



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년05월02일

(11) 등록번호 10-2527883

(24) 등록일자 2023년04월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 11/30 (2006.01) G01B 11/24 (2006.01)

G06T 15/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01B 11/30 (2013.01)

G01B 11/24 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0063984

(22) 출원일자 2021년05월18일

심사청구일자 2021년05월18일

(65) 공개번호 10-2022-0156241

(43) 공개일자 2022년11월25일

(56) 선행기술조사문헌

JP2021043225 A*

KR101526487 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

박노철

서울특별시 마포구 마포대로 195, 202동 1403호

한완희

서울특별시 서대문구 연희로10가길 51-8

임진상

서울특별시 서대문구 연희로10가길 51-12

(74) 대리인

특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 8 항

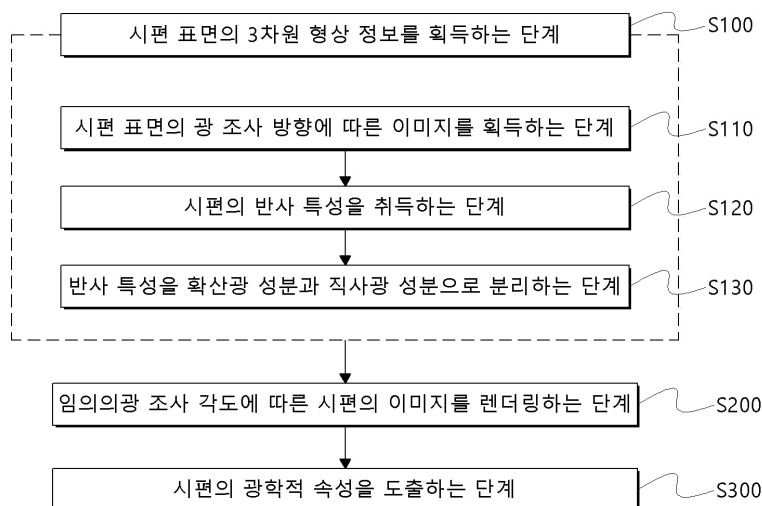
심사관 : 김정락

(54) 발명의 명칭 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법은 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계; 상기 획득된 3차원 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 방향에 따른 상기 복수의 시편의 이미지를 렌더링하는 단계; 및 상기 렌더링된 이미지를 처리하여 상기 복수의 시편의 광학적 속성을 도출하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06T 15/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711110652

과제번호 2019R1A2C1004687

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 (통합Ezbaro)3차원 미세 표면 형상을 반영한 고정밀 색 측정법 및 시스템에 관한 연구(2/3)(2019.3.1~2022.2.28)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계;

상기 획득된 3차원 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 방향에 따른 상기 복수의 시편의 이미지를 렌더링하는 단계; 및

상기 렌더링된 이미지를 처리하여 상기 복수의 시편의 광학적 속성을 도출하는 단계를 포함하고,

상기 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계는,

상기 복수의 시편의 표면의 법선에 대해 적어도 3 개 이상의 서로 다른 조사 방향에서 소정의 각도로 배치되는 광원에서 조사된 광의 조사 방향에 따른 상기 복수의 시편의 이미지들을 획득하는 단계를 포함하는, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 도출되는 광학적 속성 정보는 상기 복수의 시편 각각에 대한 글린트(Glint)인, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계는,

상기 복수의 시편의 이미지들로부터 상기 복수의 시편의 반사 특성을 취득하는 단계, 및

상기 복수의 시편의 반사 특성을 확산광 성분과 직사광 성분으로 분리하는 단계를 더 포함하는, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계는,

상기 확산광 성분과 상기 직사광 성분으로부터 각각 상기 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계를 더 포함하는, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보는 상기 표면의 일 지점에 대한 확산광 성분의 표면 반사 계수, 직

사광 성분의 표면 반사 계수 및 법선 벡터를 포함하는, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 획득된 3차원 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 각도에 따른 상기 복수의 시편의 이미지를 렌더링하는 단계는,

상기 확산광 성분의 표면 반사 계수, 상기 직사광 성분의 표면 반사 계수, 상기 법선 벡터 및 상기 표면의 일 지점에서의 상기 임의의 광 조사 방향 벡터를 이용하는, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 렌더링된 이미지는, 상기 표면의 일 지점에 대한 확산광 성분의 표면 반사 계수와 상기 표면의 일 지점에서의 법선 벡터의 곱과 상기 임의의 광 조사 방향 벡터의 역방향 벡터의 내적 및 상기 표면의 일 지점에 대한 직사광 성분의 표면 반사 계수와 상기 표면의 일 지점에서의 법선 벡터의 곱과 상기 임의의 광 조사 방향 벡터의 내적의 합으로 얻어지는, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 렌더링된 이미지를 처리하여 상기 복수의 시편의 광학적 속성을 도출하는 단계는,

상기 렌더링된 이미지의 히스토그램에 대한 분석을 기반으로 상기 복수의 시편의 광학적 속성을 도출하는, 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 표면 형상 정보를 이용하여 임의의 촬영 각도에 대해 렌더링된 이미지를 기초하여 광학적 속성을 측정하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 제조 산업에서 생산품의 고품질화가 진행되면서 CMF(Color, Material, Finishing) 디자인이 중요하게 대두되고 있다. 따라서 물품이 가지는 표면 상태(표면 거칠기 혹은 코팅)에 대한 광학적 속성의 정량화가 필요하다.

[0003] 산업계에서 표면의 광학적 속성의 측정은 주로 인지 평가로 진행하고, 평가 결과를 토대로 측정 스케일을 개발하는 방법과 색측기를 이용하는 방법이 있다. 인지 평가 방법은 평가자에 따라 결과가 달라짐으로써 측정치의 편차가 발생하고, 색측기를 통한 측정 방법은 측정 환경에 대한 객관적인 기준이 없어 측정 환경에 따라 측정 결과의 편차가 발생하는 문제가 있어 제품 표면의 광학적 속성의 객관화가 어렵다. 따라서 산업계에서 표면의 광학적 속성의 기준이 될 수 있으며 측정 조건에 제약이 없는 물품 표면의 광학적 속성 측정 방식이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 시편에 조사되는 광의 각도를 달리하여 촬영된 몇몇의 시편의 이미지를 바탕으로 시편의 표면 형상 정보를 도출하고, 이를 이용하여 임의의 촬영 각도에 대한 시편의 이미지를 렌더링함으로써 광학적 속성 도출을 위한 이미지 표본을 무수히 증가시키는 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0005] 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법은, 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계; 상기 획득된 3차원 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 방향에 따른 상기 복수의 시편의 이미지를 렌더링하는 단계; 및 상기 렌더링된 이미지를 처리하여 상기 복수의 시편의 광학적 속성을 도출하는 단계를 포함한다.
- [0006] 또한, 상기 도출되는 광학적 속성 정보는 상기 복수의 시편 각각에 대한 글린트(Glint)이다.
- [0007] 또한, 상기 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계는, 상기 복수의 시편의 표면의 법선에 대해 적어도 3 개 이상의 소정의 각도로 배치되는 광원에서 조사된 광의 조사 방향에 따른 상기 복수의 시편의 이미지들을 획득하는 단계를 포함한다.
- [0008] 또한, 상기 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계는, 상기 복수의 시편의 이미지들로부터 상기 복수의 시편의 반사 특성을 취득하는 단계, 및 상기 복수의 시편의 반사 특성을 확산광 성분과 직사광 성분으로 분리하는 단계를 더 포함한다.
- [0009] 또한, 상기 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계는, 상기 확산광 성분과 상기 직사광 성분으로부터 각각 상기 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계를 더 포함한다.
- [0010] 또한, 상기 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보는 상기 표면의 일 지점에 대한 확산광 성분의 표면 반사 계수, 직사광 성분의 표면 반사 계수 및 법선 벡터를 포함한다.
- [0011] 또한, 상기 획득된 3차원 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 각도에 따른 상기 복수의 시편의 이미지를 렌더링하는 단계는, 상기 확산광 성분의 표면 반사 계수, 상기 직사광 성분의 표면 반사 계수, 상기 법선 벡터 및 상기 표면의 일 지점에서의 상기 임의의 광 조사 방향 벡터를 이용한다.
- [0012] 또한, 상기 렌더링된 이미지는, 상기 표면의 일 지점에 대한 확산광 성분의 표면 반사 계수와 상기 표면의 일 지점에서의 법선 벡터의 곱과 상기 임의의 광 조사 방향 벡터의 역방향 벡터의 내적 및 상기 표면의 일 지점에 대한 직사광 성분의 표면 반사 계수와 상기 표면의 일 지점에서의 법선 벡터의 곱과 상기 임의의 광 조사 방향 벡터의 내적의 합으로 얻어진다.
- [0013] 또한, 상기 렌더링된 이미지를 처리하여 상기 복수의 시편의 광학적 속성을 도출하는 단계는, 상기 렌더링된 이미지의 히스토그램에 대한 분석을 기반으로 상기 복수의 시편의 광학적 속성을 도출한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법은, 각도를 달리하여 촬영된 몇몇의 시편의 이미지를 바탕으로 임의의 촬영 각도에 대한 시편의 이미지를 렌더링함으로써 광학적 속성 도출을 위한 촬영 각도 정보를 포함하는 시편 이미지 표본을 무수히 늘일 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법은, 광학적 속성 도출을 위한 촬영 각도 정보를 포함하는 시편 이미지의 증가된 표본을 통해 광학적 속성을 도출함으로써 측정 조건의 제약 및 측정 편차가 배제된 일관성 있는 측정 방법으로서 금속 코팅된 제품의 외관 평가의 객관적 지표를 제시할 수 있다.
- [0016] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법의 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에서 광의 조사 방향에 따라 시편의 이미지들을 획득하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따라 획득된 복수의 시편의 3차원 표면 형상 정보를 재구성한 예시들을 도시한다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따라 시편의 3차원 표면 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 방향에 따른 시편의 이미지를 렌더링하는 것을 설명하는 도면이다.

도 5는 3차원 형상 정보를 얻는데 이용되는 시편의 이미지와 렌더링된 이미지를 비교한다.

도 6은 실제 촬영된 시편의 이미지와 렌더링된 이미지 36개의 PSNR을 비교한 결과이다.

도 7은 실제 촬영된 시편의 이미지와 렌더링된 이미지 36개의 SSIM을 비교한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0019] 본 명세서 사용되는 용어들은 본 발명의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 하여 내려져야 할 것이다.
- [0020] 아울러, 아래에 개시된 실시 예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것이 아니라 본 발명의 청구범위에 제시된 구성요소의 예시적인 사항에 불과하며, 본 발명의 명세서 전반에 걸친 기술사상에 포함되고 청구범위의 구성요소에서 균등물로서 치환 가능한 구성요소를 포함하는 실시 예는 본 발명의 권리범위에 포함될 수 있다.
- [0021] 그리고 아래에 개시된 실시 예에서의 “제1”, “제2”, “일면”, “타면” 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로서, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 흐릴 수 있는 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법의 순서도이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법은 시편 표면의 3차원 형상 정보를 획득하는 단계(S100), 임의의 광 조사 각도에 따른 시편의 이미지를 렌더링하는 단계(S200) 및 시편의 광학적 속성을 도출하는 단계를 포함하고, 시편의 표면 형상 정보인 물리적 속성으로부터 광 조사 각도 정보를 포함하는 시편의 이미지를 렌더링함으로써 렌더링된 이미지를 시편의 광학적 속성을 도출하는 표본으로 활용하고 객관적인 시편의 광학적 속성을 도출할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시 예에 따른 방법으로 도출되는 광학적 속성은 서로 다른 종류의 복수의 시편 각각에 대한 글린트(Glint)이다. 시편을 보고 인간이 받아들이는 인지색은 시편이 반사하는 파장대의 색, 표면의 음영에 의한 코르스니스(Coarseness) 및 표면 상태에 따라 반짝이는 글린트(Glint) 세 종류의 시편의 광학적 속성으로 구성된다.
- [0025] 일 실시 예에서, 단계 S100은 시편 표면의 광 조사 방향에 따른 이미지를 획득하는 단계(S110), 시편의 반사 특성을 취득하는 단계(S120), 반사 특성을 확산광 성분과 직사광 성분으로 분리하는 단계(S130) 및 확산광 성분과 직사광 성분으로부터 시편의 3차원 표면 형상 정보를 획득하는 단계(S140)을 포함한다.
- [0026] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에서 광의 조사 방향에 따라 시편의 이미지들을 획득하는 도면이다.
- [0027] 도 2를 참조하면, 단계 S110은 복수의 시편의 표면의 법선에 대해 적어도 3 개 이상의 소정의 각도로 배치되는 광원에서 조사된 광의 조사 방향에 따른 복수의 시편의 이미지들을 획득한다.
- [0028] 단계 S110에서, 시편(100)은 서로 다른 소재의 또는 서로 다른 금속 코팅을 한 서로 다른 종류의 복수의 시편을 대상으로 한다.
- [0029] 도시된 실시 예에서, 광원(210, 220, 230, 240)은 시편(100)에 광을 조사하되, 광의 조사 각도를 달리한다. 각각의 광원(210, 220, 230, 240)에서 방출된 광은 시편의 표면에서 반사되고 시편 표면에서 반사된 광은 시편에서 일정 거리 이격되어 배치되는 카메라(300)를 통해 모아져 시편의 상을 형성된다.
- [0030] 따라서 카메라를 통해 얻은 시편의 이미지는 시편에서 반사된 광의 정보뿐만 아니라 광원의 배치 각도, 즉 광의 조사 방향에 대한 정보를 포함한다.
- [0031] 도시된 실시 예에서는 4 개의 서로 다른 광 조사 방향 상에 배치되는 광원(210, 220, 230, 240)을 이용하고 있지만, 이것은 일 예시에 불과하며, 시편의 광학적 속성을 최종적으로 측정하기 위한 중간 단계로서 시편의 3차원 표면 형상 정보를 얻기 위해서는 적어도 3 개의 서로 다른 광 조사 방향에 따른 시편 이미지를 필요로 한다.
- [0032] 단계 S120은 단계 S110에서 획득된 광의 조사 방향 정보를 포함한 서로 다른 종류의 복수의 시편의 이미지들로부터 복수의 시편 각각의 반사 특성을 취득한다.

[0033] 단계 S120에서 시편(100)은 표면 각도에 따른 광 반사 강도가 랑베르(Lambertian) 코사인 법칙을 따르는 표면 반사의 성격을 갖는 반사체로 보며, 시편 표면 각도에 따른 광 반사 강도는 수학식 1과 같다.

[0034] 수학식 1

$$I = \frac{\rho}{\pi} \cos \theta = \rho n \cdot s \left(\frac{kc}{\pi} = 1 \right)$$

[0035]

[0036] 여기서, I는 시편 이미지로부터 얻은 시편 반사광의 세기이고, ρ 는 표면 반사 계수이고, n은 시편 표면의 법선 벡터이고, s는 광원의 방향 벡터이다.

[0037] 단계 S120에서 취득하는 시편의 반사 특성은 수학식 1에 포함된 표면 반사 계수(ρ)를 의미하며, 이는 시편의 양방향 반사분포함수(BRDF: Bidirectional reflectance distribution function)이다.

[0038] 단계 S130은 단계 S120에서 취득하는 시편의 반사 특성을 확산광 성분($\rho_{diffuse}$)과 직사광 성분($\rho_{specular}$)으로 분리한다. 단계 S120에서 취득하는 시편의 반사 특성은 내재적으로 확산광 성분($\rho_{diffuse}$)과 직사광 성분($\rho_{specular}$)을 포함하고 있다. 시편의 반사 특성을 확산광 성분($\rho_{diffuse}$)과 직사광 성분($\rho_{specular}$)으로 분리하는 데에 단계 S110에서 획득한 이미지들이 가진 광원의 조사 방향 정보 및 카메라 촬영 방향 정보 등을 이용하는 널리 알려진 공지의 기술의 다양한 방식이 적용될 수 있다.

[0039] 단계 S140은 확산광 성분($\rho_{diffuse}$)과 직사광 성분($\rho_{specular}$)으로부터 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 획득한다. 단계 S140에서, 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보는 표면의 일 지점에 대한 확산광 성분의 표면 반사 계수($\rho_{diffuse}$), 직사광 성분의 표면 반사 계수($\rho_{specular}$) 및 법선 벡터(n)를 포함하고 이들의 조합이다.

[0040] 다시 말해, 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보는 표면의 일 지점에 대한 확산광 성분의 표면 반사 계수($\rho_{diffuse}$)와 표면의 일 지점의 법선 벡터의 곱 및 표면의 일 지점에 대한 직사광 성분의 표면 반사 계수($\rho_{specular}$)와 표면의 일 지점의 법선 벡터의 곱을 포함한다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따라 획득된 복수의 시편의 3차원 표면 형상을 복원한 예시들을 도시한다.

[0042] 도 3을 참조하면, 단계 S140에서 획득된 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 이용하여 단계 S110에서 촬영 대상이 된 복수의 시편 표면의 3차원 형상의 복원이 가능함을 확인할 수 있다. 즉, 도 3은 시편의 표면의 광학적 반사 특성을 이용하여 물리적인 표면 형상의 복원이 가능함을 알 수 있다.

[0043] 단계 S200은 단계 S100에서 획득된 서로 다른 종류의 복수의 시편의 표면의 3차원 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 방향에 따른 복수의 시편의 이미지를 각각 렌더링하고, 렌더링된 이미지들을 복수의 시편의 광학적 속성을 출하는데 이용하도록 데이터 베이스화한다.

[0044] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따라 시편의 3차원 표면 형상 정보를 이용하여 임의의 광 조사 방향에 따른 시편의 이미지를 렌더링하는 것을 설명하는 도면이다.

[0045] 도 4를 참조하면, 단계 S200에서 임의의 광 조사 방향이라 함은, 시편의 표면의 상공의 반구의 일 지점에 광원이 배치되고 시편 표면의 일 지점에서 광원을 바라본 광원 배향 방향과 대향하는 방향을 의미한다. 따라서, 광원이 배치되는 지점은 무한히 많으며, 임의의 광 조사 방향에 따른 시편의 이미지의 수도 무한히 많을 수 있다. 이를 통해 시편의 광학적 속성을 측정하는데 이용되는 광원 배향 방향 정보를 포함한 시편의 이미지 수를 늘릴 수 있다.

[0046] 단계 S200에서 임의의 광 조사 각도에 따른 시편의 이미지의 렌더링은 확산광 성분의 표면 반사 계수, 직사광

성분의 표면 반사 계수, 법선 벡터 및 표면의 일 지점에서의 임의의 광 조사 방향 벡터를 이용한다. 단계 S200에서 렌더링되는 이미지는 수학식 2로부터 도출된다.

$$\text{Rendering Image} = \rho_{\text{diffuse}} n_{\text{diffuse}} \cdot s + \rho_{\text{specular}} n_{\text{specular}} \cdot s$$

여기서, ρ_{diffuse} 는 확산광 성분의 표면 반사 계수이고, ρ_{specular} 는 직사광 성분의 표면 반사 계수이고, n_{diffuse} 및 n_{specular} 은 시편 표면의 법선 벡터이고, s 는 임의의 광 조사 방향의 역방향 벡터이다.

따라서, 단계 S200에서 렌더링된 이미지는, 확산광 성분의 표면 반사 계수와 표면의 일 지점에서의 법선 벡터의 곱(시편의 표면의 3차원 형상 정보 중 확산광 성분)과 임의의 광 조사 방향 벡터의 역방향 벡터의 내적과 직사광 성분의 표면 반사 계수와 표면의 일 지점에서의 법선 벡터의 곱(시편의 표면의 3차원 형상 정보 중 직사광 성분)과 임의의 광 조사 방향 벡터의 내적의 합으로 도출된다.

도 4에 도시된 예에서는 광원(250, 260, 270)의 배치에 따른 임의의 광 조사 방향의 역방향(광원 배향 방향) 벡터는 각각 S1, S2, 및 S3로 지칭되고, n 은 시편 표면의 일 지점에서의 법선 벡터이다. 도 4는 각각의 광원에서 조사된 광이 시편으로 지향되고, 시편에서 반사된 광이 가상의 카메라(400)의 시야 방향(V)으로 입사되어 이미지를 형성하는 상황을 설명하고 있다. 결국 가상의 카메라가 촬영하는 시편(100)의 이미지는 단계 200에서 렌더링된 이미지와 동일할 것이다.

도 5는 3차원 형상 정보를 얻는데 이용되는 시편의 이미지와 렌더링된 이미지를 비교한다.

도 5를 참조하면, 실제 시편의 이미지와 단계 S200에서 렌더링된 이미지는 육안으로 봤을 때 거의 동일함을 확인할 수 있다.

도 6은 실제 촬영된 시편의 이미지와 렌더링된 이미지 36개의 PSNR을 비교한 결과이고, 도 7은 실제 촬영된 시편의 이미지와 렌더링된 이미지 36개의 SSIM을 비교한 결과이다.

도 6 및 도 7은 메탈 재료의 시편에 대해서 36개의 서로 다른 각도의 광원으로 단계 S110에서 실제 촬영된 시편의 이미지와 단계 S200에서 렌더링된 동일한 조건의 36개의 서로 다른 각도에 따른 시편 이미지를 비교한 결과이다.

도 6 및 도 7을 참조하면, PSNR(Peak Signal-to-noise ratio: 최대 신호 대 잡음비)는 30 db 이상일수록, SSIM(structural similarity index measure: 구조적 유사도 지수)은 1에 가까울수록 비교 대상 이미지들이 유사함을 나타낸다. 도 6 및 도 7을 통해 실제 시편의 이미지와 단계 S200에서 렌더링된 이미지가 매우 유사함을 확인할 수 있다.

단계 S300는 단계 S200에서 렌더링된 이미지들을 처리하여 복수의 시편의 광학적 속성을 도출한다.

단계 S300에서 렌더링된 이미지의 히스토그램에 대한 분석을 기반으로 복수의 시편 각각의 광학적 속성이 도출된다. 이 때 도출되는 시편의 광학적 속성은 글린트(Glint)이다.

실제 촬영한 시편의 이미지들을 활용하여 시편의 광학적 속성을 측정하는 것보다 본 발명에 따라 표면 형상 정보를 이용하여 다각도의 광원에 대한 시편의 이미지를 렌더링하여 얻은 자료를 바탕으로 시편의 광학적 속성을 측정하는 것이 측정 환경에 영향이 적으며 객관적인 값을 도출할 수 있다.

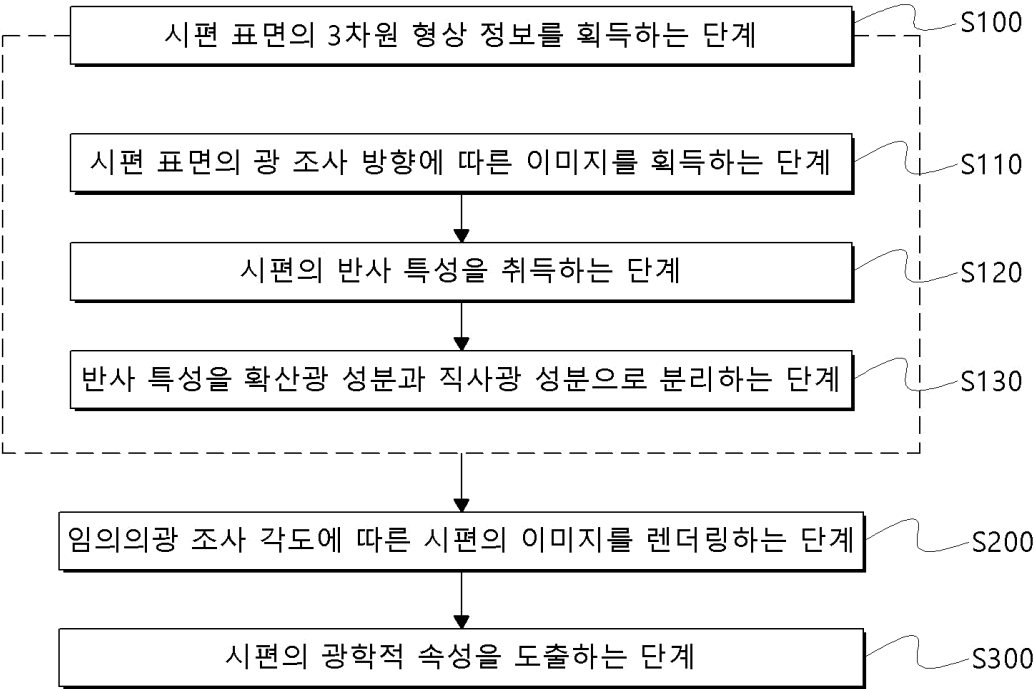
한편, 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 표면 형상 정보를 이용한 광학적 속성 측정 방법은 다양한 전자적으로 정보를 처리하는 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 저장 매체에 기록될 수 있다. 저장 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.

저장 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 소프트웨어 분야 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 저장 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media) 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 전자적으로 정

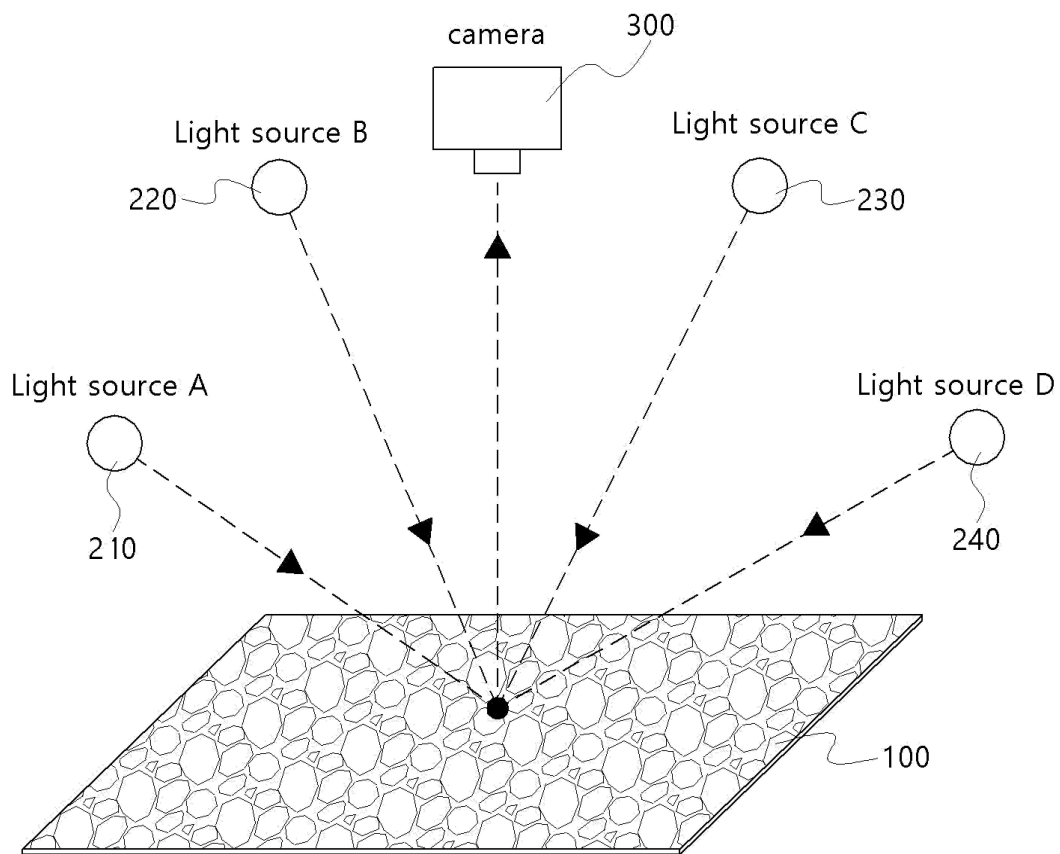
보를 처리하는 장치, 예를 들어, 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

도면

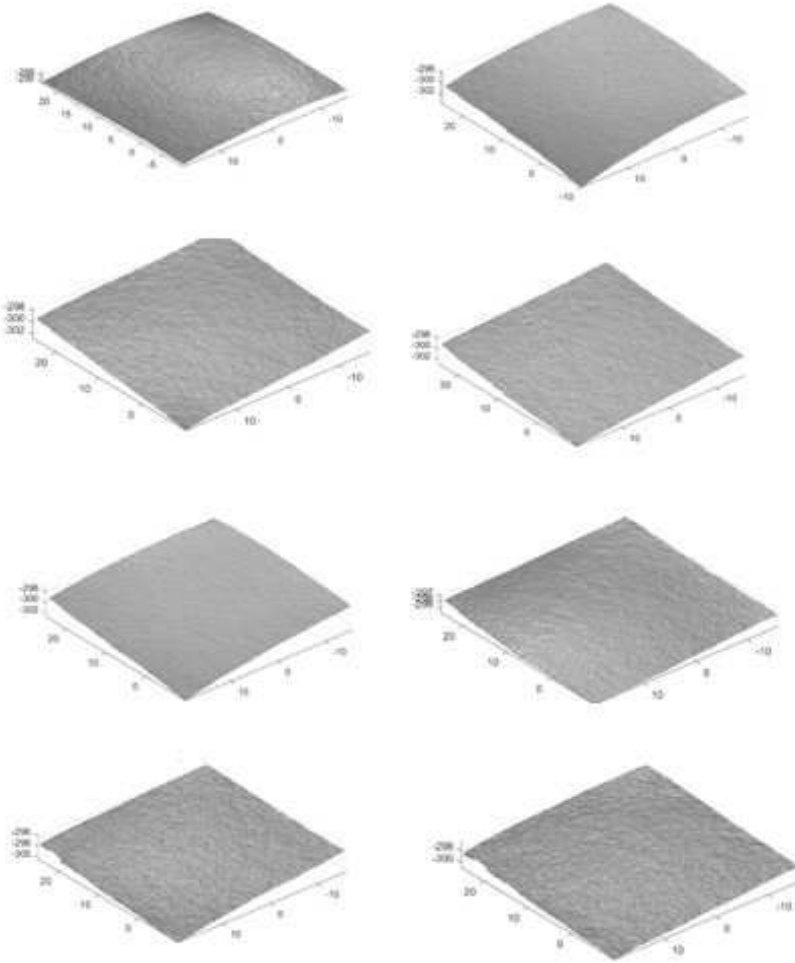
도면1



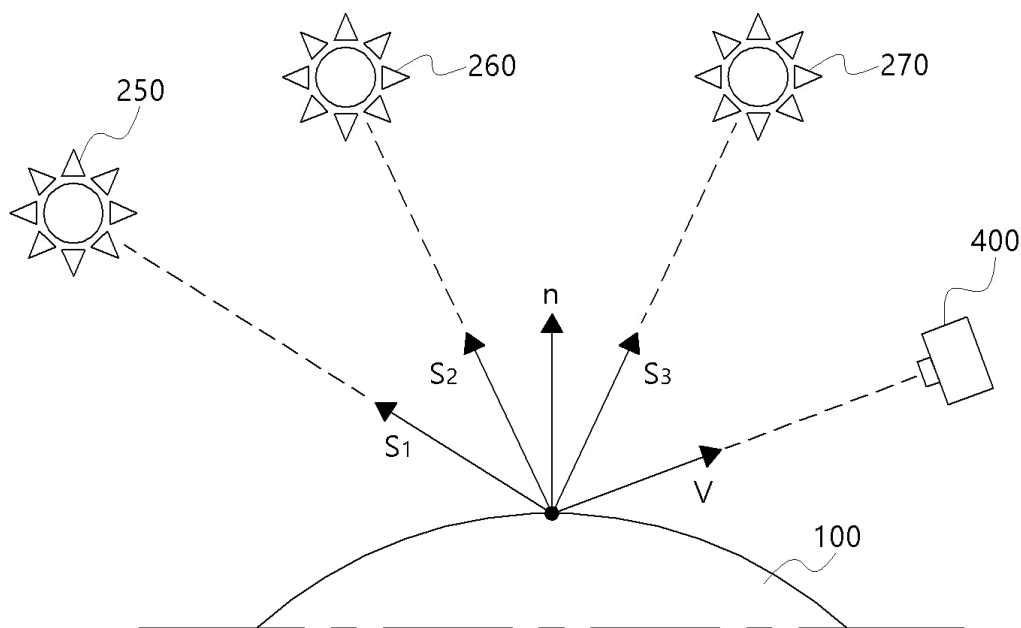
도면2



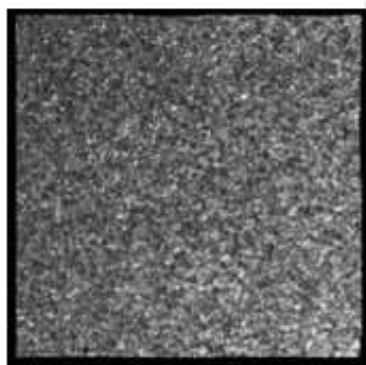
도면3



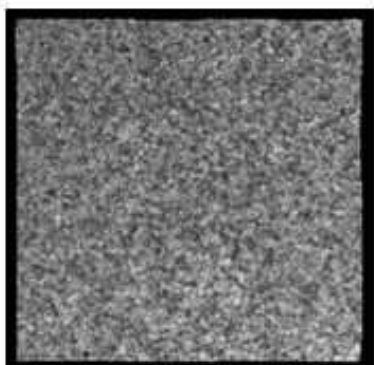
도면4



도면5



실제 이미지



렌더링 이미지

도면6

36.03	37.87	36.35	37.45	36.08	36.88
38.14	38.72	37.99	37.58	37.82	37.60
33.84	35.50	32.65	30.26	33.83	33.08
35.59	36.18	32.59	33.09	32.62	35.29
32.24	33.27	32.21	27.04	33.37	32.31
34.92	34.54	31.69	29.51	32.28	32.40

도면7

0.9879	0.9883	0.9895	0.9894	0.9874	0.9895
0.9924	0.9912	0.9902	0.9913	0.9905	0.9899
0.9870	0.9863	0.9865	0.9844	0.9874	0.9880
0.9921	0.9904	0.9885	0.9900	0.9881	0.9892
0.9860	0.9851	0.9864	0.9825	0.9878	0.9882
0.9906	0.9899	0.9884	0.9884	0.9888	0.9879