



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0057650
(43) 공개일자 2023년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 3/02 (2006.01) G01J 3/28 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 3/0275 (2013.01)
G01J 3/0294 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0141643
(22) 출원일자 2021년10월22일
심사청구일자 2021년10월22일

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
이수연
서울특별시 서초구 사임당로17길 116, 102동 120
3호 (서초동, 서초삼성래미안)
박규환
서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리엔목특허법인

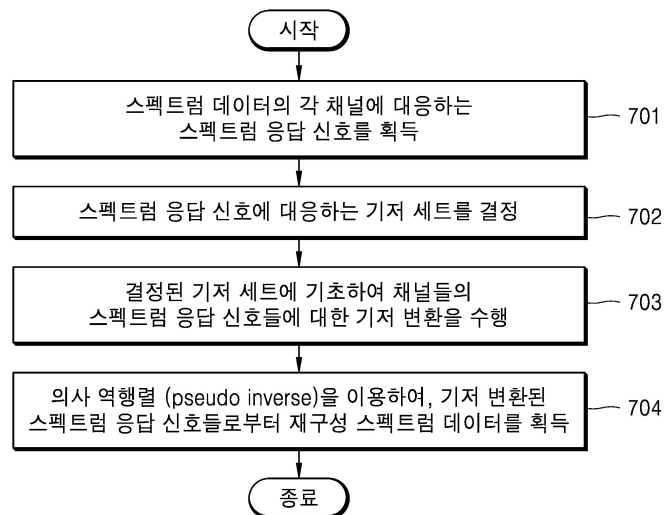
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 장치 및 방법

(57) 요약

이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 방법 및 장치는, 이미지 센서에 의해 대상체로부터 획득된 광의 스펙트럼 데이터의 채널들에 대응하는 스펙트럼 응답(spectrum response) 신호들을 획득하고, 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저 세트(basis set)를 결정하고, 기저 세트에 기초하여 스펙트럼 응답 신호들에 대한 기저 변환을 수행하고, 의사 역행렬(pseudo inverse)을 이용하여 기저 변환된 스펙트럼 응답 신호들로부터 재구성된 스펙트럼 데이터를 생성한다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

G01J 3/0297 (2013.01)

G01J 3/2823 (2013.01)

G01J 2003/2826 (2013.01)

G01J 2003/284 (2013.01)

(72) 발명자

김언정

경기도 수원시 영통구 매영로 366, 726동 801호 (영통동, 살구골 현대아파트)

마현준

서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교

명세서

청구범위

청구항 1

이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 방법에 있어서,

상기 이미지 센서에 의해 대상체로부터 획득된 광의 스펙트럼 데이터의 채널들에 대응하는 스펙트럼 응답(spectrum response) 신호들을 획득하는 단계;

상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저 세트(basis set)를 결정하는 단계;

상기 결정된 기저 세트에 기초하여, 상기 채널들의 상기 스펙트럼 응답 신호들에 대한 기저 변환을 수행하는 단계; 및

의사 역행렬(pseudo inverse)을 이용하여, 상기 기저 변환된 스펙트럼 응답 신호들로부터 재구성된 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기저 세트를 결정하는 단계는

주성분 분석(principal component analysis, PCA) 알고리즘을 이용하여 각 채널의 스펙트럼 응답 신호에 대한 주성분(principal component)을 획득함으로써, 상기 기저 세트를 결정하는, 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기저 세트는 상기 채널들의 개수 이하의 기저들을 포함하는, 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저들 중에서, 임계값보다 작은 특이값(singular value)을 갖는 적어도 하나의 기저를 결정하는 단계; 및

상기 결정된 적어도 하나의 기저에 대한 특이값을 소정 특이값으로 대체하는 단계를 더 포함하고,

상기 기저 세트는 상기 소정 특이값으로 대체된 기저들을 포함하는, 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 소정 특이값은

상기 임계값, 또는 상기 임계값 이상의 다른 기저들의 특이값들 중 가장 작은 값인, 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 생성된 재구성된 스펙트럼 데이터에 기초하여 초분광 이미지를 생성하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 초분광 이미지는

컬러 매칭 함수를 이용하여 상기 재구성된 스펙트럼 데이터로부터 컬러-변환된 RGB 이미지를 포함하는, 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 이미지 센서는 적어도 3 이상의 채널들의 스펙트럼 데이터를 획득하는, 방법.

청구항 9

이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 장치에 있어서,

대상체에 광을 조사하는 광원;

상기 대상체로부터 획득된 광의 스펙트럼 데이터의 채널들에 대응하는 스펙트럼 응답(spectrum response) 신호들을 획득하는 이미지 센서;

상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저 세트(basis set)를 결정하고, 상기 결정된 기저 세트에 기초하여 상기 채널들의 상기 스펙트럼 응답 신호들에 대한 기저 변환을 수행하고, 의사 역행렬(pseudo inverse)을 이용하여 상기 기저 변환된 스펙트럼 응답 신호들로부터 재구성된 스펙트럼 데이터를 생성하는 프로세서를 포함하는, 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 기저 세트는

주성분 분석(principal component analysis, PCA) 알고리즘을 이용하여 각 채널의 스펙트럼 응답 신호에 대한 주성분(principal component)을 획득함으로써, 결정되는, 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 기저 세트는 상기 채널들의 개수 이하의 기저들을 포함하는, 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저들 중에서, 임계값보다 작은 특이값(singular value)을 갖는 적어도 하나의 기저를 결정하고, 상기 결정된 적어도 하나의 기저에 대한 특이값을 소정 특이값으로 대체하고,

상기 기저 세트는 상기 소정 특이값으로 대체된 기저들을 포함하는, 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 소정 특이값은

상기 임계값, 또는 상기 임계값 이상의 다른 기저들의 특이값들 중 가장 작은 값인, 장치.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 생성된 재구성된 스펙트럼 데이터에 기초하여 초분광 이미지를 생성하는, 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 초분광 이미지는

컬러 매칭 함수를 이용하여 상기 재구성된 스펙트럼 데이터로부터 컬러-변환된 RGB 이미지를 포함하는, 장치.

청구항 16

제 9 항에 있어서,

상기 이미지 센서는 적어도 3 이상의 채널들의 스펙트럼 데이터를 획득하는 멀티스펙트럴 이미지 센서인, 장치.

청구항 17

제 1 항 내지 제 8 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 비일시적인(non-transitory) 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초분광 이미징(hyperspectral imaging) 기술은 분광 분석법과 이미지 처리 기술이 조합된 것으로서, 측정 대상에 대한 공간 정보와 분광 정보를 동시에 획득하는 기술이다. 초분광 이미징 장치는 초분광 이미지 센서에 의해 획득된 데이터를 통해 대상체의 상태, 구성, 특징, 변이 등을 파악하여 물질 식별, 제품 결함 정도 등을 측정할 수 있다. 다만, 초분광 이미징 시스템은, 이미지 센서의 픽셀 크기가 작아짐에 따라 발생하는 픽셀들 사이의 크로스토크(crosstalk)의 영향으로 인하여 이미지 센서의 해상도(예를 들어, 공간(spatial) 해상도 또는 분광(spectral) 해상도)이 낮아질 수 있다. 따라서, 이미지 센서에서 높은 해상도의 이미지 데이터를 획득하기 위하여, 크로스토크의 영향을 보정하는 다양한 이미지 프로세싱 방법들이 시도되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 다양한 실시예들은 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 장치 및 방법을 제공하는데 있다. 본 개시가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 이하의 실시예들로부터 또 다른 기술적 과제들이 유추될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 일 측면에 따른 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 방법은, 상기 이미지 센서에 의해 대상체로부터 획득된 광의 스펙트럼 데이터의 채널들에 대응하는 스펙트럼 응답(spectrum response) 신호들을 획득하는 단계; 상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저 세트(basis set)를 결정하는 단계; 상기 결정된 기저 세트에 기초하여, 상기 채널들의 상기 스펙트럼 응답 신호들에 대한 기저 변환을 수행하는 단계; 및 의사 역행렬(pseudo inverse)을 이용하여, 상기 기저 변환된 스펙트럼 응답 신호들로부터 재구성된 스펙트럼 데이터를 생성하는 단계를 포함한다.

[0005] 또한, 상기 기저 세트를 결정하는 단계는 주성분 분석(principal component analysis, PCA) 알고리즘을 이용하여 각 채널의 스펙트럼 응답 신호에 대한 주성분(principal component)을 획득함으로써, 상기 기저 세트를 결정한다.

[0006] 또한, 상기 기저 세트는 상기 채널들의 개수 이하의 기저들을 포함한다.

[0007] 또한, 상기 방법은 상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저들 중에서, 임계값보다 작은 특이값(singular value)을 갖는 적어도 하나의 기저를 결정하는 단계; 및 상기 결정된 적어도 하나의 기저에 대한 특

이값을 소정 특이값으로 대체하는 단계를 더 포함하고, 상기 기저 세트는 상기 소정 특이값으로 대체된 기저들을 포함한다.

- [0008] 또한, 상기 소정 특이값은 상기 임계값, 또는 상기 임계값 이상의 다른 기저들의 특이값들 중 가장 작은 값일 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 방법은 상기 생성된 재구성된 스펙트럼 데이터에 기초하여 초분광 이미지를 생성하는 단계를 더 포함한다.
- [0010] 또한, 상기 초분광 이미지는 컬러 매칭 함수를 이용하여 상기 재구성된 스펙트럼 데이터로부터 컬러-변환된 RGB 이미지를 포함한다.
- [0011] 또한, 상기 이미지 센서는 적어도 3 이상의 채널들의 스펙트럼 데이터를 획득한다.
- [0012] 다른 측면에 따른, 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하는 장치는, 대상체에 광을 조사하는 광원; 상기 대상체로부터 획득된 광의 스펙트럼 데이터의 채널들에 대응하는 스펙트럼 응답(spectrum response) 신호들을 획득하는 이미지 센서; 상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저 세트(basis set)를 결정하고, 상기 결정된 기저 세트에 기초하여 상기 채널들의 상기 스펙트럼 응답 신호들에 대한 기저 변환을 수행하고, 의사 역행렬(pseudo inverse)을 이용하여 상기 기저 변환된 스펙트럼 응답 신호들로부터 재구성된 스펙트럼 데이터를 생성하는 프로세서를 포함한다.
- [0013] 또한, 상기 기저 세트는 주성분 분석(principal component analysis, PCA) 알고리즘을 이용하여 각 채널의 스펙트럼 응답 신호에 대한 주성분(principal component)을 획득함으로써, 결정된다.
- [0014] 또한, 상기 기저 세트는 상기 채널들의 개수 이하의 기저들을 포함한다.
- [0015] 또한, 상기 프로세서는 상기 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저들 중에서, 임계값보다 작은 특이값(singular value)을 갖는 적어도 하나의 기저를 결정하고, 상기 결정된 적어도 하나의 기저에 대한 특이값을 소정 특이값으로 대체하고, 상기 기저 세트는 상기 소정 특이값으로 대체된 기저들을 포함한다.
- [0016] 또한, 상기 소정 특이값은 상기 임계값, 또는 상기 임계값 이상의 다른 기저들의 특이값들 중 가장 작은 값일 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 프로세서는 상기 생성된 재구성된 스펙트럼 데이터에 기초하여 초분광 이미지를 생성한다.
- [0018] 또한, 상기 초분광 이미지는 컬러 매칭 함수를 이용하여 상기 재구성된 스펙트럼 데이터로부터 컬러-변환된 RGB 이미지를 포함한다.
- [0019] 또한, 상기 이미지 센서는 적어도 3 이상의 채널들의 스펙트럼 데이터를 획득하는 멀티스펙트럴 이미지 센서일 수 있다.
- [0020] 또 다른 측면에 따르면, 컴퓨터로 읽을 수 있는 비일시적 기록매체는 상술한 방법을 실행하는 명령어들을 포함하는 하나 이상의 프로그램이 기록된 기록매체를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 일부 실시예에 따른 이미징 장치의 일 예를 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 일부 실시예에 따른 이미지 장치의 개념도이다.
- 도 3은 도 2의 광원의 개념도이다.
- 도 4는 도 2의 이미지 센서의 개념도이다.
- 도 5는 도 2의 이미지 센서의 일 예를 나타내는 개념도이다.
- 도 6은 일부 실시예에 따른 이미징 장치가 동작하는 과정을 설명하기 위한 개요도이다.
- 도 7은 일부 실시예에 따른 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하여 재구성 스펙트럼 데이터를 생성하는 방법의 흐름도이다.
- 도 8은 일부 실시예에 따른 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하여 재구성 스펙트럼 데이터를 생성하는 방법의 흐름도이다.

도 9는 일부 실시예에 따른 재구성 스펙트럼 데이터의 적용 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 일부 실시예에 따라 기저의 개수가 재구성 스펙트럼 데이터의 성능에 미치는 영향을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 일부 실시예에 따라 기저의 특이값에 따른 영향을 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 일부 실시예에 따른 재구성 스펙트럼 데이터의 RGB 변환을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 실시예들에서 사용되는 용어는 본 실시예들에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 기술분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 임의로 선정된 용어도 있으며, 이 경우 해당 실시예의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서, 본 실시예들에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 실시예들의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0023] 실시예들에 대한 설명들에서, 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 구성요소를 사이에 두고 전기적으로 연결되어 있는 경우도 포함한다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0024] 본 실시예들에서 사용되는 "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0025] 또한, 본 명세서에서 사용되는 '제 1' 또는 '제 2' 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용할 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다.
- [0026] 하기 실시예들에 대한 설명은 권리범위를 제한하는 것으로 해석되지 말아야 하며, 해당 기술분야의 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 것은 실시예들의 권리범위에 속하는 것으로 해석되어야 할 것이다. 이하 첨부된 도면들을 참조하면서 오로지 예시를 위한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.
- [0027] 도 1은 일부 실시예에 따른 이미징 장치의 일 예를 나타내는 블록도이다.
- [0028] 도 1을 참고하면, 이미징 장치(10)는 대상체(Object)의 특성을 분석하거나, 대상체 자체를 식별하는 장치라면 제한 없이 해당될 수 있다. 예를 들어, 이미징 장치(10)는 초분광 또는 다분광 이미징(hyperspectral imaging 또는 multispectral imaging) 기술을 이용하는 이미징 시스템에 해당될 수 있으나, 이에 반드시 제한되는 것은 아니다. 한편, 대상체는 사람, 사물, 지형, 식물 등을 포함할 수 있으며, 이미징 장치(10)가 이용되는 분야에 따라 제한 없이 변경될 수 있다.
- [0029] 도 1을 참조하면, 이미징 장치(10)는 적어도 하나의 광원(110), 적어도 하나의 이미지 센서(120) 및 적어도 하나의 프로세서(130)를 포함할 수 있다. 다만, 도 1에 도시된 이미징 장치(10)에는 본 실시예들과 관련된 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 이미징 장치(10)에는 도 1에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 예를 들어, 이미징 장치(10)는 광원, 메모리 등의 하드웨어 구성요소들을 더 포함할 수 있다.
- [0030] 더욱이, 도 1에 도시된 구성요소들 중 일부만을 포함하더라도 본 개시의 목적을 달성할 수 있는 경우에는, 도 1에 도시된 구성요소들 중 일부만을 포함하는 장치도 이미징 장치(10)에 해당될 수 있다. 예를 들어, 이미징 장치(10)는 적어도 하나의 이미지 센서(120) 및 적어도 하나의 프로세서(130)만을 포함하고, 적어도 하나의 광원(110)은 이미징 장치(10)의 외부에 배치될 수 있다.
- [0031] 메모리는 이미징 장치(10) 내에서 처리되는 각종 데이터들을 저장하는 하드웨어로서, 예를 들어, 메모리는 이미징 장치(10)에서 처리된 데이터들 및 처리될 데이터들을 저장할 수 있다. 또한, 메모리는 이미징 장치(10)에 의해 구동될 애플리케이션들, 드라이버들 등을 저장할 수 있다.

- [0032] 메모리는 DRAM(dynamic random access memory), SRAM(static random access memory) 등과 같은 RAM(random access memory), ROM(read-only memory), EEPROM(electrically erasable programmable read-only memory), CD-ROM, 블루레이 또는 다른 광학 디스크 스토리지, HDD(hard disk drive), SSD(solid state drive), 또는 플래시 메모리를 포함하며, 또한, 이미징 장치(10)에 액세스될 수 있는 외부의 다른 스토리지 디바이스를 포함할 수 있다.
- [0033] 적어도 하나의 광원(110)은 광을 대상체에 조사하기 위한 장치를 의미할 수 있다. 적어도 하나의 광원(110)은 복수의 서로 다른 파장 대역의 광을 대상체에 조사할 수 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 광원(110)은 제1 파장 대역의 광 및 제1 파장 대역(예를 들어, 400nm 내지 700nm의 범위)과 다른 제2 파장 대역(예를 들어, 250nm 내지 400nm의 범위)의 광을 선택적으로 대상체에 조사할 수 있다. 다만, 파장 대역들은 다양하게 설정될 수 있다.
- [0034] 적어도 하나의 광원(110)은 가시광 대역의 브로드(broad)한 광을 조사하는 LED(Light Emitting Diode) 또는 형광등일 수 있고, 단파장의 강한 세기의 광을 조사하는 레이저 다이오드일 수도 있다. 다만, 이에 반드시 제한되는 것은 아니다. 적어도 하나의 광원(110)은 대상체에 대한 정보를 획득하기에 적합한 파장 대역의 광을 방출할 수 있다.
- [0035] 또한, 적어도 하나의 광원(110)은 복수의 서로 다른 파장 대역의 광을 선택적으로 대상체에 조사할 수 있는 단일의 광원일 수 있다. 다만, 이에 제한되는 것은 아니며, 적어도 하나의 광원(110)은 각각이 하나의 파장 대역의 광을 조사하는 복수의 광원들을 포함할 수도 있다. 또한, 적어도 하나의 광원(110)은 복수의 서로 다른 파장 대역의 광을 선택적으로 대상체에 조사할 수 있는 광원을 복수 개 포함할 수도 있다.
- [0036] 적어도 하나의 이미지 센서(120)는 대상체로부터 산란(scattering), 방출(emission) 또는 반사(reflection)되거나 대상체에 의해 흡수(absorption)되는 광으로부터 스펙트럼 데이터를 획득하기 위한 장치를 의미할 수 있다. 다만, 이에 반드시 제한되는 것은 아니며, 이미지 센서(120)는 대상체를 통해 전달(transmission)되거나 굴절(refraction)되는 광으로부터 스펙트럼 데이터를 획득할 수도 있다. 일 예에서, 광원에 의해 생성된 광 또는 자연광이 대상체로 조사되면, 대상체는 광을 흡수, 산란, 방출 또는 반사할 수 있고, 이미지 센서(120)는 대상체가 흡수, 산란, 방출 또는 반사하는 광의 스펙트럼 데이터를 측정할 수 있다. 대상체를 구성하는 물질의 종류에 따라 스펙트럼 데이터가 상이할 수 있으므로, 측정된 스펙트럼 데이터를 분석하면 대상체를 구성하는 물질의 종류가 추정될 수 있다.
- [0037] 이미지 센서(120)에 의해 획득된 스펙트럼 데이터는 파장 별로 구분된 복수의 채널들의 스펙트럼 데이터(또는 스펙트럼 신호)를 포함할 수 있다. 여기서, 각각의 파장들의 대역폭, 채널들의 개수는 다양하게 설정될 수 있다. 예를 들어, 이미지 센서는 적어도 3 이상의 채널들의 스펙트럼 데이터를 획득하는 멀티스펙트럴 이미지 센서일 수 있다.
- [0038] 일부 실시예에 따르면, 분광기(110)에 의해 획득되는 스펙트럼 데이터는 라만(Raman) 스펙트럼, 가시(visible) 스펙트럼, 형광 스펙트럼, 마이크로파 스펙트럼, 적외선 스펙트럼, X선 스펙트럼 등과 같은 다양한 스펙트럼들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 다만, 이에 반드시 제한되는 것은 아니다. 여기서, 라만 스펙트럼은 레이저 다이오드와 같은 광원을 이용하여 단파장의 강한 세기의 광을 대상체에 조사한 뒤, 광원의 파장 대역과 다른 파장 대역에서 대상체로부터 산란 또는 방출되는 광을 측정하였을 때 획득되는 스펙트럼을 의미할 수 있다.
- [0039] 한편, 도 1에서는 단일의 이미지 센서(120)만이 이미징 장치(10)에 포함되는 것으로 도시되어 있으나, 이미징 장치(10)는 2개 이상의 이미지 센서들을 포함할 수도 있다. 이미징 장치(10)가 2 이상의 이미지 센서들을 포함하는 경우, 각 이미지 센서에 의해 획득되는 스펙트럼 데이터의 유형들은 서로 상이할 수 있다.
- [0040] 이미지 센서(120)는 격자(grating) 및 필터 어레이(filter array) 중 적어도 하나를 이용하여 스펙트럼 데이터를 획득할 수 있다. 격자는 광의 굴절, 반사 또는 회절을 이용하여 분광을 수행하는 소자에 해당할 수 있고, 필터 어레이는 특정 파장이나 파장 범위를 선별적으로 투과 또는 차단하는 필터들을 이용하여 분광을 수행하는 소자에 해당할 수 있다.
- [0041] 이미지 센서(120)는 예를 들어, 300nm 내지 700nm의 범위의 파장 대역의 광을 측정함으로써, 대상체에 대한 가시 이미지 또는 초분광 이미지를 획득할 수 있다. 다만, 이에 반드시 제한되는 것은 아니며, 적어도 하나의 이미지 센서(120)는 대상체에 대한 정보를 획득하기에 적합한 임의의 파장 대역의 광을 측정할 수 있다.
- [0042] 이미지 센서(120)는 대상체의 색상 또는 형상 등과 같은 외관에 대한 가시 이미지를 획득할 수 있는 포토다이오드 어레이, CCD(Charge Coupled Device) 센서 또는 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 센서를 포

함할 수 있다. 또한, 이미지 센서(120)는 대상체로부터 방출되는 형광에 대한 정보를 포함하는 초분광 또는 다분광 이미지를 획득할 수 있다. 대상체 내의 소정의 지표 물질들은 광원(110)으로부터 광이 조사됨에 따라, 형광을 방출할 수 있고, 소정의 지표 물질들의 함량을 나타내는 파라미터들은 초분광 이미지로부터 획득될 수 있다. 한편, 이하의 설명들에서는 초분광 이미징에 대해 예시적으로 설명하도록 하겠으나, 이에 제한되지 않고 본 실시예는 다분광, 극초분광 이미징 기술에 대해서도 적용 가능할 수 있다.

[0043] 적어도 하나의 프로세서(130)는 이미징 장치(10)를 제어하기 위한 전반적인 기능을 수행하는 역할을 한다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로세서(130)는 적어도 하나의 광원(110) 및 적어도 하나의 이미지 센서(120)의 동작을 제어할 수 있다. 한편, 적어도 하나의 프로세서(130)는 다수의 논리 게이트들의 어레이로 구현될 수 있고, 범용적인 마이크로 프로세서와 마이크로 프로세서에서 실행될 수 있는 프로그램이 저장된 메모리의 조합으로 구현될 수도 있다.

[0044] 적어도 하나의 프로세서(130)는 적어도 하나의 이미지 센서(120)로부터 획득되는 가시 이미지에 기초하여 대상체에 대한 제 1 정보를 획득하고, 획득된 제 1 정보 및 이미지 센서(120)로부터 획득된 초분광 이미지에 기초하여 대상체에 대한 제2 정보를 획득할 수 있다. 이와 같이, 프로세서(130)는 초분광 이미지의 분석을 통해 획득된 정보만을 이용하여 제2 정보를 획득하지 않고, 가시 이미지의 분석을 통해 획득된 정보를 종합적으로 고려하여 제2 정보를 획득하는바, 대상체에 대한 제2 정보의 정확도가 증가될 수 있다.

[0045] 예를 들어, 제1 정보는 대상체의 외관에 대한 정보를 포함하며, 제2 정보는 대상체의 물질 파라미터에 대한 정보를 포함할 수 있다. 다만, 이에 반드시 제한되는 것은 아니다.

[0046] 도 2는 일부 실시예에 따른 이미지 장치의 개념도이다. 도 3은 도 2의 광원의 개념도이다. 도 4는 도 2의 이미지 센서의 개념도이다. 도 5는 도 2의 이미지 센서의 일 예를 나타내는 개념도이다.

[0047] 도 2 내지 도 5를 참조하면, 광원(110), 이미지 센서(120), 및 프로세서(130)를 포함하는 이미징 장치(10)가 제공될 수 있고, 이미징 장치(10)는 대상체(OBJ)의 이미징을 수행할 수 있다.

[0048] 광원(110)은 대상체(OBJ)와 마주할 수 있다. 광원(110)은 대상체(OBJ)에 검사 광(ILa, ILb)을 조사할 수 있다. 도 3에 도시된 것과 같이, 광원(110)은 제1 광원 어레이(1101), 제2 광원 어레이(1102), 및 투과 창(1103)을 포함할 수 있다. 제1 광원 어레이(1101)과 제2 광원 어레이(1102)는 투과 창(1103)을 사이에 두고 서로 이격될 수 있다. 제1 광원 어레이(1101) 및 제2 광원 어레이(1102)의 각각은 일 방향을 따라 배열되는 복수의 광원들(1100)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 복수의 광원들(1100)은 투과 창(1103)을 따라 배열될 수 있다. 제1 광원 어레이(1101) 및 제2 광원 어레이(1102)의 각각의 복수 광원들(1100)이 2열을 형성하는 것으로 도시되었으나, 이는 한정적인 것이 아니다. 예를 들어, 복수 광원들(1100)은 LED를 포함할 수 있다.

[0049] 검사 광(ILa, ILb)에 노출되는 대상체(OBJ)는 형광(OL)을 방출할 수 있다. 형광(OL)은 투과 창(1103)을 통과하여 이미징 장치(10) 내부에 제공될 수 있다. 투과 창(1103)은 투명한 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 투과 창(1103)은 투명 플라스틱 또는 유리일 수 있다. 일 예에서, 투과 창(1103)은 저온에 대한 내구성이 높은 재질을 포함할 수 있다. 형광(OL)은 이미지 센서(120)에 제공될 수 있다. 예를 들어, 형광(OL)의 광 경로는 형광(OL)이 이미지 센서(120)에 제공되도록 광 경로 조절 요소(1140)에 의해 조절될 수 있다. 이미지 센서(120)는 초분광 카메라를 포함할 수 있다.

[0050] 일 예에서, 이미지 센서(120)는 도 4에 도시된 것과 같이 분산 요소(230)를 포함할 수 있다. 이미지 센서(도 4의 200a)는 슬릿 요소(210), 콜리메이팅 렌즈(220), 분산 요소(230), 집광 렌즈(240), 및 센서(250)를 포함할 수 있다. 슬릿 요소(210)는 형광(OL)의 요구되는 부분을 추출하기 위해 사용될 수 있다. 일 예에서, 슬릿 요소(210)를 통과한 형광(OL)은 발산할 수 있다. 콜리메이팅 렌즈(220)는 형광(OL)이 평행광 또는 수렴광이 되도록 형광(OL)의 크기를 조절할 수 있다. 예를 들어, 콜리메이팅 렌즈(220)는 볼록 렌즈를 포함할 수 있다. 분산 요소(230)는 콜리메이팅 렌즈(220)로부터 제공되는 형광(OL)을 분광시킬 수 있다. 분산 요소(230)가 격자인 것으로 도시되었으나, 이는 한정적인 것이 아니다. 다른 예시적인 실시예에서, 분산 요소(230)는 프리즘일 수 있다. 분광된 형광(OL)은 집광 렌즈(240)를 지나 이미지 센서(250)에 제공될 수 있다. 예를 들어, 집광 렌즈(240)는 볼록 렌즈를 포함할 수 있다. 분광된 형광(OL)은 파장에 따라 센서(250)의 서로 다른 위치에 제공될 수 있다. 센서(250)는 분산 요소(230)로부터 제공되는 분광된 형광(OL)을 측정할 수 있다. 센서(250)는 형광(OL)의 스펙트럼 신호를 생성할 수 있다. 센서(250)는 스펙트럼 신호를 프로세서(130)에 제공할 수 있다.

[0051] 일 예에서, 도 5에 도시된 것과 같이, 스펙트럼 필터(232)를 포함하는 이미지 센서(200b)가 제공될 수 있다. 이미지 센서(200b)는 슬릿 요소(210), 콜리메이팅 렌즈(220), 스펙트럼 필터(232), 집광 렌즈(240), 및 센서

(250)를 포함할 수 있다. 슬릿 요소(210), 콜리메이팅 렌즈(220), 집광 렌즈(240), 및 센서(250)는 도 4를 참조하여 설명된 것과 실질적으로 동일할 수 있다. 스펙트럼 필터(232)는 서로 다른 파장 대역의 광들을 각각 통과시키는 필터들의 집합일 수 있다. 스펙트럼 필터(232)는 콜리메이팅 렌즈(220)로부터 제공되는 형광(OL)이 공간적으로 서로 상이한 파장들을 갖도록 필터링할 수 있다. 즉, 스펙트럼 필터(232)의 서로 다른 영역들을 통과한 형광의 부분들은 서로 다른 파장들을 가질 수 있다. 스펙트럼 필터(232)에 의해 분광된 형광(OL)은 집광 렌즈를 지나 센서(250)에 제공될 수 있다. 센서(250)는 형광(OL)에 대해 스펙트럼 신호를 생성할 수 있다. 센서(250)는 스펙트럼 신호를 프로세서(130)에 제공할 수 있다.

[0052] 프로세서(130)는 스펙트럼 신호에 기초하여, 대상체(OBJ)의 초분광 이미지를 생성할 수 있다. 프로세서(130)는 대상체(OBJ)의 초분광 이미지를 이용하여 대상체(OBJ)의 상태를 판별할 수도 있다.

[0053] 도 6은 일부 실시예에 따른 이미징 장치가 동작하는 과정을 설명하기 위한 개요도이다.

[0054] 도 6을 참조하면, 이미지 센서(120)는 필터 어레이를 이용하여 대상체에 대한 스펙트럼 데이터(또는 스펙트럼 신호)를 획득할 수 있다.

[0055] 이미지 센서(120)에 의해 획득되는 스펙트럼 데이터는 예를 들어, $\lambda_{10}, \dots, \lambda_{1N}$ 에서의 광의 세기(intensity)에 대한 정보를 포함할 수 있다. 이미징 장치(10)의 프로세서(130)는 획득된 스펙트럼 데이터에 대한 이미지 프로세싱(620)을 수행할 수 있다. 여기서, 이미지 프로세싱(620)은 대상체에 대한 초분광 이미지(630)를 획득하기 위한 이미지 데이터로 처리하는 것을 의미할 수 있다. 나아가서, 이미지 프로세싱(620)은 입력 스펙트럼 데이터로부터, 재구성(reconstructed) 스펙트럼 데이터를 생성하기 위한 스펙트럼 복원(spectrum reconstruction) 프로세스를 포함할 수 있다.

[0056] 이미지 센서(120)는 복수의 픽셀들을 포함할 수 있다. 복수의 픽셀들의 각각은 복수의 파장 대역들에 각각 대응하는 픽셀들이거나, 또는 복수의 파장 대역들에 각각 대응하는 복수의 서브 픽셀들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 서브 픽셀들은 제1 파장 대역의 광을 측정할 수 있고, 제2 서브 픽셀들은 제1 파장 대역과 다른 제2 파장 대역의 광을 측정할 수 있다.

[0057] 이미지 센서(120)의 해상도(예를 들어, 공간(spatial) 해상도 또는 분광(spectral) 해상도)을 높이기 위해서는 픽셀 크기를 작게 구현하는 것이 바람직할 수 있다. 하지만, 이미지 센서(120)의 픽셀 크기가 작아짐에 따라 인접 픽셀들 사이에서는 크로스토크(crosstalk)의 영향이 발생할 수 있다. 그러므로, 적절한 해상도의 이미징을 위해서는 이와 같은 크로스토크의 영향을 보정하여야 할 필요가 있다. 특히, 초분광 이미징을 위한 이미지 센서(120)에서는, 공간 해상도와 분광 해상도가 반비례하는 관계에 있다. 이에 따라, 이미지 센서(120)에서 적절한 공간 해상도와 분광 해상도를 갖는 초분광 이미징을 수행하기 위해서는, 크로스토크의 영향을 보정하기 위한 방법이 필수적일 수 있다.

[0058] 도 7은 일부 실시예에 따른 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하여 재구성 스펙트럼 데이터를 생성하는 방법의 흐름도이다. 도 7의 스펙트럼 데이터 처리 방법은 앞서 설명된 이미징 장치(10)에서 수행되는 방법이다.

[0059] 701 단계에서, 프로세서(130)는 이미지 센서(120)에 의해 획득된 스펙트럼 데이터의 각 채널에 대응하는 스펙트럼 응답 신호(spectrum response signal) (또는 spectrum response function)를 획득한다.

[0060] 이미지 센서(120)에 의해 획득된 스펙트럼 데이터는 파장 별로 구분된 복수의 채널들의 스펙트럼 데이터(또는 스펙트럼 신호)를 포함할 수 있고, 스펙트럼 데이터는 각 채널에 대응한 스펙트럼 특성을 나타내는 스펙트럼 응답 신호들을 포함할 수 있다.

[0061] 구체적으로, 각 채널의 스펙트럼 응답 신호는 아래와 같은 수학적 식 1로 표현될 수 있다.

수학적 식 1

$$D = \int d\lambda f(\lambda) I(\lambda) \approx \sum_{i=1}^L f(\lambda_i) I(\lambda_i) \Delta\lambda$$

[0062]

[0063] 수학식 1을 참고하면, $f(\lambda)$, $I(\lambda)$, D 는 각각 필터의 스펙트럼, 입사하는 광의 스펙트럼, 검출된 광의 세기(intensity)에 해당한다. 또한, 스펙트럼 데이터의 채널은 L 개이다.

[0064] 각 채널의 스펙트럼 응답 신호에 관한 수학식 1을 행렬 형태로 표현하면, 아래의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$D \equiv \begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_1(\lambda_1) & \cdots & f_1(\lambda_L) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_N(\lambda_1) & \cdots & f_N(\lambda_L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I(\lambda_1) \\ \vdots \\ I(\lambda_L) \end{pmatrix} \equiv FI$$

[0065]

[0066] 702 단계에서, 프로세서(130)는 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저 세트(basis set)를 결정한다. 이때, 프로세서(130)는 주성분 분석(principal component analysis, PCA) 알고리즘을 이용할 수 있다. 구체적으로, 프로세서(130)는 주성분 분석(PCA)을 이용하여 각 채널의 스펙트럼 응답 신호에 대한 주성분(principal component)을 획득하고, 획득된 주성분에 기초하여 채널들에 대한 기저 세트를 결정할 수 있다.

[0067] 결정된 기저 세트에는 스펙트럼의 채널 개수와 동일한 개수의 기저들이 포함될 수 있다. 다른 예로서, 결정된 기저 세트에는 스펙트럼의 채널 개수보다 적은 개수의 기저들이 포함될 수도 있다. 기저의 개수가 많아지면 분광 해상도가 높아질 수 있지만 노이즈에 민감해질 수 있다. 반면에, 기저의 개수를 적어지면 상대적으로 노이즈에 둔감한 대신 분광 해상도가 낮아질 수 있다. 따라서, 이미징 장치의 특성에 따라 기저 세트에 포함될 기저 개수를 최적화함으로써 재구성 스펙트럼 데이터의 성능이 조정될 수 있다.

[0068] 703 단계에서, 프로세서(130)는 결정된 기저 세트에 기초하여, 채널들의 스펙트럼 응답 신호들에 대한 기저 변환을 수행한다. 각 채널에 대한 스펙트럼 응답 신호에 대한 기저 변환이 수행됨으로써, 각 채널의 스펙트럼 응답 신호는 직교(orthogonal) 특성을 갖게 될 수 있다. 이에 따라, 각 채널 사이의 크로스토크 영향이 감소될 수 있으므로, 이후에 수행될 의사 역행렬(pseudo inverse)을 이용한 스펙트럼 복원에 있어서의 오차가 감소될 수 있다.

[0069] 704 단계에서, 프로세서(130)는 의사 역행렬을 이용하여, 기저 변환된 스펙트럼 응답 신호들로부터 재구성된 스펙트럼 데이터를 생성한다. 즉, 프로세서(130)는 이미지 센서(120)에 의해 획득된 스펙트럼 데이터에 대한 기저 변환 및 의사 역행렬을 이용함으로써, 입력 스펙트럼 데이터로부터 크로스토크의 영향이 보정된 재구성 스펙트럼 데이터(reconstructed spectrum data)를 생성할 수 있다.

[0070] 도 8은 일부 실시예에 따른 이미지 센서의 스펙트럼 데이터를 처리하여 재구성 스펙트럼 데이터를 생성하는 방법의 흐름도이다. 도 8의 방법은 도 7의 702 단계 내지 704 단계에도 적용될 수 있다.

[0071] 801 단계에서, 프로세서(130)는 주성분 분석(PCA) 알고리즘을 이용하여 각 채널의 스펙트럼 응답 신호에 대한 주성분(principal component)을 획득하고, 획득된 주성분에 기초하여 채널들의 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저들을 획득한다.

[0072] 802 단계에서, 프로세서(130)는 획득된 기저들(basis) 중에서, 유의미한(또는 최적의) 기저들만 선택하여 기저 변환을 수행하기 위하여, 아래와 같은 프로세싱 방식들을 수행할 수 있다.

[0073] 구체적으로, 유의미한 기저들만 선택하기 위해, 행렬 F 는 수학식 3과 같이 특이값 분해(SVD, singular value decomposition)로 표현될 수 있다.

수학식 3

$$F = U \Sigma V^T$$

[0074]

[0075] 수학식 3을 참고하면, Σ 는 $N \times L$ 차원(dimension)의 대각 행렬(diagonal matrix), U, V^T 는 각각 $N \times N, L \times L$ 크기의 유니터리 행렬(unitary matrix)이고, 특이값 분해(SVD)는 임의의 행렬 F에 대해 항상 가능할 수 있다.

[0076] 유일한(unique) 특이값 분해(SVD)를 결정하기 위해서 보통 행렬 Σ 의 대각 성분은 크기가 감소하는 순으로 배열되고, 이 대각 성분의 값들은 특이값(singular value)으로 정의될 수 있다.

[0077] 유니터리 행렬(U, V)로 변환된 기저에서, 스펙트럼 응답 신호는 다음의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

$$D = FI = U \Sigma V^T I \Rightarrow \tilde{D} \equiv U^T D = \Sigma V^T I \equiv \Sigma \tilde{I}$$

$$\tilde{I} = (\Sigma^T \Sigma)^{-1} \Sigma^T \tilde{D}$$

[0078]

[0079] 한편, 작은 특이값들은 역행렬을 취할 때 노이즈를 증폭시키는 역할을 할 수 있다. 따라서, 작은 특이값을 배제하기 위하여, 소정 크기 이상을 갖는 몇 개의 특이값들만을 이용하는 것이 보다 바람직할 수 있다. 이에 따라, 노이즈를 유발할 수 있는 작은 특이값들을 제거하기 위한 절단 행렬(truncation)이 이용될 수 있다.

[0080] 아래의 수학식 5와 같은 종래의 주성분 분석(PCA) 방식은 작은 특이값을 모두 0으로 대체하고, 이에 해당하는 고유 벡터(singular eigenvector)를 제거하는 차원 축소(dimensional reduction) 방식이다.

수학식 5

$$\tilde{\Sigma} = Trunc(\Sigma) = \begin{pmatrix} s_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (s_3 \ll 1 \rightarrow 0) & 0 \end{pmatrix}$$

[0081]

[0082] 하지만, 본 실시예에서는, 종래의 주성분 분석(PCA)(즉, 수학식 5)을 변형한 수학식 6의 절단 행렬을 이용하여, 특이값을 0으로 간주하는 대신에 이전의 가장 작은 값들로 동일하게 대체하여 차원 축소를 수행하지 않는 방식을 활용한다. 이에 따라, 종래의 방식(즉, 수학식 5) 대비 본 실시예의 방식은 차원 축소에 의해 손실되는 정보를 최소화할 수 있다.

수학식 6

$$\tilde{\Sigma} = Trunc(\Sigma) = \begin{pmatrix} s_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (s_3 < s_2 \rightarrow s_2) & 0 \end{pmatrix}$$

[0083]

[0084]

프로세서(130)는 위와 같은 프로세싱 방식을 수행함으로써, 801 단계에서 획득된 기저들 중에서, 미리 설정된 임계값 이상을 갖는 것으로 판단된 일부 개수의 기저들 및 해당 기저의 특이값을 결정하여, 기저 세트를 결정할 수 있다.

[0085]

다른 예로서, 프로세서(130)는 특이값이 임계값 이하인 기저가 존재하는 경우, 해당 기저의 특이값을 임계값으로 대체하거나 또는 임계값 이상의 특이값들 중 최저값으로 대체하여, 기저 세트를 결정할 수도 있다.

[0086]

즉, 프로세서(130)는 획득된 스펙트럼 응답 신호들에 대응하는 기저들 중에서 임계값보다 작은 특이값(singular value)을 갖는 적어도 하나의 기저를 결정하고, 결정된 적어도 하나의 기저에 대한 특이값을 소정 특이값으로 대체할 수 있다. 따라서, 기저 세트는 소정 특이값으로 대체된 기저들을 포함할 수 있다. 소정 특이값은 임계값, 또는 임계값 이상의 다른 기저들의 특이값들 중 가장 작은 값일 수 있다.

[0087]

803 단계에서, 프로세서(130)는 결정된 기저 세트에 기초하여 채널들의 스펙트럼 응답 신호들에 대한 기저 변환을 수행하고, 의사 역행렬(pseudo inverse)을 이용하여 기저 변환된 스펙트럼 응답 신호들로부터 재구성된 스펙트럼 데이터를 생성한다. 즉, 프로세서(130)는 이미지 센서(120)에 의해 획득된 스펙트럼 데이터에 대한 기저 변환 및 의사 역행렬을 이용함으로써, 입력 스펙트럼 데이터로부터 크로스토크의 영향이 보정된 재구성 스펙트럼 데이터를 생성할 수 있다.

[0088]

프로세서(130)는 수학식 7과 같은 의사 역행렬을 이용하여, 입사하는 광의 스펙트럼 $I(\lambda)$ 를 획득할 수 있다.

수학식 7

$$I = \left(F^T F \right)^{-1} F^T D$$

[0089]

[0090]

수학식 6에서 설명된 절단 행렬에 의해 절단된(truncated) 영역을 갖는 의사 역행렬 $\tilde{I}$, $\tilde{D}$ 을 취함으로써, 재구성 스펙트럼 D가 복원될 수 있다.

[0091]

804 단계에서, 프로세서(130)는 재구성 스펙트럼 데이터에 기초하여 초분광 이미지 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 재구성 스펙트럼 데이터 D는 CIE 색 공간(color space)의 XYZ 컬러 매칭 함수(color matching function)인 수학식 8을 이용하여 XYZ 색 공간의 값들로 변환될 수 있다.

수학식 8

$$\begin{aligned} X &= \int d\lambda S(\lambda) R(\lambda) x(\lambda) = \int d\lambda I(\lambda) x(\lambda) \\ Y &= \int d\lambda S(\lambda) R(\lambda) y(\lambda) = \int d\lambda I(\lambda) y(\lambda) \\ Z &= \int d\lambda S(\lambda) R(\lambda) z(\lambda) = \int d\lambda I(\lambda) z(\lambda) \end{aligned}$$

[0092]

[0093]

또한, XYZ 색 공간의 값들은 수학식 9를 이용하여 RGB 색 공간의 값들로 변환될 수 있다.

수학식 9

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.41847 & -0.15866 & -0.082835 \\ -0.091169 & 0.25243 & 0.015708 \\ 0.00092090 & -0.0025498 & 0.17860 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

[0094]

[0095]

프로세서(130)는 재구성 스펙트럼 데이터를 소정의 색 공간의 값들로 변환함으로써 초분광 이미지를 구성하는 이미지 픽셀 데이터를 획득할 수 있다.

[0096]

즉, 프로세서(130)는 이미지 센서(120)에 의해 획득된 입력 스펙트럼 데이터 대신에, 재구성 스펙트럼 데이터에 기초하여 크로스토크 영향이 줄어든 초분광 이미지 데이터를 생성함으로써, 개선된 해상도(예를 들어, 공간(spatial) 해상도 또는 분광(spectral) 해상도)을 갖는 이미징 프로세싱을 수행할 수 있다.

[0097]

도 9는 일부 실시예에 따른 재구성 스펙트럼 데이터의 적용 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0098]

도 9를 참고하면, 본 실시예에 따라 재구성된 스펙트럼 데이터에 대한 시뮬레이션 결과들과 재구성 방식이 적용되지 않은 스펙트럼 데이터에 대한 시뮬레이션 결과들을 비교하기 위한 그래프들이 도시되어 있다.

[0099]

그래프들(901, 902, 903)은 Macbeth 컬러 차트(color chart)의 블루 패치(Blue patch), 그린 패치(Green patch) 및 레드 패치(Red patch)를 형광등 조명 하에서 측정한 후 본 실시예에 따라 재구성된 스펙트럼 데이터에 관한 그래프이다. 측정된 스펙트럼은 15개의 필터들을 투과한 신호를 각각 필터의 중심 파장에 대해 표현한 것이다.

[0100]

그래프들(911, 912, 913)은 Macbeth 컬러 차트(color chart)의 블루 패치(Blue patch), 그린 패치(Green patch) 및 레드 패치(Red patch)를 형광등 조명 하에서 측정한 스펙트럼 데이터에 관한 그래프들이다. 즉, 그래프들(911, 912, 913)은 본 실시예에 따른 재구성 방식이 적용되지 않은 스펙트럼 데이터에 기반한 것이다. 마찬가지로, 측정된 스펙트럼은 15개의 필터들을 투과한 신호를 각각 필터의 중심 파장에 대해 표현한 것이다.

[0101]

그래프들(901, 902, 903)과 그래프들(911, 912, 913)을 비교하여 보면, 본 실시예에 따른 재구성 스펙트럼 데이터에 기반한 그래프들은, 레퍼런스 스펙트럼(reference spectrum)에 가까운 것으로 측정되었으므로, 크로스토크의 영향이 감소되었음을 알 수 있다.

[0102]

도 10은 일부 실시예에 따라 기저의 개수가 재구성 스펙트럼 데이터의 성능에 미치는 영향을 설명하기 위한 도면이다.

[0103]

도 10을 참고하면, 그래프들(1001 내지 1006)의 도면 참조 번호 순서대로, 보다 많은 기저의 개수를 이용하여 재구성된 스펙트럼 데이터의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그래프들(1001 내지 1006)에 따르면, 기저의 개수가 많아질수록 분광 해상도가 높아질 수 있지만 노이즈에는 민감해질 수 있다는 점이 도시되어 있다. 반면에, 기저의 개수가 적어질수록 노이즈에는 둔감해지지만 분광 해상도가 낮아질 수 있다는 점이 도시되어 있다. 따라서,

이미징 장치의 특성에 따라 기저 세트에 포함될 기저 개수를 최적화함으로써 재구성 스펙트럼 데이터의 성능이 조정될 수 있다.

[0104] 도 11은 일부 실시예에 따라 기저의 특이값에 따른 영향을 설명하기 위한 도면이다.

[0105] 도 11을 참고하면, 그래프들(1101, 1102, 1103, 1104) 각각은 총 14개의 기저들 중 1번째, 5번째, 9번째, 13번째 크기를 갖는 기저의 특이값으로 임계값을 설정하여 스펙트럼 재구성을 수행한 결과를 나타내는 그래프들이다.

[0106] 원래의 특이값을 유지하고 있는 기저의 개수들이 많을수록 분광 해상도가 높게 유지될 수 있으나, 대신에 노이즈에 민감해질 수 있다. 반대로, 원래의 특이값을 유지하고 있는 기저의 개수들이 적어질수록 분광 해상도가 낮아질 수 있으나, 대신에 노이즈에 의한 왜곡이 줄어들 수 있다.

[0107] 도 12는 일부 실시예에 따른 재구성 스펙트럼 데이터의 RGB 변환을 설명하기 위한 도면이다.

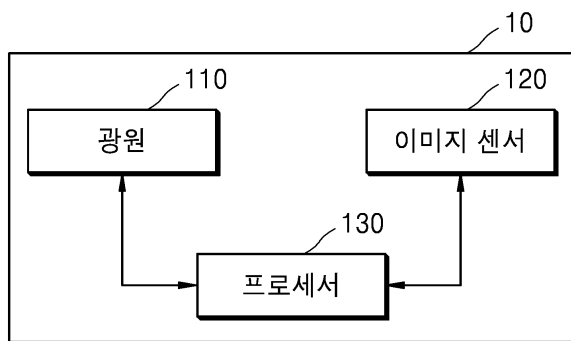
[0108] 도 12를 참고하면, 원본 이미지(1200)에 대하여, 본 실시예에 따른 재구성 스펙트럼 데이터로부터 컬러-변환된 RGB 이미지(1201)와 재구성 없이 R, G, B 파장들에 해당하는 채널로 표현된 RGB 이미지(1202)가 도시되어 있다. 비교하여 보면, 본 실시예에 따른 재구성 스펙트럼 데이터로부터 컬러-변환된 RGB 이미지(1201)가 RGB(1202)에 비해 보다 향상된 컬러 표현이 가능하다는 점을 알 수 있다.

[0109] 한편, 전술한 방법은 그 방법을 실행하는 명령어들을 포함하는 하나 이상의 프로그램이 기록된 컴퓨터로 읽을 수 있는 비일시적(non-transitory) 기록 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터로 읽을 수 있는 가능 기록 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 명령어의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

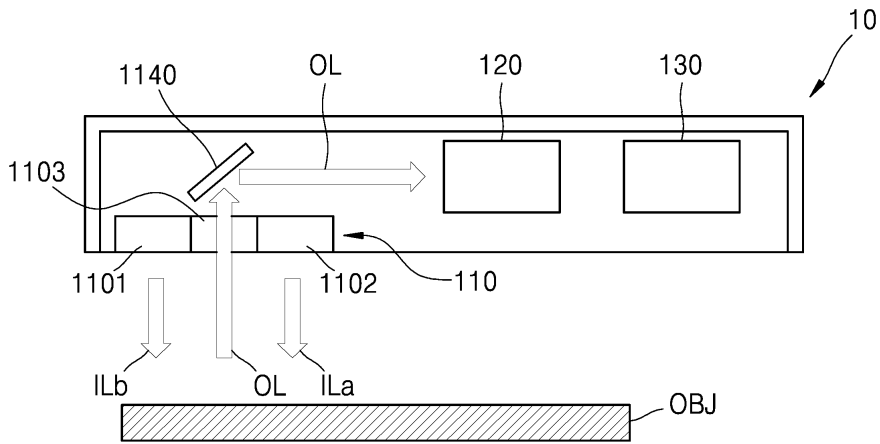
[0110] 이상에서 실시예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 개시의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 개시의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 개시의 권리범위에 속한다.

도면

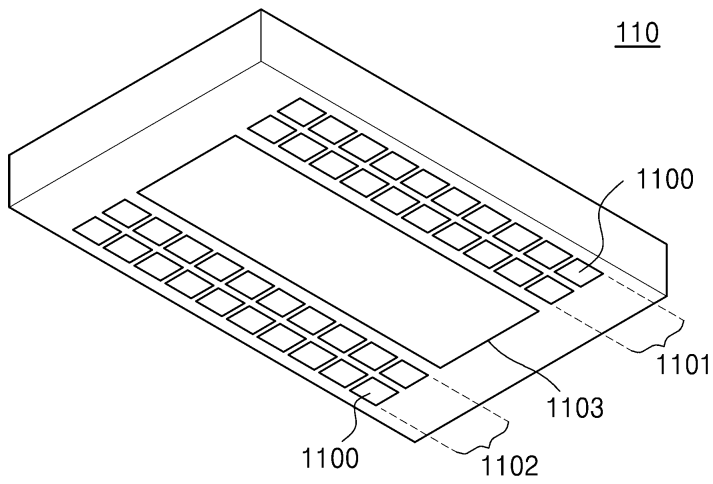
도면1



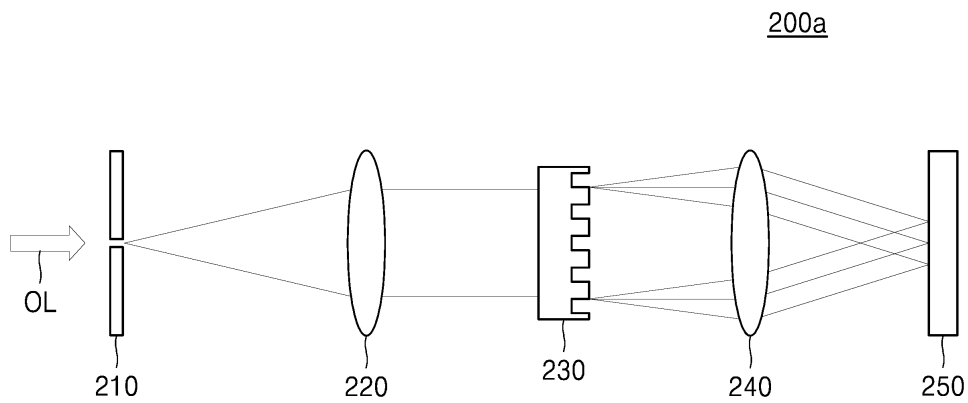
도면2



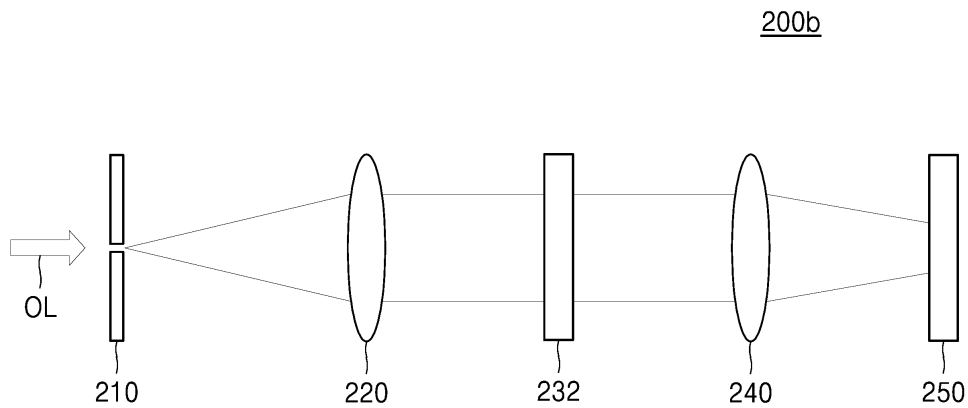
도면3



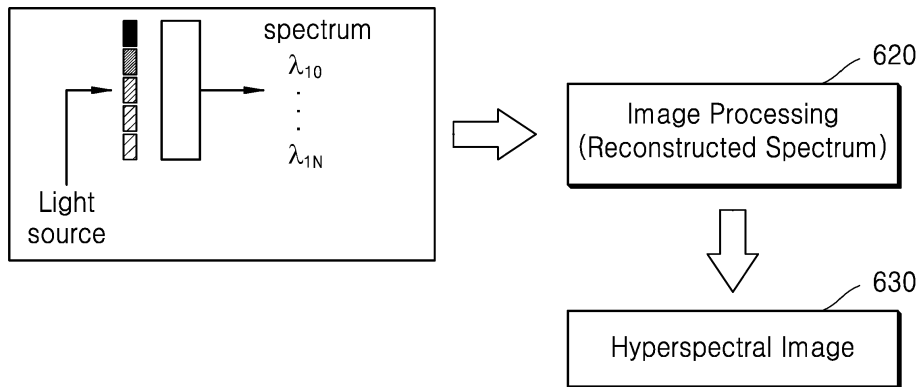
도면4



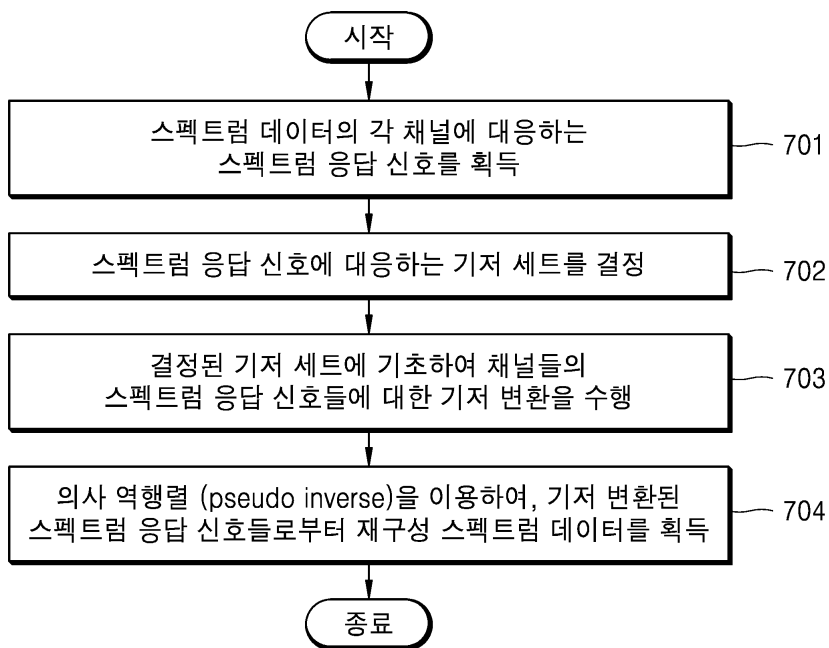
도면5



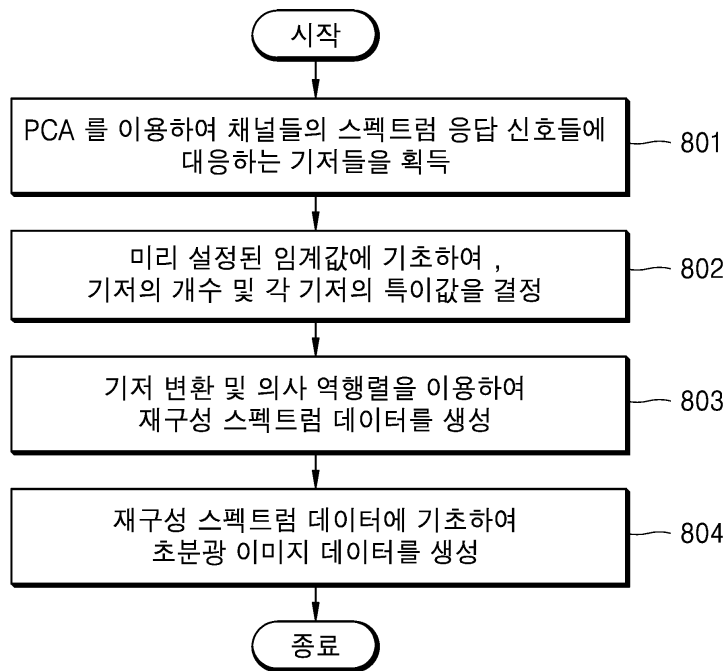
도면6



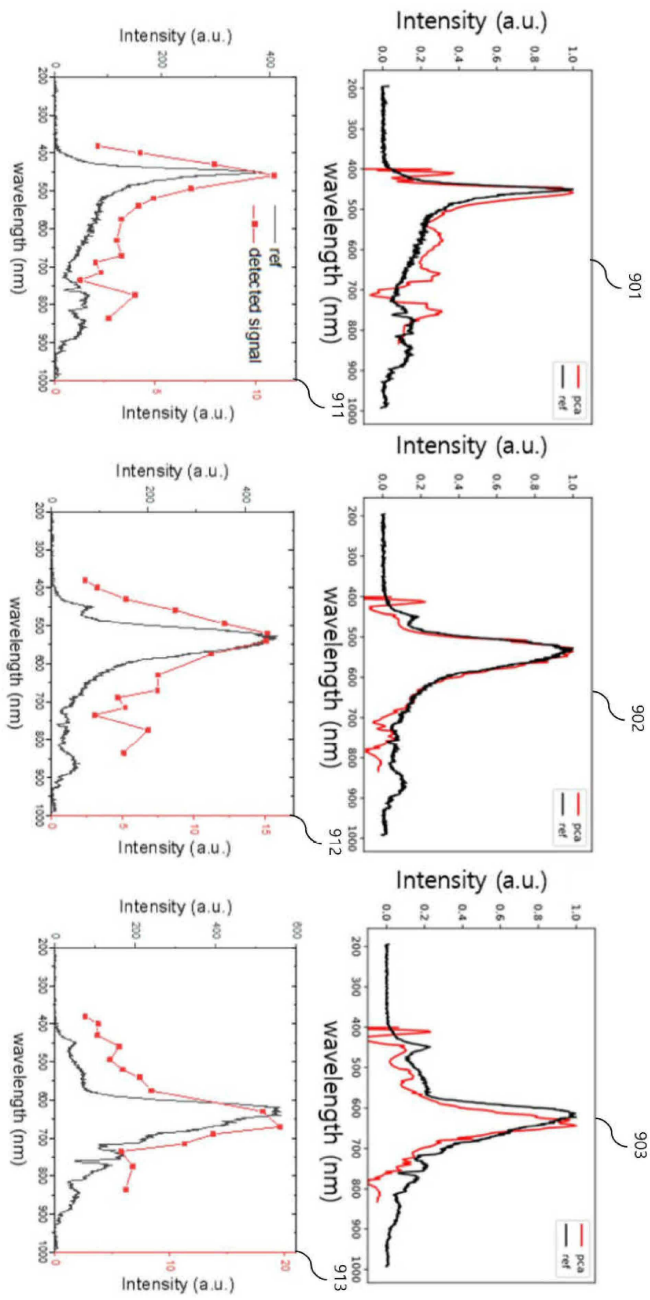
도면7



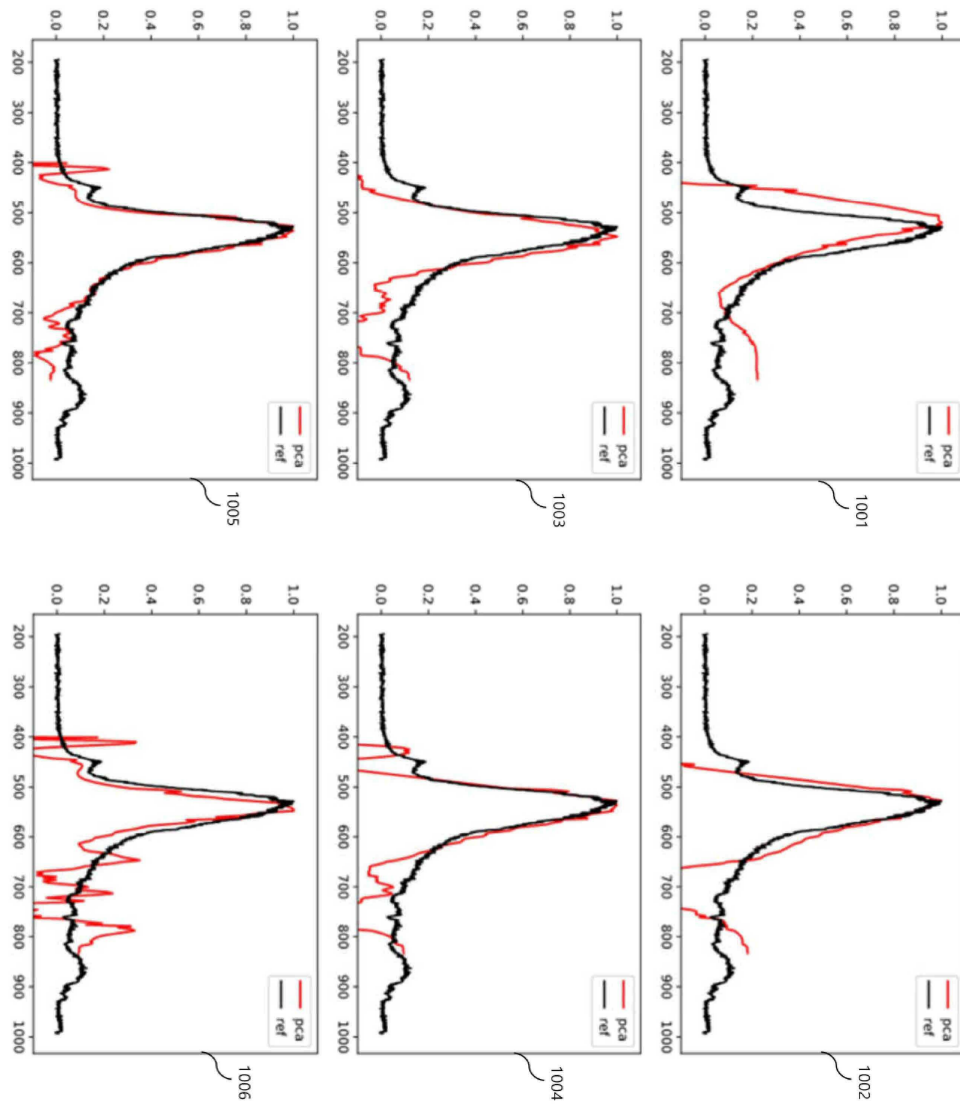
도면8



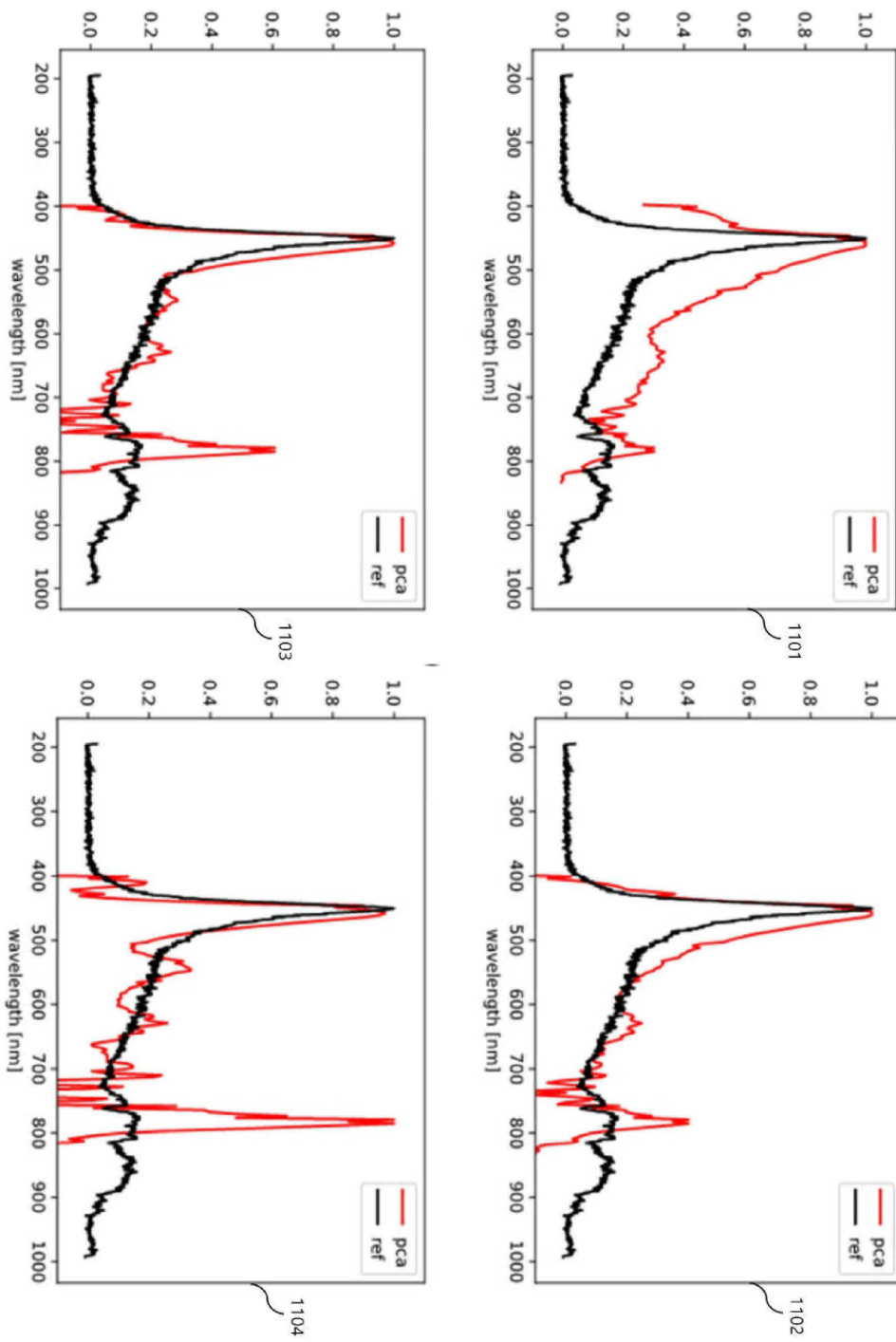
도면9



도면10



도면11



도면12

