



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월23일
 (11) 등록번호 10-2023913
 (24) 등록일자 2019년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G06F 17/50 (2006.01) G01N 21/25 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G06F 17/5009 (2013.01)
 G01N 21/25 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0172386
 (22) 출원일자 2017년12월14일
 심사청구일자 2017년12월14일
 (65) 공개번호 10-2019-0071379
 (43) 공개일자 2019년06월24일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020140107323 A*
 KR1020170126310 A*
 KR1020140076755 A
 KR101461120 B1
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 광주과학기술원
 광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)
 (72) 발명자
 황의석
 광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
 학기술원 기계공학부
 장혜민
 광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
 학기술원 기계공학부
 (74) 대리인
 김기문

전체 청구항 수 : 총 6 항

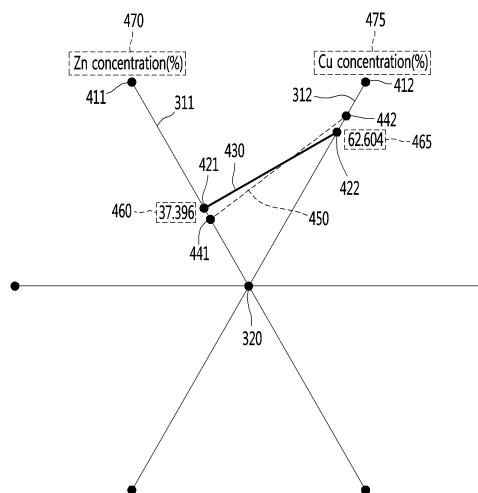
심사관 : 박승철

(54) 발명의 명칭 **레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치**

(57) 요약

레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치가 개시된다. 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치는, CRM 분광 스펙트럼 데이터에 근거한 예측 모델을 저장하는 저장부, 레이저 유도 붕괴 분광법에 기반하여 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터를 획득하는 LIBS 모듈, 영상을 표시하는 디스플레이부, 및, 상기 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 상기 예측 모델에 기초하여, 상기 실험 대상물이 포함하는 원소 및 상기 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트를 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 디스플레이 하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485014638(GM10970)

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 유용자원재활용기술개발사업단 Phase II

연구과제명 레이저유도 기술 기반 금속류 자동선별 상용장치 개발

기 여 율 1/1

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2017.05.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

CRM 분광 스펙트럼 데이터에 근거한 예측 모델을 저장하는 저장부;

레이저 유도 붕괴 분광법에 기반하여 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터를 획득하는 LIBS 모듈;

영상을 표시하는 디스플레이부; 및

상기 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 상기 예측 모델에 기초하여, 상기 실험 대상물이 포함하는 원소 및 상기 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트를 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 디스플레이 하는 제어부를 포함하고,

상기 복수의 축을 포함하는 그래프는,

상기 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소에 각각 대응하는 복수의 축을 포함하고,

상기 제어부는,

상기 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소의 농도가 상기 복수의 축 상에 각각 나타나도록 상기 UI 엘리먼트를 디스플레이 하는

레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 실험 대상물은,

제1 원소 및 제2 원소를 포함하고,

상기 복수의 축을 포함하는 그래프는,

상기 제1 원소에 대응하는 제1 축 및 상기 제2 원소에 대응하는 제2 축을 포함하고,

상기 UI 엘리먼트는,

상기 제1 원소의 농도에 대응하는 상기 제1 축 상의 지점 및 상기 제2 원소의 농도에 대응하는 상기 제2 축 상의 지점을 연결하는 선인

레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 상기 예측 모델을 이용하여 상기 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질을 획득하고, 상기 특정 인증 표준 물질이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 제2 UI 엘리먼트를 상기 UI 엘리먼트와 함께 디스플레이 하는

레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제2 UI 엘리먼트는,

상기 특정 인증 표준 물질 내 상기 제1 원소의 농도에 대응하는 상기 제1 축 상의 제2지점 및 상기 특정 인증 표준 물질 내 상기 제2 원소의 농도에 대응하는 상기 제2 축 상의 제2 지점을 연결하는 선인

레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 복수의 축을 포함하는 그래프는,

상기 복수의 축이 방사형으로 배치되는 그래프인

레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 예측 모델은,

CMR 분광 스펙트럼 데이터의 범위를 일치시키고 분포를 유사하게 만드는 표준화 작업과 원소의 분광선 라인의 선택 작업을 포함하는 데이터 전처리 단계, 및, 선택된 분광선 라인을 포함하는 분광 스펙트럼 데이터를 학습하는 단계를 거쳐 생성되는

레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용하여 획득한 실험 대상물의 성분을, 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 직관적으로 표시할 수 있는 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이저 조사 시 발생하는 플라즈마는 물질에 따라 특정한 파장의 빛을 방출하므로, 이 빛을 수집하여 물질의 구성 성분을 정성적 또는 정량적으로 분석할 수 있다.

[0003] 수집된 빛을 이용하여 물질의 구성 성분을 분석하는 방법의 하나인 레이저 유도 붕괴 분광법(Laser Induced Breakdown Spectroscopy)(이하 LIBS라 한다)은 고 출력의 레이저를 사용하여 일종의 방전현상인 붕괴(breakdown)를 발생시켜 생성되는 플라즈마를 여기원으로 사용하는 분광 분석 기술이다.

[0004] 레이저에 의해 유도된 플라즈마 속에서 시료는 증기화되어 원자 및 이온은 여기 상태로 존재할 수 있다.

[0005] 여기 상태의 원자 및 이온은 일정 수명 이후 에너지를 방출하며 다시 바닥 상태로 돌아가는데, 이때 원소의 종류 및 여기 상태에 따라 고유의 파장을 방출한다. 따라서 방출되는 파장의 스펙트럼을 해석하면 물질의 구성 성분을 정성적 또는 정량적으로 분석할 수 있다.

[0006] 한편, 인증 표준 물질(Certified Reference Material, CRM)이란, 국가나 기술적으로 권위가 있는 각종 단체 등이, 성분, 조성, 특성 등에 관하여 충분히 검증하여 보증한 물질을 의미한다.

[0007] 이러한 인증 표준 물질(CRM)은 자연계에 존재하는 물질(예를 들어 금속 물질) 들의 종류에 대해 판별하는 기준이 되기도 한다.

[0008] 다만 자연계에 존재하는 대부분의 물질들은 다양한 성분들로 구성되어 있는 복합 물질이 많다. 즉, 성분의 농도가 명확하게 알려져 있는 인증 표준 물질(CRM)의 구성성분과는 다른 성분을 포함하거나, 동일한 성분을 포함하지만 성분들이 다른 비율로 구성되어 있는 경우가 대부분이다.

- [0009] 따라서 인증 표준 물질(CRM)을 이용하여 자연계에 존재하는 물질의 종류에 대하여 판별하고자 할 때, 복합 물질의 특성 때문에, 물질이 어떠한 종류인지 판별하기 어려운 문제가 발생할 수 있다.
- [0010] 또한 현재 제시되고 있는 LIBS 기반 정량 분석 방법들은, 여러 가지 머신러닝 기법들을 이용한 각 원소의 농도의 예측 결과를, 원소의 실제 농도와 예측한 농도에 대한 상관관계수(Correlation Coefficient)나 평균 제곱 오차(Mean Square Error)를 히스토그램 등을 통해 나타내는 방법으로 보여준다.
- [0011] 이러한 성능 지표는 예측하고자 하는 물질의 성분 농도를 얼마나 정확하게 잘 예측했는지 나타내며, 또한 어떤 원소의 농도는 몇이며 다른 원소의 농도는 몇이라는 정보를 나타낼 수 있다.
- [0012] 다만 앞서 설명한 바와 같이 실생활에 존재하는 대부분의 물질들은 다양한 성분들로 구성된 복합 물질들이 많기 때문에, 실험한 물질이 어떠한 종류의 물질이라고 명확하게 분류하기 어려운 문제가 발생할 수 있으며, 따라서 물질의 분류를 직관적으로 나타낼 수 없는 문제점 또한 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용하여 획득한 실험 대상물의 성분을, 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 직관적으로 표시할 수 있는 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치를 제공하기 위함이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 실시 예에 따른 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치는, CRM 분광 스펙트럼 데이터에 근거한 예측 모델을 저장하는 저장부, 레이저 유도 붕괴 분광법에 기반하여 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터를 획득하는 LIBS 모듈, 영상을 표시하는 디스플레이부, 및, 상기 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 상기 예측 모델에 기초하여, 상기 실험 대상물이 포함하는 원소 및 상기 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트를 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 디스플레이 하는 제어부를 포함한다.
- [0015] 이 경우 상기 복수의 축을 포함하는 그래프는, 상기 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소에 각각 대응하는 복수의 축을 포함하고, 상기 제어부는,
- [0016] 상기 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소의 농도가 상기 복수의 축 상에 나타나도록 상기 UI 엘리먼트를 디스플레이 할 수 있다.
- [0017] 이 경우 상기 실험 대상물은, 제1 원소 및 제2 원소를 포함하고, 상기 복수의 축을 포함하는 그래프는, 상기 제1 원소에 대응하는 제1 축 및 상기 제2 원소에 대응하는 제2 축을 포함하고, 상기 UI 엘리먼트는, 상기 제1 원소의 농도에 대응하는 상기 제1 축 상의 지점 및 상기 제2 원소의 농도에 대응하는 상기 제2 축 상의 지점을 연결하는 선일 수 있다.
- [0018] 이 경우 상기 제어부는, 상기 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 상기 예측 모델을 이용하여 상기 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질을 획득하고, 상기 특정 인증 표준 물질이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 제2 UI 엘리먼트를 상기 UI 엘리먼트와 함께 디스플레이 할 수 있다.
- [0019] 이 경우 상기 제2 UI 엘리먼트는, 상기 특정 인증 표준 물질 내 상기 제1 원소의 농도에 대응하는 상기 제1 축 상의 제2지점 및 상기 특정 인증 표준 물질 내 상기 제2 원소의 농도에 대응하는 상기 제2 축 상의 제2 지점을 연결하는 선일 수 있다.
- [0020] 한편 상기 복수의 축을 포함하는 그래프는, 상기 복수의 축이 방사형으로 배치되는 그래프일 수 있다.
- [0021] 한편 상기 예측 모델은, CMR 분광 스펙트럼 데이터의 범위를 일치시키고 분포를 유사하게 만드는 표준화 작업과 원소의 분광선 라인의 선택 작업을 포함하는 데이터 전처리 단계, 및, 선택된 분광선 라인을 포함하는 분광 스펙트럼 데이터의 학습 단계를 거쳐 생성될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 레이저 유도 붕괴 분광법을 설명하기 위한 개략도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른, 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치를 설명하기 위한 블록도

이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른, 복수의 축을 포함하는 방사형 그래프를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른, 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도 표시 방법 및 실험 대상물과 가까운 표준 물질의 표시 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른, 실험 대상물과 가까운 복수개의 표준 물질을 표시하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른, 세 개의 원소로 구성된 실험 대상물 및 실험 대상물에 가까운 인증 표준 물질을 표시하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 7 내지 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른, 복수의 축을 포함하는 그래프의 다양한 형태를 도시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시 예에 따른, 인증 표준 물질(CRM) 들의 성분을 나타낸 그래프이다.

도 11 및 도 12는 본 발명의 실시 예에 따른, 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용하여 폐금속을 시험한 결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0025] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0026] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0029] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에

직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

- [0030] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 도 1은 레이저 유도 붕괴 분광법을 설명하기 위한 개략도이다.
- [0032] 레이저 유도 붕괴 분광 장치(10)는 실험 대상물(20)에 펄스 레이저를 조사하여 시료를 어블레이션시키면, 어블레이션 된 재료는 레이저 에너지를 흡수함으로써 매우 짧은 시간 안에 이온화가 일어나게 되고, 이에 따라 고온의 플라즈마가 형성된다.
- [0033] 플라즈마 속에서 시료는 증기화 되어 원자 및 이온은 여기 상태로 존재할 수 있다.
- [0034] 한편 레이저 펄스가 종료되면, 고온의 플라즈마가 냉각되면서 원자 및 이온은 에너지를 방출하며 바닥 상태로 돌아가게 된다.
- [0035] 이 때 플라즈마 내에 존재하는 각 원소별로 고유의 파장에 따른 특정한 분광을 내게 된다.
- [0036] 한편 분석 장치(30)는 각 샘플의 분광 데이터를 획득하고, 분광 데이터의 분석을 통하여 재료 내에 포함된 물질의 성분과 농도를 예측하여 디스플레이 장치(40)를 통하여 디스플레이 할 수 있다.
- [0037] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른, 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0038] 본 발명의 실시 예에 따른 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치(200)는, LIBS 모듈(210), 디스플레이부(220), 저장부(230) 및 제어부(240)를 포함할 수 있다.
- [0039] LIBS 모듈(210)에는, 도 1에서 설명한 레이저 유도 붕괴 분광 장치(10)에 대한 설명이 모두 적용될 수 있다.
- [0040] 그리고 LIBS 모듈(210)은 레이저 유도 붕괴 분광법에 기반하여 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터를 획득하고, 획득한 분광 스펙트럼 데이터를 제어부(240)에 전송할 수 있다.
- [0041] 디스플레이부(220)는 영상을 디스플레이 할 수 있다.
- [0042] 구체적으로 디스플레이부(220)는, 제어부(240)의 제어 하에, 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트를 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 디스플레이 할 수 있다.
- [0043] 저장부(230)는 인증 표준 물질(CRM)의 분광 스펙트럼 데이터에 근거한 예측 모델을 저장할 수 있다.
- [0044] 예측 모델의 생성 과정에 대해서 설명하면, 먼저 데이터 전처리 단계를 거칠 수 있다.
- [0045] 구체적으로, 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용하여 기 획득된 인증 표준 물질(CRM)들의 분광 스펙트럼 데이터(이하에서는, CRM 분광 스펙트럼 데이터라고 함)가 존재할 수 있다.
- [0046] 이러한 레이저 유도 붕괴분광법(LIBS)에 의해 획득한 데이터는 실험 조건 등에 따라 변동성이 크기 때문에, 인증 표준 물질(CRM)들의 분광 스펙트럼 데이터의 범위를 일치시키고 분포를 유사하게 만들어주는 표준화 작업 및 예측하고자 하는 원소의 분광선 라인을 선택하는 작업이 진행될 수 있다.
- [0047] 그리고 나서 예측 모델의 생성 과정은 훈련 단계를 거칠 수 있다.
- [0048] 구체적으로, 데이터 전처리 단계에서 선택된 원소의 분광선 라인을 포함하는 인증 표준 물질(CRM)의 분광 스펙트럼 데이터를, 다변량 통계 분석법인 랜덤 포레스트 방법(Random forest)으로 훈련시킴으로써, 예측 모델이 생성될 수 있다. 이때 랜덤 포레스트 모델은 다수의 트리를 생성함으로써 일반화 성능이 우수하고, 비선형 성분 조합으로 구성된 금속 분류에 효과적인 비선형 모델이기 때문에 본 방법을 선택하여 사용한다.
- [0049] 여기서 예측 모델은, 인증 표준 물질(CRM)의 분광 스펙트럼 데이터를 이용하여 모델을 생성한 후 시험할 데이터를 예측 모델에 입력하여 성분 별 농도를 예측할 수 있다.
- [0050] 한편, 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터가 LIBS 모듈(210)로부터 수신되면, 제어부(240)는 실험 대상물의 분

광 스펙트럼 데이터 및 예측 모델에 기초하여, 실험 대상물이 포함하는 원소 및 시험 대상물이 포함하는 원소의 농도를 획득할 수 있다.

- [0051] 또한 제어부(240)는 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도를 디스플레이 하도록 디스플레이부(220)를 제어할 수 있다. 이와 관련해서는 도 3 내지 도 10을 참고하여 설명한다.
- [0052] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른, 복수의 축을 포함하는 방사형 그래프를 도시한 도면이다.
- [0053] 제어부(240)는 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)을 포함하는 그래프(300)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0054] 여기서 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)은 중점(320)을 중심으로 서로 다른 방향으로 향하는 직선일 수 있다.
- [0055] 또한 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316) 각각의 길이는 서로 동일할 수 있다.
- [0056] 한편 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)을 포함하는 그래프는, 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)이 방사형으로 배치되는 방사형 그래프일 수 있다.
- [0057] 구체적으로 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)을 포함하는 그래프는, 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)이 중점(320)으로부터 사방으로 바퀴살처럼 뻗어나가는 그래프일 수 있다.
- [0058] 이 경우 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316) 중 어느 하나의 축과 상기 어느 하나의 축에 인접한 축의 각도는 모두 동일할 수 있다. 예를 들어 제1 축(311)과 제2 축(312) 사이의 각도는, 제3축(313)과 제 4축(314) 사이의 각도와 동일할 수 있다.
- [0059] 한편 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)이 6개인 것으로 도시하였으나 이는 하나의 예시일 뿐, 이에 한정되지 않는다.
- [0060] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른, 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도 표시 방법 및 실험 대상물과 가까운 표준 물질의 표시 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0061] 복수의 축을 포함하는 그래프(300)는, 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소에 각각 대응하는 복수의 축을 포함할 수 있다.
- [0062] 구체적으로 실험 대상물이 제1 원소 및 제2 원소를 포함하는 경우, 복수의 축을 포함하는 그래프(300)는 제1 원소에 대응하는 제1 축 및 제2 원소에 대응하는 제2 축을 포함할 수 있다.
- [0063] 예를 들어 실험 대상물이 아연(Zn) 및 구리(Cu)를 포함하는 경우, 제 1축(311)은 아연(Zn)에 대응할 수 있고, 제 2축(312)는 구리(Cu)에 대응할 수 있다.
- [0064] 이 경우 제어부(240)는 각각의 축에 대응하는 원소를 나타내는 텍스트(470, 475) 또는 UI를 디스플레이 할 수 있다.
- [0065] 한편 제어부(240)는, 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트(430)를 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 디스플레이 할 수 있다.
- [0066] 여기서 UI 엘리먼트(430)는 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축(311) 상의 지점(421) 및 제2 원소의 농도에 대응하는 제2 축(312) 상의 지점(422)를 연결하는 선일 수 있다.
- [0067] 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점(421)에 대하여 설명한다.
- [0068] 제1축(311)은 시작점 및 끝점(411)을 포함할 수 있으며, 시작점은 중점(320)일 수 있다.
- [0069] 한편 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축(311) 상의 지점(421)과 중점(320)과의 거리는, 제1 원소의 농도에 비례할 수 있다.
- [0070] 구체적으로 제1 원소의 농도가 높을 수록, 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점과 중점(320)과의 거리는 멀 수 있다.
- [0071] 반대로 제1 원소의 농도가 낮을 수록, 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점과 중점(320)과의 거리는 가까울 수 있다.
- [0072] 예를 들어 실험 대상물 내 제1 원소의 농도가 100퍼센트라고 가정하는 경우, 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축

상의 지점은 끝점(411)에 위치할 수 있다.

- [0073] 다른 예를 들어, 중점(320)과 끝점(411)의 거리를 100이라고 가정했을 때, 실험 대상물 내 제1 원소의 농도가 37.396퍼센트(%)인 경우 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점은, 중점(320)으로부터 37.396만큼 떨어진 제1축 상의 지점일 수 있다.
- [0074] 위에서 설명한 내용은 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점(422)에도 적용될 수 있다.
- [0075] 구체적으로 제2축(312)은 시작점 및 끝점(412)을 포함할 수 있으며, 시작점은 중점(320)일 수 있다.
- [0076] 한편 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점과 중점(320)과의 거리는, 제2 원소의 농도에 비례할 수 있다.
- [0077] 구체적으로 제2 원소의 농도가 높을 수록, 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점과 중점(320)과의 거리는 멀 수 있다.
- [0078] 반대로 제2 원소의 농도가 낮을 수록, 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점과 중점(320)과의 거리는 가까울 수 있다.
- [0079] 예를 들어, 중점(320)과 끝점(412)의 거리를 100이라고 가정했을 때, 실험 대상물 내 제2 원소의 농도가 62.604 퍼센트(%)인 경우 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점은, 중점(320)으로부터 62.604만큼 떨어진 제2축 상의 지점일 수 있다.
- [0080] 한편 제어부(240)는 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소의 농도가 복수의 축 상에 나타나도록 UI 엘리먼트(430)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0081] 구체적으로 제어부(240)는 제1축 상의 지점(421) 및 제2 축 상의 지점(422)을 연결하는 직선인 UI 엘리먼트(430)를 복수의 축을 포함하는 그래프(300) 상에 디스플레이 할 수 있다.
- [0082] 이 경우 제어부(240)는 제1 원소의 농도(460)를 제1 축 상의 지점(421)과 함께 디스플레이 할 수 있으며, 제2 원소의 농도(465)를 제2 축 상의 지점(422)과 함께 디스플레이 할 수 있다.
- [0083] 한편 실험 대상체가 제1 원소 및 제2 원소를 포함하는 경우, 제1 원소의 농도(460)와 제2 원소의 농도(465)의 합은 100퍼센트(%)가 될 수 있다.
- [0084] 한편 제어부(240)는 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 예측 모델을 이용하여 실험 대상물에 가까운 인증 표준 물질을 획득할 수 있다.
- [0085] 구체적으로 예측 모델은 다양한 인증 표준 물질(CRM)들의 구성 원소의 분광 스펙트럼 데이터를 학습하여 생성된 것으로, 제어부(240)는 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 예측 모델에 기초하여, 다양한 인증 표준 물질(CRM)들 중에서 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질이 무엇인지 결정할 수 있다.
- [0086] 여기서 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질이란, 다양한 인증 표준 물질(CRM) 중 실험 대상물과 구성 원소가 동일하고(또는, 매우 작은 비율을 차지하는 일부 구성 원소가 상이하고) 각 구성 원소의 농도가 가장 유사한 물질을 의미할 수 있다.
- [0087] 이 경우 제어부(240)는 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 제2 UI 엘리먼트(450)를 UI 엘리먼트(430)와 함께 디스플레이 할 수 있다.
- [0088] 여기서 제2 UI 엘리먼트(450)는, 상기 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 제2 지점(441) 및 상기 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제2 원소의 농도에 대응하는 제2 축 상의 제2 지점(442)을 연결하는 선일 수 있다.
- [0089] 먼저 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 제2 지점(441)에 대하여 설명한다.
- [0090] 실험 대상물이 제1 원소를 포함하는 경우, 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질 역시 제1 원소를 포함할 수 있다.
- [0091] 그리고 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 제2 지점과 중점(320)과의 거리는, 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도에 비례할 수 있다.

- [0092] 구체적으로 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도가 높을 수록, 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축(311) 상의 제2 지점과 중점(320)과의 거리는 멀 수 있다.
- [0093] 반대로 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도가 낮을 수록, 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축(311) 상의 제2 지점과 중점(320)과의 거리는 가까울 수 있다.
- [0094] 예를 들어, 중점(320)과 제1축 상의 끝점(411)의 거리를 100이라고 가정했을 때, 특정 인증 표준 물질 내 제1 원소의 농도가 39.285퍼센트(%)인 경우 특정 인증 표준 물질 내 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 제2 지점은, 중점(320)으로부터 39.285만큼 떨어진 제1축 상의 지점일 수 있다.
- [0095] 위에서 설명한 내용은 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축(312) 상의 지점(442)에도 적용될 수 있다.
- [0096] 실험 대상물이 제2 원소를 포함하는 경우, 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질 역시 제2 원소를 포함할 수 있다.
- [0097] 그리고 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점과 중점(320)과의 거리는, 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제2 원소의 농도에 비례할 수 있다.
- [0098] 구체적으로 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도가 높을 수록, 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축(312) 상의 제2 지점과 중점(320)과의 거리는 멀 수 있다.
- [0099] 반대로 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도가 낮을 수록, 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 제2 지점과 중점(320)과의 거리는 가까울 수 있다.
- [0100] 예를 들어, 중점(320)과 제2축 상의 끝점(412)의 거리를 100이라고 가정했을 때, 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도가 60.715퍼센트(%)인 경우 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축(312) 상의 제2 지점은 중점(320)으로부터 60.715만큼 떨어진 제2축(312) 상의 지점일 수 있다.
- [0101] 한편 제어부(240)는 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질이 포함하는 복수의 원소의 농도가 복수의 축 상에 나타나도록 제2 UI 엘리먼트(450)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0102] 구체적으로 제어부(240)는 제1축(311) 상의 제2 지점(441) 및 제2 축(312) 상의 제2 지점(442)을 연결하는 직선인 제2 UI 엘리먼트(450)를 복수의 축을 포함하는 그래프(300) 상에 디스플레이 할 수 있다.
- [0103] 이 경우 제어부(240)는 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제1 원소의 농도를 제1 축 상의 제2 지점(441)과 함께 디스플레이 할 수 있으며, 특정 인증 표준 물질이 포함하는 제2 원소의 농도를 제2 축 상의 제2 지점(442)과 함께 디스플레이 할 수 있다.
- [0104] 한편 실험 대상물을 구성하는 원소 또는 특정 인증 표준 물질을 구성하는 원소가 두개인 경우, 두 원소에 각각 대응하는 두 축은 서로 인접할 수 있다;
- [0105] 예를 들어 제1 원소에 대응하는 축은 제1축(311)이고, 제2 원소에 대응하는 축은 제2축(312)일 수 있다. 다른 예를 들어, 제1 원소에 대응하는 축은 제5축(315)이고, 제2 원소에 대응하는 축은 제6축(316)일 수 있다.
- [0106] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른, 실험 대상물과 가까운 복수개의 표준 물질을 표시하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0107] 도 4에서는 실험 대상물과 가까운 특정 인증 표준 물질을 획득하고, 특정 인증 표준 물질에 대응하는 제2 UI 엘리먼트(450)를 디스플레이 하는 것으로 설명하였다.
- [0108] 다만 실험 대상물과 가까운 특정 인증 표준 물질은 복수개 존재할 수 있다.
- [0109] 구체적으로 제어부(240)는 실험 대상물과 복수의 인증 표준 물질(CRM) 들의 구성 요소 및 구성 요소의 농도에 기초하여, 실험 대상물과 복수의 인증 표준 물질(CRM) 들의 유사도를 산출할 수 있다.
- [0110] 이 경우 유사도가 동일한 인증 표준 물질이 복수 개 존재할 수 있다. 또한 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용한 성분 표시 장치는, 유사도가 높은 순서대로 복수개의 인증 표준 물질을 표시하도록 설정될 수도 있다. 또한 유사도가 서로 상이하나 오차 범위 내에 있는 인증 표준 물질이 복수개 존재할 수도 있다.
- [0111] 이 경우 제어부(240)는 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트(430)과 함께, 실험 대상물과 가까운 복수개의 특정 인증 표준 물질에 각각 대응하는 복수의 UI 엘리먼트(450, 490)를 디스플레이 할 수

있다.

- [0112] 구체적으로 제어부(240)는 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트(430)과 함께, 실험 대상물과 가까운 제1 특정 인증 표준 물질에 대응하는 제2 UI 엘리먼트(450) 및 실험 대상물과 가까운 제2 특정 인증 표준 물질에 대응하는 제3 UI 엘리먼트(490)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0113] 제3 UI 엘리먼트(490)의 양 끝점(481, 482) 등의 설정 방법에는, 앞서 기재된 제2 UI 엘리먼트(450)에 대한 설명이 모두 적용될 수 있다.
- [0114] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른, 세개의 원소로 구성된 실험 대상물 및 실험 대상물에 가까운 인증 표준 물질을 표시하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0115] 실험 대상물이 제1 원소, 제2 원소 및 제3 원소를 포함하는 경우, 복수의 축을 포함하는 그래프(300)는 제1 원소에 대응하는 제4 축, 제2 원소에 대응하는 제5 축 및 제3 원소에 대응하는 제6 축을 포함할 수 있다.
- [0116] 예를 들어 실험 대상물이 니켈(Ni), 크롬(Cr) 및 철(Fe)을 포함하는 경우, 제 4축(314)은 니켈(Ni)에 대응할 수 있고, 제 5축(315)은 크롬(Cr)에 대응할 수 있고, 제 6축(316)은 철(Fe)에 대응할 수 있다.
- [0117] 제어부(240)는, 실험 대상물이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 UI 엘리먼트(730)를 복수의 축을 포함하는 그래프 상에 디스플레이 할 수 있다.
- [0118] 여기서 UI 엘리먼트(730)는 제1 원소의 농도에 대응하는 제4축(314) 상의 지점(721)과 제2 원소의 농도에 대응하는 제5축(315) 상의 지점(722)을 연결하는 제1 선(730a), 및, 제2 원소의 농도에 대응하는 제5축(315) 상의 지점(722)과 제3 원소의 농도에 대응하는 제6축(316) 상의 지점(723)을 연결하는 제2 선(730b)으로 구성될 수 있다.
- [0119] 한편 제1 원소의 농도에 대응하는 제4축(314) 상의 지점(721)과 중점(320)과의 거리는, 제1 원소의 농도에 비례할 수 있다.
- [0120] 또한 제2 원소의 농도에 대응하는 제5축(315) 상의 지점(722)과 중점(320)과의 거리는, 제2 원소의 농도에 비례할 수 있다.
- [0121] 또한 제3 원소의 농도에 대응하는 제6축(316) 상의 지점(723)과 중점(320)과의 거리는, 제3 원소의 농도에 비례할 수 있다.
- [0122] 그리고 제어부(240)는 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소의 농도가 복수의 축 상에 나타나도록 UI 엘리먼트(730)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0123] 구체적으로 제어부(240)는, 제4축(314) 상의 지점(721) 및 제5 축(315) 상의 지점(722)을 연결하는 직선인 제1 선(730a)과, 제5축(315) 상의 지점(722) 및 제6 축(316) 상의 지점(723)을 연결하는 직선인 제2 선(730b)를 포함하는 UI 엘리먼트(730)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0124] 한편 제어부(240)는 실험 대상물의 분광 스펙트럼 데이터 및 예측 모델을 이용하여 실험 대상물에 가까운 인증 표준 물질을 획득할 수 있다.
- [0125] 그리고 제어부(240)는 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질이 포함하는 원소의 농도를 나타내는 제2 UI 엘리먼트(750)를 UI 엘리먼트(730)와 함께 디스플레이 할 수 있다.
- [0126] 구체적으로 실험 대상물이 제1 원소, 제2 원소 및 제3 원소를 포함하는 경우, 실험 대상물에 가까운 특정 인증 표준 물질 역시 제1 원소, 제2 원소 및 제3 원소를 포함할 수 있다.
- [0127] 그리고 제2 UI 엘리먼트(750)는 상기 특정 인증 표준 물질 내 제1 원소의 농도에 대응하는 제4축(314) 상의 지점(741)과 상기 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제5축(315) 상의 지점(742)을 연결하는 제1 선(750a), 및, 상기 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제5축(315) 상의 지점(742)과 상기 특정 인증 표준 물질 내 제3 원소의 농도에 대응하는 제6축(316) 상의 지점(743)을 연결하는 제2 선(750b)으로 구성될 수 있다.
- [0128] 한편 제4축(314), 제5 축(315) 및 제6 축(316)은 서로 인접하여 배치될 수 있다.
- [0129] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른, 복수의 축을 포함하는 그래프의 다양한 형태를 도시한 도면이다.
- [0130] 도 3 내지 도 6에서는, 복수의 축(311, 312, 313, 314, 315, 316)이 디스플레이 되고, 그 중 일부 축을 연결하

는 UI 엘리먼트가 디스플레이 되는 것으로 설명하였다.

- [0131] 다만 이에 한정되지 아니하며, 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소에 각각 대응하는 복수의 축만을 디스플레이 하는 방식으로 구현될 수 있다.
- [0132] 구체적으로 실험 대상물이 제1 원소 및 제2 원소를 포함하는 경우, 제어부(240)는 제1 원소에 대응하는 제1축(311) 및 제2 원소에 대응하는 제2축(312)를 포함하는 그래프를 디스플레이 할 수 있다.
- [0133] 그리고 제어부(240)는 실험 대상물 내 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점 및 실험 대상물 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점을 연결하는 UI 엘리먼트(810)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0134] 또한 제어부(240)는 실험 대상물과 가까운 특정 인증 표준 물질 내 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점 및 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제2축 상의 지점을 연결하는 제2 UI 엘리먼트(820)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0135] 한편 도 3 내지 도 6에서는, 실험 대상물을 구성하는 복수의 원소에 대응하는 복수의 축이 인접하여 배치되는 것으로 설명하였다.
- [0136] 다만 이에 한정되지 아니하며, 실험 대상물이 포함하는 복수의 원소에 각각 대응하는 복수의 축은 서로 떨어져서 배치될 수 있다.
- [0137] 구체적으로 실험 대상물이 제1 원소 및 제2 원소를 포함하는 경우, 제어부(240)는 제1 원소에 대응하는 제1축(311) 및 제2 원소에 대응하는 제3축(313)를 포함하는 그래프를 디스플레이 할 수 있다.
- [0138] 그리고 제어부(240)는 실험 대상물 내 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점 및 실험 대상물 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제3축 상의 지점을 연결하는 UI 엘리먼트(920)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0139] 또한 제어부(240)는 실험 대상물과 가까운 특정 인증 표준 물질 내 제1 원소의 농도에 대응하는 제1축 상의 지점 및 특정 인증 표준 물질 내 제2 원소의 농도에 대응하는 제3축 상의 지점을 연결하는 제2 UI 엘리먼트(930)를 디스플레이 할 수 있다.
- [0140] 한편 복수의 실험 대상물에 대한 시험이 있는 경우, 복수의 실험 대상물에 각각 대응하는 복수의 UI 엘리먼트는 함께 디스플레이 될 수 있다.
- [0141] 예를 들어 도 9를 참고하면, 황동 계열의 제1 내지 제4 실험 대상물에 대한 복수의 시험이 있는 경우, 제어부(240)는 제1 실험 대상물에 대응하는 UI 엘리먼트(1011), 제2 실험 대상물에 대응하는 UI 엘리먼트(1012), 제3 실험 대상물에 대응하는 UI 엘리먼트(1013), 제4 실험 대상물에 대응하는 UI 엘리먼트(1014)를 함께 디스플레이 할 수 있다.
- [0142] 다른 예를 들어 스테인리스 계열의 제5 내지 제6 실험 대상물에 대한 복수의 시험이 있는 경우, 제어부(240)는 제5 실험 대상물에 대응하는 UI 엘리먼트(1021), 제6 실험 대상물에 대응하는 UI 엘리먼트(1022)를 함께 디스플레이 할 수 있다.
- [0143] 또한 도 9에서 도시하지는 않았으나, 복수의 인증 표준 물질에 대응하는 UI 엘리먼트 역시 함께 디스플레이 될 수 있다.
- [0144] 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른, 인증 표준 물질(CRM) 들의 성분을 나타낸 그래프이다.
- [0145] 본 발명의 구현을 위한 실험에서, 알루미늄 계열, 황동 계열, 구리 계열, 철 계열, 스테인리스 계열의 인증 표준 물질들의 분광 스펙트럼 데이터들이 사용되었다.
- [0146] 구체적으로 알루미늄 계열, 황동 계열, 구리 계열, 철 계열, 스테인리스 계열의 인증 표준 물질들의 분광 스펙트럼 데이터들에 대하여 표준화 작업을 거친 후, 알루미늄, 구리, 아연, 철, 니켈, 크롬 원소의 분광선 라인을 선택하였다.
- [0147] 더욱 구체적으로, 12,288 개의 전 파장 영역 중에서, 알루미늄, 구리, 아연, 철, 니켈, 크롬 원소 별로 대표 분광선 라인을 각각 5개씩 선택하여, 총 30개의 분광선 라인을 이용하였다.
- [0148] 선택된 분광선 라인은 아래 표와 같다.

표 1

[0149]

Elements	Spectral line based on NIST database(nm)
Al	308.282, 309.316, 394.449, 396.225, 704.002
Cu	324.738, 327.335, 578.111, 793.184, 809.133
Zn	328.199, 334.475, 467.941, 472.169, 480.961
Fe	430.812, 432.582, 489.066, 492.001, 495.713
Cr	425.452, 427.175, 520.781, 540.9, 739.933
Ni	345.852, 349.296, 351.47, 360.589, 380.57

[0150]

또한 선택된 원소의 분광선 라인을 포함하는, 알루미늄 계열, 황동 계열, 구리 계열, 철 계열, 스테인리스 계열의 인증 표준 물질들의 분광 스펙트럼 데이터를, 랜덤 포레스트 방법(Random forest)으로 훈련시킴으로써 예측 모델을 생성하였다.

[0151]

한편 제어부(240)는 훈련된 인증 표준 물질(CRM) 들의 성분을 나타내는 UI 엘리먼트를 디스플레이 할 수 있다.

[0152]

예를 들어 도 10에서 도시하는 바와 같이, 복수의 축을 포함하는 그래프 상에는, 알루미늄 계열의 인증 표준 물질들을 나타내는 UI 엘리먼트들, 황동 계열의 인증 표준 물질들을 나타내는 UI 엘리먼트들, 구리 계열의 인증 표준 물질들을 나타내는 UI 엘리먼트들, 철 계열의 인증 표준 물질들을 나타내는 UI 엘리먼트들, 스테인리스 계열의 인증 표준 물질들을 나타내는 UI 엘리먼트 들이 디스플레이 될 수 있다.

[0153]

도 10을 참고하면, 같은 계열의 인증 표준 물질들도, 성분의 농도가 약간씩 다른 종류들이 여러 개 있음을 알 수 있다.

[0154]

도 11 및 도 12는 본 발명의 실시 예에 따른, 레이저 유도 붕괴 분광법을 이용하여 폐금속을 시험한 결과를 도시한 도면이다.

[0155]

실험 대상체로는 폐금속을 사용하였으며, 예측 모델을 이용하여 폐금속을 테스트 한 후 원소별 농도를 예측하였다.

[0156]

도 11을 참고하면, 스테인리스 계열의 복수의 폐금속에 대하여 복수회 시험이 수행되었으며, 복수의 폐금속 각각의 성분을 나타내는 UI 엘리먼트들이 실선으로 도시되어 있다.

[0157]

또한 복수의 폐금속에 가까운 인증 표준 물질들을 나타내는 UI 엘리먼트 들이 점선으로 도시되어 있다.

[0158]

도 11을 참고하면, 실험된 폐금속들의 성분은, 황동 계열의 인증 표준 물질의 성분과 유사한 것으로 직관적으로 판단될 수 있다.

[0159]

도 12를 참고하면, 구리 계열의 폐금속에 대하여 시험이 수행되었으며, 폐금속의 성분을 나타내는 UI 엘리먼트 (620)가 실선으로 도시되어 있다.

[0160]

또한 복수의 폐금속에 가까운 인증 표준 물질들을 나타내는 UI 엘리먼트 들(640, 660)이 점선으로 도시되어 있다.

[0161]

도 12을 참고하면, 실험된 폐금속의 성분은, 구리 계열의 인증 표준 물질들 중에서도 아연 원소를 거의 포함하지 않는 물질의 종류와 가장 가깝다는 것을 직관적으로 파악할 수 있다.

[0162]

종래의 경우, 예측하고자 하는 성분의 농도를 테이블을 통하여 실제 농도와 비교한다. 다만 이러한 비교 방식은 실험 대상체가 직관적으로 어떤 종류의 물질과 가까운지 알기 어려운 문제점이 있다.

[0163]

다만 본 발명은 복수의 축을 포함하는 그래프를 이용하여 실험 대상체의 농도를 나타냄으로써, 실험 대상체의 성분, 즉 물질을 특징짓는 요소가 무엇이며 어느 정도의 비율을 차지하는지에 대하여 직관적으로 명시할 수 있는 장점이 있다.

[0164]

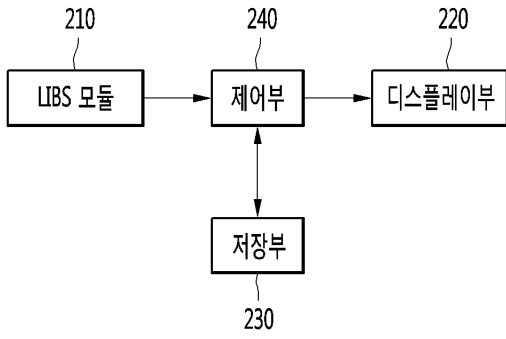
또한 그래프 상에, 실험 대상체의 농도와 함께 인증 표준 물질의 농도를 함께 나타냄으로써, 실험 대상체가 어느 종류의 물질에 가까운지를 직관적으로 나타낼 수 있는 장점이 있다.

[0165]

한편, 제어부(240)는 일반적으로 장치의 제어를 담당하는 구성으로, 중앙처리장치, 마이크로 프로세서, 프로세서 등의 용어와 혼용될 수 있다.

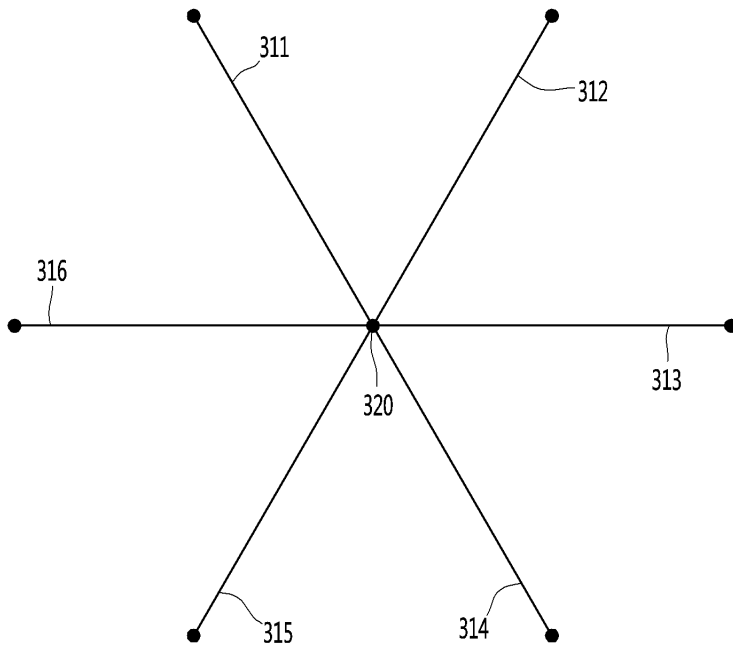
도면2

200

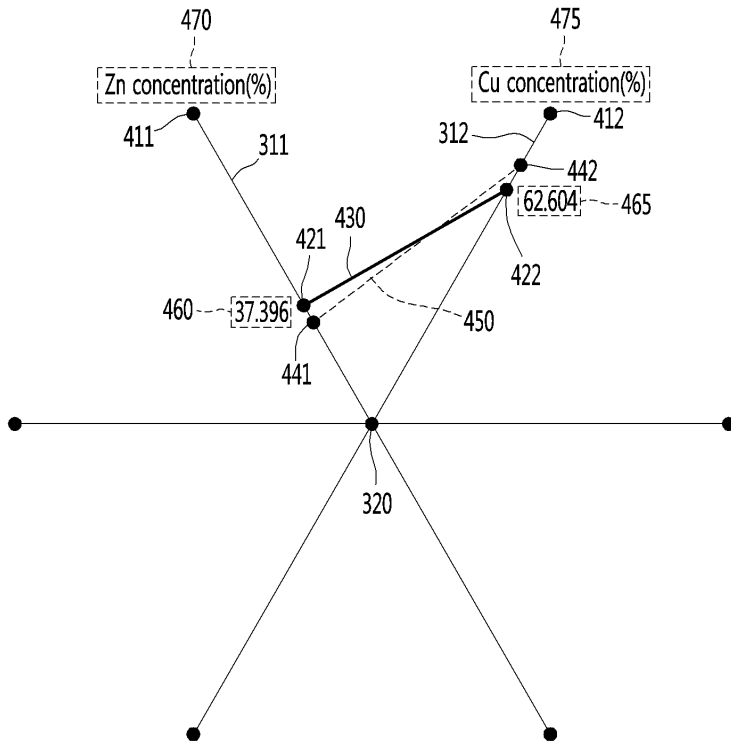


도면3

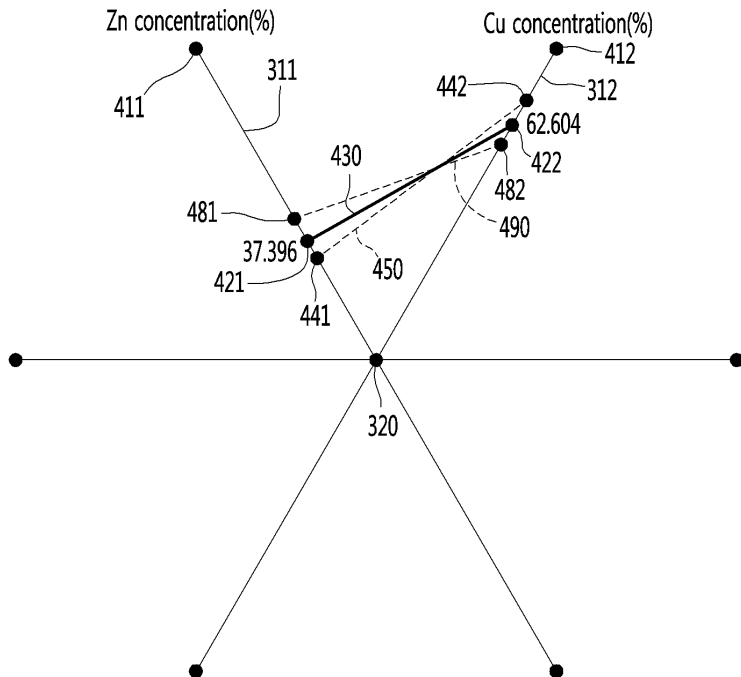
300



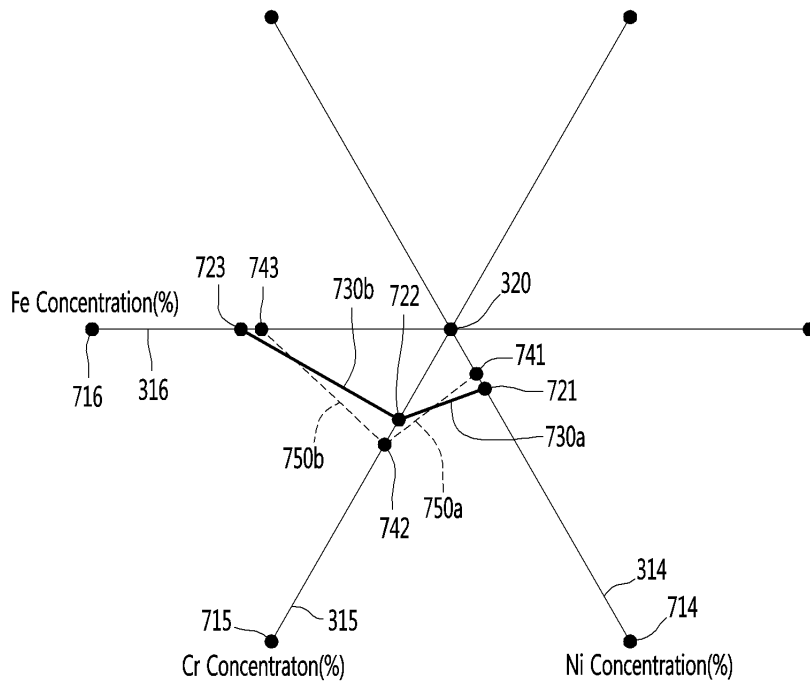
도면4



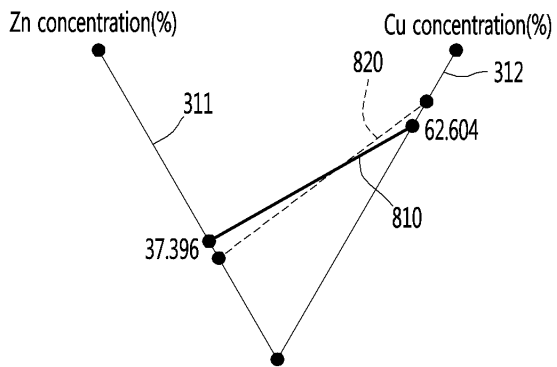
도면5



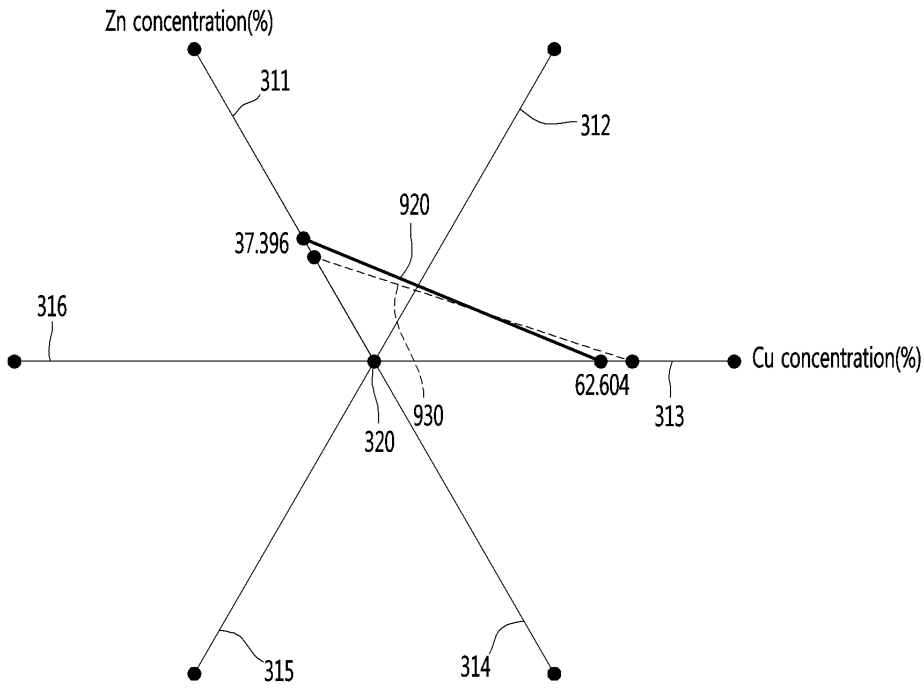
도면6



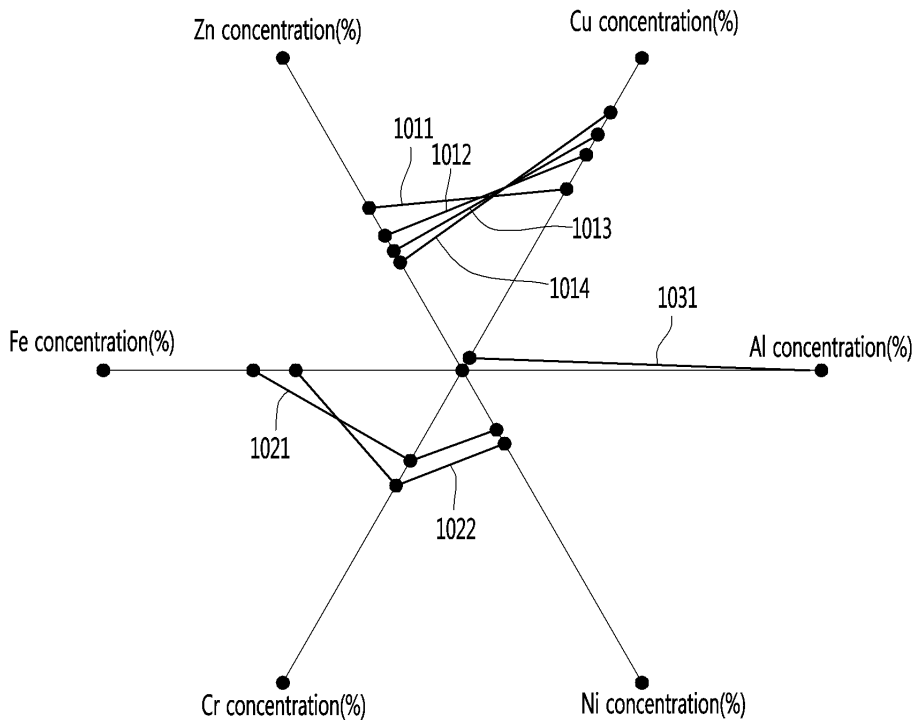
도면7



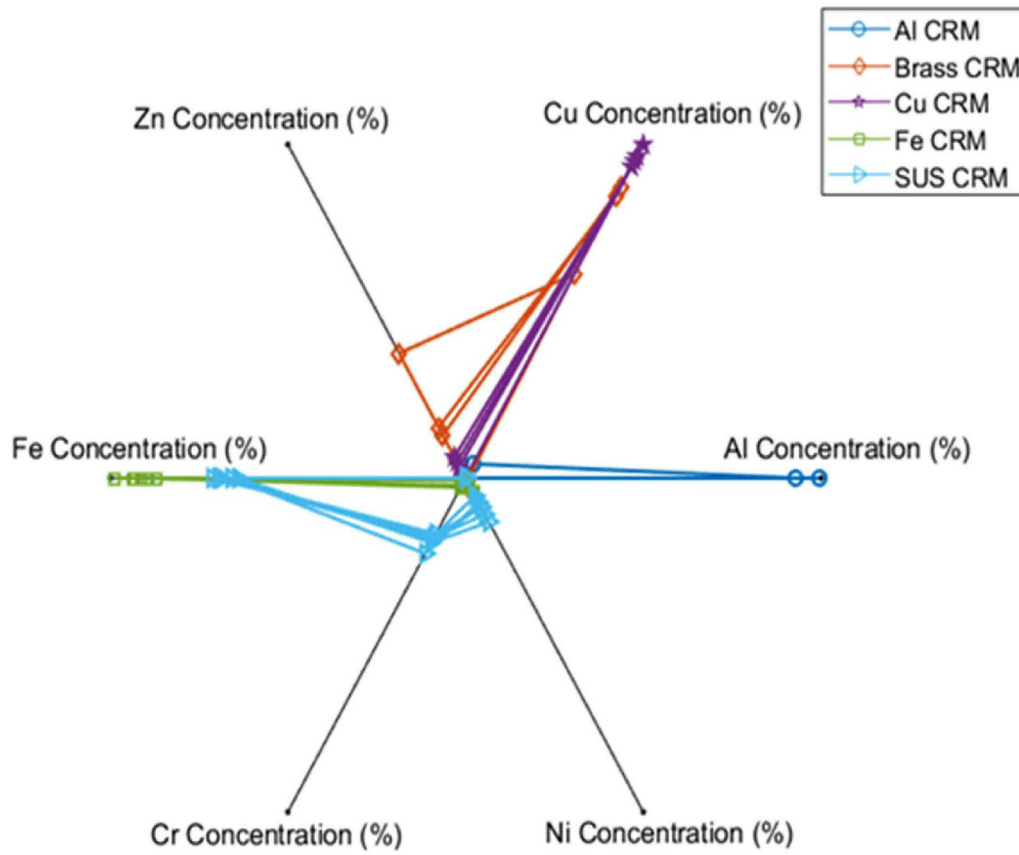
도면8



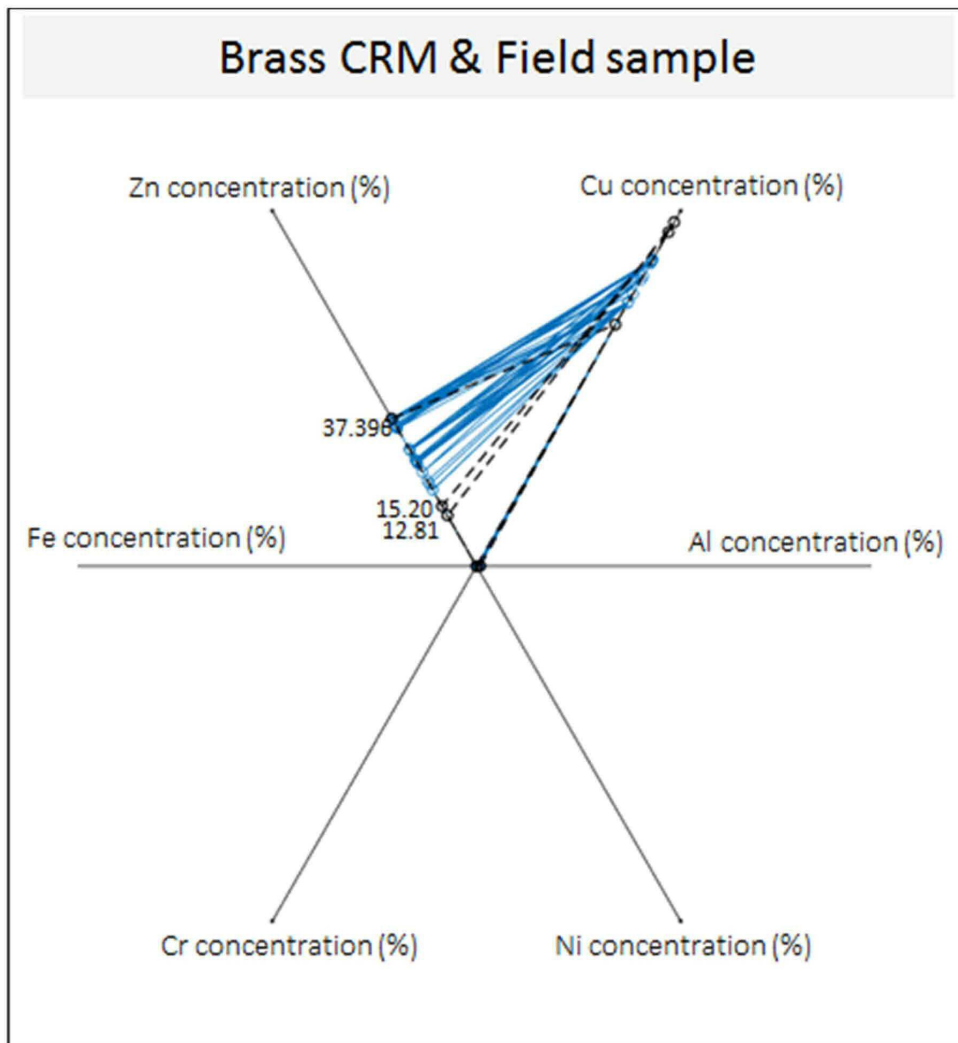
도면9



도면10



도면11



도면12

