(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0103633
(43) 공개일자 2024년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G01N 21/31* (2006.01) *G01N 21/25* (2006.01)
*G01N 33/38* (2020.01) *G06T 3/40* (2024.01)
*G06T 7/00* (2017.01) *G06T 7/30* (2017.01)
(52) CPC특허분류
*G01N 21/31* (2013.01)
*G01N 21/255* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0185979
(22) 출원일자 2022년12월27일
심사청구일자 2022년12월27일

(71) 출원인
**주식회사 하이퍼스페이스**
대전광역시 유성구 한밭대로371번길 25-4, 충남대학교 자연과학대학 3호관 225호(궁동)
**충남대학교산학협력단**
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
**사이클롭스 주식회사**
서울특별시 강남구 강남대로124길 3-9, 4층(논현동)
(72) 발명자
**유재형**
대전광역시 유성구 계룡로88번길 403
**심혜지**
대전광역시 서구 도산로370번길 55 용문동서우아파트 102동 803호
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**이충한**

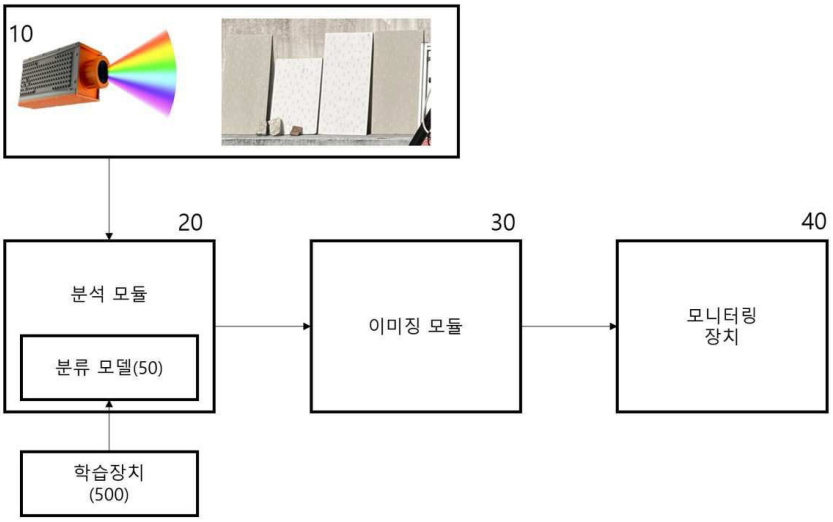
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화기법**

## (57) 요 약

본 발명은 석면함유 건축자재를 탐지하기 위한 초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템에 관한 것으로 본 발명의 일양태에 따르면 초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템이 제공되고, 이 시스템은, 건축자재 또는 건축물을 촬영하기 위한 초분광 카메라; 초분광 카메라로부터 촬영된 영상 신호를 분석하기 위한 분석 모듈; 분석 모듈에서 분석된 결과에 대응하여 사용자에게 표시될 영상을 합성하는 이미징 모듈; 및 이미징 모듈에서 합성된 영상을 사용자에게 표시하기 위한 모니터링 장치를 포함하고, 상기 이미징 모듈은 건축자재 또는 건축물 중 석면을 함유한 자재를 컬러화하여 모니터링 장치를 통해 표시하도록 구성된다.

*대 표 도* - 도1



(52) CPC특허분류
*G01N 33/38* (2024.05)
*G06T 3/40* (2024.01)
*G06T 7/0002* (2013.01)
*G06T 7/30* (2017.01)

(72) 발명자
**박찬혁**
대전광역시 중구 중촌로 31 금성백조아파트 2-103
**김지은**
대전광역시 서구 관저북로 80 원앙마을2단지 203동 509호
**최남호**
경기도 수원시 영통구 법조로 134 광교호수마을참누리레이크 3008동 804호

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템에 있어서,

건축자재 또는 건축물을 촬영하기 위한 초분광 카메라;

초분광 카메라로부터 촬영된 영상 신호를 분석하기 위한 분석 모듈;

분석 모듈에서 분석된 결과에 대응하여 사용자에게 표시될 영상을 합성하는 이미징 모듈; 및

이미징 모듈에서 합성된 영상을 사용자에게 표시하기 위한 모니터링 장치를 포함하고,

상기 이미징 모듈은 건축자재 또는 건축물 중 석면을 함유한 자재를 컬러화하여 모니터링 장치를 통해 표시하도록 구성된 것을 특징으로 하는

초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 분석 모듈은 초분광 카메라로부터 촬영된 영상 신호 중 2000nm 내지 2400nm 사이의 빛의 반사도 특성을 이용하여 석면함유 건축자재를 탐지하는 것을 특징으로 하는

초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고,

상기 분류 모델은 석면 텍스 앞면을 분류하기 위한 모델식:

$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.003*1032\text{nm}-0.011*1976\text{nm}+0.009*2193\text{nm}+0.010*2244\text{nm}-0.012*2310\text{nm}-3.534)}{1+\boldsymbol{exp}(0.003*1032\text{nm}-0.011*1976\text{nm}+0.009*2193\text{nm}+0.010*2244\text{nm}-0.012*2310\text{nm}-3.534)}$$

을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값인 것을 특징으로 하는

초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템.

### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고,

상기 분류 모델은 석면 텍스 뒷면을 분류하기 위한 모델식:

$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(-0.022*1964\text{nm}-0.008*1998\text{nm}+0.027*2154\text{nm}-0.979)}{1+\boldsymbol{exp}(-0.022*1964\text{nm}-0.008*1998\text{nm}+0.027*2154\text{nm}-0.979)}$$

을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값인 것을 특징으로 하는

초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고,

상기 분류 모델은 석고 텍스 앞면을 분류하기 위한 모델식:

$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.038*1032\text{nm}-0.013*1573\text{nm}-0.025*2087\text{nm}-20.748)}{1+\boldsymbol{exp}(0.038*1032\text{nm}-0.013*1573\text{nm}-0.025*2087\text{nm}-20.748)}$$

을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값인 것을 특징으로 하는

초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고,

상기 분류 모델은 석고 텍스 뒷면을 분류하기 위한 모델식:

$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.013*1258\text{nm}-0.017*1618\text{nm}-0.007*2015\text{nm}+0.010*2333\text{nm}+3.577)}{1+\boldsymbol{exp}(0.013*1258\text{nm}-0.017*1618\text{nm}-0.007*2015\text{nm}+0.010*2333\text{nm}+3.577)}$$

을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값인 것을 특징으로 하는

초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 석면함유 건축자재를 탐지하기 위한 비파괴 방식의 탐지 기술에 관한 것으로 보다 구체적으로는 초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화기법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0003] 석면은 직경이 0.02 ~ 0.03 ㎛ 정도로 유연성과 열에 대한 저항력이 매우 강하고 약산성을 띄고 있어 건설에서 자동차의 제조 및 가정용품 등에 이르기까지 다양한 분야에서 이용되며 3,000여 종류에 달하는 공업제품에 사용하였다. 산업혁명 전에는 고온에 견디는 섬유에 대한 수요가 높지 않았으나 20세기 이후 석면은 뛰어난 단열성, 내열성, 절연성 등의 물성과 값이 싼 경제성 때문에 건축 내외장재와 공업용 원료로 널리 사용하고 있다.

[0005] 최근 석면이 폐에 흡인되면 폐암 등의 악성 질병을 유발하게 된다는 사실이 알려지고 석면의 유해성에 대한 인식이 높아지면서 석면 생산량이 감소하는 추세이며, 석면대체물질이 개발되어 사용되고 있다.

[0007] 초기에 석면은 광물성 규산염이라는 이유로 건강에 큰 악영향을 주지않는 물질로 여겨졌으나, 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 석면 분진을 호흡기를 통해 체내에 축적되면 20~30년 뒤에 악성 중피종, 폐암 등을 유발하는 1급 발암물질로 분류하였고, 또한 전 세계적으로 매년 석면으로 인한 사망자수가 수만 명 이상이 됨에 따라, 우리나라를 포함한 전 세계 각국은 천문학적 예산을 투입하여 석면 해체제거 작업을 진행하고 있다.

[0009] 석면은 구성성분에 따라 백석면, 갈석면, 청석면 등이 있으며, 국내에서는 백석면이 95% 이상 사용되고 있다. 국내에서는 건축자재 용도로 82%가 사용되고, 이어 자동차 브레이크 라이닝 11%, 방화 섬유제품으로 5%가 사용된다. 석면은 아무리 작은 양이라도 건강에 악영향을 끼치는 유해물질로 석면폐증, 폐암, 흉막이나 복막에 생기는 암인 악성중피종을 일으킨다.

[0011] 석면을 함유한 건축 자재는 지붕재, 벽면재로 사용되거나, 마감재로써 장식, 음향조절, 방화용으로 벽과 천장에 분사하고 미장 바름이나 철골부재에 내화피복으로 사용한다. 단열 및 보온재는 급수관, 증기관, 덕트, 보일러 및 온수탱크에 사용되고 기타 수장재로 비닐석면 바닥타일, 천장타일, 트랜사이트 또는 시멘트판, 벽판, 지붕용 골슬레이트 등으로 사용하고 있다.

[0013] 환경부에서 발간한 석면총람에 따르면, 공공건물의 석면함유물질 사용 실태 및 비산 가능성을 조사하고 석면함유 건축물의 안전한 관리방안을 제시하기 위하여 224개 공공건물을 대상으로 석면함유물질 사용 실태 및 비산 가능성을 조사한 결과, 조사 대상 224개 공공건물 중 170개 건물에서 석면이 검출되어 약 75 %의 검출율을 보였으며, 시설별 석면검출 건물 현황 조사 결과, 시청 및 구청이 72 %, 도서관 66.7%, 문화예술시설 70.8 %, 주민센터 79.3 %, 체육시설 72.7 %에서 석면이 검출되었고, 1970년대 이전 건물은 84.6 %, 1970년대 건물은 92.1 %, 1980년대 건물은 86.4%, 1990년대 건물은 85.4%, 2000년대 건물은 44.1%에서 석면이 검출되었다. 또한 2007년 학교 건축물 석면사용 실태조사 및 석면관리 표준모델 개발에 관한 연구 실시한 결과 전국 유·초·중·고 특수학교의(100개교) 석면 함유 의심자재 고형시료 중 88 %가 석면을 함유한 것으로 조사되었다.

[0015] 국내에서는 선진국보다 늦었지만 선진국보다 늦었지만 2008년부터 석면함유량이 0.1%를 초과한 제품의 제조, 사용, 수입을 전면 금지하고 2009년부터는 이를 모든 석면제품으로 확대하고 있다. 아울러 석면 관련 사업장근로자나 인근 주민들이 석면 질환에 걸렸을 때 보상과 지원을 받을 수 있게 되었으며, 석면으로 인한 건강 피해를 조사 및 관리하기 위해 근로자의 악성중피종 감시체계를 운용하는 한편, 석면 제조업체나 광산 주변 주민들의 석면노출 실태를 조사해 이들에게 보상과 지원을 할 법적 근거를 마련하기로 했다.

[0017] 한편 석면 해체 제거 작업 관련 국내 법령으로는 산업안전보건법과 시행규칙, 산업보건기준에 관한 규칙에 기술되어 있으며, 분무된 석면이나 석면이 함유된 보온재 또는 내화피복재의 해체·제거작업을 행할 경우 물 또는 습윤제를 사용 습식 작업을 하여야 하고, 작업장이 실내일 경우에는 창문·벽·바닥 등은 비닐 등 불침투성 차단재로 밀폐하고 당해 장소를 음압으로 유지하며, 탈의실, 샤워실, 작업복 갱의실 등의 위생설비를 작업장과 연결하여 설치 유지하여야 하며, 또한 작업장이 실외일 경우에는 작업 시 석면분진이 흩날리지 아니하도록 고성능 필터(HEPA Filter)가 장착된 석면분진 포집장치를 가동하는 등의 조치를 취하도록 규정하고 있다.

[0019] 석면이 함유된 설비나 건축물(예컨대, 학교 교실 또는 공공건물의 천정텍스)을 해체(제거)하기 위해 현재는 석면 함유 의심 물질에 대해 육안 조사 및 시료를 채취하고 난 후 채취된 시료를 현미경과 같은 장비를 통해 시료를 분석하고 이에 대한 성분 분석을 수행하고 있다. 그러나 이와 같은 건축물 자재의 석면 조사 방법은 인력 소모적이며, 매우 복잡하고, 그에 따른 조사 비용이 높다는 문제점이 있다. 또한 조사자의 숙력도에 따라 오류가 발생될 가능성을 배제할 수 없으며, 시료  채취 및 분석에 소요되는 시간 역시 오래 걸리기 때문에 비효율적이라는 문제점이 있다.

*선행기술문헌*

*특허문헌*

[0021] (특허문헌 0001) 대한민국 특허등록공보 10-1458853호(2014년 10월 31일)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0022] 본 발명은 전술한 문제점에 기반하여 안출된 발명으로 석면이 함유된 설비나 건축물 자재를 신속하고 정확하게 구별할 있는 초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화기법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0024] 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명의 일양태에 따르면, 초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템이 제공되고, 이 시스템은, 건축자재 또는 건축물을 촬영하기 위한 초분광 카메라; 초분광 카메라로부터 촬영된 영상 신호를 분석하기 위한 분석 모듈; 분석 모듈에서 분석된 결과에 대응하여 사용자에게 표시될 영상을 합성하는 이미징 모듈; 및 이미징 모듈에서 합성된 영상을 사용자에게 표시하기 위한 모니터링 장치를 포함하고, 상기 이미징 모듈은 건축자재 또는 건축물 중 석면을 함유한 자재를 컬러화하여 모니터링 장치를 통해 표시하도록 구성된다.

[0026] 전술한 양태에서 상기 분석 모듈은 초분광 카메라로부터 촬영된 영상 신호 중 2000nm 내지 2400nm 사이의 빛의 반사도 특성을 이용하여 석면함유 건축자재를 탐지하도록 구성된다.

[0028] 또한 전술한 양태 중 어느 하나에서 상기 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고, 분류 모델은 석면 텍스 앞면을 분류하기 위한 모델식:

[0029]
$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.003*1032\text{nm}-0.011*1976\text{nm}+0.009*2193\text{nm}+0.010*2244\text{nm}-0.012*2310\text{nm}-3.534)}{1+\boldsymbol{exp}(0.003*1032\text{nm}-0.011*1976\text{nm}+0.009*2193\text{nm}+0.010*2244\text{nm}-0.012*2310\text{nm}-3.534)}$$

[0030] 을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값을 나타낸다.

[0032] 또한 전술한 양태 중 어느 하나에서 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고, 분류 모델은 석면 텍스 뒷면을 분류하기 위한 모델식:

[0033]
$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(-0.022*1964\text{nm}-0.008*1998\text{nm}+0.027*2154\text{nm}-0.979)}{1+\boldsymbol{exp}(-0.022*1964\text{nm}-0.008*1998\text{nm}+0.027*2154\text{nm}-0.979)}$$

[0034] 을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값을 나타낸다.

[0036] 또한 전술한 양태 중 어느 하나에서 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고, 분류 모델은 석고 텍스 앞면을 분류하기 위한 모델식:

[0037]
$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.038*1032\text{nm}-0.013*1573\text{nm}-0.025*2087\text{nm}-20.748)}{1+\boldsymbol{exp}(0.038*1032\text{nm}-0.013*1573\text{nm}-0.025*2087\text{nm}-20.748)}$$

[0038] 을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값을 나타낸다.

[0040] 또한 전술한 양태 중 어느 하나에서 분석 모듈은 건축 자재를 분류하기 위한 분류 모델을 포함하고, 분류 모델은 석고 텍스 뒷면을 분류하기 위한 모델식:

[0041] $$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.013*1258nm-0.017*1618nm-0.007*2015nm+0.010*2333nm+3.577)}{1+\boldsymbol{exp}(0.013*1258nm-0.017*1618nm-0.007*2015nm+0.010*2333nm+3.577)}$$

[0042] 을 포함하고, 여기서 *는 해당하는 파장의 반사도 값을 나타낸다.

## *발명의 효과*

[0044] 본 발명의 실시예에 따르면 복합적인 전자기파 반응 특성 내에서 석면 신호를 식별하고 이를 사용자의 모니터링 장치에 표시함으로써 석면이 함유된 설비나 건축물 자재를 실시간으로 신속하고 정확하게 구별할 있으며, 이는 석면을 함유하는 것으로 의심되는 시료를 분석하기 위해 소요되었던 많은 시간과 인력을 감소시킬 뿐만 아니라 그에 따라 소요되는 비용 역시 절감할 수 있다.

## *도면의 간단한 설명*

[0046] 도 1은 본 발명에 따른 초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템의 일례를 나타내는 도면;

도 2는 복수의 건축 자재들의 파장 특성을 나타내는 도면;

도 3은 딥러닝 또는 인공신경망의 학습 장치의 일례를 나타내는 도면;

도 4는 석면 텍스 앞면에 대한 건축 자재 탐지 모델의 적용예를 나타내는 도면;

도 5는 석면 텍스 뒷면에 대한 건축 자재 탐지 모델의 적용예를 나타내는 도면;

도 6는 석고 텍스 앞면에 대한 건축 자재 탐지 모델의 적용예를 나타내는 도면;

도 7는 석고 텍스 뒷면에 대한 건축 자재 탐지 모델의 적용예를 나타내는 도면;

도 8는 시멘트 벽돌에 대한 건축 자재 탐지 모델의 적용예를 나타내는 도면;

도 9는 건축 자재 탐지 모델의 영상화 처리의 일례를 나타내는 도면;

도 10은 건축 자재 탐지 모델을 실제 건축물에 적용하여 석면을 탐지한 예를 나타내는 도면이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0047] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이다.

[0049] 본 명세서에서 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 그리고 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 따라서, 몇몇 실시예들에서, 잘 알려진 구성 요소, 잘 알려진 동작 및 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다.

[0051] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 그리고, 본 명세서에서 사용된(언급된) 용어들은 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, '포함(또는, 구비)한다'로 언급된 구성 요소 및 동작은 하나 이상의 다른 구성요소 및 동작의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0053] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0055] 도 1은 본 발명에 따른 초분광탐사법을 활용한 석면함유 건축자재 영상화 시스템(1)의 일례를 나타내는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 영상화 시스템(1)은 건축자재를 촬영하기 위한 초분광 카메라(10), 초분광 카메라(10)로부터 촬영된 영상 신호를 분석하기 위한 분석 모듈(20); 분석 모듈(20)에서 분석된 결과에 대응하여 사용자에게 표시될 영상을 합성하는 이미징 모듈(30) 및 이미징 모듈(30)에서 합성된 영상을 사용자에게 표시하기 위한 모니터링 장치(40)를 포함한다.

[0057] 초분광 카메라(10)(Hyper Spectral Sensor)란, 전자기파로 대상물에 반사되거나 대상물이 방사되는 전자기파를 수백개 이상의 연속된 분광파장으로 기록하는 센서이다. 초분광 카메라로 얻어지는 연속된 분광파장의 자료는 석면 건축물 자재의 탐지에 이용된다. 본 발명은 초분광 카메라 내 기록된 건축물 자재의 분광자료를 분석함으로써 대상 건축물 자재의 종류를 판별하도록 구성된다.

[0059] 분광 라이브러리(spectral library)는 특정한 언급이 없는 한 본 발명에서 촬영 대상인 건축물 자재의 연속적인 분광 반사도를 데이터베이스로 저장한 자료를 의미한다. 지구상의 존재하는 모든 물질은 고유한 성분으로 구성되어 있어, 물질마다 고유한 분광반사자료를 얻을 수 있으며, 이는 물질을 구별하는 기준 데이터로 이용될 수 있다.

[0061] 초분광 카메라의 활용은 실내, 지상, 공중에서 관측센서를 통해 분광자료를 취득하고, 식별에 기준이 되는 데이터를 참조하여 대상물을 구분하게 된다. 이때 기준이 되는 식별 데이터는 엄밀한 조건에서 사례별 기준데이터로 제작된다.

[0063] 본 발명의 실시예에서 건축자재의 분광라이브러리 제작을 위해, 시중에서 건축자재로 주로 이용되는 시멘트(cement), 벽돌(Brick), 타일(tile), 슬레이트(slate), 석고(sypsum), 석면(asbestos)에 대해 초분광 카메라(10)를 이용하여 반복 촬영하여 각각의 건축 자재에 대한 분광 반사도에 대한 감지 데이터를 수집하였다.

[0065] 초분광 카메라(10)를 이용해 수집한 건축자재들에 대한 감지 데이터에 대해 건축자재 각각에 대한 분광 라이브러리 DB를 생성한다. 초분광 카메라(10)에 의해 수집된 초분광 데이터는 시료 각각에 대한 성분을 분석하는 성분 분석기를 통해 교차검증되는 것이 바람직하다.

[0067] 도 2는 전술한 바와 같이 초분광 카메라(10)를 이용하여 건축자재를 촬영하고 촬영된 초분광 이미지 분석을 통해 나타나는 건축자재들의 분광특성을 나타낸 도면이다.

[0069] 분석 모듈(20)에서는 초분광 카메라(10)를 이용하여 촬영한 건축자재들에 대한 분광 라이브러리 DB를 생성하는 동시에 입력된 분광 특성을 이용하여 건축자재를 구별하도록 구성된다. 예를 들면 본 발명자는 석면 함유 건축자재의 경우  2000nm 내지 2400nm 사이의 분광 특성, 특히 2300nm ~ 2350nm에서 흡광 특성을 가지는 것을 실험을 통해 발견할 수 있었다.

[0071] 분석 모듈(20)은 딥러닝 또는 인공신경망 학습을 통해 건축자재들에 대한 분류를 수행하도록 구성되고, 이를 위해 분석 모듈(20)은 머신러닝 또는 인공신경망을 통해 학습된 건축자재 분류모델(50)을 포함한다.

[0073] 건축자재 분류모델(50)은 전술한 바와 같은 초분광 카메라로부터 수집되는 파장 특징을 특징점으로부터 입력받아 건축물자재를 분류하도록 구성되는데, 본 발명에서는 머신러닝의 일종인 랜덤 포레스트(random forest) 분류기가 이용될 수도 있고, 또는 인공신경망 예를 들면 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional Neural Network)을

통해 구성될 수도 있다. 인공신경망은 생물학적 뉴런의 동작원리와 뉴런간의 연결 관계를 모델링한 것으로 노드(node) 또는 처리 요소(processing element)라고 하는 다수의 뉴런들이 레이어(layer) 구조의 형태로 연결된 정보처리 시스템이다. 인공신경망은 시냅스(synapse)의 결합으로 네트워크를 형성한 인공 뉴런(노드)이 학습을 통해 시냅스의 결합 세기를 변화시켜, 문제 해결 능력을 가지는 모델 전반을 의미할 수 있다.

[0075] 본 명세서에서 용어 '레이어'는 용어 '계층'과 혼용되어 사용될 수 있다. 인공신경망은 계층 수에 따라 단층 신경망(Single-Layer Neural Networks)과 다층 신경망(Multi-Layer NeuralNetworks)으로 구분된다. 일반적인 단층 신경망은, 입력층과 출력층으로 구성된다. 또한 일반적인 다층 신경망은 입력층(Input Layer)과 하나 이상의 은닉층(Hidden Layer), 출력층(Output Layer)으로 구성된다.

[0077] 입력층은 외부의 자료들을 받아들이는 층으로서, 입력층의 뉴런 수는 입력되는 변수의 수와 동일하며, 은닉층은 입력층과 출력층 사이에 위치하며 입력층으로부터 신호를 받아 특성을 추출하여 출력층으로 전달한다. 출력층은 은닉층으로부터 신호를 받고, 수신한 신호에 기반한 출력 값을 출력한다. 뉴런간의 입력신호는 각각의 연결강도(가중치)와 곱해진 후 합산되며 이 합이 뉴런의 임계치보다 크면 뉴런이 활성화되어 활성화 함수를 통하여 획득한 출력값을 출력한다.

[0079] 한편 입력층과 출력 층 사이에 복수의 은닉층을 포함하는 심층 신경망은, 기계 학습 기술의 한 종류인 딥 러닝을 구현하는 대표적인 인공 신경망일 수 있다. 한편 용어 '딥 러닝'은 용어 '심층 학습'과 혼용되어 사용될 수 있다.

[0081] 분류 모델의 학습은 훈련 데이터(training data)를 이용하여 학습(training)될 수 있다. 여기서 학습이란, 입력 데이터를 분류(classification)하거나 회귀분석(regression)하거나 군집화(clustering)하는 등의 목적을 달성하기 위하여, 학습 데이터를 이용하여 인공 신경망의 파라미터(parameter)를 결정하는 과정을 의미할 수 있다. 본 발명에서 훈련 데이터는 건축자재에 대한 파장 특정 세트가 이용될 수 있다.

[0083] 도 3은 본 발명에서 이용되는 분류 모델 훈련을 위한 학습 장치(500)의 일례를 나타낸다. 학습 장치(500)는 훈련 데이터를 이용하여 머신 러닝을 수행할 수 있는 장치로서, 랜덤 포레스트 모델 또는 인공 신경망으로 구성된 모델을 이용하여 학습하는 장치를 포함할 수 있다. 즉, 학습 장치는 데이터 마이닝, 데이터 분석, 지능형 의사결정 및 기계 학습 알고리즘을 위해 이용될 정보를 수신, 분류, 저장 및 출력하도록 구성될 수 있다. 여기서, 기계 학습 알고리즘은 딥 러닝 알고리즘을 포함할 수 있다.

[0085] 학습 장치(500)는 적어도 하나의 외부 장치 또는 단말기와 통신할 수 있고, 외부 장치를 대신하여 혹은 외부장치를 도와 데이터를 분석하거나 학습하여 결과를 도출할 수 있다. 여기서, 다른 장치를 도운다는 의미는 분산처리를 통한 연산력의 분배를 의미할 수 있다.

[0087] 학습 장치(500)는 분류 모델(50)을 학습시키기 위한 장치로서, 통상적으로 서버를 의미할 수 있고, 학습 서버 등으로 지칭될 수 있다. 학습 장치(500)는 주기적으로 혹은 요청에 의하여 기계 학습 또는 딥 러닝에 의하여 학습한 분류 모델 또는 알고리즘을 전송할 수 있다.

[0089] 학습 장치(500)는 통신부(Communication Unit, 510), 입력부(Input Unit, 520), 메모리(Memory, 530), 러닝 프로세서(Learning Processor, 540), 및 프로세서(Processor, 560) 등을 포함할 수 있다.

[0091] 통신부(510)는 무선 통신부(미도시) 및 인터페이스부(미도시)를 포함하는 구성을 의미할 수 있다. 즉, 통신부

(510)는 유무선 통신이나 인터페이스를 통하여 분류 시스템 내의 제어기와 데이터를 송수신할 수 있다.

[0093] 입력부(520)는 모델 학습을 위한 훈련 데이터 또는 학습된 모델(a trained model)을 이용하여 출력을 획득하기 위한 입력 데이터 등을 획득할 수 있다. 입력부(520)는 가공되지 않은 입력 데이터를 획득할 수도 있으며, 이 경우 러닝 프로세서(540) 또는 프로세서(560)는 획득한 데이터를 전처리하여 모델 학습에 입력이 가능한 훈련 데이터 또는 전처리된 입력 데이터를 생성할 수 있다.

[0095] 메모리(530)는 러닝 프로세서(540) 또는 신경망 학습 장치(500)에서 학습된 모델을 저장할 수 있다. 이때, 메모리(530)는 필요에 따라 학습된 모델을 학습 시점 또는 학습 진척도 등에 따라 복수의 버전으로 구분하여 저장할 수 있다. 이때, 메모리(530)는 입력부(520)에서 획득한 입력 데이터, 모델 학습을 위하여 이용되는 학습 데이터(또는 훈련 데이터), 모델의 학습 히스토리 등을 저장할 수 있다. 이때, 메모리(530)에 저장된 입력 데이터는 모델 학습에 적합하게 가공된 데이터뿐만 아니라, 가공되지 않은 입력 데이터 그 자체일 수 있다.

[0097] 메모리(530)는 모델 저장부(531) 및 데이터베이스(532) 등을 포함할 수 있다. 모델 저장부(531)는 러닝 프로세서(540)을 통하여 학습 중인 또는 학습된 모델을 저장하며, 학습을 통하여 모델이 업데이트되면 업데이트 된 모델을 저장한다. 이때, 모델 저장부(531)는 필요에 따라 학습된 모델을 학습 시점 또는 학습 진척도 등에 따라 복수의 버전으로 구분하여 저장할 수 있다.

[0099] 데이터베이스(532)는 입력부(520)에서 획득한 입력 데이터, 모델 학습을 위하여 이용되는 학습 데이터(또는 훈련 데이터), 모델의 학습 히스토리 등을 저장할 수 있다. 데이터베이스(532)에 저장된 입력 데이터는 모델 학습에 적합하게 가공된 데이터뿐만 아니라, 가공되지 않은 입력 데이터 그 자체일 수 있다.

[0101] 구체적으로, 러닝 프로세서(540)는 앞서 설명한 다양한 학습 기법을 이용하여 분류 모델을 반복적으로 학습시킴으로써, 분류 모델의 최적화된 모델 파라미터들을 결정한다. 학습된 모델은 통신부(510)를 통해 이미징 시스템의 분석 모듈로 전송되어 탑재될 수도 있다.

[0103] 전술한 바와 같이 학습장치(500)에 의해 건축자재를 분류하도록 학습된 분류 모델(50)은 초분광 카메라(10)로부터 입력되는 영상의 파장 분석을 통해 건축자재, 특히 석면이 함유된 건축자재를 분류하도록 구성된다.

[0105] 머신러닝을 통해 학습된 건축자재 분류모델식(50)은 다음과 같다.

[0106] $y = e^{x}/(1 + e^{x})$ 모델식

[0108] 상기 모델식을 적용한 건축자재의 탐지 모델은 다음과 같다.

[0110] 1. 석면 텍스 앞면

[0111]
$$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.003*1032\text{nm}-0.011*1976\text{nm}+0.009*2193\text{nm}+0.010*2244\text{nm}-0.012*2310\text{nm}-3.534)}{1+\boldsymbol{exp}(0.003*1032\text{nm}-0.011*1976\text{nm}+0.009*2193\text{nm}+0.010*2244\text{nm}-0.012*2310\text{nm}-3.534)}$$

[0112] *는 각 파장에서의 반사도 값이다. 예를 들면 (*1032nm)는 파장 1032nm에서의 반사도 값을 의미한다. 이는 다음의 건축자재 모델식에서 동일하다.

[0114] 2. 석면 텍스 뒷면

[0115] $$y = \frac{\boldsymbol{exp}(-0.022*1964nm-0.008*1998nm+0.027*2154nm-0.979)}{1+\boldsymbol{exp}(-0.022*1964nm-0.008*1998nm+0.027*2154nm-0.979)}$$

[0117] 3. 석고 텍스 앞면

[0118] $$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.038*1032nm-0.013*1573nm-0.025*2087nm-20.748)}{1+\boldsymbol{exp}(0.038*1032nm-0.013*1573nm-0.025*2087nm-20.748)}$$

[0120] 4. 석고 텍스 뒷면

[0121] $$y = \frac{\boldsymbol{exp}(0.013*1258nm-0.017*1618nm-0.007*2015nm+0.010*2333nm+3.577)}{1+\boldsymbol{exp}(0.013*1258nm-0.017*1618nm-0.007*2015nm+0.010*2333nm+3.577)}$$

[0123] 5. 시멘트 벽돌

[0124] $$y = \frac{\boldsymbol{exp}(-0.014*1049nm+0.020*2137nm-0.011*2428nm-0.228)}{1+\boldsymbol{exp}(-0.014*1049nm+0.020*2137nm-0.011*2428nm-0.228)}$$

[0126] 이미징 모듈(30)은 분석 모듈에서 탐지된 결과에 대응하여 각각의 탐지요소에 대해 컬러 레이어를 생성하고 이를 원본의 이미지에 합성하여 모니터링 장치에 전송한다.

[0128] 이미징 모듈(30)은 초분광 이미지 내에서 관심 영역을 선택한다. 일 예로, 관심 영역은적어도 하나의 파장 범위 내의 객체의 표현을 포함할 수 있다. 이미징 모듈(30)은 스펙트럼 특징의 분류에 기초하여 객체의 식별 파라미터를 결정할 수 있다. 각각의 식별 파라미터는 적어도 하나의 분류 레벨을 가질 수 있으며, 석고(앞/뒤), 석면(앞/뒤) 및 시멘트 벽돌의 객체 특징 분류를 포함한다. 이미징 모듈(30)은 식별 파라미터에 기반하여 발견된 건축물 자재에 대해 컬러 레이어를 생성하고 이를 합성하고 최종적으로 사용자 모니터에 제공한다.

[0130] 도 4는 전술한 바와 같은 건축물 자재 탐지 모델을 이용하여 석면텍스의 앞면 검출 결과를 나타내는 도면이다. 도 4에 도시된 바와 같이 검출된 석면 앞면은 이미지 상에서 백색으로 표시되었고, 석면이 아닌 자재의 경우 흑색으로 표시된다. 탐지 모델에 의한 정확도는 85% 였다.

[0132] 도 5는 전술한 바와 같은 건축물 자재 탐지 모델을 이용하여 석면 텍스의 뒷면 검출 결과를 나타내는 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이 검출된 석면의 뒷면은 이미지 상에서 백색으로 표시되었고, 석면의 뒷면이 아닌 자재의 경우 흑색으로 표시된다. 탐지 모델에 의한 정확도는 88% 였다.

[0134] 도 6는 전술한 바와 같은 건축물 자재 탐지 모델을 이용하여 석고 텍스의 앞면 검출 결과를 나타내는 도면이다. 도 6에 도시된 바와 같이 검출된 석고의 앞면은 이미지 상에서 백색으로 표시되었고, 석면의 뒷면이 아닌 자재의 경우 흑색으로 표시된다. 탐지 모델에 의한 정확도는 77% 였다.

[0136] 도 7은 전술한 바와 같은 건축물 자재 탐지 모델을 이용하여 석고 텍스의 뒷면 검출 결과를 나타내는 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이 검출된 석고의 뒷면은 이미지 상에서 백색으로 표시되었고, 석고의 뒷면이 아닌 자재의 경우 흑색으로 표시된다. 탐지 모델에 의한 정확도는 92% 였다.

[0138] 도 8은 전술한 바와 같은 건축물 자재 탐지 모델을 이용하여 시멘트 벽돌의 검출 결과를 나타내는 도면이다. 도 8에 도시된 바와 같이 검출된 시멘트 벽돌은 이미지 상에서 백색으로 표시되었고, 시멘트 벽돌이 아닌 자재의 경우 흑색으로 표시된다. 탐지 모델에 의한 정확도는 72% 였다.

[0140] 도 9는 전술한 바와 같은 건축물 자재 탐지 모델에 의하 검출된 결과를 이미징 모듈에서 합성하여 표시한 일례를 나타낸다. 이미징 모듈은건출물 자재 탐지 모델에서 탐지된 결과에 대응하여 각각의 자재에 대해 상이한 컬러로 표시하도록 구성된다. 도시된 실시예에서 석고 앞면은 적색, 석고 뒷면은 청색, 석면 앞면은 황색, 석면 뒷면은 청록색, 시멘트 벽돌은 분홍색으로 표시되었다.

[0142] 도 10은 전술한 바와 같은 건축자재 영상화 시스템을 이용하여 실시간으로 건물 내부를 촬영하고 촬영한 모니터링 화면을 나타내는 도면이다. 도시된 바와 같이 촬영된 영상은 사용자의 모니터 화면 상에서 건축자재에 대응하여 각각 상이한 컬로로 표시됨을 알 수 있으며 천면을 함유한 천장재의 경우 적색으로 표시되어 석면이 함유된 설비나 건축물 자재를 실시간으로 신속하고 정확하게 구별할 있으며, 이는 석면을 함유하는 것으로 의심되는 시료를 분석하기 위해 소요되었던 많은 시간과 인력을 감소시킬 뿐만 아니라 그에 따라 소요되는 비용 역시 절감할 수 있다.

[0144] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(Arithmetic Logic Unit), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(Field Programmable Gate Array), PLU(Programmable Logic Unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(Command)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리요소(Processing Element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(Parallel Processor)와 같은, 다른 처리 구성(Processing Configuration)도 가능하다.

[0146] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(Computer Program), 코드(Code), 명령(Command), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(Collectively)처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(Component), 물리적 장치, 가상 장치(Virtual Equipment), 컴퓨터 저장매체 또는 장치에 구체화(Embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0148] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 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 수행하도

록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0150] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0152] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속하는 것으로 해석되어야만 한다.

## *부호의 설명*

[0154] 10: 초분광 카메라 20: 분석 모듈

30: 이미징 모듈 40: 모니터링 장치

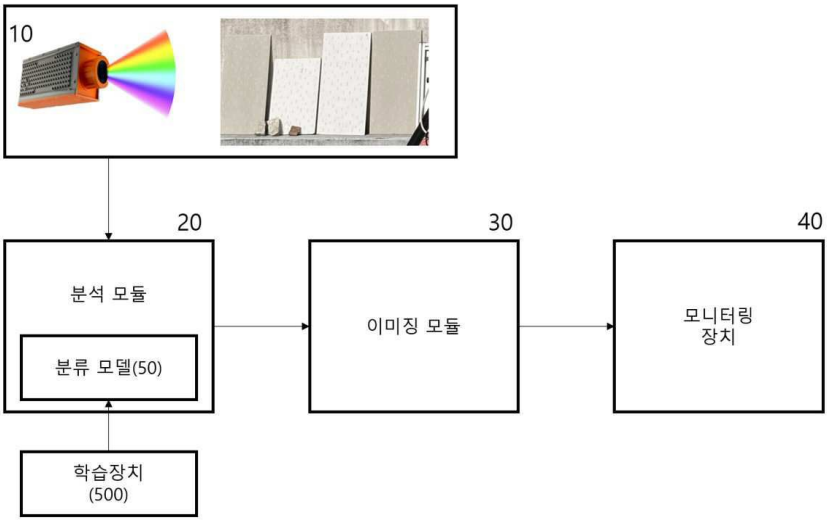
500: 학습 장치 510: 통신부

520: 입력부 530: 메모리

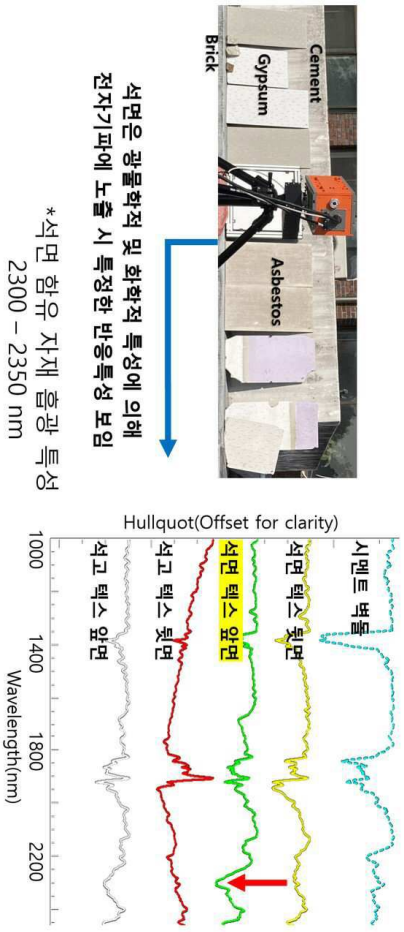
540: 러닝 프로세서

## *도면*

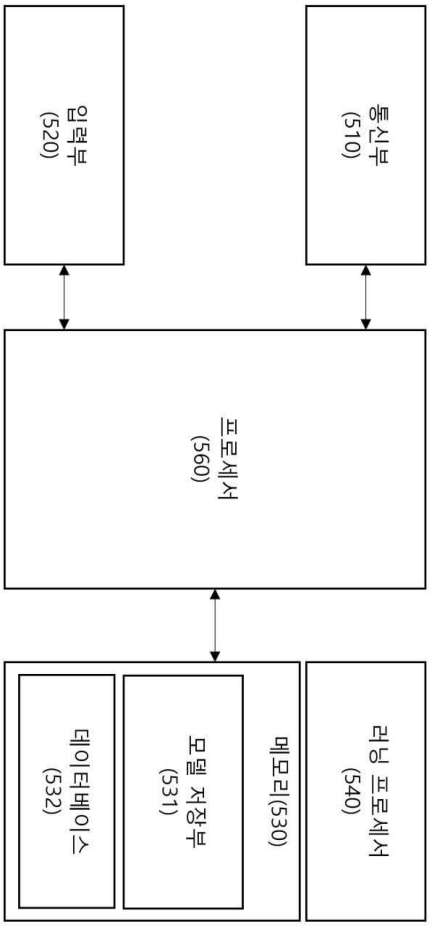
### *도면1*



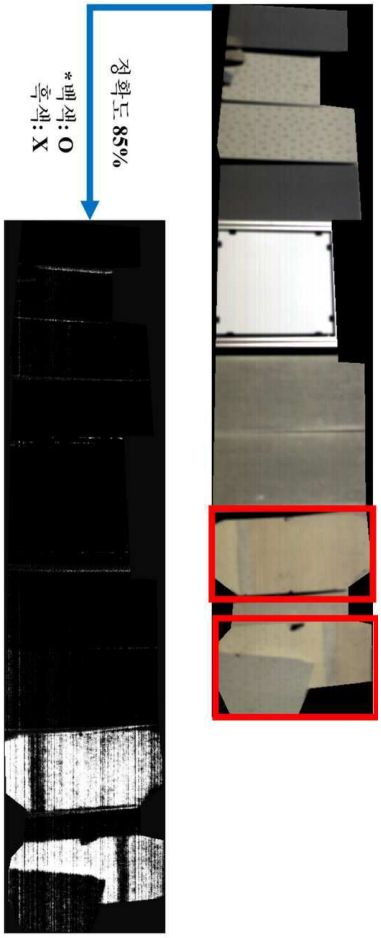
도면2


Cement
Gypsum
Asbestos
Brick
석면은 광물학적 및 화학적 특성에 의해
전자기파에 노출 시 특정한 반응특성 보임
*석면 함유 자재 흡광 특성
2300 – 2350 nm
Hullquot(Offset for clarity)
시멘트 벽돌
석면 텍스 윗면
석면 텍스 유면
석고 텍스 윗면
석고 텍스 앞면
1000
1400
1800
2200
Wavelength(nm)

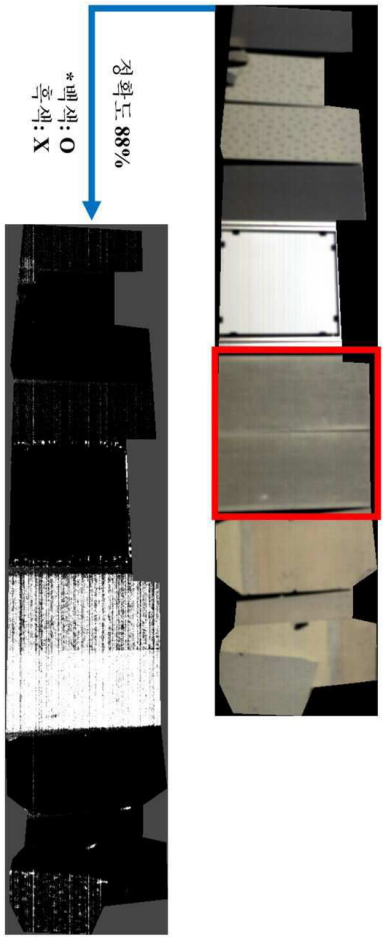
도면3


통신부
(510)
입력부
(520)
프로세서
(560)
러닝 프로세서
(540)
메모리(530)
모델 저장부
(531)
데이터베이스
(532)

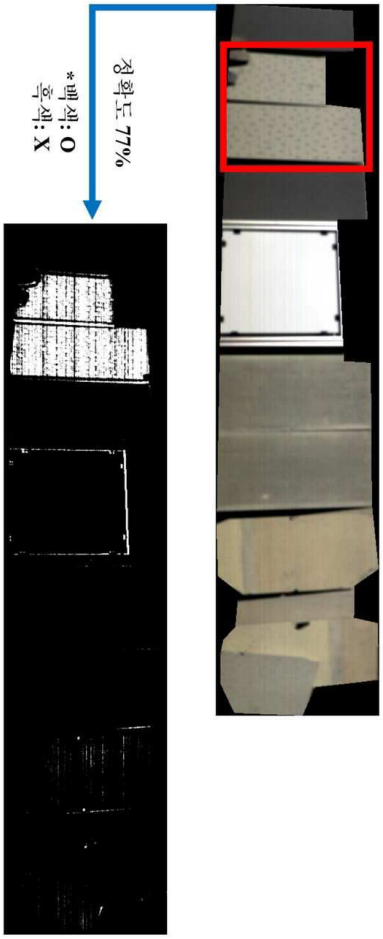
도면4



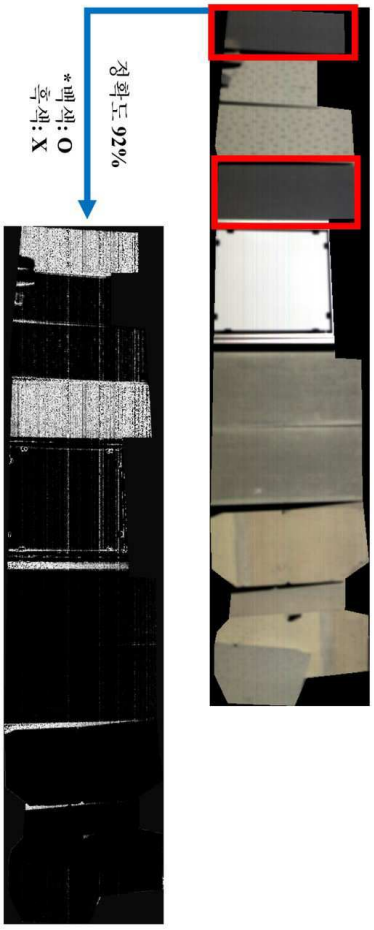
도면5



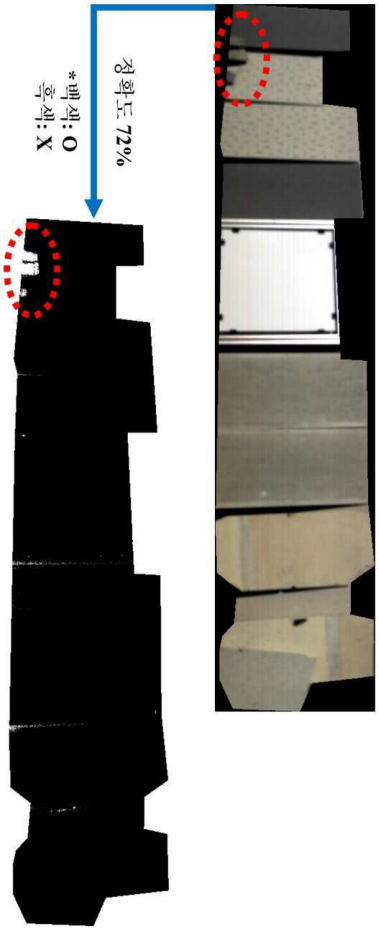
도면6



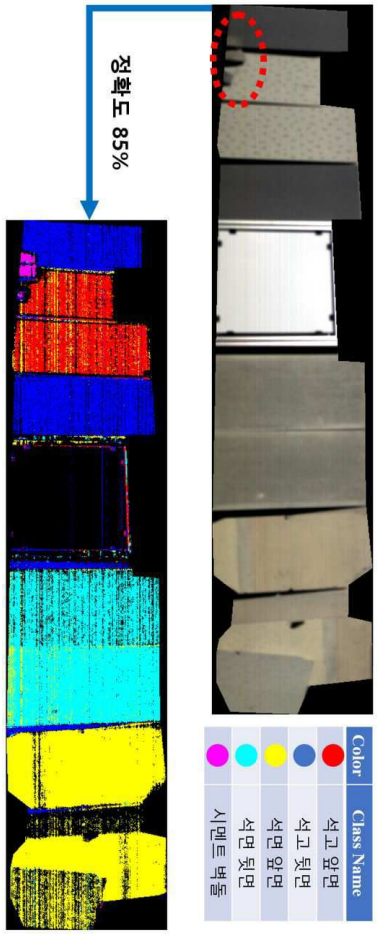
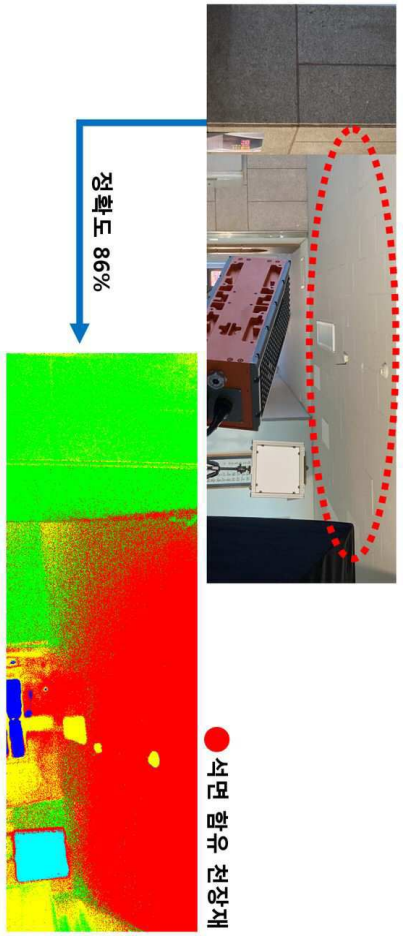
도면7



도면8



도면9



도면10