사각 경사도의 평면들 사이에서 특히 낮다. 이와 유사하게, 후방 경사는 도 14에 도시된 바와 같이 조사각 경사도의 기본 평면(즉, V_3 및 V_4)이 라미나의 가장자리에 대해 대략 45° 로 배향되도록 해준다. 이와 유사하게, 더 높은 조사각에서 복귀된 광의 양은 배향에 따라 현저하게 변하고, 최상의 조사각 경사도의 평면들 사이에서 특히 낮다. 폭넓은 조사각 경사도의 대체로 2개의 평면들이 경사도에 따라 생길 수 있다.

[0063] 도 15 내지 도 19는 측방향으로 경사진 입방체를 지닌 한 쌍의 대향하는 라미나에 대한 예측 전체 광 복귀(TLR) 등강도 윤곽선을 도시하는 도면이다. 광 복귀는 도 13 및 도 14의 전방 및 후방으로 경사진 입방체의 등강도 그래프에 비해 그래프의 형상이 원에 근사하게 되는 것과 같이 더 균일하다. 도 15 내지 도 19에는 낮은 광 복귀의 위치에서 실질적으로 더 높은 광 복귀가 도시되어 있으며, 이는 도 13 및 도 14와의 비교로부터 명백하다. 따라서, 높은 조사각(적어도 45° 에 이르는 조사각)에서 TLR의 양호한 유지가 예측된다. 신호 표시들이 통상 0°, 45° 및 90° 의 배향에 위치되기 때문에 이러한 향상된 배향 성능은 신호 표시 제품에 바람직할 수 있다. 본 발명 이전에 배향에 대한 전체 광 복귀의 균일성을 향상시키기 위한 일반적인 방법으로는 타일링(tiling)이 있었는데, 이는 예컨대, 미국 특허 제5,936,770호에 개시된 바와 같이 2개 이상의 배향에서 다양한 소형 툐링 섹션들을 배치하는 것이다. 측방향으로 경사진 큐브 코너 어레이들은 타일링을 필요로 하지 않고 전체 광 복귀의 균일성을 향상시킬 수 있으며, 이에 따라 어레이는 2개 이상의 배향으로 타일링이 실질적으로 없게 된다.

[0064] 다양한 광학적 구조의 전체 광 복귀(TLR)의 균일성을 비교하기 위해, 0°, 45° 및 90° 의 배향에서의 평균 TLR은 0°, 45° 및 90° 의 배향에서 TLR의 범위만큼, 즉 전술한 각도에서(모든 고정 조사각에서) 최대 및 최소 TLR 사이의 차이에 의해 나누어질 수 있다. 상기 조사각은 적어도 30° 혹은 그 이상이 바람직하며, 40° 혹은 그 이상이 더 바람직하다. 양호한 구조는 TLR 범위에 대한 평균 TLR의 최대 비율을 나타낸다. 이 비율, 즉 "균일지수(uniformity index; UI)"는 도 15 내지 도 19의 다양한 기울기 각도를 지닌 측방향으로 경사진 입방체에 대해서 뿐만 아니라 도 13 및 도 14의 전방 및 후방으로 경사진 각각의 입방체에 대한 40° 의 조사각에 대해 계산되었다. 표 1에 있어서, 측면 홈의 간격은 라미나의 두께와 동일하다(즉, 중횡비=1). 계산된 균일 지수는 다음과 같이 표 1에 요약되어 있다.

표 1

[0065]

	전방	후방	측방(정렬각=90°)				
경사각 (아크분)	9.74	7.47	4.41	5.23	6.03	7.33	9.74
평균 TLR (0/45/90)	0.210	0.133	0.160	0.184	0.209	0.180	0.166
TLR범위 (0/45/90)	0.294	0.154	0.090	0.023	0.034	0.167	0.190
UI	0.71	0.87	1.79	8.02	6.23	1.08	0.88

$$\text{균일지수 (UI)} = \frac{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ \text{에서의 평균 TLR}}{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ \text{에서의 범위}}$$

[0066]

[0067] 배향 균일성은 균일 지수가 1보다 더 클 때 향상된다. 균일 지수는 양호하게는 3보다 더 크며(예컨대, 4), 보다 양호하게는 5보다 더 크다(예컨대, 6, 7, 8). 균일 지수는 입방체의 기하학적 구조(예컨대, 경사의 크기 및 타입, 입방체의 타입, 평면도에서의 입방체 형상, 구멍 내의 입방체 피크의 위치, 입방체 치수), 조사각 및 굴절을 등의 변수의 함수에 따라 변할 것이다.

[0068] 도 20은 경사의 크기가 변하고 경사 평면의 수직 벡터에 대한 x성분 및 y성분이 변하는 경사진 큐브 코너 어레이에 대한 균일 지수와 정렬각 간의 상관 관계를 나타낸 그래프이다. 비록 이들 입방체 및/또는 쌍은 상호 인접하지 않지만, 상기 어레이는 도 6에 도시된 바와 같이 $\beta-\beta'$ 와 $\alpha-\alpha'$ 와 유사하게 2타입의 대응쌍을 지닌다. 각각의 입방체의 대응쌍은 실질적으로 동일한 정렬 각도를 지닌다. 2타입의 대응쌍을 이루기 위한 정렬 각도들은 0° 혹은 180° 로부터 동일한 크기만큼 다르다. 예컨대, 제1의 입방체 혹은 제1의 입방체의 대응쌍에 대해 100° 의 정렬각(180° 에서 80° 만큼 상이함)에 있어서 제2의 입방체(예컨대, 인접한 입방체) 혹은 제2의 입방체의 대응쌍은 260° 의 정렬각을 가진다(또한 180° 에서 80° 만큼 상이함).

[0069] 도 20은 균일 지수뿐만 아니라 폴리카보네이트(1.59의 굴절율을 지님)에 대한 평균 TLR이 우세하게 측방향으로 경사진 성분을 지닌 입방체 기하학적 구조, 즉 90° 및 270° 의 정렬 각도를 중심으로 대략 중심을 둔 범위에 대해 최대가 되는 것을 도시하고 있다. 0° 내지 180° 사이의 정렬 각도는 도 20의 좌측에서 우측으로 X축 혹은 수평축 상에 제공되어 있는 것에 주목해야 한다. 180° 에서 360° 로 증가하는 정렬 각도가 우측에서 좌측으로 표시되어 있다.

[0070] 양호하게는 정렬 각도가 50° 초과(예컨대, 51° , 52° , 53° , 54°), 보다 양호하게는 55° 초과(예컨대, 56° , 57° , 58° , 59°), 보다 더 양호하게는 60° 초과이다. 또 다른 정렬 각도는 양호하게는 130° 미만(예컨대, 129° , 128° , 127° , 126°), 보다 양호하게는 125° 미만(예컨대, 124° , 123° , 122° , 121°), 보다 더 양호하게는 120° 미만이다. 이와 유사하게 정렬 각도는 양호하게는 230° 초과(예컨대, 231° , 232° , 233° , 234°), 보다 양호하게는 235° 초과(예컨대, 236° , 237° , 238° , 239°), 보다 더 양호하게는 240° 초과이다. 또 다른 정렬 각도는 양호하게는 310° 미만(예컨대, 309° , 308° , 307° , 306°), 보다 양호하게는 305° 미만(예컨대, 304° , 303° , 302° , 301°), 보다 더 양호하게는 300° 미만이다.

[0071] 입방체의 평면에 수직인 벡터에 대해 입방체 대칭 축의 경사량은 적어도 2° , 양호하게는 3° 보다 더 크다. 또한, 경사량은 9° 미만이 바람직하다. 따라서, 가장 양호한 경사량은 7.5° , 7.6° , 7.7° , 7.8° , 7.9° , 8.0° , 8.1° , 8.2° , 8.3° 및 8.4° 로부터 선택된 단부 지점과 조합되며 3.6° , 3.7° , 3.8° , 3.9° , 4.0° , 4.1° , 4.2° , 4.3° , 4.4° 및 4.5° 로부터 선택된 단부 지점을 지닌 임의의 간격을 포함하여 약 3.5° 내지 약 8.5° 이다. 측방향으로 경사진 전술한 상이한 경사량을 산출하기 위해 사용될 수 있는 입방체의 기하학적 모양이 표 2에 요약되어 있다. 정렬 각도는 각각의 경사량에 대해 90° 혹은 270° 일 수 있다.

표 2

[0072]

경사량 ($^\circ$)	측방향 흡 서브-세트 1 반각($^\circ$)	측방향 흡 서브-세트 2 1/2 각($^\circ$)	측방향 흡 서브-세트 1 전체 각($^\circ$)	측방향 흡 서브-세트 2 전체 각($^\circ$)
4.41	39.591	50.409	79.182	100.818
5.23	38.591	51.409	77.182	102.818
6.03	37.613	52.387	75.226	104.774
7.33	36.009	53.991	72.018	107.982
9.74	33.046	56.954	66.092	113.908

[0073]

비록 단독으로 혹은 이미 전술한 측방향 경사와의 조합한 상이한 끼인각은 조사각의 범위에 걸쳐 배향 각도에서의 변화에 대해 TLR에서의 향상된 휘도 균일성을 제공하지만, 시트의 관찰각 혹은 발산 프로파일을 개량하는 것이 또한 양호하다. 이는 공급원(통상적으로, 차량의 헤드라이트)에 대해 재귀 반사된 광의 확산을 향상시키는 것을 포함한다. 큐브 코너로부터 전술한 바와 같이 반사된 광은 회절(입방체 크기에 의해 제어됨), 편광(반사 리플렉터로 피복되지 않은 입방체에서 중요), 비직교성(1° 미만의 양만큼인 90° 에서의 큐브 코너 이면각의 편차) 등의 효과로 인해 퍼지게 된다. 비직교성으로 인한 광의 확산은 라미나를 사용하여 제조된 입방체에서(예컨대, 양호하게 기하학적 구조; PG) 특히 중요한데, 그 이유는 복귀광의 확산이 회절에 의해 우세해졌던 입방체를 제조하기 위해 상대적으로 얇은 라미나가 요구되기 때문이다. 이러한 얇은 라미나는 특히 제조 중에 취급하기 곤란하다.

- [0074] 변형례로서, 혹은 진술한 특징에 추가하여 또 다른 실시예에 따르면, 본 발명은 측방향 홈을 포함하는 개개의 라미나, 조립된 라미나를 포함하는 마스터 틀뿐만 아니라 재귀 반사성 복제물을 포함하는 상기 라미나의 복제물에 관한 것이며, 상기 측방향 홈은 "스큐(skew)" 및/또는 "경사"를 포함한다. 스큐 및/또는 경사는 다양한 제어 이면각도 에러 혹은 다중 비-직교성[multiple non-orthogonality(MNO)]을 지닌 입방체를 제공하며, 이에 따라 완제품의 발산 프로파일을 향상시킨다. 본 명세서에서 사용한 바와 같이, "스큐"는 기준면(28)에 대한 평행면으로부터의 편차를 지칭한다.
- [0075] 도 21은 비스듬한(skewed) 홈을 포함하는 일렬의 큐브 코너 요소를 지닌 단일의 라미나의 과장된 예의 평면도이다. 측면 홈(80a, 80b)은 양의 스큐를 갖도록, 홈(80c, 80e)은 스큐가 없게, 그리고 홈(80d)은 음의 스큐를 갖도록 절단되어 있다. 측면 홈(80)의 경로는 단순화를 위해 도 21에 연장되어 있다. 측면 홈(80a, 80c, 80e)이 동일한 끼임각(예컨대, 75°, 제1의 홈 서브-세트)을 갖는 경우, 진술한 모든 홈들을 형성하기 위해 동일한 절삭 툴 혹은 다이아몬드를 사용할 수 있다. 또한, 교번하는 홈(즉, 80b, 80d)이 동일한 끼임각(예컨대, 105°, 제2의 홈 서브-세트)을 지닐 경우, 홈(80b, 80d)은 제2의 다이아몬드를 이용하여 절단될 수 있다. 주요 홈 표면(50)은 또한 주요 홈의 반각(半角)이 제1 혹은 제2의 서브 세트에 대해 측면 홈의 절반 각에 충분하게 근접할 경우 이들 다이아몬드들 중 하나를 이용하여 절단될 수 있다. 선택적으로, 절단 툴들 중 하나는 정확한 주요 홈의 절반 각도를 얻기 위해 주요 홈의 표면의 절단 중에 회전할 수 있다. 상기 주요 홈의 표면은 라미나의 측면과 정렬되는 것이 바람직하다. 따라서, 전체 라미나는 단지 2개의 다이아몬드만을 사용하여 일체화된 MNO를 갖도록 절단될 수 있다. 각각의 홈 세트 내에서, 소정 범위의 이면각을 만들기 위해 기계 가공하는 동안 스큐는 용이하게 변경될 수 있다. 일반적으로 큐브 코너는 3개의 입방체 표면의 교차에 의해 생성된 3개의 이면각을 갖는다. 이러한 각의 90°로부터의 편차는 통상 이면각 에러라고 칭하며, 이면각 1-2, 이면각 1-3 및 이면각 2-3으로 표시될 수 있다. 통상의 명명법에 있어서, 도 22에 표시된 바와 같이, 입방체 이면각 1-3은 주요 홈 표면(50)과 홈 표면(82)의 교차에 의해 형성되며, 입방체 이면각 1-2는 주요 홈 표면(50)과 홈 표면(84)의 교차에 의해 형성되고, 그리고 입방체 이면각 2-3은 홈 표면(82)과 홈 표면(84)의 교차에 의해 형성된다. 별법으로서, 제3의 표면이 주요 홈 표면 대신 작동면(12 혹은 14)이 되는 경우에도 동일한 명명법을 사용할 수 있다. 주어진 홈에 대해, 양의 스큐(80a, 80b)는 감소하는 이면각(1-3)과 증가하는 이면각(1-2)이 생기게 하는 반면에, 음의 스큐는 증가하는 이면각(1-3)과 감소하는 이면각(1-2)이 생기게 한다.
- [0076] 예컨대, 도 21을 참조하면 4개의 상이한 입방체가 형성된다. 제1의 입방체(86a)는 홈 표면[즉, 면(82a, 84b)]을, 제2의 입방체(86b)는 홈 표면(82b, 84c)을, 제3의 입방체(86c)는 홈 표면(82c, 84d)을, 그리고 제4의 입방체(86d)는 홈 표면(82d, 84e)을 구비한다. 홈 표면(82a, 82b, 84d)과 홈 표면(50)과의 교차점은 90° 미만인데 반하여, 홈 표면(84b, 82d)과 홈 표면(50)과의 교차점은 90° 초과이다. 홈(80c, 80e)이 스큐가 없기 때문에 홈 표면(82c, 84c, 84e)과 홈 표면(50)과의 교차점은 90°이다. 이상의 설명에 있어서, 경사(이하에 정의된 바와 같음)는 도 21에 도시된 모든 측면 홈에 대해 동일하며, 즉 0으로 동일하다. 큐브 코너 요소(예컨대, PG 큐브 코너 요소)는 기계 가공 동안 비스듬한 홈을 이용한 결과로서 평면도에서 사다리꼴 혹은 평행사변형이 된다.
- [0077] 진술한 특징의 대안으로 혹은 그에 추가하여, 상기 측면 홈들은 양 혹은 음의 경사를 포함할 수 있다. "경사"는 공칭상의 직교하는 경사(즉, 주요 홈 표면에 직각인 벡터의 경사)로부터 특징의 측면 홈의 기준면(28)에서의 경사 편차를 일컫는다. 측면 홈의 방향은 상기 홈의 정점에 대해 정렬된 벡터에 의해 정의된다. 직교하는 경사는, 스큐가 0인 경우 홈의 정점(90)이 홈 표면(50)의 수직 벡터[홈 표면(50)에 수직]에 평행하게 되는 경사로 정의된다. 한 가지 가능한 명명법에 따르면, 양의 경사(92)는 주어진 측면 홈에 대해 감소하는 이면각 1-3과 이면각 1-2 양자가 생기게 하는 반면에 음의 경사(94)는 증가하는 이면각 1-3과 이면각 1-2 양자가 생기게 한다.
- [0078] 기계 가공 동안의 스큐 및/또는 경사의 조합은 주어진 라미나에서 큐브 코너 요소의 이면각 에러를 변경하는 것에 있어서 상당한 융통성을 제공한다. 따라서, 스큐 및/또는 경사는 경사지지 않은 입방체, 전방으로 경사진 입방체, 후방으로 경사진 입방체뿐만 아니라, 측방향으로 경사진 입방체에 적용할 수 있다. 스큐 및/또는 경사의 사용은 그것이 측면 홈을 절단하기 위해 사용된 툴(예컨대, 다이아몬드)을 교체할 필요 없이 개개의 라미나의 기계 가공 동안 도입될 수 있다는 명백한 장점을 제공한다. 또한, 이면각 1-2, 이면각 1-3은 스큐 및/또는 경사를 사용하여 반대로 변할 수 있다. 본 명세서에 사용된 바와 같이 "반대로 변한다"란 크기 및/또는 부호가 다른 라미나 이면각 1-2 및 1-3 에러(90°로부터의 차이)에서 주어진 큐브 코너 내에서 의도적으로 제공하는 것을 말한다. 크기의 차이는 적어도 1/4 아크분이 통상적이며, 보다 양호하게는 적어도 1/2 아크분, 가장 양호하게는 적어도 1 아크분이다. 따라서, 상기 홈들은 공칭상으로 평행한 것보다 더 큰 크기만큼 비평행하다. 또한, 스큐 및/또는 경사는 그 크기가 약 1° (즉, 60 아크분) 이하가 되도록 구성되어 있다. 또한, 상기 홈(예

컨대, 측면 홈)들은 단일의 라미나를 따라 스큐 및/또는 경사의 다양한 상이한 성분들을 포함할 수 있다.

[0079] 이면각 에러는 또한 기계 가공 동안 주요 홈들 혹은 측면 홈들의 반각을 바꿈으로써 변경될 수 있다. 측면 홈들에 대한 반각은 홈 표면과, 홈 정점을 포함하는 기준면(26)에 수직인 평면에 의해 형성된 예각으로 정의된다. 주요 홈들 혹은 주요 표면에 대한 반각은 홈 표면과 기준면(24)에 의해 형성된 예각으로 정의된다. 주요 홈에 대한 반각의 변화는 x축을 중심으로 한 회전을 매개로 홈 표면(50)의 경사에서의 변화를 초래한다. 측면 홈에 대한 반각의 변화는 홈의 끼인각을 변화[대향하는 홈 표면(예컨대, 82c, 84c)에 의해 형성된 각도]시키거나 혹은 그 정점을 중심으로 홈을 회전시킴으로써 달성될 수 있다. 예컨대, 주요 홈 표면(50)의 각도 변화는 주어진 라미나에 따라 이면각 1-2 및 이면각 1-3 에러 모두를 증가 혹은 감소시킬 것이다. 이것은 이면각 1-2 및 이면각 1-3 에러가 주어진 라미나를 따라 각각의 홈에서 상이하게 변할 수 있는 경사의 변화와 대조적이다. 이와 유사하게, 측면 홈들에 대한 반각은 변할 수 있고, 이는 이면각 2-3에서의 대응하는 변화를 초래한다. 주요 홈 표면에 직교 혹은 거의 직교(약 1° 이내로)하는 측면 홈에 있어서, 이면각 1-2와 이면각 1-3은 측면 홈의 반각의 변화에 매우 무감각하다. 그 결과, 기계 가공 동안 주요 홈 혹은 측면 홈의 반각의 변화는 이면각 1-2 및 이면각 1-3이 주어진 큐브 코너 내에서 반대로 변하지 못하게 할 것이다. 기계 가공 중에 주요 홈 혹은 측면 홈의 반각 변화는 틀의 수를 가장 작게 바꾸면서 큐브 코너 이면각 에러에 대한 가장 폭 넓은 제어 가능성을 부여하기 위해 스큐 및/또는 경사와 조합하여 사용될 수 있다. 반각 에러, 스큐 혹은 경사 중 어느 하나의 크기가 약 1° 이내의 범위일 수 있는 반면에, 그 결과로 생긴 이면각 에러는 임의의 주어진 입방체에 대해 누적하면 약 1° 이하가 된다.

[0080] 제조 동안 간략화를 위해, 스큐 및/또는 경사는 이면각 에러가 패턴을 가지면서 배열되도록 도입되는 것이 바람직하다. 양호하게는, 상기 패턴은 주어진 큐브 코너 내에서 반대로 변하는 이면각 에러 1-2 및 1-3을 포함한다.

[0081] 점 다이어그램은 큐브 코너 어레이로부터의 비직교성으로 초래되는 재귀 반사된 광에서 확산을 나타내는 기하학적 광학에 기초한 유용한 방법 중 하나이다. 큐브 코너는 입사광선을 6개 이하의 서로 다른 복귀 지점으로 분할시키는 것으로 공지되어 있는데, 이는 광선이 3개의 입방체 표면으로부터 반사할 수 있는 6가지 가능한 시퀀스와 관련이 있다. 광원 빔을 중심으로 원주방향의 위치뿐만 아니라 광원 빔으로부터 복귀 지점의 방사 방향 확산은, 일단 3개의 입방체 이면각 에러가 정해지면 계산될 수 있다[예컨대, Eckhardt의 "Applied Optics" V10, N7, 1971년 7월 판, "큐브 코너 반사의 간단한 모델" 참조]. 미국 연방 표준 테스트 방법 370(1977년 3월 1일자)에 추가로 설명되어 있는 바와 같이, 복귀 지점들의 방사 방향 확산은 관찰 각도와 관련이 있는 반면에 복귀 지점들의 원주 방향의 위치는 표시 각도(presentation angle)와 관련이 있다. 비직교 큐브 코너는 그것의 3개의 표면의 표면 수직 벡터에 의해 정의될 수 있다. 복귀 지점 위치들은 3개의 입방체 표면들 각각과 충돌하고 그로부터 반사될 때 광선을 순차적으로 추적함으로써 결정된다. 만약 입방체 물질의 굴절율이 1보다 더 클 경우, 입방체의 전방 표면 안팎으로의 굴절을 또한 반드시 고려해야 한다. 수많은 저자들이 전방 면 반사 및 굴절에 관련된 방정식에 관하여 설명하고 있다(예컨대, Hecht와 Zajac 저서의 1987년 Addison Wesley 출판사 제2판 "광학"등). 점 다이어그램은 기하학적 광학을 기초로 하였기 때문에 회절을 무시한 것에 주목해야 한다. 따라서, 입방체 크기 및 모양은 점 다이어그램에서 고려되지 않는다.

[0082] *주요 홈에서의 5개의 연속한 홈의 반각 에러가 +2, +4, +6, +8 및 +10 아크분이면서 7.47도 만큼(예컨대, 도 12) 후방으로 경사져 있는 5개의 상이한 입방체에 대한 복귀 점 다이어그램이 도 24에 도시되어 있다. 측면 홈들에 대한 반각 에러는 스큐 및 경사와 마찬가지로 상기 예에서 0(이면각 2-3 = 0)이다. 모든 측면 홈의 끼인각은 90° 이다. 도 24의 수직 및 수평 축들은 각각 기준면(28, 24)들과 일치한다. 주요 홈 표면의 경사에서의 변화는 주로 수직 및 수평 축을 따라 배치된 복귀 지점들이 생기도록 해준다는 것에 주목해야 한다.

[0083] 주요 홈의 반각 에러의 함수인 이면각 에러는 도 24를 만들기 위해 사용한 동일한 에러에 대해 표 3에 나타나 있다. 이면각 1-2 및 이면각 1-3은 동일한 크기 및 부호를 가지기 때문에 반대로 변하지 않는다는 점에 주목해야 한다.

표 3

주요 홈 에러 (아크분)	이면각 1-2(아크분)	이면각 2-3(아크분)	이면각 1-3(아크분)
2	1.4	0.0	1.4

4	2.8	0.0	2.8
6	4.2	0.0	4.2
8	5.7	0.0	5.7
10	7.1	0.0	7.1

[0085] -20, -15, -10, -5 및 0 아크분의 이면각 2-3 에러를 지닌 동일한 유형의 후방으로 경사진 입방체에 대한 복귀 점 다이어그램이 도 25에 도시되어 있다. 주요 홈에 대한 반각 에러는 스큐와 경사와 마찬가지로 이러한 예에서 0(이면각 1-3 = 이면각 1-2 = 0)이다. 전술한 바와 같이, 측면 홈에 대한 반각의 변화는 이면각 2-3 에러를 만들기 위해 사용될 수 있다. 이면각 2-3 에러는 주로 수평 축을 따라 배치된 복귀 지점이 생기게 한다.

[0086] 도 24 및 도 25를 참조하여 설명한 바와 같은 동일한 유형의 후방으로 경사진 입방체에 있어서 주요 홈의 반각 에러를 측면 홈에 대한 반각에서의 변화와의 조합으로부터 초래된 복귀 점 다이어그램이 도 26에 도시되어 있다. 이러한 예에 있어서, 주요 홈의 반각 에러는 10 아크분인 반면에 이면각 2-3 에러가 라미나 상에서 인접하는 4개의 상이한 입방체에 대해 각각 0, 2, 4 및 6 아크분이다. +3 아크분의 일정한 끼인각은 표 4에 나타낸 바와 같은 대향하는 반각 에러를 지닌 전술한 측면 홈들을 만들기 위해 사용될 수 있다. 복귀 지점들은 이면각 2-3에 대해 영이 아닌 값으로 인해 수평면에서 약간 퍼진 상태로 다시 수직 및 수평의 축을 따라 주로 배치된다. 복귀 점 다이어그램은 전체적으로 국부화되고, 균일하지 않게 된다.

[0087] 주요 홈의 반각 에러의 함수인 이면각 에러는 도 26을 만들기 위해 사용한 동일한 에러에 대해 표 4에 나타나 있다. 이면각 1-2 및 이면각 1-3은 동일한 크기 및 부호를 가지기 때문에 반대로 변하지 않는다는 점에 주목해야 한다(즉, 실질적으로 반대로 변하지 않음). 주어진 큐브 코너는 2개의 인접한 측면 홈, 양호하게는 주요 홈 표면에 의해 형성되어 있다는 것에 주목해야 한다. 도 22에 도시된 상부 측면 홈은 이면각 1-3을 형성하는 반면에 하부 측면 홈은 이면각 1-2를 형성한다. 상부 및 하부 측면 홈의 교차부는 이면각 2-3을 형성한다. 측면 홈 끼인각은 인접하는 입방체를 형성하기 위한 상부 및 하부 반각 에러의 합이다(예컨대, 표 4를 참조하면, 총 끼인각은 +3 아크분인데, 이는 제1의 입방체의 상부 반각을 인접하는 입방체의 하부 반각과 더한 각이다).

표 4

입방체 번호	이면각 1-2 (아크분)	이면각 2-3 (아크분)	이면각 1-3 (아크분)	하부 반각 에러 (아크분)	상부 반각 에러 (아크분)
1	7.1	4.0	7.1	3	1
2	7.1	6.0	7.1	2	4
3	7.1	2.0	7.1	-1	3
4	7.1	0.0	7.1	0	0

[0089] 전술한 예(즉, 도 24 내지 도 26)들은 반각 에러가 변하는 후방으로 경사진 입방체에 대한 것이었다. 유사한 방식으로, 전방으로 경사진 입방체는 질적으로 유사한 복귀 점 다이어그램을 갖는 것으로 도시될 수 있으며, 즉 이는 점들이 수평 및 수직 축들을 따라 구체적으로 국부화되지 않은 실질적으로 균일하지 않은 입방체이다. 전방으로 경사진 입방체의 이면각 1-2와 이면각 1-3은 또한 동일한 크기 및 부호를 가지기 때문에, 실질적으로 반대로 변하지 않는다는 점에 주목해야 한다. 큐브 코너 재귀 반사 시트의 사용을 고려하면, 국부화되고, 균일하지 않는 점 다이어그램(예컨대 도 24 내지 도 26 참조)은 일반적으로 바람직하지 못한 것이 명백하다. 시트는 몇몇 경우 문자를 절단한 부위뿐만 아니라 배경 색깔 양자로서 광범위한 배향으로 도로 표지에 놓일 수 있다. 또한, 상기 도로 표지는 보통 도로 우측, 좌측 혹은 위에 위치될 수 있다. 눈에 잘 띄도록 재귀 반사 시트로 마킹한 차량의 경우, 관찰자에 대한 차량의 위치는 일정하게 변한다. 차량의 좌측 및 우측 헤드라이트는 재귀 반사성 타깃을 조명하며, 운전자의 위치는 이들 헤드라이트와 관련하여 약간 차이가 있다(관찰각 및 표시 각도가 상이함). 운전자가 직접 헤드라이트 바로 위에 위치하는 모터사이클 등의 차량이 통상 사용된다. 끝으로, 뷰잉 기하학(viewing geometry)을 정의하는 모든 상대 각도는 재귀 반사 시트 혹은 타깃에 대한 운전자/관찰자의 거리에 따라 변한다. 이들 인자들 모두는 명백하게 복귀 지점의 상대적으로 균일한 확산이 재귀 반사 시트에서 매우 바람직하도록 만든다. 반대로 변하는 이면각 1-2 및 이면각 1-3을 포함하는 광범위의 이면각 에러를 쉽게 도입하기 위한 융통성으로 인해, 스큐 및/또는 경사는 상대적으로 균일한 점 복귀 다이어그램을 제공하기 위해 사용될 수 있다.

[0090] 도 27에는 도 24 내지 도 26에서 사용된 것과 동일한 후방으로 경사진 입방체로 단일의 라미나 상에서 단지 경사 변화에 의해 생긴 복귀 점 다이어그램이 나타나 있다. 측면 홈들에 대한 반각 에러는 각각의 측면 상에서 +1.5 아크분이며(이면각 2-3 및 측면 홈 각도 에러는 +3 아크분) 주요 홈 에러는 0이다. 스큐는 이러한 예에서 +7아크분으로 일정하다. 경사는 4개의 홈마다 반복 패턴으로 변한다(즉, 2개의 홈은 +5아크분이고, 나머지 2개의 홈은 -1 아크분). 점 패턴은 도 24 내지 도 26과 비교하여 방사 방향(관찰각)과 원주 방향(표시각) 양자로 훨씬 더 균일하게 분포되어 있다.

[0091] 경사가 변하는 전술한 예에 대한 이면각 에러가 표 5에 나타나 있다. 경사의 기계 가공도(아크분)는 반복 패턴으로 -1, +5, +5, -1이다. 입방체 번호 1을 참조한 예에 따르면, 제1의 측면 홈은 -1의 경사를 지니고 제2의 측면 홈은 +5의 경사를 지닌다. 이면각 1-2 및 이면각 1-3은 상이한 크기(이면각 에러의 절대치가 동일하지 않음)와 부호를 지니면서 반대도 변하는 것에 주목해야 한다.

표 5

입방체 번호	경사(아크분)	이면각 1-2 (아크분)	이면각 3-2 (아크분)	이면각 1-3 (아크분)
1	-1, 5	5.1	3.0	-7.9
2	5,5	0.8	3.0	-7.9
3	5,-1	0.8	3.0	-3.7
4	-1,-1	5.1	3.0	-3.7

[0093] 도 28에는 스큐가 모든 측면 홈에 대해 +7 아크분인 대신 -7 아크분인 것만 제외하고 도 27과 동일한 기하학적 구조에서 초래되는 복귀 점 다이어그램이 도시되어 있다. 상기 점 다이어그램은 또한 도 27에 도시된 점 다이어그램과 상보적일 뿐만 아니라 도 24 내지 도 26에 비해 균일하게 분포되어 있다. 경사가 변하는 상기 예에 대한 이면각 에러가 표 6에 나타나 있다. 이면각 1-2와 이면각 1-3은 반대로 변하며, 크기 및/또는 부호 양자가 다르다는 것에 또한 주목해야 한다. 스큐의 부호 변화는 표 5에 비해 이면각 1-2 및 이면각 1-3의 크기 및 부호에서의 전환을 초래하였다.

표 6

경사 (아크분)	이면각 1-2 (아크분)	이면각 3-2 (아크분)	이면각 1-3 (아크분)
-1.5	-3.7	3.0	0.8
5,5	-7.9	3.0	0.8
5,-1	-7.9	3.0	5.1
-1,-1	-3.7	3.0	5.1

[0095] 2개의 선행하는 예들의 양의 스큐 및 음의 스큐는 조합될 수 있어 도 29의 점 다이어그램을 제공한다. 이러한 조합은 +7 아크분의 스큐를 지닌 라미나의 절반과 -7 아크분의 스큐를 지닌 나머지 절반을 기계 가공함으로써 달성될 수 있다. 별법으로서, 양의 스큐와 음의 스큐는 각각의 라미나에 내에서 조합될 수 있어 스큐 및 경사 양자는 주어진 라미나 내에서 동시에 변하는 결과를 초래한다. 후자의 경우, 작은 수의 다른 복귀 지점들은 양의 및 음의 비스듬한 섹션의 경계에서 위치 설정된 입방체로부터 초래되곤 한다. 상기 점 다이어그램은 도 27 및 도 28의 점 다이어그램의 조합에 의해 초래되는 바와 같이 도 24 내지 도 26에 비하여 매우 균일하게 분포되어 있다. 표 5 및 표 6에 도시된 바와 같이 이면각 에러의 조합은 이러한 점 다이어그램과 관련이 있으며, 이면각 1-2와 이면각 1-3은 반대로 변하는 크기 및 부호에서 차이가 난다.

[0096] 도 30에는 입방체가 7.47° 만큼 전방으로 경사져 있는 것만 제외하고 도 29와 동일한 반각 에러, 스큐 및 경사가 도시되어 있다. 점 다이어그램은 또한 도 29의 후방으로 경사진 점 다이어그램과 약간 다르지만 균일하게 분포되어 있다. 이러한 점 다이어그램과 관련한 이면각 에러가 표 7에 요약되어 있으며, 이 표에서 이면각 1-2 및 이면각 1-3이 다시 반대로 변하고 이면각 1-2 및 이면각 1-3의 크기 및/또는 부호가 다른 적어도 하나의 입방체를 포함한다.

표 7

경사 (아크분)	스큐 (아크분)	이면각 1-2 (아크분)	이면각 3-2 (아크분)	이면각 1-3 (아크분)
-1,5	7	4.3	3.0	-7.2
5,5	7	0.1	3.0	-7.2
5,-1	7	0.1	3.0	-2.9
-1,-1	7	4.3	3.0	-2.9
-1,5	-7	-2.9	3.0	0.1
5,5	-7	-7.2	3.0	0.1
5,-1	-7	-7.2	3.0	4.3
-1,-1	-7	-2.9	3.0	4.3

[0097]

[0098]

동일한 스큐 및 경사 조합이 또한 균일하게 분포된 점 다이어그램을 제공하기 위해 측방향으로 경사진 큐브 코너와 조합된 상태로 유리하게 사용될 수 있다. 측방향으로 경사진 입방체는 전술한 바와 같이 동일한 열에서 2개의 상이한 입방체 배향을 포함한다. 양호하게는, 다양한 조사각 및 배향각 조합에서 균일한 성능을 얻기 위해 주어진 열[예컨대, 알파(α) 및 베타(β)]에서 입방체의 두 가지 타입에 동등한 스큐 및/또는 경사의 조합을 적용하는 데 주의가 필요하다. 스큐와 경사를 이용하는 6.03° (도 6에서 정렬각 90° 혹은 270°)만큼 측방향으로 경사져 있는 입방체에 대한 복귀 점 다이어그램이 도 31에 되어 있다. -1 및 5 아크분의 경사와 +7 및 -7 아크분의 스큐의 동일한 조합을 알파(α) 및 베타(β) 입방체 양자에 동일하게 적용하였다. 측면 홈에 대한 반각 예러는 각각의 측면 상에서 +1.5 아크분(이면각 2-3 및 측면 홈 각도 예러는 +3 아크분임)이고 주요 홈 예러는 0이다. 상기 점 다이어그램은 관찰각과 표시 각도에 있어서 매우 균일하게 분포되어 있다. 이러한 점 다이어그램과 관련한 이면각 예러는 표 8에 요약되어 있으며, 여기서 이면각 1-2와 이면각 1-3은, 이 이면각 1-2와 이면각 1-3의 크기 및/또는 부호가 다른 적어도 하나의 입방체를 포함하는 동시에 다시 반대로 변한다.

표 8

스큐 (아크분)	경사 (아크분)	경사 (아크분)	이면각 1-2 (아크분)	이면각 3-2 (아크분)	이면각 1-3 (아크분)	하부 끼인각 (°)	상부 끼인각 (°)
7	-1	-1	4.3	3.0	-3.9	52.387	37.613
7	-1	5	5.1	3.0	-7.4	37.613	52.387
7	5	5	-0.5	3.0	-7.6	52.387	37.613
7	5	-1	1.5	3.0	-2.7	37.613	52.387
7	-1	5	4.3	3.0	-7.6	52.387	37.613
7	5	5	1.5	3.0	-7.4	37.613	52.387
7	5	-1	-0.5	3.0	-3.9	52.387	37.613
7	-1	-1	5.1	3.0	-2.7	37.613	52.387
-7	-1	-1	-3.9	3.0	4.3	37.613	52.387
-7	-1	5	-2.7	3.0	1.5	52.387	37.613
-7	5	5	-7.6	3.0	-0.5	37.613	52.387
-7	5	-1	-7.4	3.0	5.1	52.387	37.613
-7	-1	5	-3.9	3.0	-0.5	37.613	52.387
-7	5	5	-7.4	3.0	1.5	52.387	37.613
-7	5	-1	-7.6	3.0	4.3	37.613	52.387
-7	-1	-1	-2.7	3.0	5.1	52.387	37.613

[0100]

표 5 내지 표 8의 예시적인 큐브 코너 요소의 특징은 서로 상이한 3개의 이면각 예러를 갖는 열에 적어도 하나 이상 통상적으로 복수 개의 PG 큐브 코너 요소를 형성하는 것에 있다. 또 다른 특징은 이면각 예러 나아가 스큐 및/또는 경사가 라미나 혹은 인접하는 튜브 코너 요소들의 열로 반복 패턴으로 배열되어 있다는 점이다. 또한, 인접하는 라미나 혹은 열은 라미나의 쌍들 혹은 열의 쌍들을 형성하는 z축을 중심으로 180° 회전된 것만 제외하고 선택적으로 동일한 것이 바람직하다.

[0101]

라미나의 기계 가공 방법과 복수 개의 라미나를 포함하는 마스터 틀의 형성 방법은 미국 특허 제6,257,860호 (Lutrell 등의 명)에 개시되어 있는 바와 같이 공지되어 있다. 스큐 및/또는 경사가 실질적으로 없는 측면

홈들의 실시예에 있어서, 측면 홈들은 미국 특허 제6,257,860호(Lutrell 등의 명의)와 미국 특허 제6,159,407호(Krinke 등의 명의)에 개시되어 있는 바와 같이 복수 개의 적층된 라미나 내에 형성될 수 있다.

[0102] 따라서 라미나(들)를 마련하고 라미나의 작동면(16) 상에 V자형 홈을 형성함으로써 라미나를 기계 가공하는 방법이 또한 본 명세서에 설명되어 있으며, 여기서 홈은 전술한 특징 중 어느 하나 혹은 조합으로 형성된다.

[0103] 일반적으로, 라미나(들)는 가장자리 상에 직접 기계 가공된 홈을 형성하기에 적합한 임의의 기관을 포함할 수 있다. 거칠게 형성된 부분이 없이 깨끗하게 기계 가공하는 적절한 기관 머신은 낮은 연성과 낮은 입상성 (graininess)을 나타내고, 홈 형성 이후 치수 정확성을 유지한다. 여러 가지의 기계 가공 가능한 플라스틱 혹은 금속을 사용할 수 있다. 적절한 플라스틱은 아크릴 혹은 다른 물질 등의 열경화성 혹은 열가소성 물질을 포함한다. 기계 가공 가능한 금속은 알루미늄, 황동, 구리, 무전해 니켈 및 이들의 합금을 포함한다. 양호한 금속은 비철금속을 포함한다. 적절한 라미나 물질은, 예컨대 압연, 캐스팅 화학 증착, 전기 증착 혹은 단조에 의해 시트로 형성될 수 있다. 양호한 기계 가공 물질은 홈 형성 동안 절단 툴의 마모를 최소화시키도록 통상 선택된다.

[0104] 사용하기에 적절한 다이아몬드 툴로는 K&Y Diamond사(뉴욕주 무어 소재) 또는 Chardon Tool(오하이오주 차던 소재)에서 시판하는 다이아몬드 툴 등의 고품질의 것이 있다. 특히, 적절한 다이아몬드 툴은 2000X의 백색광 현미경을 사용하여 평가할 수 있는 바와 같이 첨단부의 10 mil 이내에 급힌 자국이 없는 툴이다. 통상적으로, 다이아몬드의 첨단부는 약 0.00003 인치(0.000762 mm)에서 약 0.00005 인치(0.001270 mm) 크기 범위에 있는 평탄한 부분을 지닌다. 또한, 적절한 다이아몬드 툴의 표면 마감부는 약 3 nm 미만의 평균 거칠기와 약 10 nm 미만의 피크 대 골 거칠기를 갖는 것이 바람직하다. 표면 마감부는 기계 가공 가능한 기관에서 테스트 절단부를 형성하고 Veeco사의 계열사인 Wyko사(아리조나주 투산 소재)에서 시판하는 것과 같은 마이크로-간섭계를 이용하여 테스트 절단부를 평가함으로써 평가될 수 있다.

[0105] V자형 홈들은 뛰어난 정밀도로 각각의 홈을 형성할 수 있는 다이아몬드 툴링 머신을 이용함으로써 형성된다. 이러한 목적을 위한 적절한 머신들은 무어 스페셜 툴 컴패니(Moore Special Tool Company, 코네티컷주 브리지포트 소재), 프리시텍(Precitech, 뉴햄프셔주 킨 소재), 에어로텍 인코포레이션(Aerotech Inc., 펜실베이니아주 피츠버그 소재)사에서 제조하고 있다. 이러한 머신들은 통상적으로 레이저 간섭계 위치 설정 장치를 포함한다. 적절한 정밀 로터리 테이블은 AA Gage(마이애미주 스티어링 하이츠 소재)에서 상업적으로 입수 가능한 반면에, 적절한 마이크로 간섭계는 Zygo Corporation(코네티컷주 미들필드 소재)과 Veeco사의 계열사인 Wyko사(아리조나주 투산 소재)로부터 상업적으로 입수할 수 있다. 홈의 간격과 홈의 깊이의 정확도(즉, 점 대 점의 위치 설정)는 적어도 +/-500 nm인 것이 바람직하며, 더욱 양호하게는 적어도 +/-250 nm, 가장 바람직하게는 +/-100 nm이다. 홈 각도의 정확도는 절단부의 길이(예컨대, 라미나의 두께)에 대해 적어도 +/-2 아크분(+/-0.033도)인 것이 바람직하며, 더욱 양호하게는 적어도 +/-1 아크분(+/-0.017도), 보다 더 양호하게는 적어도 +/-1/2 아크분(+/-0.0083도), 가장 양호하게는 +/-1/4 아크분(+/-0.0042도)이다. 또한, 해상도(즉, 현재의 축 위치를 감지하는 홈 형성 머신의 능력)는 통상 정밀도의 적어도 약 10%이다. 따라서 +/-100 nm의 정확도에 있어서, 해상도는 적어도 +/-10 nm이다. 짧은 간격(예컨대, 약 10 개의 인접하는 평행한 홈)에 걸쳐 정확도는 대략 해상도와 동일하다. 소정 시간 동안 전술한 뛰어난 정확성의 복수 개의 홈들을 일관되게 형성하기 위해, 공정 온도는 +/-0.1°C 이내, 양호하게는 +/-0.01°C 이내로 유지된다.

[0106] 스쿼 및/또는 경사에 의한 단일의 큐브 코너 요소의 형상 변화는 단일 요소에 대해 작지만(예컨대, 주로 이면각에서의 변화에 의해 한정됨), 라미나 스택(stack)에서 비스듬한 및/또는 경사진 홈들의 형성이 문제를 일으킬 수 있다는 것이 명백하다. 측면 홈들이 평행에서 1° 이하만큼 편향되기 때문에 스택을 가로질러 현저하게 변하는 입방체의 기하학적 구조가 생길 수 있다. 이러한 변화는 스택의 크기가 증가함에 따라 증가한다. 입방체의 기하학적 구조를 크게 변화시키지 않으면서 동시에 기계 가공될 수 있는 라미나의 계산된 최대 개수는 2개 정도로 작다[예컨대, 1° 스쿼에 대해, 0.002 인치(0.0508 mm)의 측면 홈 간격을 지닌 0.020 인치(0.508 mm) 두께의 라미나].

[0107] 비스듬한 및/또는 경사진 측면 홈을 지닌 라미나들의 스택을 기계 가공하는 문제로 인해, 전술한 실시예의 실시에서 측면 홈들은 홈 형성 머신을 이용하여 개개의 라미나에 형성되는 것이 바람직하다. 개개의 라미나의 가장자리 부분 상에 홈을 형성하고, 라미나들을 마스터 툴 속에 조립하며, 조립된 라미나의 미세구조화된 표면의 복제하는 양호한 방법은 2003년 3월 6일자로 출원된 "미세구조화된 라미나 제조 방법 및 장치"란 제목의 미국 특허 출원 번호 제10/383039호에 개시되어 있다. 이 미국 특허 출원 제10/383039호는 본 발명의 우선권인 미국 특허 가출원 제60/452464호와 동시에 출원한 것이다.

- [0108] 재귀 반사 시트를 형성하기에 적합한 크기의 마스터 틀을 형성하기 위해, 음의 카피를 형성하도록 마스터 틀의 표면을 전기 도금한 다음, 양의 카피를 형성하도록 음의 카피를 전기 도금하고, 제2 세대의 음의 카피 등을 형성하도록 양의 카피를 전기 도금함으로써, 복수 개의 틀링[또한 타일(tile)로 언급함]이 형성된다. 상기 양의 카피는 마스터 틀과 동일한 큐브 코너 요소 구조를 지니는 반면에 음의 카피는 입방체 캐비티 복제물(cube cavity replica)이다. 따라서 음의 카피 틀은 양의 카피(즉, 큐브 코너 요소) 시트를 만들기 위해 사용되는 반면에, 양의 카피는 음의 카피(즉, 큐브 코너 캐비티) 시트를 만들기 위해 사용된다. 또한, 재귀 반사 시트는 큐브 코너 요소와 큐브 코너 캐비티 미세구조의 조합을 포함할 수 있다. 미국 특허 제6,159,407호(Krinke 명의) 뿐만 아니라 미국 특허 제4,478,769호 및 제5,156,863호(Pricone 명의)에 개시된 바와 같은 전기 성형법(electroforming technique)이 공지되어 있다. 틀링 등의 타일링은 그 다음 소망하는 크기의 마스터 틀을 조립할 수 있다. 본 발명에 있어서, 이러한 틀링은 통상적으로 동일한 배향으로 타일링 처리된다.
- [0109] 본 명세서에 사용된 바와 같이, "시트(sheeting)"는 큐브 코너의 미세구조가 형성되어 있는 중합체(예컨대, 합성) 물질의 박편을 일컫는다. 상기 시트는 임의 폭과 길이를 지닐 수 있으며, 이러한 치수는 단지 시트를 제조 하였던 장비(예컨대, 틀의 폭, 슬롯 다이 오리피스스의 폭 등)에 의해 한정된다. 재귀 반사 시트의 두께는 통상적으로 약 0.004 인치(0.1016 mm) 내지 약 0.10 인치(2.54 mm) 범위에 속한다. 양호하게는 재귀 반사 시트의 두께는 약 0.020 인치(0.508 mm) 미만, 보다 양호하게는 0.014 인치(0.3556 mm) 미만이다. 재귀 반사 시트는 시일 필름 혹은 오버레이 등의 표면층을 더 포함할 수 있다. 재귀 반사 시트의 경우, 그 폭은 통상적으로 적어도 30 인치(122 cm), 양호하게는 적어도 48 인치(76 cm)이다. 상기 시트는 그 길이가 약 50 야드(45.5 m) 내지 100 야드(91 m)로 연속하기 때문에 종래의 방식으로 취급하여 롤 형태로 공급된다. 그러나, 변형례로서 시트는 롤 형태의 제품보다는 개개의 시트로서 제조될 수 있다. 이러한 실시예들에 있어서, 시트는 치수적으로 완제품과 일치하는 것이 바람직하다. 예컨대, 재귀 반사 시트는 미국 표준 표지[예컨대, 가로세로 30 인치(가로세로 76 cm)]의 치수를 지닐 수 있고, 이에 따라 그 시트를 준비하기 위해 사용된 미세구조화된 공구는 대략 동일한 크기를 지닐 수 있다. 차량 번호판 혹은 재귀 반사성 단추 등의 소형 제품은 그에 대응하는 소형 치수의 시트를 사용할 수 있다.
- [0110] 재귀 반사 시트는 일체로 된 재료로 제조되는 것이 바람직한데, 다시 말해서 큐브 코너 요소들이 몰드의 전장에 걸쳐 연속층으로 상호 연결되고 개개의 요소들과 연결부들은 그 사이에 동일한 물질을 포함한다. 마이크로 프리즘 분해 표면과 대향하는 시트의 표면은 통상적으로 매끄럽고 평면이며, 이 표면을 또한 "랜드 층(land layer)"으로 칭한다. 이 랜드층의 두께(즉, 복제된 미세구조로부터 생기 부분을 제외한 두께)는 0.001 내지 0.100 인치 사이, 양호하게는 0.003 내지 0.010 인치 사이이다. 이러한 시트의 제조는 통상적으로 유체 수지 복합물을 틀 상으로 주조하고 그 복합물이 시트를 형성하도록 경화를 허용함으로써 달성된다. 유체 수지를 틀 상으로 주조하기 위한 양호한 방법은 2003년 3월 6일자로 출원한 제목이 "재귀 반사 시트의 제조 방법 및 슬롯 다이 장치"인 미국 특허 출원 제10/382375호에 개시되어 있다. 이 미국 특허 출원 제10/382375호는 본 발명의 우선권 주장 번호인 미국 특허 가출원 제60/452464호와 동시에 출원한 것이다.
- [0111] 그러나, 선택적으로 상기 틀은 미국 특허 제4,601,861호(Pricone 명의)에 개시된 바와 같이 재귀 반사성 제품을 형성하기 위한 엠보싱 틀로서 사용될 수 있다. 변형례로서, 재귀 반사 시트는 PCT 출원 제WO 95/11464호 및 미국 특허 제3,684,348호에서 교시한 바와 같이 예비 성형된 필름에 대하여 큐브 코너 요소를 주조함으로써 혹은 예비 성형된 필름을 예비 성형된 큐브 코너 요소에 적층시킴으로써 층을 이루고 있는 제품(layered product)으로 제조될 수 있다. 이렇게 행하는 데 있어서, 개개의 큐브 코너 요소들은 예비 성형된 필름에 의해 상호 연결된다. 또한, 상기 요소들과 필름은 통상적으로 상이한 물질로 구성되어 있다.
- [0112] 재귀 반사 시트의 제조에 있어서, 틀의 채널들은 2003년 3월 6일자로 출원한 제목이 "재귀 반사 시트의 제조 방법 및 제품"인 미국 특허 출원 제60/452605호에서 추가적으로 설명되어 있는 바와 같이 전진하는 틀의 방향으로 대략 정렬되는 것이 바람직하다. 이 미국 특허 출원 제60/452605호는 본 발명의 우선권 주장 번호인 미국 특허 가출원 제60/452464와 동시에 출원한 것이다. 따라서, 임의의 추가의 제조 단계 이전에, 시트의 주요 홈은 시트의 틀의 가장자리에 실질적으로 평행하다. 본 발명자는 채널을 이러한 다운웹(downweb) 방식으로 배향하는 것이 웨브를 가로질러 주요 홈을 배향하는 것보다 더 빠른 복제를 허용한다는 사실을 발견하였다. 이것은 주요 홈 및 다른 입방체 구조들이 조합되어 향상된 수지 흐름을 위한 채널을 형성하는 것으로 추측된다.
- [0113] 본 발명의 재귀 반사 시트를 위한 적절한 수지 조성물은, 치수적인 안정성, 내구성, 내후성을 갖고 소망하는 구조로 용이하게 성형 가능한 투명 물질인 것이 바람직하다. 적절한 물질의 예로는 롬 앤드 하스 컴퍼니(Rohm and Haas Company)에서 제조된 Plexiglas 상표의 수지 등의 약 1.5의 굴절율을 지닌 아크릴; 약 1.59의 굴절율을 지닌 폴리카보네이트; 열경화성 아크릴레이트 및 에폭시 아크릴레이트 등의 반응성 물질; E.I. Dupont de

Nemours and Co., Inc.에서 상표명 SURLYN으로 시판하고 있는 폴리에틸렌을 주성분으로 하는 아이오노머(ionomer); (폴리)에틸렌-코-아크릴산; 폴리에스테르; 폴리우레탄; 셀룰로오스 아세테이트 부틸레이트가 포함된다. 상기 폴리카보네이트는 그 인성과, 일반적으로 폭넓은 조사각의 범위에 걸쳐 향상된 재귀 반사성 성능을 제공하는 상대적으로 높은 굴절율로 인해 특히 적절하다. 이러한 물질들은 또한 염료, 착색제, 도료, UV 안정제 혹은 다른 첨가제를 포함해도 좋다.

[0114] 금속 코팅 등의 정반사 코팅이 큐브 코너 요소의 배면 상에 놓일 수 있다. 금속 코팅은 알루미늄, 은 혹은 니켈 등의 금속을 기상 증착 혹은 화학 증착하는 등의 공지의 기술에 의해 도포될 수 있다. 프라이머 층(primer layer)은 금속 코팅의 접합을 증대시키도록 큐브 코너 요소의 배면에 도포될 수 있다. 금속 코팅에 추가하여 혹은 그 대신에, 시일 필름이 큐브 코너 요소의 배면에 도포될 수 있다(예컨대, 미국 특허 제4,025,159호, 제5,117,304호 참조). 상기 시일 필름은 입방체의 배면에서 공기 계면을 유지시키며, 이 계면은 계면에서의 총 내부 반사가 가능하게 해주고 흙 및/또는 습기 등의 오염물의 유입을 방지한다. 또한, 별도의 오버레이 필름은 내구성 향상(예컨대, 옥외 내구성 향상)을 위해 혹은 이미지 수용면을 제공하기 위해 시트의 시야 표면 상에 사용될 수 있다. 이러한 옥외 내구성은 풍화에 대한 내구성이 연장되고(예컨대, 1년, 3년) ASTM D49560-1a로 불리는 충분한 휘도 규정을 유지하는 것을 의미한다. 또한, CAP Y 순백은 풍화에 노출되기 전후에 30보다 더 큰 것이 양호하다.

[0115] 접착층은 또한 큐브 코너 재귀 반사 시트가 기재에 고착되도록 큐브 코너 요소 혹은 상기 시일 필름 뒤에 배치될 수 있다. 적절한 기재로는 나무, 알루미늄 시트, 아연 도금된 강철, 폴리메틸 메타아크릴레이트, 폴리에스테르, 폴리아미드, 폴리불화비닐, 폴리카보네이트, 폴리염화비닐, 폴리우레탄, 이들 물질 및 다른 물질로 구성된 광범위한 라미네이트 등의 중합체 물질이 포함된다.

[0116] 도 6을 참조하면, 라미나는 양호하게는 수직하게 정렬되어 있다. 그렇게 정렬하는데 있어서, 복제되자마자 일렬의 요소가 각각의 라미나로부터 파생된다. 그러나, 별법으로서 이들 동일한 광학적 특징들은 수평으로 정렬된 라미나로부터 파생될 수 있다. 일렬 내의 각각의 요소의 표면이 약 3-4 마이크로미터 내에서 공유하게 되는 공동의 평면은 수평으로 정렬된 라미나에 대해 약간(예컨대 1° 미만) 변할 수 있다. 입방체의 옆면, 예컨대 주사전자 현미경을 이용하여 관찰할 수 있는 바와 같이 약간 수직 혹은 수평의 오정렬의 존재로 인해 라미나로부터 파생되었다는 것이 명백하다.

[0117] 재귀 반사 시트를 제조하는 방법 혹은 마스터 틀이 라미나 기술 혹은 다른 기술에서 파생되었는가에 관계없이, 본 발명의 시트는 진술한 바와 같이 현미경 혹은 간섭계를 이용하여 시트를 관찰함으로써 검출될 수 있는 어떤 특성의 광학 특성을 지닌다. 또한, 재귀 반사 시트는 라미나(들)와 관련하여 진술한 특징들 중 어떤 하나 혹은 그 조합을 포함한다.

[0118] 한 가지 양태에 있어서, 재귀 반사 시트는 하나의 열 내에서 제1 및 제2의 공존 요소 사이의 끼인각이 그 열의 제2 및 제3의 공존 요소 사이의 끼인각과 상이하게 되는 일련의 큐브 코너 요소 혹은 큐브 코너 요소의 어레이를 포함한다. 상기 시트에 있어서, 상기 열은 그 열에 있는 각각의 요소의 표면이 공동의 평면[예컨대, 주요 홈의 표면, 작업면(12 혹은 14)]을 공유하는 요소에 의해 형성되어 있다. 소정의 열 혹은 어레이 내에서의 인접하는 입방체 사이의 끼인각의 차이의 크기뿐만 아니라 다른 양호한 특징들(예컨대, 반복 패턴으로의 배열, 공동된 피크 높이, 공칭상으로 1° 내에서 상호 평행 내지 비평행한 것으로 분포되어 있는 2등분 평면)은 라미나와 관련하여 진술한 설명과 동일하다.

[0119] 별법으로서 혹은 그것의 조합에 있어서, 재귀 반사 시트는 큐브 코너 요소(예컨대, PG 큐브 코너 요소)의 열 혹은 어레이를 포함하며, 소정의 열 혹은 어레이로 있는 상기 요소들의 적어도 일부는 측방향으로 우세하게 경사져 있고, 상기 요소는 평면도에서 일렬의 요소에 실질적으로 수직인 이면각의 가장자리에 대해 45° 내지 135° 사이의 정렬각 및/또는 225° 내지 315° 사이의 정렬각을 지닌다. 양호한 실시예에 있어서, 재귀 반사 시트는 일렬의 큐브 코너 요소들 혹은 각각 그들의 정렬 각도를 지닌 큐브 코너 요소들을 구비하는 어레이를 포함한다. 이러한 어레이에는 우세하게 전방으로 경사진 혹은 우세하게 후방으로 경사진 큐브 코너 요소들이 실질적으로 없다. 우세하게 측방향으로 경사진 큐브 코너 요소들을 포함하는 재귀 반사 시트는 라미나에 관련하여 진술한 임의의 특징을 더 포함할 수 있다.

[0120] 별법으로서 혹은 그것의 조합에 있어서, 재귀 반사 시트는 비스듬한 및/또는 경사진 홈을 포함한다. 따라서 적어도 2개의 인접한 홈들 양호하게는 홈(예컨대, 측면 홈) 세트의 모든 홈들이 공칭상으로 평행보다 약 1° 더 큰 범위의 크기만큼 비평행한 열 혹은 어레이는 진술한 특징을 포함하는 라미나에 대해 진술한 다양한 특징들을 더 포함할 수 있다.

- [0121] 또 다른 구체예에 있어서, 단독으로 혹은 상이한 끼인각 및/또는 측방향의 경사와 조합하여, 재귀 반사 시트는 측면 홈 세트의 홈이 서로 공칭상으로 평행하지만 공칭상으로 평행한 홈에서 기준면(28)에 비평행한 홈까지 분포되어 있는 일렬의 요소들 혹은 어레이를 포함할 수 있다.
- [0122] 상기 재귀 반사 시트는 높은 재귀 반사성 휘도의 측면에서 교통 표지, 도로 마킹, 차량 마킹 및 인명 안전 도구 등의 다양한 용도에 유용하다. 재귀 반사 계수(R_A)는 -4° 의 조사각에서의 미국 연방 테스트 방법 표준 370에 따라 다양한 관찰각에서 0° 의 배향으로 측정될 수 있다. 그 결과로 생긴 시트는 타입 IX 시트에 대해 "교통 제어용 재귀 반사 시트에 대한 표준 규격" ASTM D4956-1a로 불리는 휘도 규정을 충족한다. 추가적으로, 특정의 휘도 최소치는 -4° 의 조사각, 평균 0° 및 90° 배향, 0° 인 표시 각도 및 다양한 관찰각에 대해 현저하게 초과한다. 휘도는 0.2° 의 관찰각에서 적어도 제곱미터당 럭스당 625 칸텔라(CPL)가 바람직하며, 보다 양호하게는 적어도 650CPL, 보다 더 양호하게는 적어도 675CPL, 가장 양호하게는 적어도 700CPL이다. 별법으로서 혹은 양호하게는 이에 더하여, 0.33° 의 관찰 각도에서의 휘도는 적어도 575CPL이 바람직하며, 보다 양호하게는 적어도 600CPL, 보다 더 양호하게는 적어도 625CPL, 가장 양호하게는 적어도 650CPL이다. 추가적으로 혹은 별법으로서, 0.5° 의 관찰 각도에서의 휘도는 적어도 375CPL이 바람직하며, 보다 양호하게는 적어도 400CPL, 보다 더 양호하게는 적어도 425CPL, 가장 양호하게는 적어도 450CPL이다. 또한, 1.0° 의 관찰 각도에서의 휘도는 적어도 80CPL이 바람직하며, 보다 양호하게는 적어도 100CPL, 보다 더 양호하게는 적어도 120CPL이다. 이와 마찬가지로, 1.5° 의 관찰 각도에서의 휘도는 적어도 20CPL이 바람직하며, 보다 양호하게는 적어도 25CPL이다. 상기 재귀 반사 시트는 전술한 휘도 임계치의 임의의 조합을 포함할 수 있다.
- [0123] 약 0.5° 관찰 각도(예컨대, 0.4° 내지 0.6°)의 영역에서 향상된 휘도는 대략 200 내지 400 피트 떨어진 거리에서 차량의 탑승자가 교통 표지(예컨대, 우측에 장착된 교통 표지)를 볼 때, 그리고 대략 450 내지 950 피트 떨어진 거리에서 대형 트럭의 운전자가 교통 표지(예컨대, 우측에 장착된 교통 표지)를 볼 때 특히 중요하다.
- [0124] 본 발명의 목적 및 장점들은 아래의 예들을 통해 추가로 예시되어 있지만, 그 예들에 언급된 특정의 물질 및 그 물질의 양뿐만 아니라 다른 조건 및 세부 사항들은 본 발명을 부당하게 한정하려는 의도로 해석되어서는 안 된다.
- [0125] 예 1A 및 예 1B
- [0126] 개개의 라미나에 홈을 형성하고, 그 라미나를 조립하며, 그리고 미세구조화된 표면을 전술한 2003년 3월 6일자로 출원한 미국 특허 출원 제10/383039호에 설명되어 있는 바와 같이 복제하였다. 이 미국 특허 출원 제10/383039호는 본 발명의 우선권인 미국 특허 가출원 제60/452464호와 동시에 출원한 것이다. 기계 가공한 모든 라미나들은 측면 홈의 반각 에러, 스큐 및 경사의 변화로 인해 약간 변형된, 도 6 및 도 7에 도시된 기하학적 구조를 갖도록 하였다. 라미나의 두께는 0.0075 인치(0.1905 mm)였고, 측면 홈 간격은 전술한 약간의 변형을 제외하고 0.005625 인치(0.1428 mm)였다. 8개의 입방체의 반복 패턴을 연속하여 각각의 라미나 상에 형성하였다. 입방체의 이러한 반복 패턴은 이하의 표 10-14에 나타낸 바와 같이 측면 홈의 반각 에러, 스큐 및 경사를 변화시킴으로써 형성되었다. 이하의 표에서 각 열은 개개의 측면 홈의 기계 가공 동안 사용된 파라미터를 나타낸다. 도 22에 정의한 바와 같은 큐브 코너 이면각 에러들은 각각의 입방체를 형성하도록 주요 홈 표면을 상호 교차하는 2개의 인접하는 측면 홈들에 의해 형성된다. 따라서, 이면각 에러를 형성하는 열들은 이들의 인접하는 측면 홈을 명료하게 하기 위해 상기 표에서 오프셋 되어 있다.
- [0127] 측면 홈의 일부의 스큐가 수정되어 있는 표 13을 제외하고 아래의 표 10 내지 표 14에 각각 기록된 이면각 에러가 얻어지도록 측면 홈의 반각 에러 및/또는 스큐 및/또는 경사를 달리한 8개의 라미나를 형성하였다.
- [0128] 라미나 1 및 라미나 2
- [0129] 제1의 라미나뿐만 아니라 제1의 라미나에 대항하는 제2의 라미나의 측면 홈 파라미터들은 표 10 및 표 11에 각각 기록되어 있다. 주요 홈 반각 에러는 모든 주요 홈에 대해 -8 아크분이었다. 측면 홈의 공칭 끼인각(직각의 입방체를 생성하는데 요구되는 각도)은 75.226° 및 104.774° 이었다. 모든 측면 홈에 대한 끼인각 에러는 -9.2 아크분이었으며, 이는 75.073° 및 104.621° 의 실제 측면 홈 끼인각을 초래한다. 끼인각 에러는 측면 홈들에 대해 일정하였지만, 반각 에러는 변하였다. 제1의 라미나 타입에 대한 반각 에러는 표 10의 제3열에 표시한 바와 같이 -14.8 아크분 내지 5.6 아크분의 범위에 속하였다. 반각 에러는 각각의 측면 홈에 대해 2개의 반각과 일치하는 2개(합이 -9.2 아크분)를 그룹으로 나타내었다. 이면각 2-3 에러는 인접하는 측면 홈들 상의 반각 에러의 조합으로부터 생기고 제4열에 요약되어 있다. 이면각 2-3 에러는 제1의 라미나에 대해 -1.6 아크분에서 -16.8 아크분으로 변하였다.

- [0130] 스큐 및 경사는 표 10의 제5열과 제6열에 각각 기재되어 있다. 제1의 라미나에 대한 스큐는 -8.0 아크분 내지 15.0 아크분 범위였다. 경사는 -6.1 아크분에서 10.8 아크분으로 변화였다. 측면 홈의 스큐와 경사로부터 생긴 이면각 예러 1-2 및 1-3을 마지막 2개의 열에 기록하였다. 이면각 예러 1-2 및 1-3은 상이한 크기 및/또는 부호를 갖는 이면각 예러 1-2 및 1-3을 포함하는 라미나 내의 적어도 하나의 입방체에 대해 반대로 변한다는 것에 주목해야 한다.
- [0131] 제2의 라미나의 측면 홈들은 표 11에 요약되어 있고 표 10의 라미나와 밀접하게 관련이 있다. 측면 홈의 끼인각 예러뿐만 아니라 공칭상의 측면 홈 각도가 기록되어 있는 제1열 및 제2열은 동일하다. 이면각 예러뿐만 아니라 측면 홈 파라미터(반각 예러, 스큐 및 경사)에 대한 다른 모든 열들은 표 10에 대해 역으로 기재되어 있다. 이는 대향하는 라미나가 z축을 중심으로 180° 회전한 것만 제외하고 그 대응 부분과 광학적으로 동일하다는 사실을 반영한다.
- [0132] *라미나 4, 라미나 6 및 라미나 8
- [0133] 간략화를 위해, 제3, 제5 및 제7의 라미나에 각각 대향하는 제4, 제6 및 제8의 라미나의 측면 홈 파라미터들은 바로 위에서 설명한 바와 같이 전술한 역의 관계를 갖기 때문에 그 설명을 반복하지 않는다.
- [0134] 라미나 3
- [0135] 제3의 라미나의 측면 홈의 파라미터들은 표 12에 기록되어 있다. 주요 홈의 반각 예러는 -8 아크분이었다. 기본적인 기하학적 구조(치수 및 공칭상의 측면 홈의 끼인각)는 제1의 라미나 타입과 동일하였다. 모든 측면 홈들에 대한 실제 끼인각 예러는 다시 -9.2 아크분이었다. 제2의 라미나 타입의 측면 홈에 대한 반각 예러는 -14.8 아크분 내지 5.6 아크분의 범위에 속하였다. 이면각 2-3 예러는 -1.6 아크분에서 -16.8 아크분으로 변화였다. 스큐는 -14.0 아크분 내지 21.3 아크분 범위인 반면에, 경사는 전술한 라미나 타입에 대해 -12.7 아크분에서 16.8 아크분으로 변화였다. 이면각 예러 1-2 및 1-3(마지막 2개의 열에 기록)은 반대로 변화였다.
- [0136] 라미나 5
- [0137] 제5의 라미나의 측면 홈의 파라미터들은 표 13에 기록되어 있다. 주요 홈 반각 예러는 -4 아크분이었다. 기본적인 기하학적 구조(치수 및 공칭상의 측면 홈의 끼인각)는 이전의 라미나들과 동일하였다. 모든 측면 홈들에 대한 실제 끼인각 예러는 -1.6 아크분이었으며, 이는 75.199° 및 104.747° 의 실제 측면 홈 끼인각을 초래한다. 제3의 라미나 타입에 대한 반각 예러는 -5.2 아크분 내지 3.6 아크분의 범위에 속하였다. 이면각 2-3 예러는 -7.2 아크분에서 4.0 아크분으로 변화였다. 스큐는 -7.0 아크분 내지 9.5 아크분 범위인 반면에, 경사는 -8.2 아크분에서 1.4 아크분으로 변화였다. 이면각 예러 1-2 및 1-3(마지막 2개의 열에 기록)은 반대로 변화였다.
- [0138] 라미나 7
- [0139] 제7의 라미나의 측면 홈의 파라미터들은 표 14에 기록되어 있다. 주요 홈 반각 예러는 -4.0 아크분이었다. 기본적인 기하학적 구조(치수 및 공칭상의 측면 홈의 끼인각)는 제1의 라미나 타입과 동일하였다. 모든 측면 홈들에 대한 실제 끼인각 예러는 -1.6 아크분이었다. 반각 예러는 -5.2 아크분 내지 3.6 아크분의 범위에 속하였다. 이면각 2-3 예러는 -7.2 아크분에서 4.0 아크분으로 변화였다. 스큐는 -5.3 아크분 내지 5.3 아크분 범위인 반면에, 경사는 전술한 라미나 타입에 대해 -2.1 아크분에서 4.6 아크분으로 변화였다. 이면각 예러 1-2 및 1-3(마지막 2개의 열에 기록)은 반대로 변화였다.
- [0140] 대향하는 라미나들의 요소들의 비이면각 가장자리들이 소정의 정확성을 지니면서 서로 접촉하도록 총 208개의 라미나들을 조립하였으며, 그 조립체는 실질적으로 수직 벽(예컨대, 측방향 치수가 0.0001보다 큰 벽)이 없다. 라미나의 순서 1-8이 그 조립체 전체에 걸쳐 연속하여 반복되고 그 조립체의 구조화된 표면이 그 다음 입방체 캐비티 틀을 생성하기 위해 전기 성형에 의해 복제되도록 상기 라미나들을 조립하였다. 조립 및 전기 성형 공정은 전술한 2003년 3월 6일자로 출원한 미국 특허 출원 제10/383039호에 추가로 설명되어 있다. 이 미국 특허 출원 제10/383039호는 본 발명의 우선권인 미국 특허 가출원 제60/452464호와 동시에 출원한 것이다.
- [0141] 예 1A에 있어서, 약 375°F(191°C) 내지 385°F(196°C)의 온도, 약 1600 psi의 압력, 20초의 체류 시간에서 실행되는 압축을 이용하는 압축 성형 프레스에서 상기 틀을 사용하였다. 그 다음 주조된 폴리카보네이트를 약 200°F(100°C)에서 5분 동안 냉각시켰다.
- [0142] 예 2A에 있어서, 전술한 2003년 3월 6일자로 출원한 미국 특허 출원 제10/382375호에 설명되어 있는 바와 같이

를 표면 상에서 용융된 폴리카보네이트를 주조하였다. 이 미국 특허 출원 제10/382375호는 본 발명의 우선권인 미국 특허 가출원 제60/452464호와 동시에 출원한 것이다.

[0143] 예 1A 및 예 1B 모두에 있어서, 연속하는 밀봉 공정에서 무정형의 혼성 폴리에스테르 포함 표면을 미세구조화된 폴리카보네이트 필름 표면에 접촉시킴으로써 0.7 mil의 폴리에스테르와 0.85 mil의 무정형의 혼성 폴리에스테르를 포함하는 이중층 시일 필름을 큐브 코너 요소의 배면에 도포하였다. 그 구성물을 테프론 슬리브를 지닌 고무 닙 롤과 가열된 강철 롤을 통해 연속적으로 통과시켰다. 고무 닙 롤의 표면은 약 165°F였고, 가열된 강철 롤의 표면의 온도는 약 405°F였다. 닙 압력은 직선 인치 당 약 70 파운드였고, 속도는 분당 20 피트였다. 밀봉 이후의 휘도 유지율은 약 70% 이었다.

[0144] 그 결과로 생긴 시트는 타입 IX 시트에 관한 "교통 제어용 재귀 반사 시트에 대한 표준 규격" ASTM D4956-1a로 불리는 휘도 규정을 충족한다. 추가적으로, 특정의 휘도 최소치는 아래와 같은 -4°의 조사각, 평균 0° 및 90° 배향, 0° 표시 및 다양한 관찰각에 대해 현저하게 초과한다.

표 9

관찰각	비교예 재귀 반사시트 2 평균0/90 CPL	비교예 재귀 반사시트 3 평균0/90 CPL	예 1A 압축성형 시트 평균0/90 CPL	예 1B 압출 시트 평균 0/90 CPL
0.2	726	489	788	740
0.33	660	432	748	700
0.5	276	348	554	502
1	37	106	141	162
1.5	13	24	32	35

[0146] 표 9에서 따르면, 본 발명의 재귀 반사 시트는 비교예의 재귀 반사 시트 2와 비교예의 재귀 반사 시트 3에 대해 각각의 표시된 관찰 각도에서 더 높은 휘도를 지닌다. 약 0.5 관찰 각도의 영역에서 향상된 휘도는 대략 200 내지 400 피트 떨어진 거리에서 차량의 탑승자가 교통 표지(예컨대, 우측에 장착된 교통 표지)를 볼 때, 그리고 대략 450 내지 950 피트 떨어진 거리에서 대형 트럭의 운전자가 교통 표지(예컨대, 우측에 장착된 교통 표지)를 볼 때 특히 중요하다.

[0147] 예 1A의 시트는 2.0°의 관찰 각도 내에서 전체 광 복귀에 대해 2.04의 측정 균일 지수를 지니는 것으로 밝혀졌다.

[0148] 본 발명의 다양한 수정 및 변형은 본 발명의 영역과 정신에서 벗어나지 않는 범위 내에서 당업자들에게 의해 이루어질 수 있다는 것은 명백할 것이다.

표 10

공칭상의 측면 홈의 끼 인각(도)	측면 홈 끼 인각 에러 (분)	측면 홈 반 각 에러(분)	이면각 2-3 에러(분)	스큐 (분)	경사 (분)	이면각 1-3 에러(분)	이면각 1-2 에러(분)
--------------------------	------------------------	----------------------	------------------	-----------	-----------	------------------	---------------------

75.226	-9.2	-7.2	■	15.0	2.5	■	■
		-2.0					
104.774	-9.2	-7.2	-9.2	0.0	-0.4	-16.1	-6.0
		-2.0					
75.226	-9.2	-7.2	-9.2	-7.0	10.8	-6.0	-16.0
		-2.0					
104.774	-9.2	-7.2	-9.2	-8.0	3.1	-7.0	-12.8
		-2.0					
75.226	-9.2	-14.8	-16.8	-7.0	-6.0	-4.8	-5.7
		5.6					
104.774	-9.2	-7.2	-1.6	14.7	-1.2	3.3	1.9
		-2.0					
75.226	-9.2	-7.2	-9.2	-1.0	2.5	-12.7	-7.0
		-2.0					
104.774	-9.2	-14.8	-16.8	-6.7	-6.1	-5.8	-4.9
		5.6					
75.226	-9.2	-7.2	-1.6	15.0	2.5	1.8	3.3
		-2.0					

표 11

[0150]

공칭상의 측면 홈의 끼인각(도)	측면 홈 끼인각 에러(분)	측면 홈 반각 에러(분)	이면각 2-3 에러(분)	스큐 (분)	경사 (분)	이면각 1-3 에러(분)	이면각 1-2 에러(분)
75.226	-9.2	-2.0	■	15.0	2.5	■	■
		-7.2					
104.774	-9.2	5.6	-1.6	-6.7	-6.1	1.8	3.3
		-14.8					
75.226	-9.2	-2.0	-16.8	-1.0	2.5	-5.8	-4.9
		-7.2					
104.774	-9.2	-2.0	-9.2	14.7	-1.2	-12.7	-7.0
		-7.2					
75.226	-9.2	5.6	-1.6	-7.0	-6.0	3.3	1.9
		-14.8					
104.774	-9.2	-2.0	-16.8	-8.0	3.1	-4.8	-5.7
		-7.2					
75.226	-9.2	-2.0	-9.2	-7.0	10.8	-7.0	-12.8
		-7.2					
104.774	-9.2	-2.0	-9.2	0.0	-0.4	-6.0	-16.0
		-7.2					
75.226	-9.2	-2.0	-9.2	15.0	2.5	-16.1	-6.0
		-7.2					

표 12

[0151]

공칭상의 측면 홈의 끼인각(도)	측면 홈 끼인각 에러(분)	측면 홈 반각 에러(분)	이면각 2-3 에러(분)	스큐 (분)	경사 (분)	이면각 1-3 에러(분)	이면각 1-2 에러(분)
-------------------------	----------------------	---------------------	---------------------	-----------	-----------	---------------------	---------------------

75.226	-9.2	-7.2	■	21.3	2.0	■	■
		-2.0					
104.774	-9.2	-7.2	-9.2	0.0	3.0	-19.8	-8.7
		-2.0					
75.226	-9.2	-7.2	-9.2	-7.2	16.8	-8.7	-19.7
		-2.0					
104.774	-9.2	-7.2	-9.2	-14.0	2.6	-10.5	-15.4
		-2.0					
75.226	-9.2	-14.8	-16.8	-6.7	-12.7	-1.4	-1.5
		5.6					
104.774	-9.2	-7.2	-1.6	20.5	-1.4	7.2	5.0
		-2.0					
75.226	-9.2	-7.2	-9.2	-7.0	2.0	-15.4	-10.6
		-2.0					
104.774	-9.2	-14.8	-16.8	-6.7	-10.5	-1.6	-1.4
		5.6					
75.226	-9.2	-7.2	-1.6	21.3	2.0	5.3	7.7
		-2.0					

표 13

[0152]

공칭상의 측면 홈의 끼인각(도)	측면 홈 끼인각 에러(분)	측면 홈 반각 에러(분)	이면각 2-3 에러(분)	스큐 (분)	경사 (분)	이면각 1-3 에러(분)	이면각 1-2 에러(분)
75.226	-1.6	0.4	■	2.1	-4.0	■	■
		-2.0					
104.774	-1.6	0.4	-1.6	0.0	-8.2	-1.4	3.3
		-2.0					
75.226	-1.6	0.4	-1.6	-4.7	-6.8	3.3	-1.3
		-2.0					
104.774	-1.6	0.4	-1.6	5.1	1.4	4.7	-1.7
		-2.0					
75.226	-1.6	-5.2	-7.2	-7.0	1.0	-6.8	-7.6
		3.6					
104.774	-1.6	0.4	4.0	0.4	-1.8	1.5	-1.5
		-2.0					
75.226	-1.6	0.4	-1.6	9.5	-1.8	-1.9	4.8
		-2.0					
104.774	-1.6	-5.2	-7.2	-5.4	1.2	-7.5	-6.8
		3.6					
75.226	-1.6	0.4	4.0	2.1	-4.0	-1.4	1.4
		-2.0					

표 14

[0153]

공칭상의 측면 홈의 끼인각 (도)	측면 홈 끼인각 에러 (분)	측면 홈 반각 에러 (분)	이면각 2-3 에러 (분)	스큐 (분)	경사 (분)	이면각 1-3 에러(분)	이면각 1-2 에러(분)
-----------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------	-----------	---------------------	---------------------

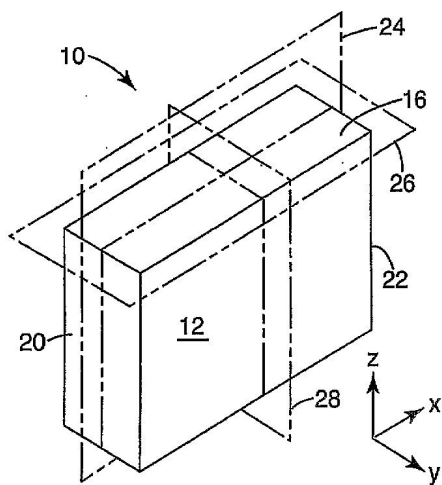
75.226	-1.6	0.4	■	4.7	3.6	■	■
		-2.0					
104.774	-1.6	0.4	-1.6	0.0	-2.1	-7.7	-1.5
		-2.0					
75.226	-1.6	0.4	-1.6	-4.7	3.6	-1.5	-7.7
		-2.0					
104.774	-1.6	0.4	-1.6	0.0	4.6	-1.6	-6.8
		-2.0					
75.226	-1.6	-5.2	-7.2	-4.7	3.5	-6.8	-7.6
		3.6					
104.774	-1.6	0.4	4.0	5.3	1.3	-1.6	-1.6
		-2.0					
75.226	-1.6	0.4	-1.6	4.6	3.4	-6.8	-1.6
		-2.0					
104.774	-1.6	-5.2	-7.2	-5.3	1.3	-7.5	-6.8
		3.6					
75.226	-1.6	0.4	4.0	4.7	3.6	-1.6	-1.6
		-2.0					

부호의 설명

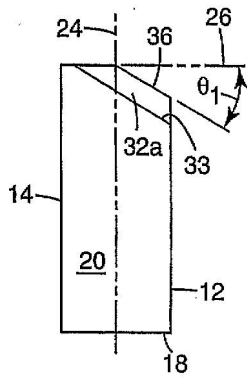
- [0154]
- 10 : 라미나
 - 12 : 제1의 주요면
 - 14 : 제2의 주요면
 - 16 : 작업면
 - 18 : 바닥면
 - 20 : 제1의 단부면
 - 22 : 제2의 단부면
 - 24 : 제1의 기준면
 - 26 : 제2의 기준면
 - 28 : 제3의 기준면
 - 33 : 홈 정점
 - 36 : 가장자리

도면

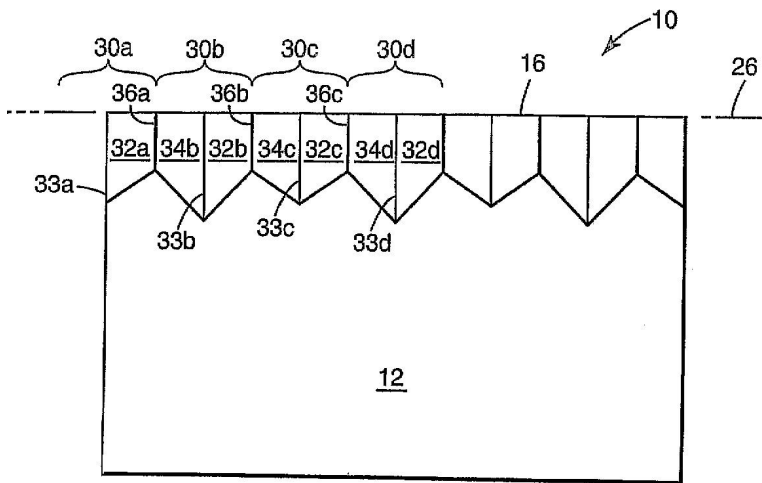
도면1



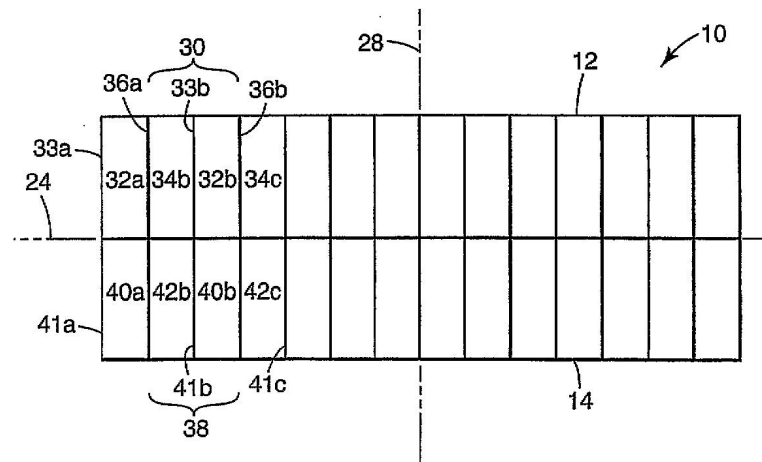
도면2



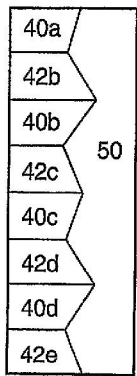
도면3



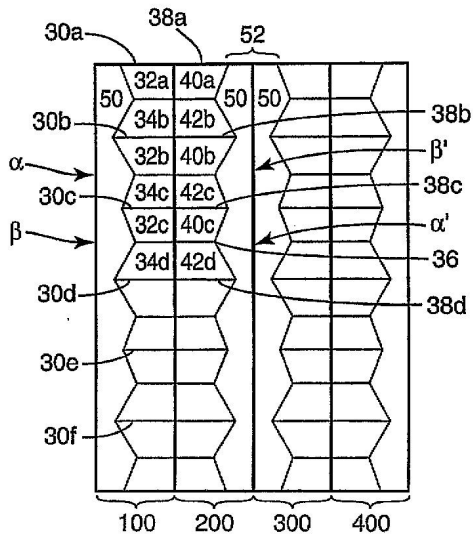
도면4



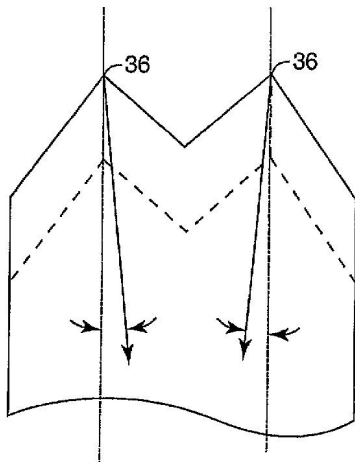
도면5



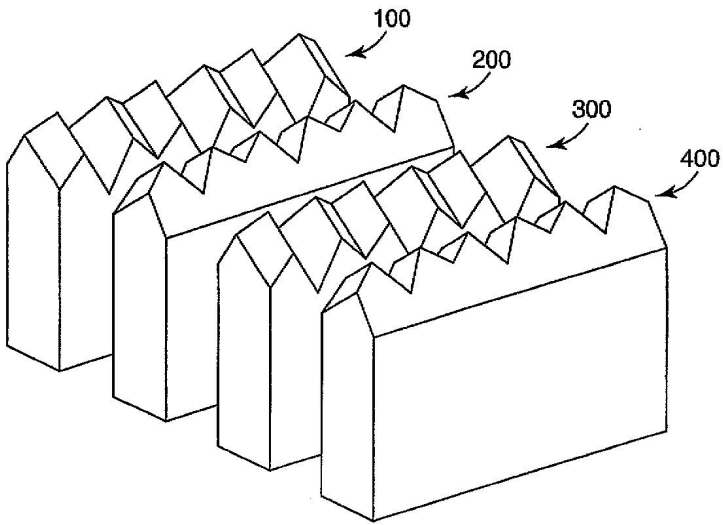
도면6



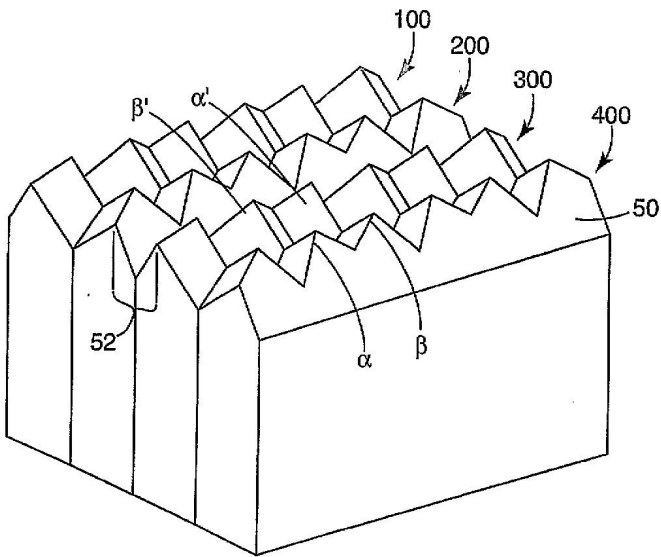
도면7



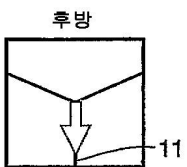
도면8



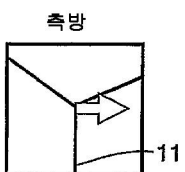
도면9



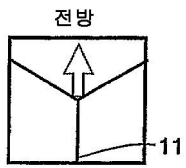
도면10a



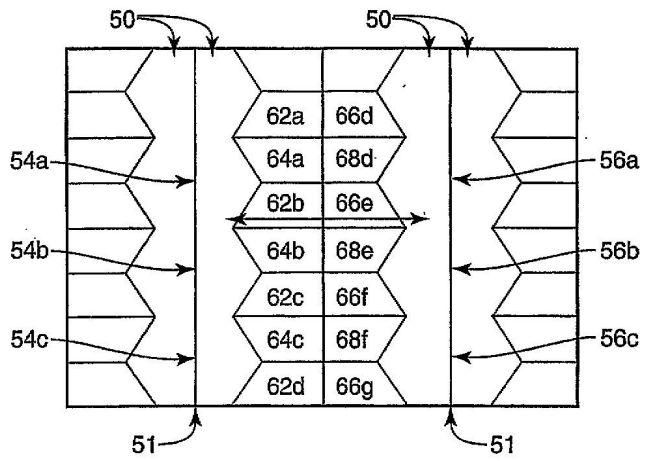
도면10b



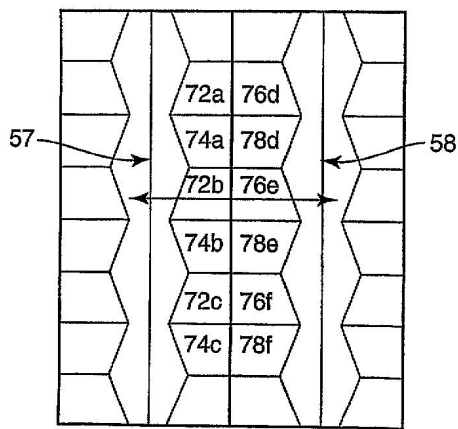
도면10c



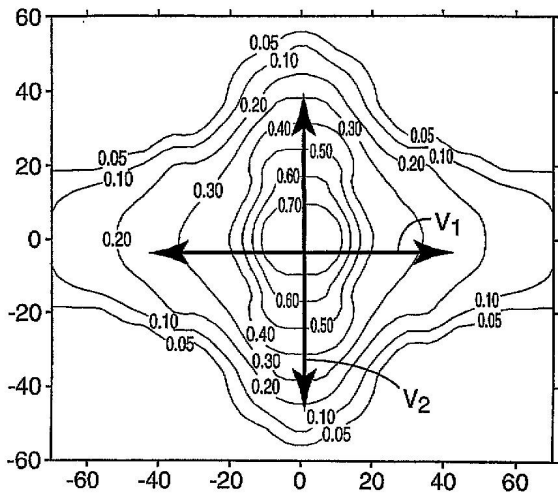
도면11



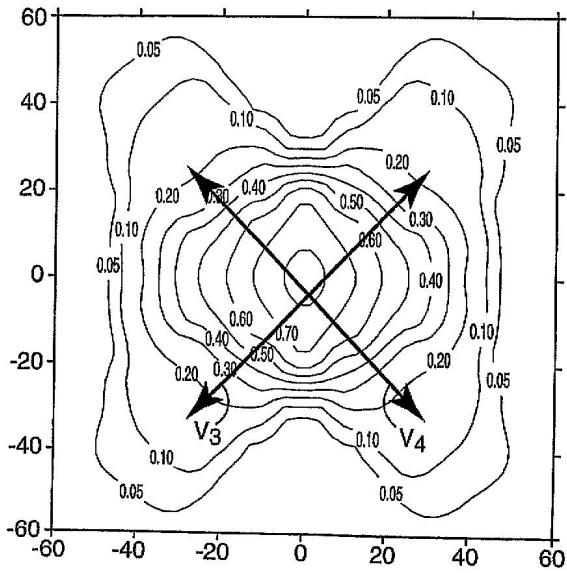
도면12



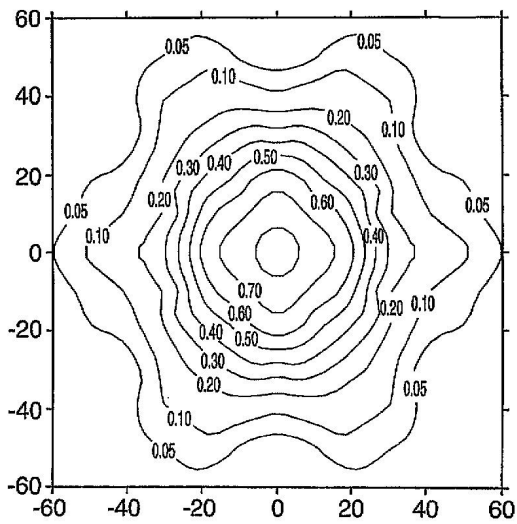
도면13



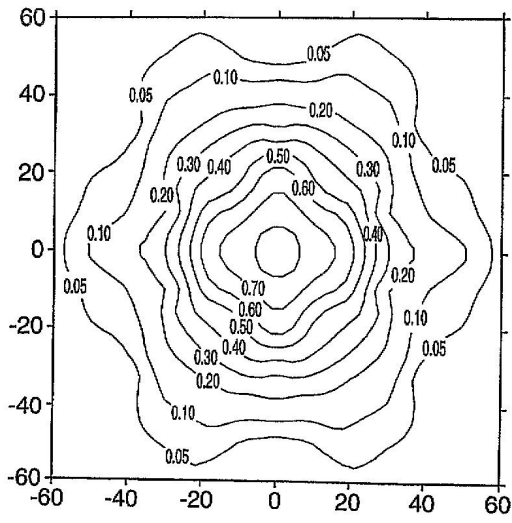
도면14



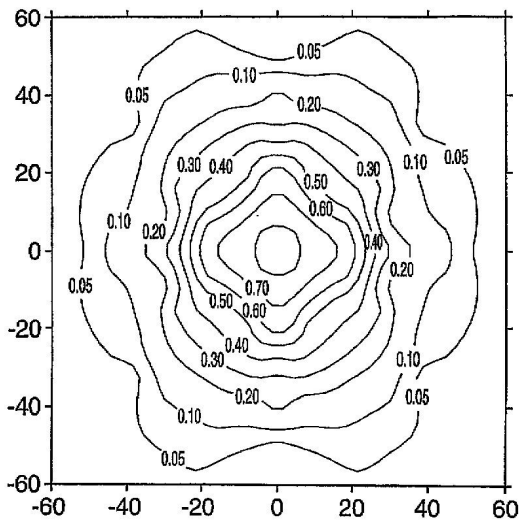
도면15



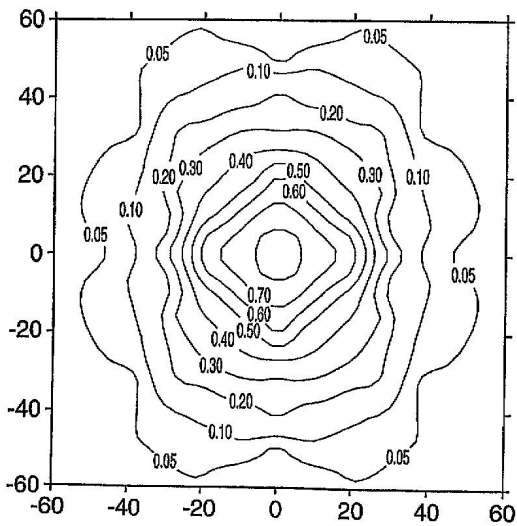
도면16



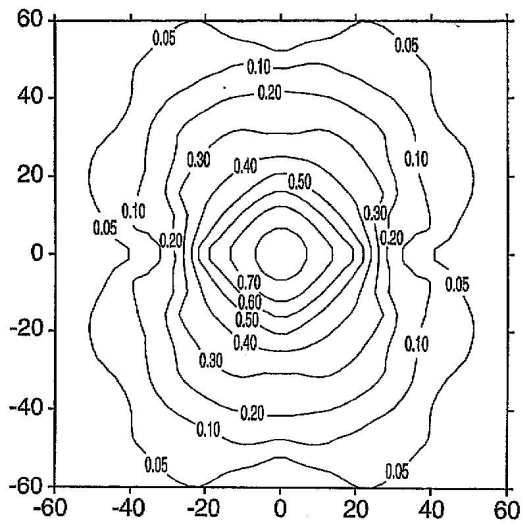
도면17



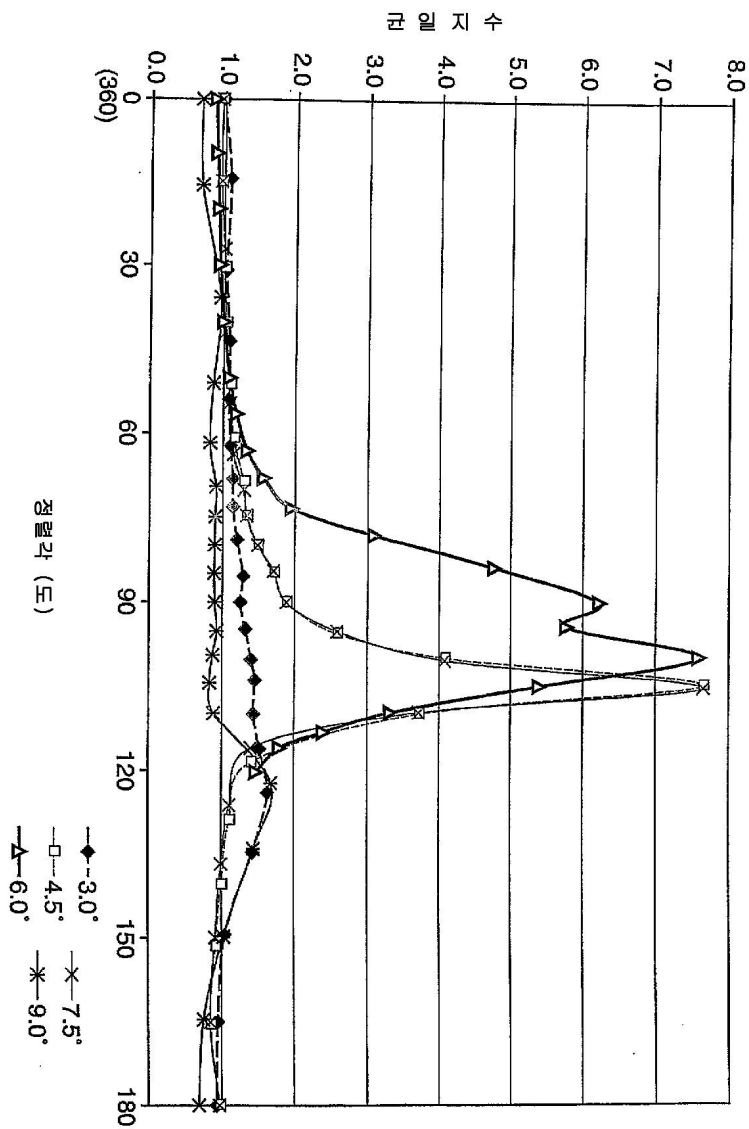
도면18



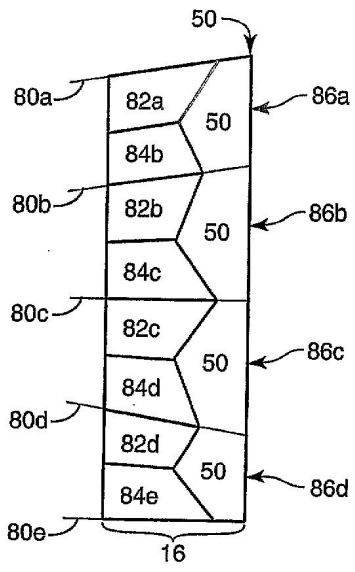
도면19



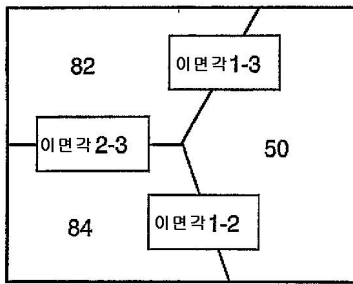
도면20



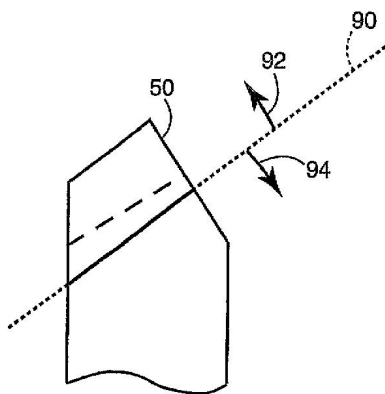
도면21



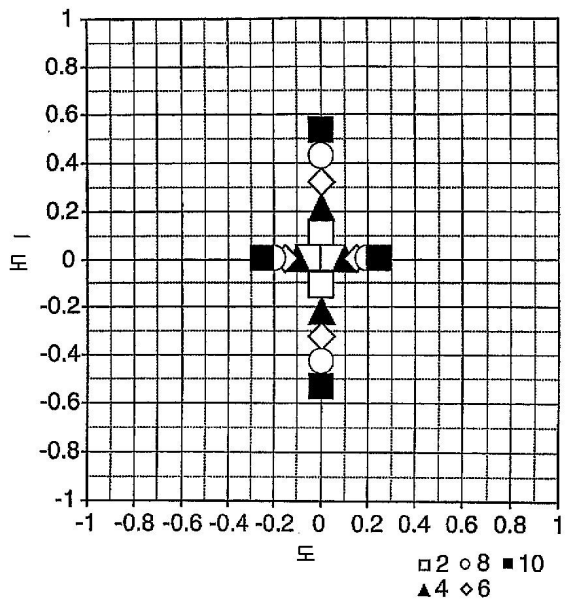
도면22



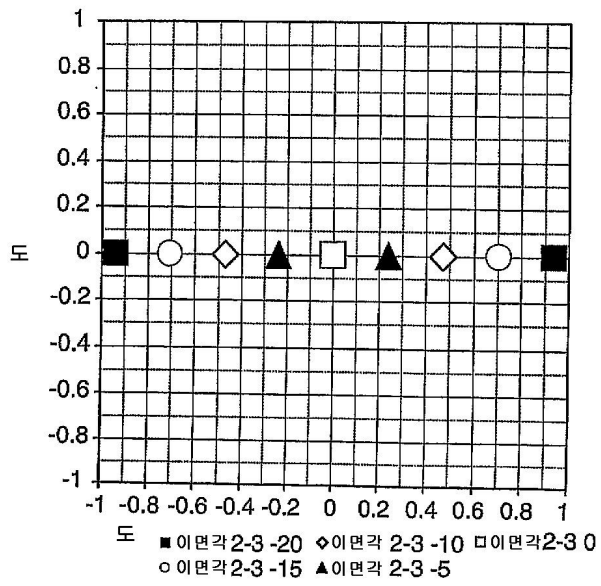
도면23



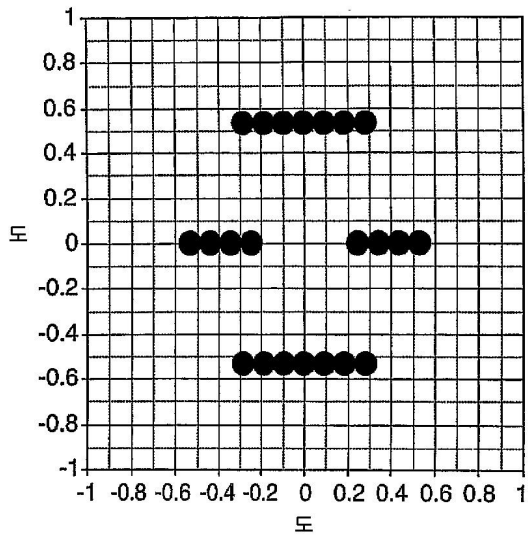
도면24



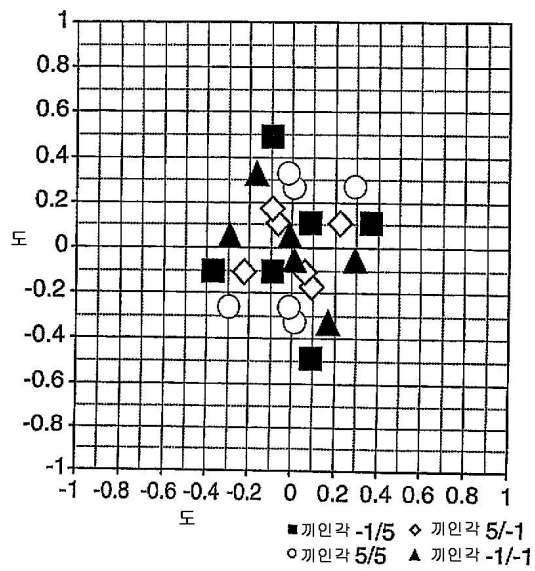
도면25



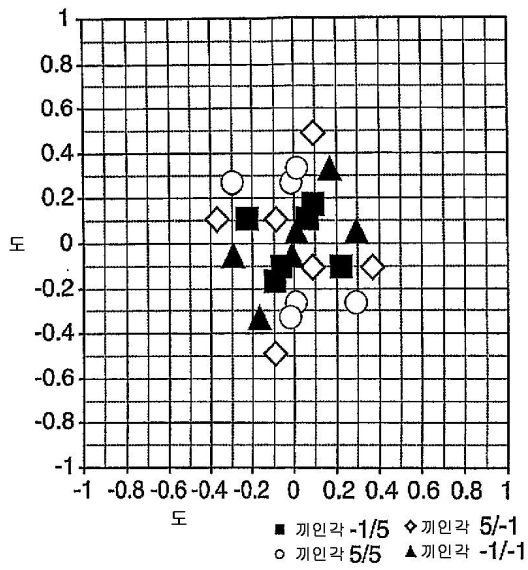
도면26



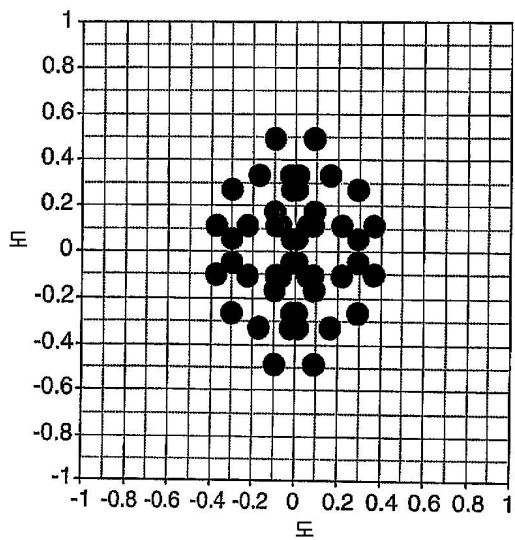
도면27



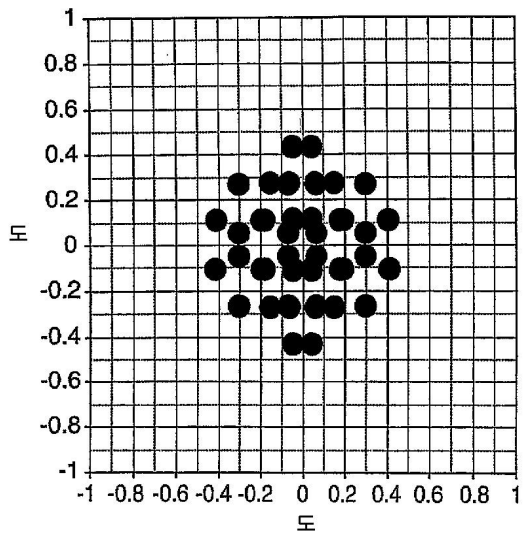
도면28



도면29



도면30



도면31

