(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0036732
(43) 공개일자 2025년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 3/46 (2006.01) *G01J 3/02* (2006.01)
G01J 3/10 (2006.01) *G01J 3/50* (2006.01)
G01N 21/25 (2006.01) *G01N 21/47* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 3/465 (2013.01)
G01J 3/0208 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7041458
(22) 출원일자(국제) 2023년07월10일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년12월13일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2023/057060
(87) 국제공개번호 WO 2024/013636
국제공개일자 2024년01월18일
(30) 우선권주장
22382673.6 2022년07월14일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
필라 레이저, 에스. 엘.
스페인, (발렌시아) 파테르나 파르케 테크놀로히코, 론다 구글리엘모 마르코니, 12-14 (우: 46980)
(72) 발명자
페레즈 밀란, 페레
스페인 46980 (발렌시아) 파테르나 파르케 테크놀로히코 론다 구글리엘모 마르코니 14 필라 레이저, 에스. 엘.
가르시아 데 라 레이나 카리오, 아이토르
스페인 46980 (발렌시아) 파테르나 파르케 테크놀로히코 론다 구글리엘모 마르코니 14 필라 레이저, 에스. 엘.
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹

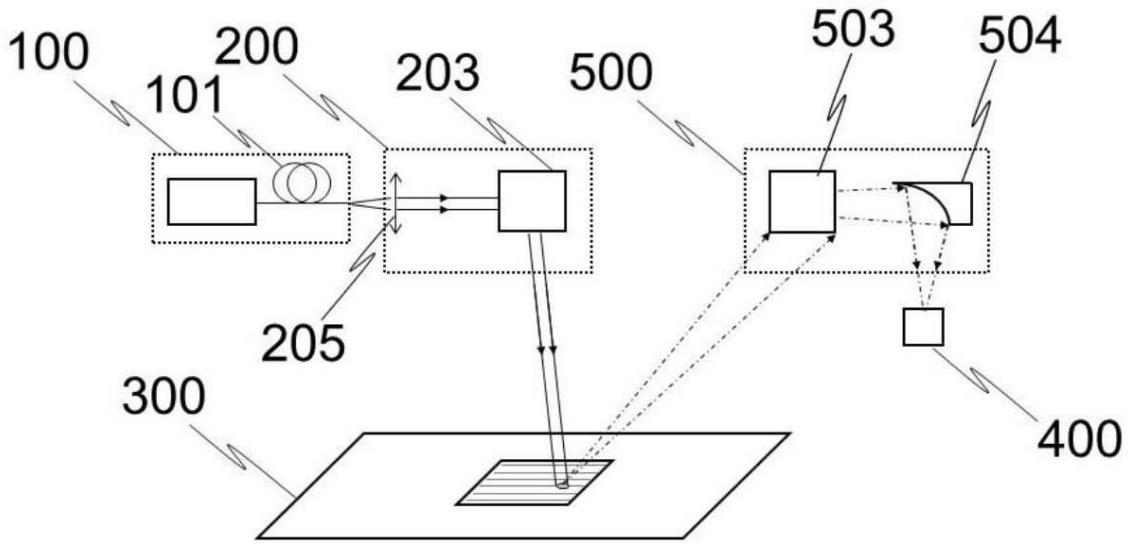
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **샘플 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템 및 방법**

(57) 요 약

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템 및 방법이 제공된다. 시스템은 광원; 샘플의 영역을 부품별로 스캐닝하기 위한 제1 광학 배열체; 샘플로부터 산란된 광을 수집하기 위한, 제2 광학 디바이스 및 광학 요소를 포함하는 제2 광학 배열체; 수집된 산란된 광을 수신하고 각각의 부품에 대한 광학 스펙트럼을 측정하기 위한 광학 분광계; 및 컴퓨팅 디바이스를 포함한다. 시스템은 영역의 스캐닝을 영역의 부품들에 대한 광학 스펙트럼들의 기록과 동기화하도록 구성된다. 제2 광학 디바이스는 제1 광학 디바이스와 동기화하여, 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 변경하고 동적으로 배향시키도록 구성된다. 컴퓨팅 디바이스는 컬러 좌표들을 결정하고, 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅 및 분석하고, XYZ 삼자극 값들을 계산한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01J 3/0289 (2013.01)
G01J 3/10 (2013.01)
G01J 3/502 (2013.01)
G01J 3/504 (2013.01)
G01N 21/251 (2013.01)
G01N 21/255 (2013.01)
G01N 21/47 (2013.01)
G01N 2201/0221 (2013.01)
G01N 2201/0633 (2013.01)
(72) 발명자
구티에레즈 베니토, 마틴
스페인 46980 (발렌시아) 파테르나 파르케 테크놀로히코 론다 구글리엘모 마르코니 14 필라 레이저, 에스. 엘.
이를레스 안톤, 에스더
스페인 46980 (발렌시아) 파테르나 파르케 테크놀로히코 론다 구글리엘모 마르코니 14 필라 레이저, 에스. 엘.

명 세 서

청구범위

청구항 1

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템으로서,

샘플(300)을 조명하기 위해 광을 방출하도록 구성된 광원(light source)(100);

상기 광을 수신하고, 주어진 거리에 위치된 샘플(300)의 표면을 향해 상기 광의 시준된 빔(collimated beam)을 출력하여 지향시키도록 구성된 제1 광학 배열체(optical arrangement)(200) - 상기 제1 광학 배열체(200)는 상기 샘플(300)을 향한 시준된 빔의 방향을 변화 및 동적으로 배향시킴으로써 상기 샘플(300)의 영역을 부품별로(part-by-part) 스캐닝시키도록 구성된 제1 광학 디바이스(203)를 포함함 -;

상기 시준된 빔으로 샘플을 조명할 시에, 상기 샘플로부터 산란된 광을 수집하도록 구성되는 제2 광학 배열체(500) -

상기 제2 광학 배열체(500)는 제2 광학 디바이스(503) 및 광학 요소(504)를 포함하며, 상기 제2 광학 디바이스(503)는 상기 샘플 표면에 시준된 빔이 입사할 때 상기 샘플에서 반사되는 정반사 성분(specular component)의 방향에 대해 관찰 각도(α)로 샘플에 의해 산란된 광을 수신하도록 구성되고, 상기 제2 광학 디바이스(503)는 상기 수신된 산란된 광을 상기 광학 요소(504)를 향해 재지향시키도록 추가로 구성되며, 그리고

상기 제2 광학 디바이스(503)는 상기 제1 광학 디바이스(203)와 동기화하여, 상기 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 변경하고 동적으로 배향하도록 추가로 구성되며, 이에 따라 상기 샘플(300)의 영역의 스캐닝 동안, 상기 재지향된 산란 광의 전파 방향이 상기 광학 요소(504)에 대해 일정하게 유지됨 -;

상기 제2 광학 배열체(500)에 의해, 수집된 산란된 광을 수신하고 각각의 부품에 대한 상기 수집된 산란된 광의 광학 스펙트럼을 기록하도록 구성된 광학 분광계(optical spectrometer)(400); 및

상기 광학 분광계(400)에 동작 가능하게 연결된 컴퓨팅 디바이스(computing device)를 포함하고;

상기 광원(100)에 의해 방출된 광은 동시에 방출되는 파장들의 스펙트럼을 포함하고, 상기 스펙트럼은 적어도, 제1 파장 내지 제2 파장의 가시 범위 내의 파장들의 대역을 연속적으로 커버하고;

상기 광원(100)에 의해 방출된 광은 적어도, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 대역의 파장들에 대해 공간적 가간섭하며(spatially coherent);

상기 시준된 빔을 출력하기 위한 제1 광학 배열체(200)는, 시준된 상기 공간적 가간섭 광이 시준되는 경우 시준된 상기 공간적 가간섭 광을 보존하도록 구성되고, 또는 상기 광학 배열체(200)는 상기 공간적 가간섭 광의 시준을 수행하기 위한 시준기(collimator)(205)를 더 포함하고;

상기 시스템은, 상기 제1 광학 디바이스(203)가 상기 영역을 스캐닝할 때, 상기 영역의 부품들에 대한 광학 스펙트럼들의 광학 분광계(400)에 의한 기록과 상기 영역의 스캐닝을 동기화하고 그리고 상기 제1 광학 디바이스(203)에 의한 상기 부품의 스캔의 지속기간과 동일한 광학 스펙트럼 통합 시간(integration time)을 지속시키는 각각의 부품의 광학 스펙트럼을 기록하기 위해 구성되며;

상기 컴퓨팅 디바이스는, 상기 영역의 스캐닝되는 부품들 중 전부 또는 일부에 대응하는 광학 스펙트럼들 중 전부 또는 일부에 대한 통계적 계산으로부터 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅함으로써 그리고 전체 광학 스펙트럼을 분석함으로써 주어진 컬러 공간에서 상기 샘플(300)의 영역의 컬러 좌표들을 결정하도록 구성되며, 상기 분석은 상기 전체 광학 스펙트럼에 대응하는 XYZ 삼자극 값(Tristimulus value)들을 계산하는 것을 포함하고;

상기 제1 파장은 370 ㎚ 내지 460 ㎚의 범위에 포함되고, 상기 제2 파장은 620 ㎚ 내지 780 ㎚의 범위에 포함되는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 재지향된 산란된 광의 전파 방향은 상기 광학 요소(504)의 주 광학 축에 평행하고, 바람직하게는 상기 광학 요소(504)는 축-외 포물면 미러(off-axis parabolic mirror)인,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 관찰 각도(α)는 약 45도이고,

상기 제1 광학 디바이스(203)는 추가로, 상기 샘플의 영역의 부품별 스캐닝 동안, 샘플의 표면에 수직인 중심 방향을 중심으로 시준된 빔의 방향을 변경하고 동적으로 배향시키는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 4

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 광학 디바이스(203) 및 상기 제2 광학 디바이스(503)는 개개의 검류계 미러(galvanometer mirror)들을 포함하고; 상기 제2 광학 배열체는 상기 광학 분광계(400)에 광학적으로 커플링된 광섬유를 더 포함하고; 상기 광학 요소(504)는 상기 제1 광학 디바이스(503)에 의해 재지향된 산란된 광을 수신하고 이를 광섬유의 입력을 향해 추가로 재지향시키도록 구성되는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 요소(504)는 관통 홀을 갖는 축-외 포물면 미러이고, 상기 시스템은 상기 홀을 통해 그리고 상기 제2 광학 디바이스(503)를 향해 레이저 광을 방출하도록 구성된 레이저를 더 포함하는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 6

제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 초연속체 광원(supercontinuum light source)인,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 7

제1 항 내지 제6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 파장 내지 상기 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 상기 시준된 빔의 횡단 섹션의 직경은 상기 제1 광학 배열체(200)에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 10 ㎜ 이하이고, 또는 상기 제1 광학 배열체(200)에서의 상기 포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 100 ㎜ 이하이며, 상기 직경은 $1/e^2$ 폭인 것으로 고려되고, 상기 포인트는 바람직하게는, 상기 제1 광학 배열체(200)가 시준기(205)를 포함할 때, 상기 시준기(205)에 있는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 8

제1 항 내지 제7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 파장 내지 상기 제2 파장의 모든 파장들로 구성된 시준된 빔의 밝기는 상기 제1 광학 배열체(200)에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 1 ㎽/㎠ 이상이고; 또는 상기 제1 광학 배열체(200)에서의 상기

포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 0.01 mW/㎠ 이상이고, 상기 포인트는 바람직하게는, 상기 제1 광학 배열체(200)가 시준기(205)를 포함할 때, 상기 시준기(205)에 있는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템.

청구항 9

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법으로서,

광원에 의해 주어진 거리에 위치된 샘플을 조명하기 위한 광원으로 광을 방출하는 단계 - 상기 광은 동시에 방출되는 파장들의 스펙트럼을 포함하고, 상기 스펙트럼은 적어도, 가시 범위 내의 파장들의 대역을 제1 파장 내지 제2 파장의 범위로 연속적으로 커버하며, 상기 광은 적어도, 상기 제1 파장 내지 상기 제2 파장의 모든 파장들에서 공간적 가간섭하고, 상기 제1 파장은 370 ㎚ 내지 460 ㎚의 범위에 포함되고, 상기 제2 파장은 620 ㎚ 내지 780 ㎚의 범위에 포함됨 -;

광원의 단부로부터 일정 거리에 위치된 제1 광학 배열체에서 공간적 가간섭 광을 수신하는 단계;

상기 제1 광학 배열체에서, 상기 공간적 가간섭 광이 시준되면, 시준된 공간적 가간섭 광을 보존하고 또는 상기 공간적 가간섭 광을 시준기로 시준하는 단계;

상기 제1 광학 배열체에 의해, 상기 공간적 가간섭 광의 시준된 빔을, 상기 제1 광학 배열체로부터 주어진 거리에 위치된 샘플의 표면을 향해 출력하여 지향시키는 단계 - 상기 거리는 바람직하게는 0.5 m 이상임 -; 상기 지향된 시준된 빔의 방향을 변경하고 동적으로 배향시키는, 상기 제1 광학 배열체의 제1 광학 디바이스에 의해 샘플의 영역을 부품별로 스캐닝하는 단계;

제2 광학 디바이스 및 광학 요소를 포함하는 제2 광학 배열체에 의해 상기 샘플로부터 산란된 광을 수집하는 단계 - 상기 제2 광학 디바이스에 의해, 상기 샘플 표면에 시준된 빔이 입사할 때 상기 샘플에서 반사되는 정반사 성분의 방향에 대해 관찰 각도로 상기 샘플에 의해 산란된 광을 수신하고, 상기 제2 광학 디바이스에 의해, 상기 수신된 산란 광을 상기 광학 요소를 향해 재지향시키며, 그리고 상기 제1 광학 디바이스와 동기화되는 상기 제2 광학 디바이스에 의해, 상기 샘플의 영역의 스캐닝 동안, 상기 재지향된 산란된 광의 전파 방향이 상기 광학 요소에 대해 일정하게 유지하도록 상기 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 변경하고 동적으로 배향시킴 -;

광학 분광계에 의해, 각각의 부품에 대해 상기 샘플로부터 수집된 산란 광의 광학 스펙트럼을 기록하는 단계;

상기 영역의 스캐닝을 상기 영역의 부품들에 대한 광학 스펙트럼들의 광학 분광계에 의한 기록과 동기화하는 단계 - 상기 각각의 부품의 광학 스펙트럼을 기록하는 것은 상기 광학 디바이스에 의해 상기 부품의 스캔의 지속기간과 동일한 광학 스펙트럼 통합 시간을 지속시킴 -; 및,

상기 영역의 스캐닝되는 부품들 중 전부 또는 일부에 대응하는 광학 스펙트럼들 중 전부 또는 일부에 대한 통계적 계산으로부터 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅함으로써 그리고 전체 광학 스펙트럼을 분석함으로써 - 상기 분석은 상기 전체 광학 스펙트럼에 대응하는 XYZ 삼자극 값들을 계산하는 것을 포함함 -, 상기 광학 분광계에 동작가능하게 연결된 컴퓨팅 디바이스에 의해, 주어진 컬러 공간에서 샘플의 영역의 컬러 좌표들을 측정하는 단계를 포함하는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 동기화를 수행하기 위해 시간 의존 전압 신호가 사용되는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법.

청구항 11

제9 항 또는 제10 항에 있어서,

상기 샘플은 시준된 빔으로 조명되는 동안 환경으로부터 다른 광을 추가로 수신하는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법.

청구항 12

제9 항 내지 제11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시준된 빔은 상기 제1 파장 내지 상기 제2 파장까지의 모든 파장들에 대해 0.46도 이하, 바람직하게는 0.01 내지 0.20도의 최대 전각(full-angle) 각도 발산을 가지며; 또는

상기 제1 파장 내지 상기 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 시준된 빔의 횡단 섹션의 직경은 상기 제1 광학 배열체에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 10 mm 이하이고, 또는 상기 제1 광학 배열체에서의 상기 포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 100 mm 이하이며, 상기 직경은 $1/e^2$ 폭인 것으로 고려되고; 또는

상기 제1 파장 내지 상기 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 상기 시준된 빔의 빔 품질 팩터(M^2)는 1.0 내지 2.0의 범위에 포함되며; 또는

상기 제1 파장 내지 상기 제2 파장의 모든 파장들로 구성된 시준된 빔의 밝기는 상기 제1 광학 배열체에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 1 mW/㎠ 이상이고, 또는 상기 제1 광학 배열체(200)에서의 상기 포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 0.01 mW/㎠ 이상이고;

상기 제1 광학 배열체가 시준기를 포함할 때, 상기 제1 광학 배열체에서의 상기 포인트는 상기 시준기에 있는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법.

청구항 13

제9 항 내지 제12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광학 스펙트럼 통합 시간은,

- 상기 제1 광학 디바이스에 의해, 백색 기준 영역의 일부, 바람직하게는 둘레부를 연속적으로 스캐닝하는 단계;

- 상기 일부의 스캐닝과 동시에, 상기 광학 분광계에 의해, 소정의 일정한 시간 차이를 갖고 점진적으로 그리고 이산적으로 증가되는 상이한 광학 스펙트럼 통합 시간들을 갖는 광학 스펙트럼을 기록하는 단계; 그리고

- 상기 기록된 광학 스펙트럼이 어떠한 파장에서도 포화되지 않는 최대 광학 스펙트럼 통합 시간을 광학 스펙트럼 통합 시간으로서 선택하는 단계를,

수행함으로써 결정되는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법.

청구항 14

제9 항 내지 제13 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 XYZ 삼자극 값들은,

- 상기 샘플의 영역의 전체 광학 스펙트럼, 백색 기준의 기준 전체 광학 스펙트럼 및 배경 스펙트럼을 사용하여 반사율 곡선(reflectance curve)을 컴퓨팅하는 단계;

- 컴퓨팅된 반사율 곡선에 CIE 표준 발광체 스펙트럼 곡선을 곱하고, CIE 표준 관찰자 스펙트럼 곡선과 정규화 상수를 곱하는 단계

에 의해 계산되는,

샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로, 컬러 측정에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 샘플 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 가장 까다로운 컬러 측정 애플리케이션들 중 일부는, 고속으로 그리고 낮은 재정적 비용으로 정확한 컬러 측정들을 제공할 수 있는 시스템들 및 방법들을 필요로 한다. 일부 추가의 까다로운 애플리케이션들은 부가적으로, 멀리서 물체들의 컬러를 측정하고, 다른 병렬 프로세스들, 예컨대 공장의 제조 라인에서 발생하는 프로세스들과 조합하여 이를 수행하는 능력을 필요로 한다. 컬러 측정 분야에서 이용 가능한 종래 기술의 대부분은 앞서 언급된 요구들 중 몇몇을 충족시키지 못하는데, 이는 왜냐하면 정확하고 빠른 측정을 달성하기 위해 복잡하고 값비싼 장비의 사용과 특수 조건들(예컨대, 0 또는 매우 낮은 주변 조명, 및/또는 샘플을 특수 케이스 내부측에 두거나 접촉시키는 것, 및/또는 샘플을 컬러 측정 디바이스로 터치하는 것)(이러한 특수 조건들은 컬러 측정을 수행해야 하는 맥락과 양립할 수 없음)이 필요한 시스템 및 방법들과 관련이 있기 때문이다. 마찬가지로, 샘플의 컬러를 정확하게 결정하는 것은 종종 상기 샘플에 대해 정확한 다중 각도 측정들을 수행하는 것을 필요로 하지만, 환경에 의한 샘플의 강한 조명 하에서 그리고 멀리서 상기 다중 각도 측정들을 수행하는 것은 난제이다.

[0003] 미국 특허 출원 문헌 US 2018/0180480 A1은 광 조명 및 수신 광학 시스템, 분광 블록, 제어 유닛 및 케이싱을 포함하는 다중 각도 비색계(colorimeter)를 설명하고, 또한 샘플의 컬러 – 관찰된 컬러는 복수의 광 수신 각도들 각각에서 비색 관찰 방향에 따라 변경됨 –를 측정하는 것이 가능하다고 설명한다. 그러나, 미국 특허 출원 문헌 US 2018/0180480 A1은 또한, 컬러를 측정할 때, 케이싱의 가압 부분(pressing portion)이 샘플에 대해 가압되는 것을 설명한다.

[0004] 마찬가지로, 미국 특허 출원 문헌 US 2006/0109474 A1은 대상물을 측정하기 위한 다중 각도 비색계를 설명하고, 비색계는 조명 시스템, 환형 미러(toroidal mirror), 광 검출 시스템, 제어기/계산기 및 측정 개구를 갖는 케이싱 본체를 포함하며, 측정 개구는 대상물 표면에 대향하고 대상물 표면 상에 미리 정해진 측정 영역을 규정하기 위한 둘레부를 갖는다.

[0005] 위로부터, 거리로부터 샘플의 컬러를 정확하게 측정하기 위한 그리고 다중 각도 측정들을 동시에 제공하는 능력이 필요한 방법들 및 시스템들이 있다는 것이 이해된다. 더욱이, 전술된 컬러들의 정확한 측정들을 위해, 특히 상기 다중 각도 측정들 동안, 측정들 동안 조명 소스 및/또는 분광계를 재포지셔닝시킬 요구도 없고 재포지셔닝시킬 필요도 없고 복수의 조명 소스들 및/또는 분광계들을 사용할 필요도 없음을 보장하거나 목표로 하는 필요한 방법들 및 시스템들이 존재한다.

발명의 내용

[0006] 본 발명은 컬러를 측정하기 위한 시스템 및 방법을 제공하며, 여기서 컬러는 원격으로, 인-라인(in-line)으로, 또는 에트-라인(at-line) 또는 오프-라인(off-line)으로 측정되며, 실시간으로, 측정은 주변 조명광에 영향을 받지 않는다. 시스템 및 방법은 비-침습적이며: 분석 후에, 연구 중인 샘플은 손상되지 않고 변경되지 않은 상태로 유지된다(예컨대, 샘플의 컬러를 측정하기 위해 샘플의 조각을 절단할 필요가 없음). 본 발명은, 특히 페인팅(painting) 또는 염료(dyeing)를 위한 다양한 재료들, 이를테면, 직물들, 폴리머들, 유기 재료들, 플라스틱들, 유리, 금속들, 나무들, 세라믹들 및 안료들(천연 또는 합성)의 컬러를 측정하는 데 적합하다. 본 발명은 기존의 제조 라인들 또는 다른 복잡한 셋업들 내에서 또는 기존의 제조 라인들에 근접하게 진보된 컬러 측정을 가능하게 한다. 본 발명은, 용이하게 확장가능하고(scalable), 견고하며(robust), 콤팩트(compact)하게 제조될 수 있고, 범용이며 휴대가능하기 위해 작은 폼 팩터(form factor)를 가질 수 있는 시스템을 제공한다. 본 발명은 매우 고가의 장비의 사용을 초래하지 않는다. 본 발명은 상이한 크기들 및 형상들의 영역들을 측정하는 것을 가능하게 한다. 본 발명은 고해상도로 컬러 맵핑을 수행하는 것을 가능하게 한다. 매우 중요하게는, 본 발명은, 측정들 동안 조명 소스 및/또는 분광계를 재포지셔닝할 필요 없이, 또는 복수의 조명 소스들 및/또는 분광계들의 사용을 요구하지 않고, 다중 각도 컬러 측정들을 수행하는 것을 가능하게 한다.

[0007] 그 목적을 위해, 본 발명의 실시예들은, 샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템을 개시하며, 시스템은 샘플을 조명하기 위해 광을 방출하도록 구성된 광원; 상기 광을 수신하고, 주어진 거리에 위치된 샘플의 표면을 향해 상기 광의 시준된 빔(collimated beam)을 출력하여 지향시키도록 구성된 제1 광학 배열체 – 제1 광학 배열체는 샘플을 향한 시준된 빔의 방향을 변화 및 동적으로 배향시킴으로써 샘플의 영역을 부품별로(part-by-part) 스캐닝시키도록 구성된 제1 광학 디바이스를 포함함 –; 시준된 빔으로 샘플을 조명할 시에, 샘플로부터 산란된 광을 수집하도록 구성되는 제2 광학 배열체; 수집된 산란된 광(즉, 제2 광학 배열체에 의해 수집된 산란

된 광)을 수신하고, 각각의 (스캐닝된) 부품에 대해, 수집된 산란된 광의 광학 스펙트럼을 기록하도록 구성된 광학 분광계; 및 광학 분광계에 동작 가능하게 연결된 컴퓨팅 디바이스를 포함한다. 부품별은 라인별 또는 포인트별 또는 스팟별일 수 있다. 바람직하게는, 영역은 영역의 라인들 상에서 조명함으로써 스캐닝되는데, 다시 말해, 영역은 라인별로 스캐닝된다. 광학 분광계에 의해 수신된 산란된 광은 후방-산란 광(back-scattered light), 즉, 시준된 빔으로 샘플을 조명할 때 샘플로부터 후방-산란되는 광이거나 이를 포함할 수 있다.

[0008] 제2 광학 배열체는 제2 광학 디바이스 및 광학 요소를 포함한다. 제2 광학 디바이스는, 샘플의 표면 상에 시준된 빔의 입사 시에 샘플로부터 반사된 정반사 성분(specular component)의 방향에 대해 관찰 각도(α)로 샘플에 의해 산란된 광을 수신하도록 구성된다. 또한, 상기 제2 광학 디바이스는 수신된 산란된 광을 광학 요소를 향해 재지향시키도록 추가로 구성된다.

[0009] 더욱이, 상기 제2 광학 디바이스는 제1 광학 디바이스와 동기화하여, 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 변경하고 동적으로 배향하도록 추가로 구성되며, 이에 따라 샘플의 영역의 스캐닝 동안 상기 재지향된 산란 광의 전파 방향이 산란된 광이 광학 요소에 대해 일정하게(즉, 동일하게) 유지된다.

[0010] 제안된 시스템에서, 광원에 의해 방출된 광은 동시에 방출되는 파장들의 스펙트럼을 포함하고, 상기 스펙트럼은 제1 파장 내지 제2 파장의 가시 범위 내의 적어도 파장들의 대역을 연속적으로 커버한다. 게다가, 광원에 의해 방출된 광은 적어도, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 대역의 파장들에 대해 공간적 가간섭한다(coherent). 스펙트럼은 가장 바람직하게는 넓은 스펙트럼이며, 예를 들어, 10 nm 또는 50 nm 또는 100 nm 초과의 폭인 스펙트럼이다.

[0011] 더욱이, 시스템은, 제1 광학 디바이스가 영역을 스캐닝할 때, 상기 영역의 스캐닝을, 영역의 부품들에 대한 광학 스펙트럼들의 광학 분광계에 의한 기록과 동기화하도록 구성된다. 마찬가지로, 시스템은, 각각의 부품(스캐닝되는 각각의 부품)의 광학 스펙트럼의 기록이, 제1 광학 디바이스에 의한 상기 부품의 스캔의 지속기간과 동일한 광학 스펙트럼 통합 시간이 지속되도록 구성된다.

[0012] 시준된 빔을 출력하기 위한 제1 광학 배열체는, 시준된 상기 공간적 가간섭 광이 시준되는 경우 시준될 때, 시준된 상기 공간적 가간섭 광을 보존하도록 구성되고, 그리고/또는 상기 광학 배열체는 공간적 가간섭 광의 시준을 수행하기 위한 시준기를 더 포함한다. 바람직하게는, 시준기는 광원의 단부로부터 특정 거리에 위치된다.

[0013] 따라서, 광원에 의해 방출된 공간적 가간섭 광은 광원을 빠져나갈 때 시준될 수 있거나 시준되지 않을 수 있다. 마찬가지로, 상기 광은 제1 광학 배열체에 의해 수신되기 전에 시준될 수 있거나 시준되지 않을 수 있다. 후자는 상기 시준을 파괴하지 않는 광학 요소들을 가짐으로써 광의 시준을 보존할 수 있다. 마찬가지로, 제1 광학 배열체는 광의 시준을 야기하거나 개선하기 위해 위에서 언급된 바와 같은 시준기를 포함할 수 있다. 마찬가지로, 선택적으로, 시스템은, 광원으로부터 제1 광학 배열체로 가는 광을 시준하기 위해, 상기 광원과 제1 광학 배열체 사이에 시준기를 포함할 수 있다.

[0014] 위의 내용에 따르면, 제1 광학 배열체는 공간적 가간섭 광을 시준된 빔으로 변환하기 위해 광원의 단부로부터 일정 거리(시준기의 초점 길이에 대응함)에 위치된 시준기, 예컨대 시준 렌즈 또는 시준 미러를 갖는 옵션이 고려된다.

[0015] 컴퓨팅 디바이스는, 영역의 스캐닝되는 부품들 중 전부 또는 일부에 대응하는 광학 스펙트럼들 중 전부 또는 일부에 대한 통계적 계산으로부터 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅함으로써 그리고 전체 광학 스펙트럼을 분석함으로써 주어진 컬러 공간에서 샘플의 영역의 컬러 좌표들을 결정하도록 구성되며, 상기 분석은 전체 광학 스펙트럼에 대응하는 XYZ 삼자극 값(Tristimulus value)들을 계산하는 것을 포함한다. 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅하는 것은 상기 통계적 계산을 수행하는 것을 수반하는데, 즉 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅하는 것은 상기 통계적 계산을 수행함으로써 (수행하는 것에 의해) 행해진는 것이 명확하게 이해될 수 있다.

[0016] 상기 전체 광학 스펙트럼은 선택적으로, 다른 통계적 성능 수치들 중에서, 영역의 스캐닝되는 부품들 전부 또는 일부에 대응하는 광학 스펙트럼들 중 전부 또는 일부의 통계적 평균(average)(산술평균(mean)), 중앙값(median) 또는 최빈값(mode)일 수 있다. 바람직하게는, 상기 전체 광학 스펙트럼은 영역의 스캐닝되는 모든 부품들에 대응하는 모든 광학 스펙트럼들에 대해 계산된 평균(산술평균) 광학 스펙트럼이다.

[0017] 바람직한 실시예에서, 재지향된 산란된 광의 전파 방향은 광학 요소의 주 광학 축에 평행하다. 또한, 바람직하게는, 상기 광학 요소는 축-외 포물면 미러(off-axis parabolic mirror)이다. 따라서, 시스템은 유리하게, 아

직 구현하기에 간단한 양호하게 기능적인 광학 설계로부터 이익을 얻을 수 있다.

[0018] 바람직한 실시예에서, 관찰 각도(α)는 약 45도이고, 제1 광학 디바이스는 샘플의 영역의 부품별 스캐닝 동안, 샘플의 표면에 수직인 중심 방향을 중심으로 시준된 빔의 방향을 변경하고 동적으로 배향시키도록 추가로 구성된다. 따라서, 시스템은 많은 산업 애플리케이션들에서 표준화 목적들을 위해 요구되는 바와 같이 CIE 0/45(즉, $0^{\circ}/45^{\circ}$) 컬러 측정들을 선택적으로 제공할 수 있다.

[0019] 바람직한 실시예에서, 제1 광학 디바이스 및 제2 광학 디바이스는 개개의 검류계(galvanometer)(검류식(galvanometric), 갈보(galvo)) 미러들을 포함한다. 검류계 미러들, 특히 상업적으로 입수가능한 미러들의 사용은 유리하게, 시스템의 전체 광학 설계를 단순화할 수 있다. 또한, 선택적으로 그리고 바람직하게는 제2 광학 배열체는 광학 분광계에 광학적으로 커플링된 광섬유를 더 포함한다. 분광계를 제2 광학 배열체와 광학적으로 커플링(즉, 연결)하기 위한 광섬유의 사용은 유리하게, 시스템의 폼 팩터를 최소화하고 그리고/또는 상기 시스템을 휴대용으로 만드는 데 기여할 수 있다. 더욱이, 바람직한 실시예에서, 광학 요소는 광학 요소에 의해 재지향된 산란된 광을 수신하고, 추가로, 상기 광을 전술된 선택적 광섬유의 입력을 향해 재지향시키도록 구성된다.

[0020] 바람직한 실시예에서, 시스템의 광학 요소는 관통 홀을 갖는 축-외 포물면 미러(off-axis parabolic mirror)이고, 시스템은 상기 홀을 통해 그리고 제2 광학 디바이스를 향해 레이저 광을 방출하도록 구성된 레이저를 더 포함한다. 따라서, 제2 광학 디바이스는 추가로 상기 레이저 광을 샘플의 표면을 향해 재지향시킬 수 있다. 샘플을 조명하는 시준된 빔 및 레이저 광의 포지션들을 사용하여, 컬러 측정들을 수행하기 전에, 제1 및 제2 광학 디바이스들의 광학 정렬을 행하는 것이 가능하다. 상기 광학 정렬은, 제2 광학 디바이스가 상기 축-외 포물면 미러의 광학 축에 평행하게 산란된 광학 광을 적절하게 재지향시키는 것을 보장하기 위해, 상기 레이저 광과 시준된 빔이 샘플의 표면 상에서 일치하도록 기능할 수 있다. 이러한 방식으로, 제2 광학 배열체의 산란된 광의 수집은 유리하게 최적화될 수 있다.

[0021] 선택적으로 그리고 바람직하게는, 공간적 가간섭 광원은 초연속체 광원이거나 또는 초연속체 광원을 포함한다. 선택적으로, 광원, 예컨대 상기 선택적인 초연속체 광원은 광에 의해 여기되고(excited) 초연속체를 방출하도록 구성된 비선형 광섬유 또는 광섬유를 포함한다. 유리하게는, 이 옵션은 추가로, 콤팩트하고 내구성이 있으며 휴대용인 시스템을 갖는 것을 가능하게 할 수 있다.

[0022] 실시예에서, 제1 파장은 370 nm 내지 460 nm의 범위에 포함되고, 제2 파장은 620 nm 내지 780 nm의 범위에 포함된다. 특정 실시예에서, 제1 파장은 430 nm이다. 다른 특정 실시예에서, 제2 파장은 750 nm이다. 다른 특정 실시예에서, 제1 파장은 400 nm이다. 다른 특정 실시예에서, 제2 파장은 780 nm이다. 또 다른 특정 실시예에서, 제1 파장은 380 nm이고, 제2 파장은 750 nm이다. 선택적으로, 제1 및 제2 파장을 제어하는 것은 측정의 정확도를 향상시키고 그리고/또는 샘플의 예상되는 컬러에 따라 시스템을 적응시키는 것을 가능하게 할 수 있다.

[0023] 일 실시예에서, 시준된 빔은 제1 파장으로부터 제2 파장까지의 모든 파장들에 대해 0.46도 이하의 최대 전각 각도 발산(full-angle angular divergence)을 갖는다. 선택적으로 그리고 바람직하게는 상기 최대 전각 각도 발산은 제1 파장으로부터 제2 파장까지의 모든 파장들에 대해 0.01 내지 0.20도이다. 이러한 옵션은 빔의 방향성 및 직경을 제어하는 것을 가능하게 할 수 있고, 시스템으로부터 다양한 거리들에서 샘플들을 정확하게 측정하는 데 기여할 수 있다.

[0024] 일 실시예에서, 제1 광학 배열체는 시준기를 포함하며, 시준기는 바람직하게는 시준 렌즈이고, 시준기로부터의 거리 – 상기 거리는 시준기의 초점 길이에 대응함 –에서, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 시준된 빔의 횡단 섹션의 직경은 5 ㎜ 이하이고, 특히 2.15 ㎜ 미만이며 상기 직경은 $1/e^2$ 폭인 것으로 고려된다. 이러한 옵션은 측정들 동안 높은 공간 분해능 및 양호한 신호-대-잡음비를 달성하는 데 기여할 수 있다.

[0025] 일 실시예에서, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 시준된 빔의 횡단 섹션의 직경은 제1 광학 배열체에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 10 ㎜ 이하이고, 그리고/또는 상기 직경은 제1 광학 배열체에서의 상기 포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 100 ㎜ 이하이며, 직경은 $1/e^2$ 폭인 것으로 고려된다. 바람직하게는, 상기 포인트는, (만약) 제1 광학 배열체가 상기 시준기를 포함할 때, 시준기에 있다. 마찬가지로, 선택적으로, 상기 포인트는 제1 광학 배열체로부터의 광학 출구에 있으며, 상기 광학 출구는 광학 포트 또는 애퍼처, 또는 광학 빔이 제1 광학 배열체로부터 출사되게 하는 재료 또는 갭이다.

[0026] 마찬가지로, 선택적으로, 상기 포인트는 광의 방향을 변경하고 동적으로 배향시키도록 구성된 제1 광학 디바이

스에 있다. 이러한 옵션들은, 심지어 샘플들이 환경으로부터 많은 다른 광을 수신하는 경우에도, 양호한 분해능으로, 다양한 거리들에서 샘플들을 측정하는 것을 개선하는 데 기여할 수 있다.

[0027] 일 실시예에서, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 시준된 빔의 빔 품질 팩터(M^2)는 1.0 내지 2.0의 범위에 포함된다. 특정 실시예에서, 그러한 품질 팩터(M^2)는 1.4보다 낮다. 이 옵션은 시스템에 의한 샘플의 조명을 제어하고 최적화하는 데 기여할 수 있다.

[0028] 일 실시예에서, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들로 구성된 시준된 빔의 밝기는 제1 광학 배열체에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 1 mW/㎠ 이상이고; 선택적으로 또는 상보적으로, 상기 밝기는 제1 광학 배열체에서의 상기 포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 0.01 mW/㎠ 이상이고, 상기 포인트는 바람직하게는, (만약) 제1 광학 배열체가 상기 시준기를 포함할 때, 시준기에 있다. 특정 실시예에서, 이러한 밝기는 시준 렌즈로부터 1 m의 거리에서 136 mW/㎠이고, 시준 렌즈로부터 10 m 거리에서 2.8 mW/㎠이다. 이러한 옵션들은 측정의 정확도를 최적화하는 데 기여할 수 있다.

[0029] 본 발명의 실시예들은 또한 샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 방법을 개시한다. 이 방법은, 광원에 의해 주어진 거리에 위치된 샘플을 조명하기 위한 광원으로 광을 방출하는 단계 – 광은 동시에 방출되는 파장들의 스펙트럼을 포함하고, 스펙트럼은 적어도, 가시 광선 내의 파장들의 대역을 제1 파장 내지 제2 파장의 범위로 연속적으로 커버하며, 광은 공간적 가간섭하고, 적어도 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들임 –; 광원의 단부로부터 일정 거리에 위치된 제1 광학 배열체에서 공간적 가간섭 광을 수신하는 단계; 제1 광학 배열체에서, 공간적 가간섭 광이 시준되면, 시준된 공간적 가간섭 광을 보존하고 그리고/또는 상기 공간적 가간섭 광을 시준기로 시준하는 단계; 제1 광학 배열체에 의해, 제1 광학 배열체로부터 주어진 거리에 위치된 샘플의 표면을 향해 공간적 가간섭 광의 시준된 빔을 출력 및 지향시키는 단계; 샘플의 영역을 부품별로 스캐닝하는 단계; 제1 광학 배열체의 제1 광학 디바이스가 지향된 시준된 빔의 방향을 변경하고 동적으로 배향시키는 단계; 샘플로부터 산란된 광을 제2 광학 배열체에 의해 수집하는 단계 – 제2 광학 배열체는 제2 광학 디바이스 및 광학 요소를 포함함 –; 각각의 (스캐닝된) 부품에 대해, 제2 광학 배열체에 의해 수집된 산란 광의 광학 스펙트럼을 광학 분광계에 의해 기록하는 단계; 상기 영역의 스캐닝을 상기 영역의 부품들에 대한 광학 스펙트럼들의 광학 분광계에 의한 기록과 동기화하는 단계 – 각각의 부품의 광학 스펙트럼을 기록하는 것은 광학 디바이스에 의해 상기 부품의 스캔의 지속기간과 동일한 광학 스펙트럼 통합 시간(integration time)을 지속시킴 –; 및, 영역의 스캐닝되는 부품들 중 전부 또는 일부에 대응하는 광학 스펙트럼들 중 전부 또는 일부에 대한 통계적 계산으로부터 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅함으로써 그리고 전체 광학 스펙트럼을 분석함으로써(분석에 의해) – 상기 분석은 전체 광학 스펙트럼에 대응하는 XYZ 삼자극 값(Tristimulus value)들을 계산하는 것을 포함함 –, 광학 분광계에 동작가능하게 연결된 컴퓨팅 디바이스에 의해, 주어진 컬러 공간에서 샘플의 영역의 컬러 좌표들을 측정하는 단계를 포함한다. 본 발명에 따른 방법에서, 제2 광학 배열체에 의해 상기 산란된 광을 수집하는 단계는: 제2 광학 디바이스에 의해, 샘플의 표면 상의 시준된 빔의 입사 시에(즉, 이로 인해), 샘플로부터 반사된 정반사 성분의 방향에 대해 관찰 각도로 샘플에 의해 산란된 광을 수신하는 단계; 상기 제2 광학 디바이스에 의해, 수신된 산란 광을 광학 요소를 향해 재지향시키는 단계; 및 제1 광학 디바이스와 동기화되는 상기 제2 광학 디바이스에 의해, 샘플의 영역의 스캐닝 동안, 재지향된 산란된 광의 전파 방향이 광학 요소에 대해 일정하게 유지하도록 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 변경하고 동적으로 배향시키는 단계를 포함한다.

[0030] 이 방법에서, 선택적으로 그리고 바람직하게는, 제1 광학 배열체로부터 샘플의 위치의 주어진 거리는 0.5 m 이상이다. 선택적으로, 방법은 주어진 거리에 샘플을 제공하는 단계를 포함한다.

[0031] 일 실시예에서, 상기 동기화를 수행하기 위해 시간 의존 전압 신호가 사용된다. 바람직하게는, 상기 전압 신호는 스퀘어이다(squared).

[0032] 일 실시예에서, 샘플은 시준된 빔으로 조명되는 동안 환경으로부터의 다른 광을 추가로 수신한다.

[0033] 일 실시예에서, 광학 스펙트럼 통합 시간은, 제1 광학 디바이스에 의해, 백색 기준 영역의 일부를 연속적으로 스캐닝하는 것; 상기 부분의 스캐닝과 동시에, 광학 분광계에 의해, 소정의 일정한 시간 차이를 갖고 점진적으로 그리고 이산적으로 증가되는 상이한 광학 스펙트럼 통합 시간들을 갖는 광학 스펙트럼을 기록하는 것; 및 기록된 광학 스펙트럼이 어떠한 파장에서도 포화되지 않는 최대 광학 스펙트럼 통합 시간을 광학 스펙트럼 통합 시간으로서 선택하는 것에 의해 판정된다. 선택적으로 그리고 바람직하게는 상기 부분은 상기 백색 기준 영역의 둘레부(perimeter)이다.

[0034] 일 실시예에서, XYZ 삼자극 값들을 계산하는 것은, 샘플의 영역의 전체 광학 스펙트럼, 백색 기준 및 배경 스펙

트럼의 전체 광학 스펙트럼을 사용하여 반사율 곡선(reflectance curve)을 컴퓨팅하는 것(바람직하게는 "전체"는 "평균"임); 컴퓨팅된 반사율 곡선에 CIE 표준 발광체 스펙트럼 곡선을 곱하고, CIE 표준 관찰자 스펙트럼 곡선과 정규화 상수를 곱하는 것을 포함한다. CIE 표준 관찰자는 3개의 상이한 스펙트럼 곡선들(함수들), 즉, 3개의 CIE 표준 관찰자 스펙트럼 곡선들(함수들)에 의해 설명되며, 이들 각각은 X, Y 및 Z의 계산을 위해 독특하게 사용됨을 주목한다[ref. 4, ref. 5].

[0035] 본원에서 개시되는 본 발명의 다른 실시예들은 또한, 위에서 요약되고 아래에서 상세히 개시되는 방법 실시예 단계들 및 동작들을 수행하기 위한 소프트웨어 프로그램들을 포함한다. 더 구체적으로, 컴퓨터 프로그램 제품은, 컴퓨터 시스템 내의 적어도 하나의 프로세서 상에서 실행될 때 프로세서로 하여금 본 발명의 실시예들로서 본원에 표시된 동작들을 수행하게 하는, 인코딩된 컴퓨터 프로그램 명령들을 포함하는 컴퓨터-판독가능 매체를 갖는 일 실시예이다.

도면의 간단한 설명

[0036] 이전의 그리고 다른 이점들 및 특징들은, 예시적이고 비-제한적인 방식으로 고려되어야 하는, 첨부된 도면들을 참조하여 실시예들의 다음의 상세한 설명으로부터 더 완전히 이해될 것이다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 시스템을 개략적으로 예시한다.

도 2a는 샘플 스캐닝과 광학 스펙트럼 기록 사이의 동기화의 시공간 절차의 그래픽 설명을 도시한다.

도 2b는 검류식 스캐너와 광학 분광계 사이의 동기화를 위한 전압 신호의 예의 오실로스코프 트레이스를 도시한다.

도 3a 내지 도 3c 및 도 4는 본 발명에 따른 방법의 일부 실시예들과 유사하게 샘플의 조명의 단계들을 도시하는 사진들이다.

도 5는 조명 소스, 샘플 및 관찰자 사이의 상대적인 배향에 대한 컬러의 지각의 의존성이 존재하는 경우를 설명한다. 도 5는 또한, 정반사 성분의 반사 각도(Θ) 및 정반사 성분의 방향에 대한 관찰 각도(Θ)를 도시한다.

도 6a는 본 발명에 따른 시스템의 일 실시예를 개략적으로 도시한다.

도 6b는 본 발명에 따른 시스템의 일 실시예를 개략적으로 도시한다.

도 7a는 본 발명에 따른 시스템의 일 실시예를 개략적으로 도시한다.

도 7b는 본 발명에 따른 시스템의 일 실시예를 개략적으로 도시한다.

도 8은 본 발명의 시스템 및 방법의 실시예들을 사용하여 코팅된 알루미늄 샘플의 측정된 반사 스펙트럼을 도시한다. 도 8은 또한, 샘플의 제조자에 의해 제공되는 이론적 반사 스펙트럼을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 도 1은 샘플(300)의 영역의 컬러를 측정하기 위해 제안된 시스템의 일 실시예를 도시한다. 상기 샘플의 일부 비-제한적인 예들은: 직물, 폴리머, 유기 재료, 플라스틱, 유리, 금속, 나무, 세라믹, 안료(천연 또는 합성) 등이다. 도 1의 실시예에서, 시스템은 광원(100); 제1 광학 배열체(200); 제2 광학 배열체(500): 광학 분광계(400) 및 하나 이상의 프로세서들 및 광학 분광계(400)에 동작 가능하게 연결된 적어도 하나의 메모리를 갖는 컴퓨팅 디바이스(도시되지 않음)를 포함한다.

[0038] 광원(100)에 의해 방출된 광은 동시에 방출되는 파장들의 스펙트럼을 포함한다. 도 1의 실시예와 관련하여, 상기 스펙트럼은 적어도, 제1 파장(370 nm 내지 460 nm) 내지 제2 파장(620 nm 내지 780 nm)의 가시 범위 내의 파장들의 대역을 연속적으로 커버한다.

[0039] 광원(100)에 의해 방출된 광은, 적어도 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해 공간적 가간섭한다. 바람직하게는, 상기 공간적 가간섭 광은, 적어도, 시준된 빔의 형태뿐만 아니라, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해 전파된다. 알려진 정의들에 따르면, 공간적 가간섭 광은, 빔 프로파일에 걸쳐 상이한 위치들에서의 전기장들이 고정된 위상 관계(phase relationship)를 가지며, 따라서 상기 전기장들이 상관되는 빔 프로파일을 갖는 광으로 이해되어야 한다. 광의 공간적 가간섭은, 사용된 광을 고도의 지향성으로 렌더링하는 것을 가능하게 하며, 이는 결국, 시스템의 임의의 광학 손실들을 최소화하는 것을 가능하게 할 뿐만 아니라, 후자가 시스템으로부터 멀리 떨어져 있거나 많은 주변 광을 수신할지라도, 샘플의 견고한 컬러 측정들 및 가능하게는

고해상도 컬러 맵핑을 가능하게 한다.

[0040] 공간적 가간섭 광은 바람직하게는 높은 정도의 공간적 가간섭을 가질 수 있다. 공간적 가간섭의 정도는, 예를 들어, 빔의 횡단 섹션에 걸쳐 포인트들(1 및 2)의 쌍들 사이의 복소(complex) 상호 가간섭 정도의 모듈러스(modulus) $|\gamma_{12}(\Delta z \cong 0)|$에 의해 결정될 수 있고[ref. 1], 그리고 예를 들어, [ref.1, ref.2]에서와 같이, 광섬유 간섭계(fiber optic interferometer)에 의해 또는 영의 이중 슬릿의 방법에 의해 측정된다. 시스템의 공간적 가간섭 광에 대해, 복소 상호 간섭성 정도의 상기 모듈러스는 바람직하게는, 적어도 제1 파장(370 nm 내지 460 nm) 내지 제2 파장(620 nm 내지 780 nm)의 모든 파장들에 대해, 예를 들어 0.5 내지 1.0, 바람직하게는 0.8 내지 1.0의 범위에 있을 수 있다.

[0041] 바람직한 실시예에서, 그리고 또한 도 1의 실시예에서, 광원(100)는 광섬유 초연속체 소스이며, 여기서 초연속체 광은 광섬유에서 생성되고 상기 광섬유(101)를 통해 또는 다른 광섬유(101)를 통해 소스의 단부로 전달된다. 이러한 실시예에서, 소스의 단부는 초연속체 소스의 광을 전달하는 데 사용되는 상기 섬유(101)의 단부이다. 상기 바람직한 실시예에서, 광은, 광섬유와 자유 공간(예컨대, 공기) 사이의 계면인 이러한 단부로부터 자유 공간(예컨대, 공기)으로 방출되며, 이는 특히, 횡방향 폴리싱된 계면(예컨대, ultra-physical contact connector, UPC) 또는 앵글드 폴리싱된 계면(예컨대, angled polished connector, APC)의 형태일 수 있다.

[0042] 상기 바람직한 실시예에서, 초연속체 광의 스펙트럼은 적어도, 제1 파장(370 nm 내지 460 nm) 내지 제2 파장(620 nm 내지 780 nm)의 파장들의 대역을 연속적으로 커버한다. 상기 바람직한 실시예에서, 이들 모든 파장들은 초연속체 광을 광원의 단부에 전달하는 데 사용되는 광섬유의 기본 횡방향 모드에서만 전파된다. 결과적으로, 이 실시예의 광원에 의해 방출된 광은 적어도 제1 파장(370 nm 내지 460 nm) 내지 제2 파장(620 nm 내지 780 nm)의 모든 파장들에 대해 공간적 가간섭한다. 소스의 단부로부터, 이러한 모든 파장들이 자유 공간으로 동시에 방출될 수 있다.

[0043] 제안된 시스템에서 사용될 수 있는 광원들의 다른 비-제한적인 예들은 특히:

[0044] - 광원은 다른 것들 중에서, 예를 들어, 티타늄-사파이어 모드-고정 레이저(mode-locked laser), 또는 Yb^{3+} 모드-고정 레이저, 또는 Er^{3+} 모드-고정 레이저와 같은 모드-고정 레이저를 포함하고, 또한 상기 모드-잠금 레이저에 의해 방출된 광 방사의 적외선 방출 광학 주파수들을 2배 또는 3배로 하는 데 사용되는 비선형 결정 또는 비선형 광섬유를 포함한다. 상기 비선형 결정 또는 비선형 광섬유에 의해 방출된 광은 공간적 가간섭 광일 수 있다.

[0045] - 광원은 SLD 또는 SLED로 알려진 공간적 가간섭 초발광 다이오드(spatially coherent superluminescent light emitting diode)를 포함한다.

[0046] - 특히, 광대역 광원, 이를테면 백열 램프, 할로겐 램프 또는 백색 광 LED를 포함하는 광원으로서, 광대역 광원은 공간적으로 비간섭 광을 방출하도록 구성되고, 광원은 또한, 공간적으로 필터링하고 상기 공간적 비간섭 광을 공간적 가간섭 광으로 변환하기 위한 핀홀을 포함한다.

[0047] - 광원은 특히, 백열 램프, 할로겐 램프 또는 백색 광 LED와 같은 광대역 광원을 포함하며, 광대역 광원은 공간적 비간섭 광을 방출하도록 구성되고, 광원은 상기 공간적 비간섭 광을 공간적 가간섭 광으로 변환하기 위한 단일 모드 광섬유를 포함하고, 광대역 광원은 단일 모드 광섬유에 커플링된다.

[0048] - 광원은 초연속체 광을 생성하기 위한 비선형 결정을 포함한다.

[0049] 위에서 언급된 소스들 모두는 가시 범위의 광대역 파장들에서 공간적 가간섭하고 그러한 파장들을 동시에 방출할 수 있다. 이들 소스들에 의해 방출된 광은 시준된 빔의 형태로 자연적으로 전파될 수 있거나, 또는 시준기, 예컨대, 시준 미러 또는 시준 렌즈 또는 시준 렌즈들의 세트를 포함하는 시준기에 의해 시준된 빔으로 변환될 수 있다. 광원은 선택적으로 시준기를 포함할 수 있다.

[0050] 선택적으로, 광원이 시준된 빔의 형태로 자연적으로 방출하지 않는 경우들에 대해, 제1 광학 배열체(200)는, 도 1의 실시예에서의 경우와 같이, 공간적 가간섭 광을 시준된 빔으로 변환하도록 적응된 시준기(205)를 포함한다. 일 실시예에서, 제1 광학 배열체는 시준기를 갖고, 시준기는 소스의 단부로부터 일정 거리에 배치되며, 상기 거리는 시준기의 초점 길이에 대응한다. 광원이 광섬유 초연속체 소스인 바람직한 실시예에서, 그러한 시준기는 시준기의 초점 길이에 대응하는 소스의 단부로부터 일정 거리에 배치되며, 그러한 거리는 초연속체 광을 소스의

단부에 전달하는 광 섬유의 전파 축의 방향으로 측정된다.

[0051] 시준된 빔은 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해 0.46도 이하의 전각 각도 발산을 가질 수 있다. 특정 실시예에서, 언급된 전각 각도 발산은 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해 0.01 내지 0.20도이다. 마찬가지로, 선택적으로, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 시준된 빔의 횡단 섹션의 직경은, 시준기(205)의 초점 길이에 대응하는 시준기(205)로부터의 거리에서 5 mm 이하일 수 있고, 그리고 직경은 빔의 $1/e^2$ 폭, 즉, 빔의 횡단 섹션의 중심 최대 광학 세기 포인트로부터 빔의 횡단 섹션의 측면 포인트들 사이의 거리로서 고려되며, 여기서 광학 세기는 이러한 최대 광학 세기의 $1/e^2$ 배이다. 특정 실시예에서, 시준기(205)의 초점 길이에 대응하는, 시준기(205)로부터의 거리에서의 언급된 직경은 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해 2.1 mm 내지 2.15 mm이다.

[0052] 상보적으로 또는 대안적으로, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 시준된 빔의 횡단 섹션의 직경은 제1 광학 배열체(200)에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 10 mm 이하일 수 있고 그리고/또는 제1 광학 배열체(200)에서의 상기 포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 100 mm 이하일 수 있고, 바람직하게는, 제1 광학 배열체에서의 상기 포인트는, 제1 광학 배열체(200)가 상기 시준기(205)를 포함할 때/포함하는 경우 시준기(205)에 있고, 직경은 빔의 $1/e^2$ 폭, 즉, 빔의 횡단 섹션의 중심 최대 광학 세기 포인트로부터 빔의 횡단 섹션의 측면 포인트들 사이의 거리로서 고려되며, 여기서 광학 세기는 이러한 최대 광학 세기의 $1/e^2$ 배이다. 제1 광학 배열체가 시준기(205)를 포함하는 특정 실시예에서, 인용된 직경은 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해, 시준기로부터 1 m의 거리에서 2.1 mm 내지 5.3 mm이고, 인용된 직경은 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해, 시준기로부터 10 m의 거리에서 5 mm 내지 37 mm이다.

[0053] 결과적으로, 시스템이 시준기를 포함하는 특정 실시예에서, 시준기로부터 1 m 이하의 거리에 배치된 샘플 상에 입사하는 광 빔의 횡단 섹션의 $1/e^2$ 폭에서의 직경은, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해 10 mm 이하이고, 그리고 시준기로부터 10 m 이하의 거리에 배치된 샘플 상에 입사되는 광 빔의 1/e2 폭에서의 직경은, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해 100 mm 이하이다. 시스템이 시준기를 포함하는 특정 실시예에서, 인용된 직경은 바람직하게는 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해, 시준기(205)로부터 1 m의 거리에서 2.1 mm 내지 5.3 mm이고, 인용된 직경은 바람직하게는 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해, 시준기(205)로부터 10 m의 거리에서 5 mm 내지 37 mm이다. 예시적인 목적으로, 도 4는 본 발명의 실시예에서와 같이(이와 유사하게) 초연속체 광원의 시준된 빔에 의해 조명될 때 직물 샘플(textile sample)들에 의해 산란된 광의 사진들을 도시한다. 도 4의 사진들과 관련된 예들에서, 샘플들 상에 입사하는 빔의 횡단 섹션의 ($1/e^2$에서의) 직경의 값은 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해 2.1 mm 내지 5.3 mm이고, 시준 렌즈로부터의 샘플들의 거리는 모든 각각의 샘플에서 빔의 모든 포지션들에 대해 0.95 m 내지 1 m이다.

[0054] 시스템의 공간 해상도 – 상기 공간 해상도는, 시스템이 컬러 좌표들을 제공할 수 있고 동일한 크기의 인접한 영역의 컬러 좌표들로부터 이들을 구별할 수 있는 샘플의 최소 영역으로서 이해됨 – 는 $1/e^2$ 폭에서 빔 직경에 대응하는 샘플 상에 입사되는 광 빔의 영역인 것으로 간주될 수 있다. 결과적으로, 상기 공간 해상도는 제1 광학 배열체에서의 또는 제1 광학 배열체 내의 포인트로부터 1 m 이하의 거리에 배치된 임의의 샘플에 대해 78.6 ㎟ 이하일 수 있거나, 제1 광학 배열체에서의 또는 제1 광학 배열체 내의 포인트로부터 10 m 이하의 거리에 배치된 임의의 샘플에 대해 78.6 ㎠ 이하일 수 있다. 제1 광학 배열체가 시준기를 갖는 특정 실시예에서, 그러한 공간 해상도는 시준기로부터 1 m의 거리에서 22.1 ㎟이고, 시준기로부터 10 m의 거리에서 10.7 ㎠이다.

[0055] 시준된 빔의 전각 발산 및 직경은, 빔의 횡단 섹션의 평면의 상이한 방향들에서 측정되는 경우, 상이한 값들을 가질 수 있다. 이는, 예를 들어, 타원형 형상의 횡단 섹션을 갖는 빔의 경우일 수 있다. 따라서, 본 발명에서, 바람직하게는, 빔의 전각 발산은 빔의 횡단 섹션의 평면의 모든 방향들에서 측정된 것들 중에서 빔의 최대 전각 발산이다. 마찬가지로, 본 발명에서, 바람직하게는, 빔의 직경은 빔의 횡단 섹션의 평면의 모든 방향들에서 측정된 것들 중에서 빔의 최대 직경이다. 원형 형상의 횡단 섹션을 갖는 빔의 선택적이고 바람직한 경우에서, 빔의 각도 발산 및 직경은 빔의 횡단 섹션의 평면의 모든 방향들에서 동일하다.

[0056] 선택적으로, 시준된 빔의 빔 품질 팩터(M^2)는, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해, 회절-제한 가우시안 빔(diffraction-limited Gaussian beam)에 대한 M^2의 값 및 ISO 표준 11146(2005)에 따른, 정의에 의한 M^2의 최소의 물리적으로 가능한 값이 1.0인, 1.0 내지 2.0의 범위에 포함된다[ref.3]. 바람직하게는, 상기 품질

팩터(M^2)는 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들에 대해 1.4보다 낮다. 선택적으로 그리고 바람직하게는, 제1 파장 내지 제2 파장의 모든 파장들로 구성된 시준된 빔의 밝기는 제1 광학 배열체에서의 포인트로부터 1 m 이하의 임의의 거리에서 1 mW/㎠ 이상이고; 그리고/또는 제1 광학 배열체에서의 상기 포인트로부터 10 m 이하의 임의의 거리에서 0.01 mW/㎠ 이상이고, 상기 포인트는 바람직하게는, 제1 광학 배열체가 상기 시준기를 포함할 때, 시준기에 있다. 제1 광학 배열체가 시준기를 포함하는 특정 실시예에서, 그러한 밝기는 시준 렌즈로부터 1 m의 거리에서 136 mW/㎠이고, 시준 렌즈로부터 10 m의 거리에서 2.8 mW/㎠이다.

[0057] 샘플(300)이 시준된 빔에 의해 조명되는 것과 동시에, 샘플(300)은 환경 광에 의해 조명되거나 전혀 조명되지 않을 수 있다. (컬러의 적절한 측정을 획득하기 위해 환경 광이 회피되어야 하는) 광학 분광계들(분광광도계들)을 사용하여 영역의 컬러를 측정하도록 구성된 종래의 시스템들과 달리, 본 발명의 시스템에서, 컬러의 측정은 환경 광으로부터 동시 조명에 영향을 받지 않는다(따라서, 측정은 주변 조명에 개방된 공간들에서 행해질 수 있음). 이에 대한 기여 이유는, 일반적으로 샘플에 입사하는 환경 조명의 밝기보다 훨씬 더 높은, 샘플에 입사되는 빔의 선택적인 높은 밝기이다.

[0058] 도 1의 실시예를 참조하면, 제1 광학 배열체(200)는 또한 제1 광학 디바이스(203), 이를테면 XY 검류계 미러를 포함한다. 상기 제1 광학 디바이스(203)는 샘플(300)의 영역의 스캔을 부품별로 수행하는 샘플(300)을 향해 시준된 빔의 방향을 변경하고 동적으로 배향시키도록 구성된다.

[0059] 위에서 참조한 바와 같이, 샘플(300)의 영역은 바람직하게는 라인별로 스캐닝된다. 일 실시예에서 상기 라인별 스캐닝 프로세스의 더 완전한 설명은 다음과 같다: 도 2a(도면의 우측)에 예시된 바와 같이, 시준된 빔은 샘플의 상이한 포인트들에 순차적으로 충돌하도록 광학 디바이스(203)를 이용하여 동적으로 배향된다. 도 2a(도면의 우측)에서, 샘플 상의 상기 포인트들의 포지션들은 이들의 대응하는 좌표들(x, y)로 표현된다. 순차적으로, 빔은 포지션(x_0, y_0)으로부터 포지션($x_0 + L_x$, y_0)으로 배향된다. 이는 길이(L_x)의 제1 라인의 스캐닝으로서 이해된다. 다음으로, 빔은 포지션(x_0, y_1)으로부터 포지션($x_0 + L_x$, y_1)으로 순차적으로 배향되어, 제2 라인의 스캐닝을 수행한다. 점진적으로, 이 절차를 계속하면, 길이(L_x 및 L_y)들의 측면들의, 샘플의 완전한 영역이 스캐닝될 때까지, 샘플이 다른 선들(각각 임의의 개수 n개)로 포지션(x_0, y_n)으로부터 포지션 ($x_0 + L_x$, y_n)까지 스캐닝된다.

[0060] 선택적으로, 영역의 상기 스캐닝은 하나의 단일 라인만을 스캐닝함으로써 수행될 수 있다. 실제로, 빔 단면 또는 스폿이 유한한 크기를 갖기 때문에, 샘플의 하나의 단일 포인트 또는 스폿을 조명하는 라인을 스캐닝하는 것이 수행될 수 있다. 따라서, 스캐닝될 수 있는 최소 영역은 샘플 상에 입사하는 빔의 횡단 섹션의 영역일 수 있으며, 이는 위에서 설명된 바와 같은 시스템의 공간 해상도에 대응할 것이다.

[0061] 도 1을 참조하면, 제2 광학 배열체(500)는 시준된 빔으로 샘플을 조명할 시에 샘플로부터 산란된 광을 수집하도록 구성된다. 산란된 광을 수집할 목적으로, 제2 광학 배열체(500)는 제2 광학 디바이스(503) 및 광학 요소(504)를 포함하며, 이들은 다음과 같이 구성된다: 제2 광학 디바이스(503)는 샘플 표면에 시준된 빔이 입사할 때 샘플에서 반사되는 정반사 성분의 방향에 대해 관찰 각도로 샘플에 의해 산란된 광을 수신하도록 구성된다. 상기 제2 광학 디바이스(503)는 수신된 산란된 광을 광학 요소(504)를 향해 재지향시키도록 추가로 구성된다. 또한, 상기 제2 광학 디바이스(503)는 제1 광학 디바이스(203)와 동기화하여, 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 변경하고 동적으로 배향하도록 추가로 구성되며, 이에 따라 샘플(300)의 영역의 스캐닝 동안, 상기 재지향된 산란 광의 전파 방향이 광학 요소(504)에 대해 일정하게 유지된다. 도 1의 바람직한 실시예에서, 상기 광학 요소(504)는 축-외 포물면 미러이고, 제2 광학 디바이스(503)는 검류계 미러를 포함한다.

[0062] 광학 분광계(400)는 영역의 각각의 스캐닝되는 부품에 대해, 수집된 산란된 광, 즉 제2 광학 배열체(500)에 의해 수집된 산란된 광의 광학 스펙트럼을 측정하도록 구성된다. 이러한 목적을 위해, 도 1의 바람직한 실시예에서, 광학 요소(504)는 제1 광학 디바이스(503)에 의해 재지향된 산란된 광을 수신하고, 이를 추가로 광학 분광계(400)의 입력을 향해 재지향시키도록 구성된다.

[0063] 컴퓨팅 디바이스는, 바람직하게는 평균 광학 스펙트럼인 전체 광학 스펙트럼을 컴퓨팅함으로써 주어진 컬러 공간에서 샘플(300)의 영역의 컬러 좌표들을 결정하는 하나 이상의 알고리즘들을 실행/구현한다. 그렇게 하기 위해, 바람직하게는, 모든 스캐닝된 부품들에 대응하는 모든 광학 스펙트럼들이 평균화되고, 평균 광학 스펙트럼에 대응하는 XYZ 삼자극 값들이 계산된다. 선택적으로, 시스템은 샘플의 단일 스캐닝된 또는 조명된 부품에서 색 좌표들을 결정할 수 있다.

[0064] 따라서, 제안된 시스템은, 인용된 제1 광학 디바이스(203)로 조명 광을 포인팅(또는 지향)함으로써, 긴 거리들에서 로컬화된 조명을 가능하게 하는 시준된 공간적 가간섭 조명 소스를 사용하여 컬러를 측정하며, 이는 특정 실시예에서, x y의 쌍의 이동가능 검류계 미러들로 구성되지만, 그렇지 않으면, 특히, 비선형 결정에서의 광의 전파에 기반하는 회전 다각형 미러, 음향-광학 편향기 또는 전자-광학 편향기일 수 있다. 따라서, 빠른 속도로 제1 광학 디바이스(203)로 샘플(300)의 넓은 영역들을 스캔하는 것이 가능하다. 제안된 시스템에서, 이러한 영역은 예를 들어 22 ㎟ 내지 2.25 ㎡의 범위일 수 있다(예컨대, 1.5 m × 1.5 m의 정사각형 영역). 그러한 영역의 총 스캐닝 시간은, 예를 들어 0.1 ms 내지 1000 s의 범위일 수 있다.

[0065] 샘플(300)의 주어진 영역의 컬러를 측정하기 위해, 상기 영역의 스캐닝은 영역의 부품들에 대한 광학 스펙트럼들의 광학 분광계(400)에 의한 기록과 동기화되고, 각각의 부품의 광학 스펙트럼의 기록은 제1 광학 디바이스(203)에 의한 상기 부품의 스캔의 지속기간과 동일한 광학 스펙트럼 통합 시간을 지속시킨다. 영역은 위에서 설명된 바와 같이 부품별로 스캐닝된다. 각각의 부품에 대해, 분광계(400)는 제1 광학 디바이스(203)가 그러한 부품을 스캐닝하는 데 걸리는 시간 동안 수집된 산란된 광에 대응하는 하나의 스펙트럼을 기록한다(즉, 스펙트럼을 기록하기 위한 분광계 통합 시간이 부품의 스캐닝 시간과 일치함). 바람직하게는, 제1 광학 디바이스(203)가 스캐닝될 다음 부품의 제1 포인트로 이동하는 데 걸리는 시간, 즉 비행 시간 동안, 분광계(400)는 수동적으로 유지된다. 다음 부품이 스캐닝될 때, 분광계(400)는 새로운 스펙트럼을 기록하고, 스캐닝되는 영역의 모든 각각의 부품이 분광계(400)에 의해 기록된 대응하는 스펙트럼을 가질 때까지, 계속된다.

[0066] 도 2a는 영역이 라인별로 스캐닝되는 실시예에서 샘플 스캐닝과 광학 스펙트럼 기록 사이의 동기화의 절차의 비-제한적인 예의 그래픽 설명을 예시하며, 상기 예는 다음과 같다: (도 2a에서 좌측(상방)의 시간의 함수로서 표현된) 스퀘어형(squared) 전압 신호는 스캐닝 및 스펙트럼 기록 시간들을 동기화시키는 데 사용된다. 이 전압 신호는 제1 광학 디바이스(203)의 싱크 입력 포트 및 분광계(400)의 싱크 입력 포트에 동시에 공급된다. 신호가 로우 상태 전압(V_L)으로부터 하이 상태 전압(V_H)으로 변할 때(상승 트리거 이벤트), 라인을 스캐닝하기 위한 제1 광학 디바이스(203)의 이동 및 스펙트럼 기록이 동시에 시작된다. 이러한 상승 트리거 이벤트는 n = 0 내지 n = N의 임의의 수(n)의 각각의 스캐닝 라인에 대해 시간(t_n)에서 발생한다. 신호의 하이 상태(통합 시간(T_H)) 동안, 제1 광학 디바이스(203)는 포인트 (x_0, y_n) 내지 포인트 ($x_0 + L_x$,y_n)까지 샘플 상의 라인을 스캐닝하고, 분광계(400)는 스펙트럼(n)을 기록하며, 통합 시간(T_H) 동안 제2 광학 디바이스(500)에 의해 수집된 모든 산란된 광에 의해 생성된 광검출된 신호를 통합한다. 신호가 하이 상태 전압으로부터 로우 상태 전압으로 변할 때(하강 트리거 이벤트), 시준된 빔을 다음 라인의 제1 포인트로 병진이동시키기 위한 제1 광학 디바이스(203)의 이동이 시작되고, 분광계(400)는 스펙트럼 기록을 중단한다. 신호의 로우 상태(비행 시간(T_L)) 동안, 제1 광학 디바이스(203)는 시준된 빔을 다음 라인의 제1 포인트로 병진이동시키고, 분광계(400)는 수동 상태로 유지된다. 이 절차는, n = 0 내지 n = N의 영역의 모든 라인들이 스캐닝되고 각각의 라인 n에 대한 스펙트럼(n)이 기록될 때까지 순차적으로 반복된다. 분광계와 동작 가능하게 연결된 컴퓨팅 디바이스는 통계적 계산을 수행하고, 이에 의해 모든 라인들에 대응하는 스펙트럼들 중 전부 또는 일부를 사용하여 전체 스펙트럼을 계산하고, 그리고 바람직하게는 상기 컴퓨팅 디바이스는 모든 라인들에 대응하는 모든 스펙트럼들을 평균함으로써 평균 스펙트럼을 계산한다.

[0067] 도 2b는 본 발명의 실시예에서 검류계 스캐너와 광학 분광계 사이의 동기화를 위한 전압 신호의 예의 오실로스코프 트레이스를 도시하며, 여기서 통합 시간(T_H)은 11.93 밀리초이고 비행 시간(T_L)은 571.3 마이크로초이다.

[0068] 일 실시예에서, 샘플(300)의 컬러를 계산할 목적으로, 샘플(300)로부터 산란된 광의 스펙트럼, 그리고 또한 백색 기준으로부터의 산란된 광의 스펙트럼이 측정된다. 따라서, 일 실시예에서, 샘플(300)의 영역의 산란된 광의 평균 스펙트럼을 획득하기 위해, 그리고 또한 백색 기준의 산란된 광의 평균 스펙트럼을 획득하기 위해, 위에서 설명된 절차가 수행된다. 가장 바람직하게는, 백색 기준은 샘플(300)과 동일한 거리에 시스템으로부터 배치된다. 마찬가지로, 가장 바람직하게는, 스캐닝되는 백색 기준 영역은 스캐닝되는 샘플의 영역과 동일한 크기이다. 바람직하게는, 백색 기준은 샘플을 측정하기 전에 측정된다.

[0069] 유리하게는, 백색 기준 및 샘플(300)의 스펙트럼들을 기록할 때 분광계(400)의 전체 동적 범위가 활용되는 바람직한 경우에, 컬러 결정의 최상의 정확도가 획득된다. 이러한 전체 동적 범위는, 광학 스펙트럼을 기록하기 위한 분광계의 통합 시간이, 분광계 응답 및 그에 따라 기록된 광학 스펙트럼이 어떠한 파장에서도 포화되지 않는 최대 광학 스펙트럼 통합 시간과 동일하게 설정될 때 획득될 수 있다. 제안된 방법의 일 실시예에서, 최대 광학 스펙트럼 통합 시간은 포화 전에 다음과 같이 결정된다: 제1 광학 디바이스(203)는 도 3a에 예시된 것과 유

사하게 백색 기준 영역의 일부, 바람직하게는 둘레부를 지속적으로 스캐닝하도록 구성/프로그래밍된다. 동시에, 분광계(400)는 특정한 일정한 시간 차이로 점진적으로 그리고 이산적으로 증가되는 상이한 통합 시간들을 갖는 스펙트럼들을 기록하도록 구성/프로그래밍된다. 대응하는 기록된 스펙트럼이 어떠한 파장에서도 포화되지 않는 이러한 통합 시간들의 최대치가 기준 스펙트럼들 및 샘플 스펙트럼들의 기록을 위한 통합 시간으로서 설정되고, 위에서 참조되고 도 2a에 예시된, 스캐너와 분광계 사이의 신호를 동기화시키는 높은 상태 전압의 시간(통합 시간(T_H))으로서 대응하게 설정된다.

[0070] 통합 시간의 이러한 결정은 백색 기준으로 이루어지며, 이는 왜냐하면 백색 기준이 샘플(300)보다 더 높은 비율의 세기를 산란시킬 것이기 때문이며, 따라서, 통합 시간이 두 경우들 모두에 대해 동일한 경우, 백색 기준으로부터 산란된 광에 의해 포화되지 않는다면, 분광계(400)가 샘플(300)로부터의 산란된 광에 의해서도 포화되지 않을 것이다.

[0071] 위에서 참조된 바와 같이 결정된 요구되는 통합 시간(T_H)은 시준된 빔의 밝기에 따라 감소할 수 있다. 일 예로서, 통합 시간(T_H)은 시준된 빔의 밝기에 반비례할 수 있다. 일 예로서, 통합 시간(T_H)이 1 mW/㎠의 시준된 빔의 밝기(상기 밝기는 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들로 구성되고 시준기(205)로부터 1 m의 거리에서 측정됨)에 대해 1622.48 ms인 일 실시예에서, 상기 통합 시간(T_H)은 136 mW/㎠의 상기 밝기의 값에 대해 11.93 ms이다.

[0072] 일 실시예에서, XYZ 삼자극 값들은 다음의 단계들을 수행함으로써 계산된다:

[0073] - 단계 1. 스펙트럼들의 측정:

[0074] 。위에서 설명된 동기 절차로 획득된, 백색 기준 영역의 스펙트럼의 측정.

[0075] 。위에서 설명된 바와 같이 결정된, 통합 시간(T_H) 동안 기록된 배경의 스펙트럼의 측정. 배경은 검출된 환경 광에 의해 그리고/또는 분광기의 고유 전기 잡음에 의해 생성되는, 분광계에 의해 기록된 잡음이다. 광원에 있는 또는 광원과 샘플 사이에 있는 또는 제1 광학 디바이스(203)와 광원 사이에 있는 포인트에서 (예컨대, 시스템에 의해 선택적으로 포함되는 전기기계 셔터를 이용하여) 조명 시준된 빔이 스위칭 오프되거나 차단되게 하여 배경 스펙트럼이 기록된다.

[0076] 。샘플(300)의 영역의 스펙트럼의 측정은, 위에서 설명된 동기식 절차를 이용하여 획득된다. 샘플의 영역과 백색 기준 영역은 동일하고, 조명 소스의 단부로부터 동일한 거리에 배치된다.

[0077] - 단계 2. 샘플(300)의 영역의 반사율 곡선의 계산:

[0078] 본원에서, 반사율 곡선($R(\lambda)$)은 샘플(300)의 영역에 의해 각각의 파장(λ)에서 반사된 광의 양을 백분율(%)로 나타내는 스펙트럼으로 간주되며, 상기 반사된 광은 샘플의 영역으로부터 산란된 광 및 샘플의 영역으로부터 반사된 정반사 성분(상기 정반사 성분이 존재한다면/존재하는 경우)을 보유한다. 샘플(300)의 영역의 반사율 곡선은 다음과 같이 컴퓨팅 디바이스에 의해 계산된다:

[0079] $$R(\lambda)(\%) = \frac{I(\lambda)-B(\lambda)}{W(\lambda)-B(\lambda)} \cdot 100 \quad \text{(식 1)}$$

[0080] 여기서 $W(\lambda)$는 백색 기준 영역의 스펙트럼이고, $I(\lambda)$는 샘플의 영역의 스펙트럼이며, $B(\lambda)$는 위에서 언급된 바와 같이 측정된 배경의 스펙트럼이며, 모두 동일한 단위들(예컨대, 특히, 분광계 카운트들, 광학 파워 또는 스펙트럼 파워 밀도)로 표현된다.

[0081] - 단계 3. 삼자극 값들(X, Y, Z)의 계산:

[0082] 샘플(300)의 영역의 반사율 곡선으로부터, 샘플(300)의 상기 영역의 삼자극 값들(X, Y, 및 Z)은 다음의 표준 표현들 - CIE-국제 조명 위원회에 의해 설정됨 -을 사용하여 컴퓨팅 디바이스에 의해 계산된다[ref. 4, ref. 5]:

[0083] $$X = k\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S(\lambda)\,\bar{x}(\lambda)\,R(\lambda)\,d\lambda \qquad Y = k\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S(\lambda)\,\bar{y}(\lambda)\,R(\lambda)\,d\lambda \qquad Z = k\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S(\lambda)\,\bar{z}(\lambda)\,R(\lambda)\,d\lambda \quad \text{(식 2)}$$

[0084] $$k = \frac{100}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S(\lambda)\,\bar{y}(\lambda)\,d\lambda} \quad \text{(식 3)}$$

[0085] 여기서 S(λ)는 CIE 표준 발광체(illuminant)의 정규화된 스펙트럼(즉, CIE에 의해 표준으로서 설정된 광원의 유형의 이론적 스펙트럼)이다. CIE 표준 발광체들의 예들은 특히, A - 백열등, D65 - 일광(daylight) 및 F2 - 형광등이다. $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ 는 평균적인 사람이 가시 스펙트럼에 걸쳐 컬러를 보는 방법을 나타내는 CIE 표준 관찰자의 삼자극 스펙트럼 응답들이다. $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$에 대한 상이한 CIE 표준 응답들은 2° 관찰자(CIE 1931) 및 10° 관찰자(CIE 1964)로 알려져 있다. λ_1 및 λ_2는 각각, 제1 파장(바람직하게는 370 nm 내지 460 nm의 범위) 및 제2 파장(바람직하게는 620 nm 내지 780 nm의 범위)에 대응한다. k는 정규화 상수(normalizing constant)이다.

[0086] X_n, Y_n, Z_n으로 명명된 백색 기준 영역의 반사율과 관련된 X, Y, Z 값들은 또한 동일한 CIE 표준 광원 및 동일한 CIE 표준 관찰자를 사용하여 위의 수학식들로 계산되거나, 또는 대안적으로 백색 기준들의 주어진 또는 미리 결정된 특성들로서 고려될 수 있다.

[0087] - 단계 4: 특히, CIEXYZ, CIE L*a*b*, CIE, L*Ch 또는 HUNTER Lab와 같은 색 공간에서의 색 좌표들의 계산:

[0088] 일 예로서, CIE L*a*b* 공간의 경우, 샘플의 영역의 좌표들 L*, a* 및 b*는 다음의 표현들을 사용하여 컴퓨팅 디바이스에 의해 계산된다:

[0089] $$L^* = 116\,(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \qquad \text{(식 4a)}$$

[0090] $$a^* = 500\left[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}\right] \qquad \text{(식 4b)}$$

[0091] $$b^* = 200\left[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}\right] \qquad \text{(식 4c)}$$

[0092] 직물 샘플의 영역의 컬러 좌표들을 획득하기 위한 앞서 언급된 절차의 일 예의 일부 세부사항들은 다음과 같다: 상기 예는, 제1 광학 배열체가 시준기, 검류계 미러들 및 전기기계 셔터를 포함하는 실시예에 관한 것이다. 상기 예에서, 샘플은 가시 범위에서, 430 nm 내지 780 nm의 파장들의 대역을 동시에 방출하는 광섬유 초연속체 소스의 시준된 빔에 의해 조명된다. 상기 예에서, 광학 스펙트럼들은, 오션인사이트(OceanInsight) 사로부터의 상업적 광학 분광계, 모델 OCEAN-HDX-VIS-NIR에 의해 기록된다. 상기 예에서, 다음의 파라미터들이 고려된다: 샘플의 면적: 10 × 10 ㎠; 시준 렌즈로부터의 샘플의 거리: 샘플의 영역 내의 빔의 모든 포지션들에 대해 0.95 m 내지 1 m의 범위; 가시 스펙트럼 범위: 430 nm 내지 780 nm; 시준 렌즈로부터 1 m의 거리에서의 시준된 빔(430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들로 구성됨)의 밝기: 136 mW/㎠; 스펙트럼 통합 시간, T_H: 11.93 ms; 비행 시간, T_L: 0.57 ms; 스캐닝되는 라인들의 수: 50개; 총 영역의 스캐닝 시간: 0.62 s. 동일한 예에서, 컴퓨팅 디바이스는 CIE 표준 발광체들(A, B, D50, D65, F2)에 대한 샘플의 영역의 컬러 좌표들; CIE 표준 관찰자들 2° 및 10° ; 표준 컬러 좌표 공간들 CIEXYZ, CIEL*ab; CIEL*Ch; HUNTERlab을 결정하기 위해; 그리고 표준 ASTM E313 백색도 및 황색도를 결정하기 위해 구성되며;

[0093] 상기 예에서, 먼저, 도 3a에 도시된 것과 유사한 직물 백색 기준 영역의 둘레부가 스펙트럼 통합 시간(T_H)의 결정을 위해 조명되며, 이는 T_H = 11.93 ms의 값을 초래한다. 다음으로, 동일한 예에서, 총 50개의 라인들 중 7개의 라인들이 도시된, 도 3b에 의해 예시된 것과 유사하게, 백색 기준 영역이 라인별로 스캐닝된다. 각각의 라인의 완전한 스캔을 수행하기 위한 시간은 11.93 ms의 통합 시간(T_H)에 대응하고, 비행 시간(T_L)(스캐닝 검류계 미러들이 시준된 빔을 하나의 라인의 마지막 포인트로부터 다음 라인의 제1 포인트로 병진이동시키는 데 걸리는 시간)은 0.57 ms이다. 동시에, 동일한 예에서, 분광계는 각각의 스캐닝 라인에 대한 스펙트럼을 기록한다. 다음으로, 이 예에서, 조명 빔은 시준기와 검류식 미러들 사이에 배치된 전기기계 셔터로 차단되고, 배경 스펙트럼이 기록된다. 다음으로, 도 3c에 예시된 것과 유사하게, 컬러 좌표들이 획득될 직물 샘플의 영역이 라인별로 스캐닝된다.

[0094] 이 예에서, 통합 시간(T_H), 비행 시간(T_L), 라인들의 수, 샘플의 면적, 및 시준기의 단부 및 검류계 미러들에 대한 샘플의 포지션의 조건들은, 백색 기준의 이전 스캐닝 절차에서와 동일하다. 동시에, 예에서, 분광계는 각각의 스캐닝 라인에 대한 스펙트럼을 기록한다. 다음으로, 예에서, 컴퓨팅 디바이스는 백색 기준의 50개의 라인들의 평균 스펙트럼 및 직물 샘플의 50개의 라인들의 평균 스펙트럼을 계산한다. 마지막으로, 위에서 참조된, 다음의 수학식들 1 내지 수학식들 4a, 4b, 4c을 참조하면, 이 예에서 컴퓨팅 디바이스는 반사율 곡선을 계산하

고, 상기 반사율 곡선으로부터, 샘플의 영역의 컬러 좌표들을 계산한다.

[0095] 임의의 재료들로 만들어진 샘플들의 영역들의 컬러 좌표들을 결정하기 위한 본 발명의 효용성을 추가로 평가하기 위해, 위에 설명된 절차는 예컨대, 코일 코팅 기술을 통해 제조된 도료 안료들로 코팅된 알루미늄 시트들의 샘플들의 색상 좌표들을 계산하기 위해 후속되었다. 일 예로서, 녹색 페인팅 안료로 코팅된 알루미늄 시트는 직물 샘플에 대해 위에서 추가로 설명된 것과 동일한 측정 절차를 사용하여 연구되었다. 알루미늄 샘플에 관한 상기 예에서, 다음의 파라미터들이 존재한다: 샘플의 면적: 13 × 13 ㎟; 시준 렌즈로부터의 샘플의 거리: 샘플의 영역 내의 빔의 모든 포지션들에 대해 0.95 m 내지 1 m의 범위; 가시 스펙트럼 범위: 420 nm 내지 750 nm; 스펙트럼 통합 시간, T_H: 1.55 ms; 비행 시간, T_L: 0.07 ms; 라인들의 개수: 6개; 전체 영역의 스캐닝 시간: 9.72 ms. 이 예에서, 본 발명의 실시예의 제1 광학 디바이스 및 제2 광학 디바이스는 검류계 미러들이다. 제1 검류계 미러들(제1 광학 디바이스)은, 샘플의 표면에 수직인 중심 방향(약 0° 의 입사 각도(Θ))을 중심으로 시준된 빔의 방향을 변경하고 동적으로 배향시킴으로써 샘플의 영역을 스캔한다. 제2 검류계 미러들(제2 광학 디바이스)은 약 45° 의 관찰 각도(α)로 표면으로부터 산란된 광을 수신하고, 그리고 제1 검류계 미러들과 동기화하여, 수신된 산란된 광을 재지향시키고, 상기 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 변경하고 동적으로 배향키며, 그에 따라 샘플의 영역의 스캐닝 동안, 상기 전파 방향이 샘플의 평탄한 표면에 대해 일정하고 평행하게 유지된다. 이 재지향된 광은 축-외 포물면 미러에 의해 수신되고, (도 7a 및 도 7b에 도시된 것과 유사하게) 광을 광학 분광계의 입력으로 안내하는 멀티모드 섬유에 포커싱된다. 도 8은 코팅된 알루미늄 샘플을 측정하기 위해 사용된 이 절차로부터 획득된 반사율 스펙트럼(reflectance spectrum)(곡선 A)을 예시하고, 그리고 또한 입사 각도(Θ = 0°) 및 관찰 각도(α) = 45° 를 위한 샘플(필드에서 0/45로 알려진 컬러를 측정하기 위한 표준 기하학적 구조)의 제조자에 의해 제공되는 이론적 반사율 스펙트럼(곡선 B)을 예시한다. 도 8에서, 반사율(R)(%)은 파장(λ)(nm)의 함수로서 도시된다. 도 8에 도시된 바와 같이, 후속되는 실험 절차는 기하학적 구조 0/45 하에서 샘플의 예상되는 반사율 스펙트럼을 정확하게 측정하는 것을 달성한다. 획득된 반사율 스펙트럼으로부터, CIE L*a*b* 컬러 공간에서, 발광체 D50, 관찰자 2° 에 대한 연구된 알루미늄 샘플의 영역의 컬러 좌표들은 L* = 37.88, a* = -53.39, b* = 20.71로서 계산된다.

[0096] 일부 실시예들에서, 기준 스펙트럼은 기준 전체 광학 스펙트럼일 수 있다. 기준 전체 광학 스펙트럼은 바람직하게는 샘플의 전체 광학 스펙트럼을 계산하는 것과 유사하게 계산된다. 따라서, 일 실시예에서, 샘플의 영역의 전체 광학 스펙트럼을 계산하기 위해 적용되는 방법은 전체 기준 광학 스펙트럼을 계산하기 위해 기준 샘플, 예컨대 백색 기준 샘플에 적용된다.

[0097] 샘플들의 영역들의 컬러를 측정하기 위해 본원에서 언급된 본 발명의 유용성은 특히, 제조 프로세스들에서의 품질 검사, 도장 재료들의 개발, 산업 분류, 재활용 또는 분류를 위한 재료 검사와 같은 다수의 목적들에 적용될 수 있다. 비-제한적인 예에서, 본 발명은 샘플들의 컬러 차이 때문에 샘플들을 구별하는 데 사용된다. 후자의 예에서, 2개의 샘플들의 컬러 좌표들은 CIE L*a*b*; CIE L*Ch 및 HUNTER Lab에서 계산될 수 있다. 샘플들 둘 모두에 대해 ASTM E313 황색도 파라미터(Yellowness parameter)가 또한 계산될 수 있다.

[0098] 특히, CIE L*ab 공간에서 계산된 이들의 컬러 좌표들은 CIE L*ab 공간의 그래픽 표현(L*, a, b 축)에 포지셔닝될 수 있다. 예에서, 샘플들 둘 모두 사이의 컬러 차이는 ΔL, Δa, Δb 및 ΔE의 값들에 의해 표현될 수 있으며, 여기서, $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ 이다. 본 텍스트 전체에 걸쳐, 파라미터들 L*, a*, b* 및 E*에 대한 표기는 각각 L, a, b 및 ΔE(* 기호 없음)로 동일하게 지칭될 수 있다는 것이 명확해야 한다.

[0099] 도 4는 본 발명의 일 실시예에서와 유사하게, 초연속체 광원의 시준된 빔에 의해 조명될 때 직물 샘플들에 의해 산란된 광의 사진들을 도시하며, 여기서 상기 실시예에서, 제1 광학 배열체는 시준기를 포함하고, 샘플들 상의 빔 횡단 섹션 직경($1/e^2$)은 430 nm 내지 780 nm의 모든 파장들에 대해 2.1 mm 내지 5.3 mm이다. 동일한 실시예에서, 시준 렌즈로부터의 샘플들의 거리는 샘플 내의 빔의 모든 포지션들에 대해 0.95 m 내지 1 m이다.

[0100] 도 4에서 왼쪽에서 오른쪽으로: 1) 백색 기준 직물 샘플 상의 빔의 정적 입사; 2) 11.93 ms의 시간(통합 시간(T_H)) 동안 10 cm 길이의 라인을 스캐닝하는 동일한 백색 기준 직물 샘플 상의 빔의 동적 입사; 3) (그 컬러 좌표들을 획득하기 위한) 테스트 중인 직물 샘플 상의 빔의 정적 입사; 4) 11.93 ms의 시간(통합 시간(T_H)) 동안 10 cm 길이의 라인을 스캐닝하는 테스트 중인 동일한 텍스타일 샘플 상의 빔의 동적 입사.

[0101] 도 5와 관련하여, 많은 컬러 측정 시스템들의 동작 원리가 도시된다. 알려진 바와 같이, 관찰자에 의해 지각되는 샘플의 컬러는 조명 소스, 샘플 및 관찰자 사이의 상대적인 배향에 의존할 수 있다. 동일한 광원에 의해 조

명되고 동일한 관찰자에 의해 관찰된 동일한 샘플은, 샘플에 수직인 방향으로부터의 입사 각도 및/또는 관찰 각도가 하나의 관찰로부터 다른 관찰까지 변하면, 하나의 관찰로부터 다른 관찰까지 상이한 컬러인 것으로 지각될 수 있다. 이 효과는, 샘플에 의해 반사된 광의 정반사 성분이 샘플의 "실제(real)" 컬러를 은닉할 수 있는 부품 반사성 샘플들의 경우에 특히 관련될 수 있다. 도 5는 이러한 효과를 예시하며, 여기서 Θ는 광의 입사 각도(즉, 조명 광의 전파 방향과 샘플 평면에 수직인 방향 사이에 형성된 각도)이다. 정반사 성분의 반사 각도는 Θ와 동일한 한편, 샘플로부터의 산란된 광은 모든 방향들로 전파된다. 샘플의 "실제" 컬러의 정보는 산란된 광에 의해 전달된다. 따라서, 샘플의 "실제" 컬러를 지각하기 위해, 관찰자는 바람직하게 Θ 방향으로부터 멀어지게 이동하고, 각도(α)(정반사 성분의 방향에 대한 관찰 각도)로 이동해야 한다. α가 더 클수록, 더 적은 정반사 성분의 세기가 관찰자에 의해 수신된다.

[0102] 컬러를 측정하기 위한 이전에 공지된 표준 시스템들에서, 조명 소스 및 관찰자는 각각 Θ = 0° 및 α = 45°에 위치되어(구성 0/45), 정반사 성분의 효과를 최소화한다. 그러나, 이러한 이전에 알려진 시스템들은 다른 관찰 각도들에서 지각되는 컬러 값들의 귀중한 정보를 누락하며, 이는 자동차와 같은 상이한 산업 분야들에서 높이 평가된다. 상이한 관찰 각도들에서 컬러를 측정하는 능력을 제공하는 시스템들은 "다중 각도(multiangle)"로 지칭된다. 컬러를 측정하기 위한 공지된 다중 각도 시스템들에서, 관찰 각도들의 개수는 이산적이고 제한적이며, 이들은 상이한 포지션들에 배치된 몇몇 조명 소스들 및 상이한 포지션들에 배치된 몇몇 수용체들을 필요로 한다. 게다가, 알려진 시스템들에서의 조명 영역은 몇 ㎠이다.

[0103] 도 6a는 예시적인 목적들로 유용한 본 발명의 일 실시예를 도시한다. 도 6a에서, 제1 및 제2 광학 디바이스들(203, 503)은 회전 축들이 서로 평행한 검류계 미러들(검류계들)이다. 따라서, 시준된 빔의 전파 방향 및 광학 요소(504)에 의해 수신되는 산란된 광의 전파 방향은 동일한 평면 상에 있다. 도 6a의 실시예에서, 샘플(300)의 표면은 평탄하고, 검류계 미러들의 회전 축들 사이의 직선에 평행하다. 또한 도 6a를 참조하면, 제2 검류계 미러(503)로부터 광학 요소(504)에 의해 수신된 재지향된 산란된 광의 전파 방향은 샘플의 표면(샘플 평면)과 평행하다. 본 발명은, 제1 검류계(203)가 샘플을 스캐닝하는 동안 이러한 방향이 일정하게 유지되는 것을 달성할 수 있다. 따라서, 샘플을 스캐닝하기 위해 제1 검류계가 회전하는 동안, 상기 방향을 일정하게 유지하기 위해 제2 검류계가 회전할 수 있다. 상기 방향을 일정하게 그리고 샘플의 표면에 평행하게 유지하기 위한 미러들 사이의 상대적인 각도 기하학적 구조가 도 6a에서 표현된다. 도 5에 또한 도시된 바와 같이, Θ는 제1 검류계 미러의 회전 각도에 의해 결정된 광의 입사 각도이다. 정반사 성분의 반사 각도는 Θ와 동일하고, α는 정반사 성분의 방향에 대한 관찰 각도이다. Θ가 변할 때, 샘플 내의 조명 포인트가 변한다. 따라서, 제2 미러의 고정된 포지션에 의해 결정되는 α는 대응적으로 변한다. 도 6a를 참조하면, γ가 검류계 미러들의 회전 축들 사이의 직선에 대한 제2 검류계의 회전 각도인 경우, 표면에 평행한 광학 요소에 의해 수신된 재지향된 산란된 광의 전파 방향을 유지하기 위해서, Θ, α 및 γ는 다음의 각도 관계를 유지해야한다: $\Theta + \alpha + 2\gamma = 90°$. 도 6a의 실시예에서, 샘플의 컬러 좌표들의 측정을 위한 샘플의 영역의 스캐닝 동안, 제2 검류계 미러는 상기 각도 관계를 유지하기 위해 제1 검류계 미러와 동기화된다.

[0104] 도 6b는 도 6a의 실시예와 유사한 실시예를 도시한다. 도 6b에서, 광의 입사 각도(Θ)는 0°이고, 정반사 성분의 방향에 대한 관찰 각도(α)는 45°이다. 도 6b의 실시예가 바람직한 것인데, 이는 왜냐하면 그 실시예를 이용하여, 샘플 영역의 컬러 좌표들이 0/45로 알려진 기하학적 구조에 대해 계산되기 때문이며, 이는 컬러 측정 기기의 산업 및 사용자들에 의해 광범위하게 수용되는 표준 기하학적 구조이다.

[0105] 도 6a 및 도 6b가 예시하는 바와 같이, 샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 종래 기술의 기기들과 비교하여, 본 발명은, 조명 각도(Θ) 및 관찰 각도(α)가 시간에 따라 변하는 한편, 관찰자(분광계)가 광학 요소 및 광원의 출력의 포지션들에 대해 고정된 포지션에 유지될 수 있다는 이점을 가져온다. 상기 고정된 포지션에 유지되는 관찰자(분광계)는, 동일한 수신 방향으로 샘플로부터 산란된 광을 항상 수신할 수 있다. 따라서, 샘플의 컬러를 결정하기 위해 관찰자/분광계에 의해 수신되는 산란된 광은 동일한 수신 방향으로 관찰자/분광계에 의해 항상 수신될 수 있다.

[0106] 결과적으로, 샘플의 영역의 컬러를 측정하기 위한 본 발명의 시스템은 유리하게는, 다중 각도 시스템일 수 있으며, 다중 각도 시스템들은 바람직하게는 연속적으로 변화되는, 더 바람직하게는 고정된 단일 포지션에 배치된 조명의 단일 소스 그리고 또한 고정된 단일 포지션에 배치된 단일 수용체(바람직하게는 분광계)를 사용하여 과다한 조명 각도들 및 관찰 각도들을 제공할 수 있다.

[0107] 도 7a는 도 6a의 실시예와 유사한 다른 바람직한 실시예를 도시한다. 도 7a의 실시예에서, 광학 요소(504)는 축-외 포물면 미러이고, 제2 검류계 미러에 의해 재지향되는 산란된 광의 전파 방향은 축-외 포물면 미러의 주

광학 축(principal optical axis)에 평행하다. 더욱이, 축-외 포물면 미러에 의해 수신된 산란된 광은 바람직하게는 멀티모드 광섬유일 수 있는 광섬유(600)의 입력 단부로 축-외 포물면 미러에 의해 포커싱된다. 도 7a의 실시예에서, 상기 섬유(600)는 조명 각도(Θ) 및 관찰 각도(α)가 변할 때 변할 필요가 없는 특정 포지션에 고정된다. 광섬유(600)는 포커싱된 광을 광학 분광계(400)의 입력에 전달한다. 비-제한적인 예에서, 시스템은 도 7a에 도시된 시스템과 유사하며, 이 예의 일부 세부사항들은 다음과 같다: 광학 요소는 25.4 mm의 직경 및 101.6 mm의 반사된 초점 길이를 갖는, Torlabs Gmbh 사로부터의 90° 축-외 포물면 미러 MPD149-M01이고; 광섬유는 600 ㎛의 코어 직경을 갖는, 오션 옵틱스 인코포레이티드 사로부터의 다중 모드 섬유 QP600-2-VIS-NIR이고; 분광계는, 오션 옵틱스 인코포레이티드 사로부터의 OCEAN-HDX-VIS-NIR 분광계이고; 검류계 미러들은 ± 0.42 rad의 스캐닝 범위를 갖는, SCANLAB GmbH 사로부터의 ⓒSCANLAB 7 mm 스캔 키트 AIO 모델이다.

[0108] 도 7b는 도 7a의 실시예의 구성의 변형을 도시한다. 도 7b의 실시예에서, 축-외 포물면 미러는, 포물면 미러의 주 광학 축과 동축이고 레이저 포인터(700)가 포함되는 관통 구멍을 갖는다. 도 7b의 실시예에서, 레이저 포인터(700)의 빔은 제2 검류계에 의해 재지향되는 산란된 광의 전파 방향의 반대 방향으로 동축 구멍을 통해 전파된다. 도 7b의 실시예에서, 이 레이저 포인터의 기능은, 제2 검류계 미러의 회전 각도(γ)가 조건이 달성되도록 제어하는 것이며, 상기 조건은, 제2 검류계에 의해 재지향된 산란된 광이 축-외 포물면 미러의 주 광학 축에 항상 평행한 것이다. 도 7b에 도시된 바와 같이, 레이저 포인터의 빔은 재지향된 산란된 광과 동일한 광학 경로를 통해 반대 방향으로 전파되기 때문에, 상기 조건은, 레이저 포인터의 빔이 샘플 상의 광원의 시준된 빔의 입사 포인트를 가리킬 때 발생한다. 비-제한적인 예에서, 상기 축-외 포물면 미러는, 50.8 mm의 직경 및 101.6 mm의 반사된 초점 길이를 갖는, Torlabs GmbH로부터의 90° 축-외 포물면 미러 MPD249H-M01이다.

[0109] 전술한 바가 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 그리고 추가적인 실시예들이 본 발명의 기본적인 범위로부터 벗어나지 않으면서 안출될 수 있다.

[0110] 예를 들어, 다른 양상들은 하드웨어 또는 소프트웨어로 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 구현될 수 있다.

[0111] 부가적으로, 본 발명의 일부로서 포함된 소프트웨어 프로그램들은, 컴퓨터 사용가능 매체, 예를 들어, 판독가능 메모리 디바이스, 이를테면, 하드 드라이브 디바이스, 플래시 메모리 디바이스, CD-ROM, DVD/ROM 또는 컴퓨터 디스켓을 포함하며, 컴퓨터 판독가능 프로그램 코드 세그먼트들이 이에 저장되는 컴퓨터 프로그램 제품에서 구체화될 수 있다.

[0112] 컴퓨터 판독가능 매체는 또한, 디지털 또는 아날로그 신호들로서 전달되는 프로그램 코드 세그먼트들을 갖는 광학, 유선 또는 무선 통신 링크를 포함할 수 있다.

[0113] 본 발명의 범위는 다음의 청구항들의 세트에서 정의된다.

[0114] 비특허문헌

[ref. 1] C. K. Hitzenberger, M. Danner, W. Drexler and A. F. Fercher, “Measurement of the spatial coherence of superluminescent diodes,” *Journal of Modern Optics*, 46:12, 1763-1774 (1999).

[ref. 2] K. Saastamoinen, J. Tervo, J. Turunen, P. Vahimaa, and A. T. Friberg, “Spatial coherence measurement of polychromatic light with modified Young’s interferometer,” *Optics Express*, 21:4, 4061-4071 (2013).

[ref. 3] ISO Standard 11146, “Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios” (2005)

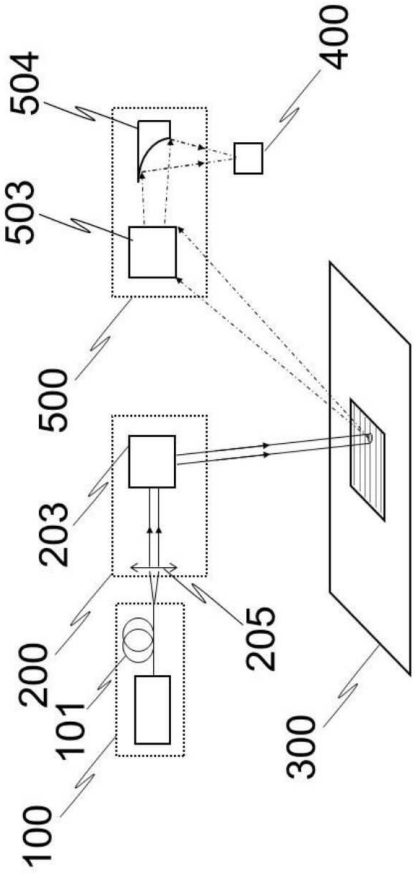
[ref.4] COLORIMETRY — PART 3: CIE TRISTIMULUS VALUES, ISO/CIE 11664-3:2019(E)
http://cie.co.at/publications/colorimetry-part-3-cie-tristimulus-values-2

[ref. 5] CIE 1931 color space, article in Wikipedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space

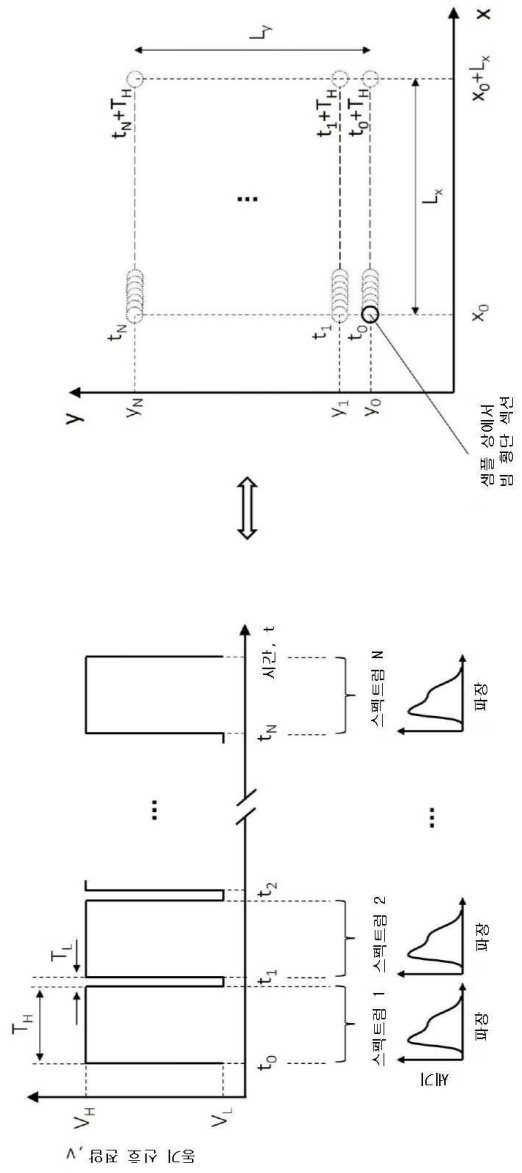
[0115]

도면

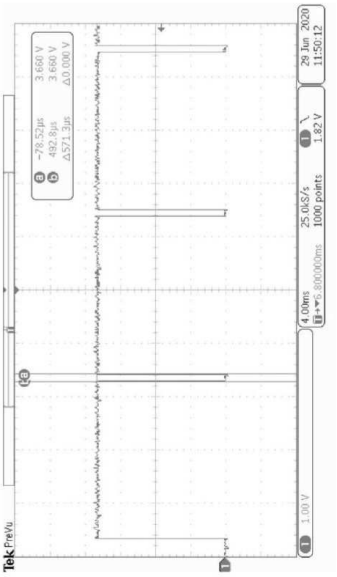
도면1

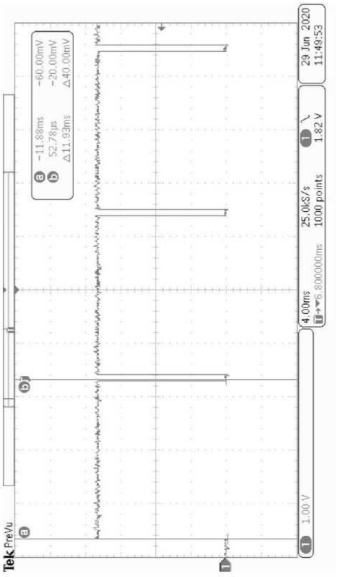


도면2a


x
y
L_Y
L_x
x_0+L_x
x_0
t_N+T_H
t_1+T_H
t_0+T_H
t_N
t_1
t_0
y_N
y_1
y_0
샘플 상에서 빔 횡단 섹션
시간, t
t_N
t_2
t_1
t_0
T_H
T_L
V_H
V_L
동기 신호 전압, V
스펙트럼 N
스펙트럼 2
스펙트럼 1
파장
세기

도면2b





도면3a



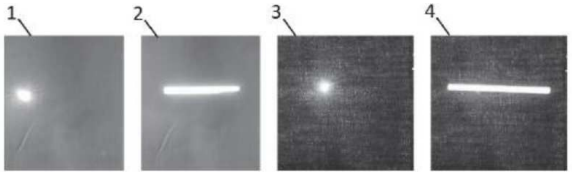
도면3b



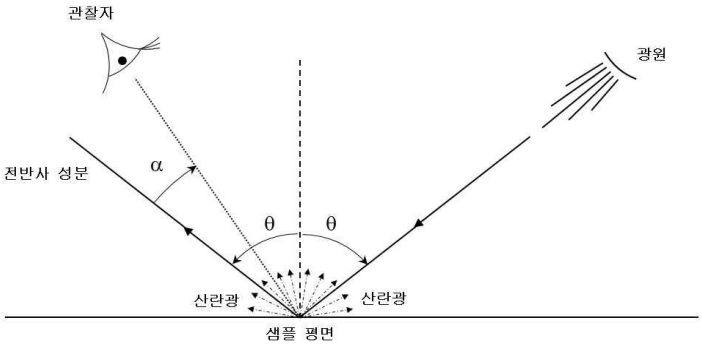
도면3c



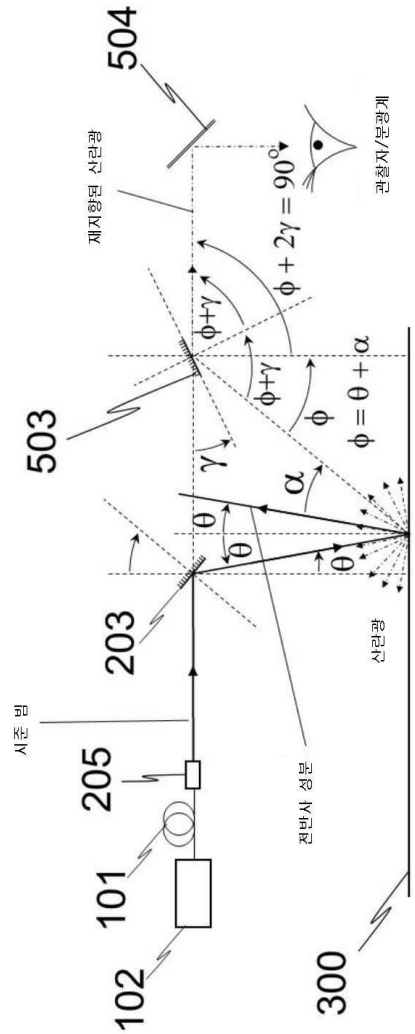
도면4


1
2
3
4

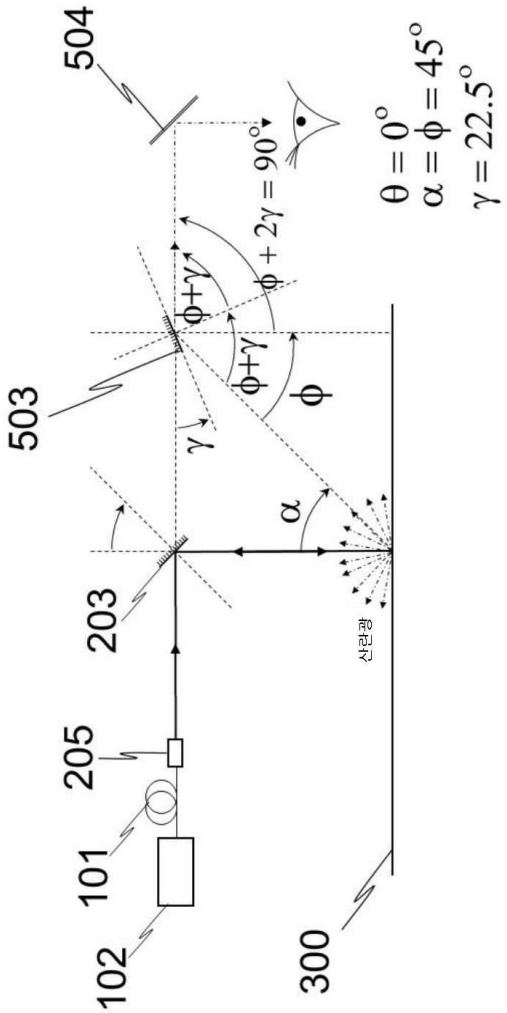
도면5


관찰자
광원
전반사 성분
α
θ
θ
산란광
산란광
샘플 평면

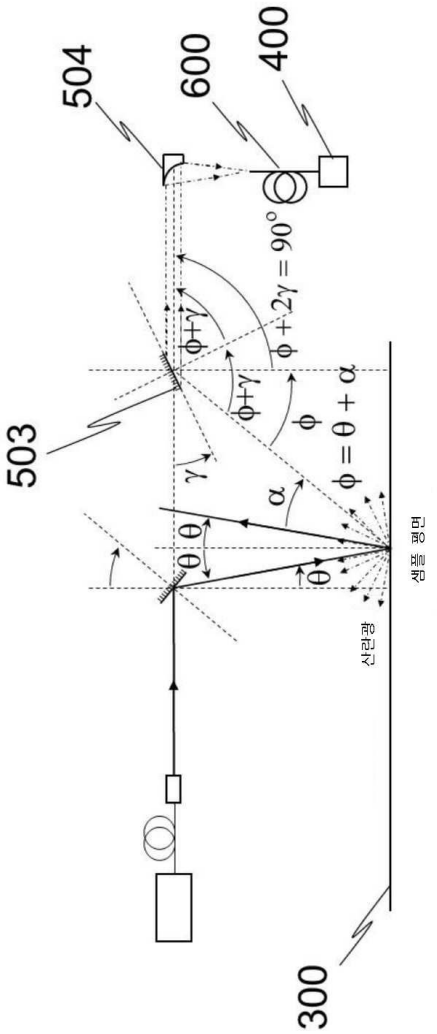
도면6a


504
재지향된 산란광
관찰자/분광계
ϕ + 2γ = 90°
ϕ+γ
ϕ+γ
ϕ
ϕ = θ + α
503
γ
α
θ
θ
θ
203
산란광
시준 빔
205
전반사 성분
101
102
300

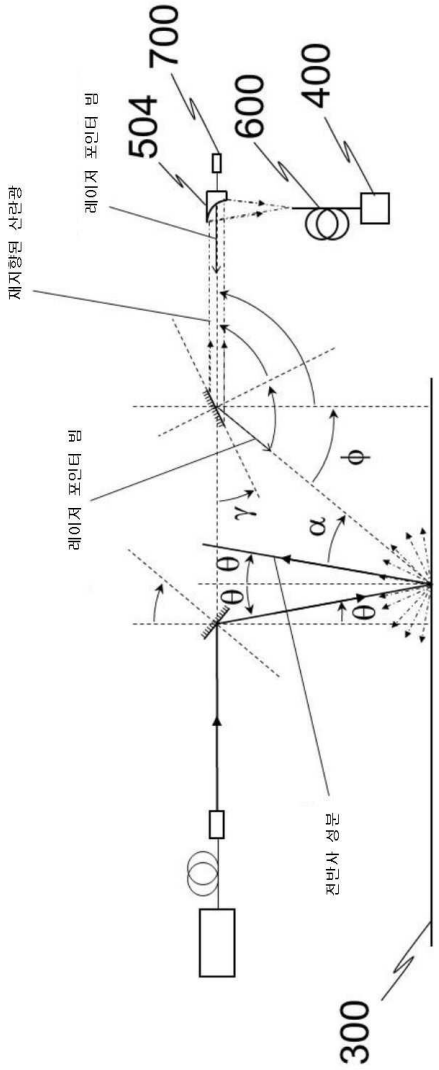
도면6b



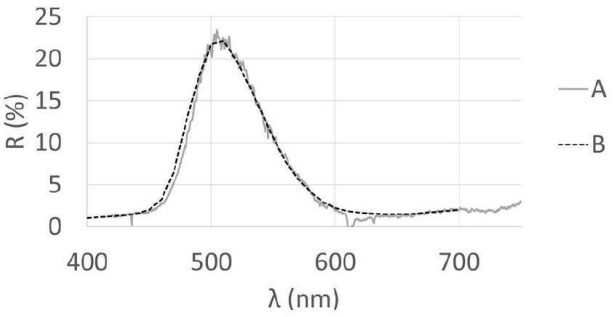
도면7a


504
600
400
503
300
$\phi+2\gamma=90^\circ$
$\phi+\gamma$
$\phi+\gamma$
ϕ
$\phi=\theta+\alpha$
γ
α
θ
θ
θ
샘플 평면
산란광

도면7b


700
504
600
400
레이저 포인터 빔
제지향된 산란광
레이저 포인터 빔
ϕ
γ
α
θ
θ
θ
전반사 성분
300

도면8


25
20
15
10
5
0
R (%)
400
500
600
700
λ (nm)
A
B