



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월21일

(11) 등록번호 10-2502029

(24) 등록일자 2023년02월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/55 (2014.01) G01J 1/02 (2006.01)

G06T 7/11 (2017.01) G06T 7/90 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G01N 21/55 (2013.01)

G01J 1/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0063994

(22) 출원일자 2021년05월18일

심사청구일자 2021년05월18일

(65) 공개번호 10-2022-0156246

(43) 공개일자 2022년11월25일

(56) 선행기술조사문헌

JP2010510520 A\*

Zihao Winston Wang 외 1 'Looking into special surface effects: diffuse coarseness and glint impression' (Coloration Technology, 2016.04.30.) pp153~161.

JP2007256211 A

KR1020130018835 A

\*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

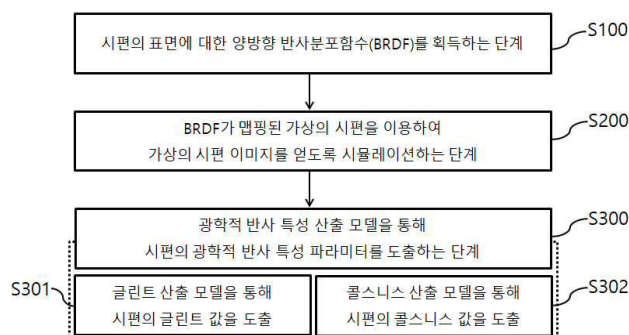
전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 장일석

(54) 발명의 명칭 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법

**(57) 요약**

본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법은, 시편의 표면에 대한 양방향 반사분포함수(BRDF)를 획득하는 단계; 상기 획득된 양방향 반사분포함수가 맵핑된 가상의 시편을 이용하여 가상의 시편 이미지를 얻도록 시뮬레이션하는 단계; 및 상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계를 포함하고, 상기 광학적 반사 특성 산출 모델은 글린트(Glint) 산출 모델 및 콜스니스(Coarseness) 산출 모델을 포함한다.

**대표도**

(52) CPC특허분류

**G06T 7/11** (2017.01)

**G06T 7/90** (2017.01)

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

시편의 표면에 대한 양방향 반사분포함수(BRDF)를 획득하는 단계;

상기 획득된 양방향 반사분포함수가 맵핑된 가상의 시편을 이용하여 가상의 시편 이미지를 얻도록 시뮬레이션하는 단계; 및

상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계를 포함하고,

상기 광학적 반사 특성 산출 모델은 글린트(Glint) 산출 모델 및 콜스니스(Coarseness) 산출 모델을 포함하고,

상기 획득된 양방향 반사분포함수가 맵핑된 가상의 시편을 이용하여 가상의 시편 이미지를 얻도록 시뮬레이션하는 단계에서,

상기 가상의 시편에 대하여 소정의 각도로 배치되는 광원에서 조사된 광이 상기 가상의 시편에서 반사되는 광을 수집하고 촬영하는 시뮬레이션이 수행되는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 가상의 시편 이미지는, 상기 광원의 상기 가상의 시편에 대한 배향 각도 정보 및 상기 가상의 시편에서 반사되는 광을 수집하고 촬영하는 카메라의 상기 가상의 시편에 대한 배향 각도 정보를 포함하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는,

상기 가상의 시편 이미지에서 일정 파장 대역의 광에 의한 휘도 이미지를 추출하는 단계; 및

상기 추출된 휘도 이미지를 이용하여 히스토그램을 작성하는 단계;를 포함하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는,

상기 히스토그램 또는 상기 가상의 시편 이미지를 기반으로 상기 가상의 시편 이미지를 이루는 픽셀 중에서 휘도가 일정 이상인 픽셀의 개수를 도출하는 통계 모델을 선정하는 단계를 더 포함하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

## 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는,

상기 선정된 통계 모델을 통해 얻은 결과 값이 색측기의 측정값과 선형적 관계를 갖도록 상기 선정된 통계 모델을 보정한 상기 글린트(Glint) 산출 모델을 생성하는 단계를 더 포함하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

## 청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는,

상기 가상의 시편 이미지에서 색을 배제한 조도 이미지를 추출하는 단계를 포함하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

## 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 가상의 시편 이미지에서 색을 배제한 조도 이미지를 추출하는 단계는,

상기 가상의 시편 이미지를 LMS 색 좌표계로 변환하는 단계, 및

상기 가상의 시편 이미지를 이루는 픽셀들에 대해 상기 가상의 시편 이미지의 상기 LMS 색 좌표계에 따른 L 좌표값 및 M 좌표값의 합을 적용한 상기 조도 이미지를 생성하는 단계를 포함하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

## 청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는,

상기 추출된 조도 이미지를 처리하여 콜스니스 산출 예비 모델을 생성하는 단계, 및

상기 생성된 콜스니스(Coarseness) 산출 예비 모델을 통해 얻은 결과 값이 색측기의 측정값과 선형적 관계를 갖도록 상기 생성된 콜스니스 산출 예비 모델을 보정한 상기 콜스니스(Coarseness) 산출 모델을 생성하는 단계를 더 포함하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

## 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 추출된 조도 이미지를 처리하여 콜스니스 산출 예비 모델을 생성하는 단계는,

상기 추출된 조도 이미지를 푸리에 변환한 푸리에 변환 이미지를 생성하고, 상기 푸리에 변환 이미지에 인간 시각 시스템에 의한 함수인 CSF(Contrast Sensitivity Function)를 적용함으로써 콜스니스 산출 예비 모델을 생성

하는, 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 표면 반사 정보를 이용한 시뮬레이션을 통해 얻은 가상의 시편 이미지를 이용하여 시편의 광학적 반사 특성을 산출하는 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 반사 특성의 정량화가 필요하다.

[0003] 인간이 물품의 표면 상태에 따라 받아들이는 인지색은 물품이 반사하는 파장대의 색, 표면의 음영에 의한 콜스니스(Coarseness), 표면 상태에 따라 반짝이는 글린트(Glint) 세 가지로 구성된다. 종래의 방법으로는 고가의 측정기를 통해서만 해당 인자들을 측정할 수 있었으나 그 또한 구하는 방법이 표준화 되어있지 않아 측정기마다 다른 값을 출력하였다.

[0004] 산업계에서 물품 표면의 광학적 반사 특성의 측정은 주로 인지 평가로 진행하고, 평가 결과를 토대로 측정 스케일을 개발하는 방법과 BYK-mac, MA-T6, MA-T12와 같은 색측기를 이용하는 방법이 있다. 인지 평가 방법은 평가자에 따라 결과가 달라짐으로써 측정치의 편차가 발생하고, 색측기를 통한 측정 방법은 측정 환경에 대한 객관적인 기준이 없어 색측기마다 다른 값을 출력하는 등 측정 결과의 편차가 심한 문제가 있어 물품 표면의 광학적 반사 특성의 표준화가 어렵다.

[0005] 따라서 산업계에서 물품 표면의 광학적 반사 특성의 기준이 될 수 있으며 측정 조건에 제약이 없는 물품 표면의 광학적 반사 특성 측정 방식이 요구된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 시편의 이미지에서 획득된 표면 반사 정보가 맵핑된 가상의 시편을 촬영하는 시뮬레이션을 통해 얻은 가상의 시편 이미지를 이용하여 시편의 광학적 반사 특성을 산출하는 방법을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법은, 시편의 표면에 대한 양방향 반사분포함수(BRDF)를 획득하는 단계; 상기 획득된 양방향 반사분포함수가 맵핑된 가상의 시편을 이용하여 가상의 시편 이미지를 얻도록 시뮬레이션하는 단계; 및 상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계를 포함하고, 상기 광학적 반사 특성 산출 모델은 글린트(Glint) 산출 모델 및 콜스니스(Coarseness) 산출 모델을 포함한다.

[0008] 또한, 상기 획득된 양방향 반사분포함수가 맵핑된 가상의 시편을 이용하여 가상의 시편 이미지를 얻도록 시뮬레이션하는 단계에서, 상기 가상의 시편에 대하여 소정의 각도로 배치되는 광원에서 조사된 광이 상기 가상의 시편에서 반사되는 광을 수집하고 촬영하는 시뮬레이션이 수행된다.

[0009] 또한, 상기 가상의 시편 이미지는, 상기 광원의 상기 가상의 시편에 대한 배향 각도 정보 및 상기 카메라의 상기 가상의 시편에 대한 배향 각도 정보를 포함한다.

[0010] 또한, 상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는, 상기 가상의 시편 이미지에서 일정 좌각 대역의 광에 의한 휘도 이미지를 추출하는 단계; 및 상기 추출된 휘도 이미지를 이용하여 히스토그램을 작성하는 단계;를 포함한다.

[0011] 또한, 상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는, 상기 히스토그램 또는 상기 가상의 시편 이미지를 기반으로 상기 가상의 시편 이

미지를 이루는 픽셀 중에서 휘도가 일정 이상인 픽셀의 개수를 도출하는 통계 모델을 선정하는 단계를 더 포함한다.

[0012] 또한, 상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는, 상기 선정된 통계 모델을 통해 얻은 결과 값이 색측기의 측정값과 선형적 관계를 갖도록 상기 선정된 통계 모델을 보정한 상기 글린트(Glint) 산출 모델을 생성하는 단계를 더 포함한다.

[0013] 또한, 상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는, 상기 가상의 시편 이미지에서 색을 배제한 조도 이미지를 추출하는 단계를 포함한다.

[0014] 또한, 상기 가상의 시편 이미지에서 색을 배제한 조도 이미지를 추출하는 단계는, 상기 가상의 시편 이미지를 LMS 색 좌표계로 변환하는 단계, 및 상기 가상의 시편 이미지를 이루는 픽셀들에 대해 상기 가상의 시편 이미지의 상기 LMS 색 좌표계에 따른 L 좌표값 및 M 좌표값의 합을 적용한 상기 조도 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

[0015] 또한, 상기 가상의 시편 이미지를 이용하여 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 상기 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계는, 상기 추출된 조도 이미지를 처리하여 콜스니스 산출 예비 모델을 생성하는 단계, 및 상기 생성된 콜스니스(Coarseness) 산출 예비 모델을 통해 얻은 결과 값이 색측기의 측정값과 선형적 관계를 갖도록 상기 생성된 콜스니스 산출 예비 모델을 보정한 상기 콜스니스(Coarseness) 산출 모델을 생성하는 단계를 더 포함한다.

[0016] 또한, 상기 추출된 조도 이미지를 처리하여 콜스니스 산출 예비 모델을 생성하는 단계는, 상기 추출된 조도 이미지를 푸리에 변환한 푸리에 변환 이미지를 생성하고, 상기 푸리에 변환 이미지에 인간 시각 시스템에 의한 한수인 CSF(Contrast Sensitivity Function)를 적용함으로써 콜스니스 산출 예비 모델을 생성한다.

### 발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법은, 종래의 색측기에 비해 저가로 더욱 정밀한 물품의 광학적 반사 특성을 산출할 수 있고, 제한적으로 사용되고 있던 색 측정 실험 범위를 크게 넓힐 수 있으며, 휴대폰이나 자동차와 같은 고품질 도장 산업의 고정밀 색 측정에 대한 요구를 만족시킬 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법은, 시편의 이미지에서 획득된 표면 반사 정보가 맵핑된 가상의 시편을 촬영하는 시뮬레이션을 통해 얻은 가상의 시편 이미지를 이용하여 시편의 광학적 반사 특성을 산출함으로써, 주변 환경의 통제가 어려운 실제 촬영 환경과 달리 통제 불가능한 외부 환경 요인없이 광학적 반사 특성 산출을 위한 시편의 이미지 자료를 손쉽게 취득할 수 있다.

[0019] 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

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법의 순서도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시뮬레이션 환경을 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 글린트 산출 방법의 순서도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 콜스니스 산출 방법의 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0022] 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.

[0023] 아울러, 아래에 개시된 실시 예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것이 아니라 본 발명의 청구범위에 제시된 구

성요소의 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.

[0024] 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.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법의 순서도이다.

[0026] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 방법은 시편의 표면에 대한 양방향 반사분포함수(BRDF: Bi-directional Reflectance Distribution Function)를 획득하는 단계(S100), 시편의 표면의 양방향 반사분포함수가 맵핑된 가상의 시편을 이용하여 가상의 시편 이미지를 얻도록 시뮬레이션하는 단계(S200) 및 광학적 반사 특성 산출 모델을 통해 시편의 광학적 반사 특성 파라미터를 도출하는 단계(S300)를 포함하고, 광학적 반사 특성 산출 모델은 글린트(Glint) 산출 모델 및 콜스니스(Coarseness) 산출 모델을 포함한다.

[0027] 단계 S300은 글린트 산출 모델을 통해 시편의 글린트 값을 도출하는 단계(S301) 및 콜스니스 산출 모델을 통해 시편의 콜스니스 값을 도출하는 단계(S302)를 포함한다.

[0028] 단계 S100에서 시편의 표면에 대한 양방향 반사분포함수가 획득된다. 본 단계는 광학적 반사 특성을 알고자 하는 서로 다른 종류의 복수 개의 시편을 대상으로 수행된다. 시편의 외관 재질은 같은 색상이라도 입사광에 대한 반사도에 따라 차이가 나므로 시편의 실감 재질을 반영한 광학적 반사 특성을 도출하기 위해서는 시편 표면에 대한 입사광에 따른 반사도 측정이 우선되어야 한다. 이를 위해 본 단계는 수학적으로 반구 상의 임의의 방향에서 입사하는 광원에 대해 임의의 방향으로 반사하는 광의 에너지의 비로 표현되는 4차원 함수인 양방향 반사분포함수(BRDF)를 획득한다.

[0029] 단계 S100에서, 실물인 시편을 둘러싼 가상의 반구 상의 임의의 일 지점에 각각 광원 및 카메라가 배치되고, 광원에서 조사된 광은 시편의 표면에서 반사되어 카메라를 통해 시편의 상을 형성한다. 이로써 광원 배향 각도에 따른 시편의 이미지들이 얻어지며 광원 배향 각도에 따른 시편의 이미지들로부터 시편의 반사 특성 정보인, 양방향 반사분포함수를 획득할 수 있다.

[0030] 단계 S200에서, 단계 S100에서 획득된 시편의 양방향 분포함수가 맵핑된 가상의 시편을 이용하여 가상의 시편 이미지를 얻도록 시뮬레이션이 수행된다. 먼저, 가상의 시편은 단계 S100에서 사용된 시편의 실물과 동일한 크기이며, 표면에 단계 S100에서 획득된 시편의 양방향 분포함수를 맵핑시킴으로써 실물 시편과 동일한 반사 특성을 가지게 된다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시뮬레이션 환경을 도시한다.

[0032] 도 2를 참조하며, 단계 S200에서 가상의 시편의 이미지는 가상의 시편, 광원 및 카메라를 포함하는 시뮬레이션 환경으로부터 얻어진다. 도시된 실시 예에 따른 가상의 시편 이미지의 촬영 시뮬레이션 환경은, 가상의 시편(100)을 둘러싼 가상의 반구 상의 소정의 일 지점에 각각 배치되는 광원(210, 220, 230, 240) 및 카메라(300)를 포함한다. 광원(210, 220, 230, 240)은 각각 가상의 시편의 표면의 일 지점에 대해 소정의 배향 각도를 가진다. 광원(220, 230, 240)의 배향 각도는 각각 좌측 15도, 우측으로 45도 및 75도로 지정될 수 있다. 광원(210, 220, 230, 240)에서 조사된 광은 가상의 시편(100)의 표면에서 반사되어 카메라(300)를 통해 가상의 시편의 이미지를 형성한다. 시뮬레이션을 통해 광원 배향 각도에 따른 가상의 시편의 이미지들이 얻어진다.

[0033] 단계 S200을 통해 얻어지는 가상의 시편의 이미지는 광원(210, 220, 230, 240)의 가상의 시편(100)에 대한 배향 각도 정보 및 카메라(300)의 가상의 시편(100)에 대한 배향 각도 정보를 포함한다. 또한, 단계 S200을 통해 얻어지는 가상의 시편의 이미지는 단계 S100에서 수행된 광학적 반사 특성을 알고자 하는 서로 다른 종류의 복수 개의 시편에 대한 복수의 가상의 이미지를 포함한다.

[0034] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 글린트 산출 방법의 순서도이다.

[0035] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 글린트 산출 방법은 글린트 산출 모델을 통해 시편의 글린트 값을 도출하는 단계(S301)를 포함한다. 글린트 산출 모델을 통해 시편의 글린트 값을 도출하는 단계(S301)는 가상의 시편 이미지에서 휘도 이미지를 추출하는 단계(S311), 휘도 이미지를 이용하여 히스토그램을 작성하는 단계(S321), 통계 모델을 선정하는 단계(S331) 및 통계 모델을 보정한 글린트 산출 모델을



생성하는 단계(S341)를 포함한다.

- [0036] 단계 S311은 단계 S200에서 얻은 가상의 시편 이미지에서 일정 파장 대역의 광에 의한 휘도를 추출한 이미지를 형성한다. 여기서 일정 파장 대역의 광은 녹색 광이며, 녹색광 주변 대역의 광은 사람의 눈이 가장 민감하게 반응하기 때문에 가상의 시편의 이미지의 RGB 값에서 녹색광에 의한 값만을 추출한다. 가상의 시편의 이미지에서 녹색광이 추출된 이미지를 휘도 이미지라고 한다. 휘도는 물체 표면에서 방사되거나 반사된 빛이 사람의 눈에 얼마나 들어오는가와 관련된 양이다.
- [0037] 단계 S321은 단계 S311에서 추출된 휘도 이미지를 이용하여 히스토그램을 작성한다. 휘도 이미지를 이루는 각 픽셀의 휘도값을 횡축, 각 휘도값을 갖는 픽셀의 수를 종축으로 표현한 히스토그램을 통계적 방법을 분석함으로써 시편의 글린트 값을 도출하는 일부의 모델이 생성된다.
- [0038] 단계 S331은 가상의 시편의 이미지 또는 단계 S321에서 작성된 히스토그램을 기반하여 가상의 시편 이미지를 이루는 픽셀 중에서 휘도가 일정 이상인 픽셀의 개수를 도출하는 통계 모델을 선정한다. 통계 모델은 가상의 시편 이미지를 이루는 픽셀 중에서 휘도가 일정 이상인 픽셀의 개수, 즉 배경에 비해 휘도가 높아 반짝이는 픽셀의 수를 개수한다.
- [0039] 통계 모델은 하기의 M1 내지 M8를 포함한다.
- [0040]  $M1 = \text{count}((I(i, j) - p) \geq t)$
- [0041]  $M2 = \sum((I(i, j) - p) \geq t)$
- [0042]  $M3 = \text{count}(\text{particle}((I(i, j) - p) \geq t))$
- [0043]  $M4 = \sum \text{mean}(\text{particle}((I(i, j) - p) \geq t))$
- [0044]  $M5 = M1 / p, \quad M6 = M2 / p, \quad M7 = M3 / p, \quad M8 = M4 / p.$
- [0045] 여기서,  $I(i, j)$ 는 휘도 이미지의  $(i, j)$  좌표에서의 휘도 값이고,  $p$ 는 히스토그램 상의 피크에 해당하는 휘도 값이고,  $t$ 는 지정된 한계 값이다.
- [0046] M1은 휘도 이미지를 이루는 각 픽셀의 휘도 값과 히스토그램 상의 피크에 해당하는 휘도 값의 차가 지정된 한계 값 이상에 해당하는 가상의 시편 이미지의 픽셀 수를 개수하고, M2는 휘도 이미지를 이루는 각 픽셀의 휘도 값과 히스토그램 상의 피크에 해당하는 휘도 값의 차가 지정된 한계 값 이상에 해당하는 경우 휘도 이미지를 이루는 각 픽셀의 휘도 값과 히스토그램 상의 피크에 해당하는 휘도 값의 차를 합산하고, M3 및 M4는 시편에 눈부신 효과를 주는 안료 등이 도포된 경우 가상의 시편 이미지에서 해당 안료 입자를 개수하거나 해당 안료 입자의 평균을 합산한다. M5 내지 M8은 M1 내지 M4를  $p$ 로 나눈 것이다.
- [0047] M1 내지 M8의 통계 모델은, 가상의 시편 이미지를 이루는 픽셀 중에서 휘도가 일정 이상인 픽셀의 개수, 즉 배경에 비해 휘도가 높아 반짝이는 픽셀의 수를 개수하는 모델로서, 시편의 종류에 따라 가장 적합하게 적용되도록 선정되어야 한다. 본 단계에서는 복수의 통계 모델 중에서 시편의 종류에 따라 배경에 비해 휘도가 높아 반짝이는 픽셀의 수를 개수하는데 가장 적합한 하나가 선정된다.
- [0048] 단계 S341은 단계 S331에서 선정된 통계 모델을 통해 얻은 결과 값이 색측기를 통해 얻은 측정 값과 선형적 관계를 갖도록 선정된 통계 모델을 보정한 글린트 산출 모델을 생성한다. 본 단계에서는 S331에서 선정된 통계 모델을 통해 얻은 결과 값과 기존의 색측기를 통해 얻은 측정 값을 비교하고 두 값이 선형적인 관계를 갖게 하도록 선정된 통계 모델을 보정한다.
- [0049] 일 실시 예에서, 통계 모델의 보정은 선정된 통계 모델에 가상의 시편 이미지의 픽셀 단 위의 사이즈에 의해 나눈 것을 보정 계수를 포함한 소정의 함수의 형태, 예를 들어 일차 함수, 이차 함수, 로그 함수, 지수 함수 등을 적용함으로써 최적화된다. 최종적으로 시편의 글린트 값을 산출하는 최적화된 글린트 산출 모델이 생성된다. 일 예로서, 최종 생성된 글린트 산출 모델(Glint Model)은 다음과 같다.

$$\text{Glint Model} = \alpha \times \left( \frac{\sum (I(i, j) - p) \geq t_i}{p \times m \times n} \right)^{\gamma} + \beta$$

- [0050]
- [0051] 여기서,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 는 보정 계수이고,  $mn$ 은 가상의 시편 이미지의 가로 및 세로 픽셀 수이다. 선정된 통계 모



델은 M6이다. 일 예에 따른 글린트 산출 모델은 적용된 시편과 유사한 특성을 갖는 소재의 시편에 대해 글린트 값을 산출하는데 사용될 수 있다. 상술한 바와 같이 시편의 종류에 따라 배경에 비해 휘도가 높아 반짝이는 픽셀의 수를 개수하는 통계 모델이 달라지므로 최종적으로 얻어지는 글린트 산출 모델은 시편의 종류에 따라 달라질 수 있다.

[0052] 또한, 최종 생성된 글린트 산출 모델은 시뮬레이션을 통해 얻은 가상의 시편의 이미지 정보를 이용하여 시편의 글린트 값을 산출한다.

[0053] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 콜스니스 산출 방법의 순서도이다.

[0054] 도 4을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 글린트 산출 방법은 콜스니스 산출 모델을 통해 시편의 콜스니스 값을 도출하는 단계(S302)를 포함한다. 콜스니스 산출 모델을 통해 시편의 콜스니스 값을 도출하는 단계(S302)는 가상의 시편 이미지에서 조도 에너지를 추출하는 단계(S312), 콜스니스 산출 예비 모델을 생성하는 단계(S322) 및 콜스니스 산출 예비 모델을 보정한 콜스니스 산출 모델(S332)을 생성하는 단계를 포함한다.

[0055] 단계 S312는 단계 S200에서 획득된 가상의 시편 이미지에서 색을 배제한 조도 이미지를 추출한다. 단계 S312는 가상의 시편 이미지를 LMS 색 좌표계로 변환하는 단계 및 가상의 시편 이미지를 이루는 픽셀들에 대해 가상의 시편 이미지의 LMS 색 좌표계에 따른 L 좌표값 및 M 좌표값의 합을 적용한 조도 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

[0056] 단계 S312에서, 단계 S200에서 획득된 가상의 시편 이미지를 이루는 각각의 픽셀의 RGB 값은 XYZ 컬러 시스템의 X좌표, Y좌표, Z좌표로 1차 변환되고, 각각의 픽셀의 변환된 X좌표, Y좌표, Z좌표는 다시 LMS 색 좌표계의 L좌표, M좌표, S좌표로 2차 변환된다.

[0057] 하기 식들은 XYZ 컬러 시스템의 X좌표, Y좌표, Z좌표가 LMS 색 좌표계의 L좌표, M좌표, S좌표로 변환되는 식을 보여준다.

$$\begin{aligned} L &= 0.236157 X + 0.826427 Y - 0.045710 Z \\ M &= -0.431117 X + 1.206922 Y + 0.090020 Z \\ S &= 0.040557 X - 0.019683 Y + 0.486195 Z \end{aligned}$$

[0059] 시편의 콜스니스 값은 표면의 구조적 형태에 따른 광학적 반사 특성이므로 색을 배제한 시편의 조도 이미지의 분석에 의해 도출된다. 시편 이미지의 각각의 픽셀에 대한 RGB 값을 LMS 색 좌표계로 변환시키고 시편 이미지의 각각의 픽셀에 변환된 LMS 색 좌표계에 따른 L 좌표값 및 M 좌표값을 합산한 값을 적용함으로써 색을 포함한 가상의 시편의 RGB 이미지에서 색을 배제한 조도 이미지가 추출된다.

[0060] 단계 S322는 단계 S312에서 추출된 조도 이미지를 처리하여 콜스니스 산출 예비 모델을 생성한다. 본 단계에서는 콜스니스 산출 예비 모델이 생성하기 위해 가상의 시편의 이미지에서 추출된 조도 이미지를 이용한다.

[0061] 먼저, 조도 이미지의 각각의 픽셀은 LMS 색 좌표계에 따른 L 좌표값 및 M 좌표값을 합산한 값이 적용되어 있으며, 조도 이미지에 대해 푸리에 변환함으로써 조도 이미지는 푸리에 변환 이미지로 전환되고, 이로써 푸리에 변환 이미지는 LMS 색 좌표계에 따른 L 좌표값 및 M 좌표값을 합산한 값의 푸리에 변환 값을 가지게 된다.

[0062] 다음, 푸리에 변환 이미지의 각각의 픽셀의 푸리에 변환 값을 CSF(Contrast Sensitivity Function)에 적용한다.

[0063] 여기서 CSF는 인간 시각 시스템에 의한 함수로서 인간의 눈의 시각 특성을 반영하기 위해 도입되었으며, 특히 색의 밝기와 연관된 인지적 관점에서 인간이 느끼는 밝기 차이를 실제 밝기에 반영하는 것을 목적으로 하여 규정된 함수이고, 아래와 같다.

$$CSF(u) = F_L F_C \times 0.28u \exp(-0.3u)[1 + \exp(0.3u)]^{0.5}$$

where

$$F_L = \begin{cases} 1000(L/70)^{1/3} & \text{if } 1 \leq L \leq 70 \\ 1000(1/70)^{1/3} & \text{if } L < 1 \\ 1000 & \text{if } 70 < L \end{cases}$$

$$F_C = (1 - d)$$

$$d = [(x - x_{white})^2 + (y - y_{white})^2]^{0.5}$$

[0064]

[0065]

여기서,  $u$ 는 공간 주파수이며,  $L$ 은 조도 이미지의 각각의 픽셀에 대응되는 값으로서 LMS 색 좌표계에 따른  $L$  좌표값 및  $M$  좌표값을 합산한 값이고,  $x$ ,  $y$ 는 XYZ 컬러 시스템의  $X$ 좌표 값 및  $Y$ 좌표 값이다.

[0066]

그 다음, 푸리에 변환 이미지의 픽셀 값과 푸리에 변환 이미지의 각각의 픽셀의 푸리에 변환 값을 CSF(Contrast Sensitivity Function)에 적용하여 도출된 값의 곱을 공간 주파수에 대해 합산한 푸리에 에너지 값을 산출하고, 푸리에 에너지 값을 이미지의 크기 및 조도 이미지의 각각의 픽셀 값들의 평균값을 통해 정규화 함으로써 콜스니스 산출 예비 모델이 생성된다.

[0067]

단계 S332는 콜스니스 산출 예비 모델을 통해 얻은 결과 값이 색측기의 측정값과 선형적 관계를 갖도록 단계 S322에서 생성된 콜스니스 산출 예비 모델을 보정한 콜스니스 산출 모델을 생성한다.

[0068]

본 단계에서는 S322에서 생성된 콜스니스 산출 예비 모델을 통해 얻은 결과 값과 기존의 색측기를 통해 얻은 측정 값을 비교하고 두 값이 선형적인 관계를 갖게 하도록 콜스니스 산출 예비 모델을 보정한다.

[0069]

일 실시 예에서, 콜스니스 산출 예비 모델의 보정은 보정 계수를 포함한 소정의 함수의 형태, 예를 들어 일차 함수, 이차 함수, 로그 함수, 지수 함수 등을 적용함으로써 최적화된다. 최종적으로 시편의 콜스니스 값을 산출 하는 최적화된 콜스니스 산출 모델이 생성된다. 일 예로서, 최종 생성된 콜스니스 산출 모델은 다음과 같다.

$$CoarsenessModel = \log_{10} \left( \frac{\sum_0^{u_{max}} E(u) \times CSF(u)}{L \times S} \right)$$

[0070]

[0071]

여기서,  $E(u)$ 는 푸리에 변환 이미지의 각각의 픽셀의 해당 값이고,  $CSF(u)$ 는 푸리에 변환 이미지의 각각의 픽셀의 푸리에 변환 값을 CSF에 적용하여 도출된 값이고,  $u$ 는 공간 주파수이며,  $L$ 은 조도 이미지의 각각의 픽셀의  $L$  좌표값 및  $M$  좌표값을 합산한 값의 평균 값이고,  $S$ 는 픽셀 단위의 이미지 크기이다.

[0072]

일 예에 따른 콜스니스 산출 모델은 S322에서 생성된 콜스니스 산출 예비 모델을 로그 함수로 보정하여 얻어진 다.

[0073]

또한, 최종 생성된 콜스니스 산출 모델은 시뮬레이션을 통해 얻은 가상의 시편의 이미지 정보를 이용하여 시편의 콜스니스 값을 최종 산출한다. 상술한 시편의 콜스니스 값을 산출하는 과정은 실물 시편을 촬영된 이미지로도 가능하다. 하지만 시편 실물 촬영 이미지를 사용하기 위해서는 카메라 노출값을 달리하여 여러 장을 촬영한 LDR 이미지를 합성한 HDR 이미지를 사용해야 시편의 콜스니스 값을 산출하는 과정을 진행할 수 있다. 이에 반해 가상의 시편에 대한 촬영 시뮬레이션 이미지는 HDR 수준의 이미지로 취득할 수 있기 때문에 그대로 사용될 수 있다. 또한 주변 환경의 통제가 어려운 실제 촬영 환경과는 달리, 시뮬레이션 촬영은 거의 완전하게 통제된 환경을 제공하므로 외부 요인 없이 표면 반사 특성에 대한 이미지가 온전히 취득될 수 있다.

[0074]

한편, 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 표면 반사 정보를 이용한 광학적 반사 특성 산출 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.

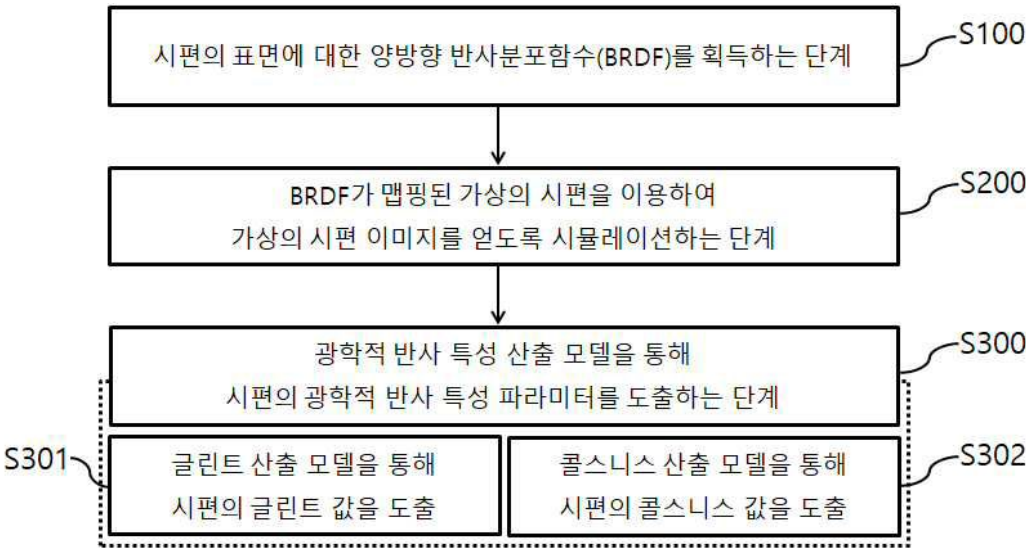
[0075]

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

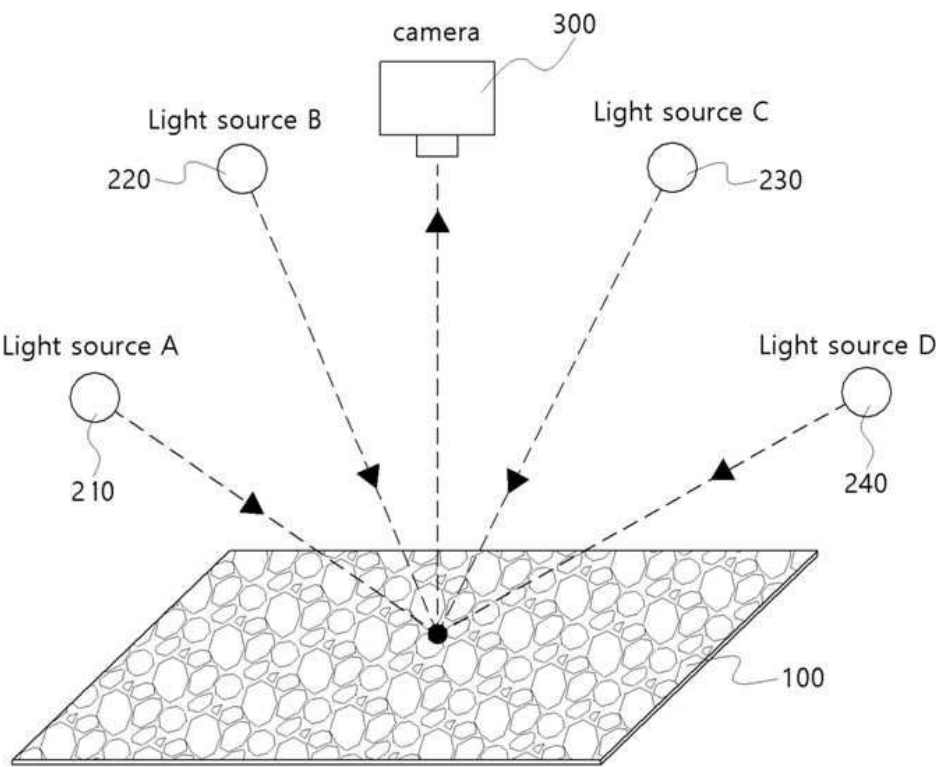
보를 처리하는 장치, 예를 들어, 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

도면

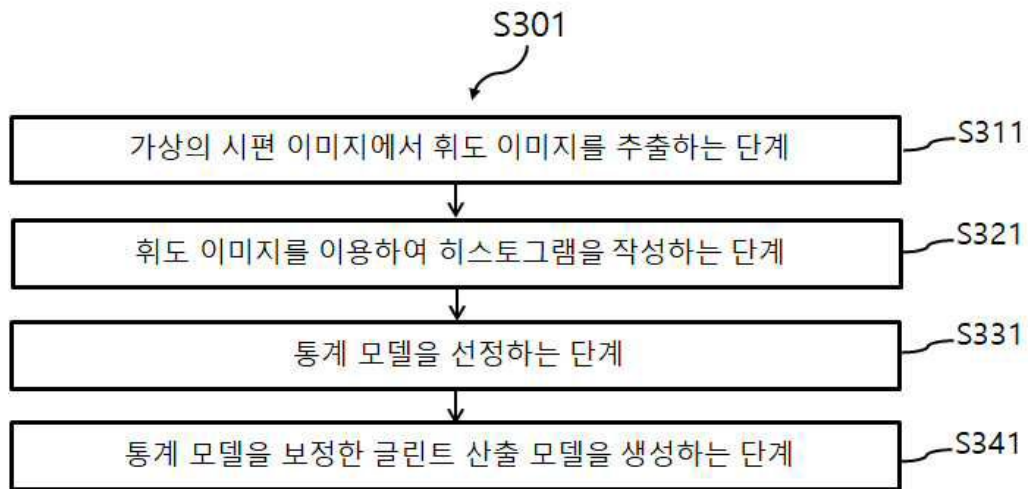
도면1



도면2



도면3



도면4

