



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0107479  
(43) 공개일자 2014년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/64 (2006.01) G01N 25/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7019844  
(22) 출원일자(국제) 2013년01월14일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2014년07월16일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/021417  
(87) 국제공개번호 WO 2013/109497  
국제공개일자 2013년07월25일  
(30) 우선권주장  
13/737,594 2013년01월09일 미국(US)  
61/587,427 2012년01월17일 미국(US)

(71) 출원인  
허니웰 인터내셔널 인코포레이티드  
미국 뉴저지 모리스타운 콜롬비아로드 101  
(72) 발명자  
라포포트, 윌리엄, 로스  
미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피. 오.  
박스 2245, 콜롬비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허 서비스 엠/에스 에이비/2비  
캐인, 제임스  
미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피. 오.  
박스 2245, 콜롬비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허 서비스 엠/에스 에이비/2비  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인씨엔에스

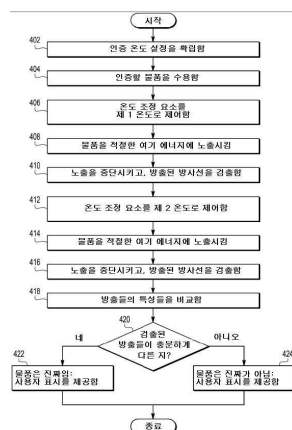
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 감열기록 인광체가 혼입된 물품, 및 이러한 물품을 인증하기 위한 방법과 장치

(57) 요약

실시양태들은 물품 위 또는 안에 혼입된 감열기록 인광체(예컨대, Er:YIG)를 확인하기 위한 방법과 장치를 포함한다. 방법과 장치 실시양태들은, 물품을 감열기록 인광체의 흡수 대역에서 여기 에너지에 선택적으로 노출시키는 여기 에너지 발생기를 포함한다. 방출된 방사선 검출기는, 물품이 제 1 온도를 갖는 경우, 감열기록 인광체의 방출 대역 내에서 물품으로부터의 제 1 방출된 방사선의 제 1 방출 특성을 검출하고, 물품이 제 1 온도와 다른 제 2 온도를 갖는 경우, 방출 대역 내에서 물품으로부터의 제 2 방출된 방사선의 제 2 방출 특성을 검출하도록 구조화된다. 온도 조정 요소는 물품의 온도를 조정하도록 구조화된다. 실시양태들은 제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분히 다른 지를 결정하는 처리 시스템을 추가로 포함한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

**라우, 카스텐**

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피. 오. 박스 2245, 콜롬비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허 서비스 엠/에스 에이비/2비

**파텔, 쉬라그**

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피. 오. 박스 2245, 콜롬비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허 서비스 엠/에스 에이비/2비

**크로이터, 잭, 스티븐**

미국, 뉴저지 07962-2245, 모리스타운, 피. 오. 박스 2245, 콜롬비아 로드 101, 허니웰 인터내셔널 인코포레이티드, 특허 서비스 엠/에스 에이비/2비

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

물품 위 또는 안에 혼입된 발광 물질을 확인하기 위한 방법으로서,

물품을 발광 물질의 흡수 대역에서 여기 에너지에 선택적으로 노출시키는 단계;

물품이 제 1 온도를 갖는 경우, 발광 물질의 방출 대역 내에서 물품으로부터의 제 1 방출된 방사선의 제 1 방출 특성을 검출하는 단계;

물품이 제 1 온도와 다른 제 2 온도를 갖는 경우, 방출 대역 내에서 물품으로부터의 제 2 방출된 방사선의 제 2 방출 특성을 검출하는 단계; 및

제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분하게 다른 지를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 물품을 여기 에너지에 선택적으로 노출시키는 단계가,

제 1 온도를 갖는 물품의 부분과 일치하는 시간의 제 1 기간 동안 여기 에너지에 대한 물품의 부분의 제 1 노출을 진행시키고;

제 1 방출 특성을 검출하기 전에 제 1 노출을 중단시키고;

제 2 온도를 갖는 물품의 부분과 일치하는 시간의 제 2 기간 동안 여기 에너지에 대한 물품의 부분의 제 2 노출을 진행시키고;

제 2 방출 특성을 검출하기 전에 제 2 노출을 중단시키는 것을 포함하는 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제 1 온도 및 상기 제 2 온도의 적어도 하나가 온도 조정 요소의 능동적 제어를 통해 달성되는 온도이며,

상기 방법이 제 1 온도 또는 제 2 온도의 적어도 하나를 달성하기 위하여 온도 조정 요소를 능동적으로 제어하는 것을 추가로 포함하는

방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제 1 온도 및 상기 제 2 온도가 약  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  내지 약  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 의 범위인 온도 차이까지 서로 다른 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분하게 다른 지를 결정하는 것이,

제 1 방출된 방사선의 제 1 강도가 제 1 및 제 2 온도들 사이의 차이의 각 정도에 대하여 제 2 방출된 방사선의 제 2 강도와 적어도 약 1 % 다른 지를 결정하는 것을 포함하는

방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분하게 다른 지를 결정하는 것이,

제 1 및 제 2 방출된 방사선(344)의 강도가 온도에 대하여 반비례 관계를 나타내는 지를 결정하는 것을 포함하는

방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분하게 다른 지를 결정하는 것이,

제 1 및 제 2 방출된 방사선(344)의 붕괴 시간 상수가 온도에 대하여 반비례 관계를 나타내는 지를 결정하는 것을 포함하는

방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 흡수 대역이 철의 흡수 대역이고,

상기 방출 대역이 에르븀의 방출 대역인

방법.

#### 청구항 9

온도 조정 요소(314)에 근접하는 물품(100)의 온도를 조정하도록 구조화된 온도 조정 요소(314);

물품(100)에 여기 에너지(342)를 제공하되, 상기 여기 에너지(342)는 물품(100)이 진짜인 경우에 존재하는 것으로 예측되는 발광 물질의 흡수 대역에 상응하도록 구조화된 여기 에너지 발생기(304);

물품(100)이 제 1 온도를 갖는 경우, 발광 물질의 방출 대역 내에서 제 1 방출된 방사선(344)의 제 1 방출 특성을 검출하고, 물품(100)이 제 1 온도와 다른 제 2 온도를 갖는 경우, 방출 대역 내에서 제 2 방출된 방사선(344)의 제 2 방출 특성을 검출하도록 구조화된 방출된 방사선 검출기(306); 및

제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분하게 다른 지를 결정하도록 구조화된 처리 시스템(302)

을 포함하는

장치.

## 청구항 10

매질, 및 상기 매질에 분산된 감열기록(thermographic) 인광체의 입자(130)  
를 포함하는 인증 특징부(110,120)  
를 포함하는 물품(100).

## 명세서

### 기술분야

[0001] 이 출원은, 2012년 1월 17일자로 출원된 미국 가출원 61/587,427의 이점을 청구하고 있다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 방사선 방출 화합물들 및 이들을 보안 물질로서 사용하기 위한 방법과 장치에 관한 것이다.

### 배경기술

[0003] 발광성 인광체 화합물은, 외부 에너지원에 의한 화합물의 여기(excitation)에 따라, 적외선, 가시광선 및/또는 자외선 스펙트럼에서 검출 가능한 양의 방사선을 방출할 수 있는 화합물이다. 전형적인 발광성 인광체 화합물은 적어도 호스트 물질(예컨대, 결정 격자), 방출 이온(예컨대, 희토류 금속의 것), 및 일부의 경우, "감지(sensitizing)" 이온(예컨대, 방출하는 희토류 금속 이온에 에너지를 흡수 및 전달할 수 있는 전이금속의 것 또는 여러 희토류 금속의 것)을 포함한다. 인광체 화합물에 의한 방사선의 생성은, 방출 이온(들)에 의한 또는 호스트 물질과 감지 이온(들) 중 하나 또는 둘다에 의한 입사 방사선의 흡수에 의해, 이어서 호스트 물질과 감지 이온(들)로부터의 방출 이온(들)까지의 에너지 전달에 의해, 및 방출 이온(들)에 의한 전달된 에너지의 방사선에 의해 달성된다.

[0004] 인광체 화합물의 선택된 성분들로 인해, 상기 화합물은 특정 성질, 예컨대 그의 여기 에너지(excitation energy)에 대한 특이적 파장들, 및 인광체 화합물의 방출 이온들에 의해 방출된 더욱 높은 스펙트럼 에너지("방출(emission)")에 대한 특이적 스펙트럼 위치(들)를 포함하는 특이적 방출 성질들을 갖게 된다. 모든 이온이 모든 호스트 물질들에서의 방출을 생성시키지는 않을 것이다. 방출에 대한 포텐셜을 갖는 방사선이 소멸되거나(quench), 또는 흡수 이온들 또는 호스트 물질로부터 방출 이온까지의 에너지 전달이 너무 부족하여서 방사선 효과들이 거의 관찰 불가능한 예들이 다수 존재한다. 다른 호스트 물질에서, 방사선 효과들은 매우 클 수 있으며 양자 효율은 거의 1이다(with quantum efficiency near unity).

[0005] 관찰 가능한 방출을 생성하는 특이적인 인광체 화합물에 있어서, 그의 방출에서 더욱 높은 스펙트럼 에너지 함량(또는 발광 출력)의 스펙트럼 위치(들)(즉, 그의 "스펙트럼 시그니처(spectral signature)")은 여러 화합물로부터 인광체 화합물을 특유하게 확인하는 데 사용될 수 있다. 주로, 스펙트럼 시그니처는 희토류 이온(들)에 기인하는 것이다. 그러나, 다양한 방출 이온들에 대해 전형적으로는 결정 필드 강도(crystal field strength) 및 스플리팅(splitting)을 통한 호스트 물질의 영향으로 인해 스펙트럼 동요(perturbation)가 존재할 수 있다. 이는 물론 방출들의 일시적 거동에 대해 유효하다(hold true).

[0006] 일부 인광체 화합물의 특유의 스펙트럼 성질들로 인해, 이들을 특정 가치 또는 중요한 물품을 인증 또는 확인하는 데 사용하기 적합하게 만든다(예컨대, 지폐, 패스포트, 생체학적 샘플 등). 따라서, 공지된 스펙트럼 시그니처를 갖는 발광성 인광체 화합물은, 다양한 유형의 물품 위 또는 안에 혼입되어서, 이러한 물품들의 가짜(forgery) 또는 모사품(counterfeit)을 검출할 수 있거나 또는 물품을 확인하고 추적할 수 있는 능력을 향상시켜 왔다. 예를 들면, 발광성 인광체 화합물들은, 물품을 인증 또는 추적하는 과정에서 분석될 수 있는, 첨가제, 코팅, 및 인쇄된 또는 달리 적용된 특징부의 형태로 다양한 유형의 물품 위 또는 안에 혼입되어 왔다.

[0007] 발광성 인광체 화합물을 포함하는 물품은 특수하게 설계된 인증 장비를 사용하여 인증될 수 있다. 더욱 구체적으로는, 제조업자가 그의 "진짜인(authentic)" 물품들 안에 공지된 인광체 화합물(예컨대, "인증(authenticating)" 인광체 화합물)을 혼입할 수 있다. 이러한 물품의 진위(authenticity)를 검출하도록 구조화된 인증 장비는, 흡수 가능한 여기 에너지의 파장 및 인증 인광체 화합물과 연관된 방출의 스펙트럼 성질들의 지식(예컨대, 저장된 정보 및/또는 다양한 스펙트럼 필터)을 갖는다. 인증을 위한 샘플 물품이 제공되는 경우, 인증 장비는 목적하는 방출에 직접 또는 간접적으로 이어지는 발광성 인광체 화합물의 흡수 특징부들의 공지된 파장들과 부합하는 파장들을 갖는 여기 에너지에 상기 물품을 노출시킨다. 인증 장비는 물품에 의해 생성될 수 있는 임의의 방출에 대한 스펙트럼 파라미터를 감지하고 특성화한다. 검출된 방출의 스펙트럼 신호가 인증 인광체 화합물과 부합하는 검출 장치의 인증 파라미터 범위("검출 파라미터 공간"으로서 지칭됨) 내에 존재하는 경우, 물품은 진짜인 것으로 고려될 수 있다. 반면, 인증 장비가 검출 파라미터 공간 안에 예측된 신호들을 감지하는 데 실패하는 경우, 물품은 진짜가 아닌(unauthentic) 것으로 고려될 수 있다(예컨대, 가짜 물품 또는 모사된 물품).

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 전술된 기술들은 상대적으로 복잡하지 않은 가짜 또는 모사 행위를 검출 및 무산시키는 데 매우 효과적이다. 그러나, 적절한 자원과 장비를 갖는 개인들은 일부 인광체 화합물의 성분들을 결정하기 위해 분광계 기술들을 사용할 수 있다. 그 다음, 인광체 화합물들은 재생될 수 있고, 진짜가 아닌 물품에 적용될 수 있으며, 이로 인해 특정 인광체 화합물에 의해 달리 제공될 수 있는 인증 장점들을 상충시키게 된다. 따라서, 다수의 인광체 화합물들이 전술된 방식으로 물품 인증을 용이하게 하도록 개발되어 왔지만, 가짜 및 모사 행위가 더욱 어렵게 할 수 있고/있거나 특별히 관심을 갖는 물품을 확인 및 추적하는 데 유리한 것으로 입증될 수 있는, 물품을 인증하기 위한 추가 화합물들, 이러한 화합물들을 물품에 사용하기 위한 특유의 방법, 및 기술들을 개발하는 것이 요구된다. 더욱이, 본 발명의 다른 원하는 특징과 특성들은, 첨부된 도면 및 발명의 배경기술과 함께 후속적인 본 발명의 상세한 설명 및 첨부된 특허청구범위로부터 분명해질 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 물품 위 또는 안에 혼입된 발광 물질을 확인하기 위한 방법의 실시양태들은, 물품을 발광 물질의 흡수 대역에서 여기 에너지에 선택적으로 노출시키는 단계; 물품이 제 1 온도를 갖는 경우, 발광 물질의 방출 대역 내에서 물품으로부터의 제 1 방출된 방사선의 제 1 방출 특성을 검출하는 단계; 물품이 제 1 온도와 다른 제 2 온도를 갖는 경우, 방출 대역 내에서 물품으로부터의 제 2 방출된 방사선의 제 2 방출 특성을 검출하는 단계를 포함한다. 방법의 실시양태들은 제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분히 다른 지를 결정하는 단계를 추가로 포함한다.

[0010] 장치의 실시양태들은 온도 조정 요소, 여기 에너지 발생기, 방출된 방사선 검출기, 및 처리 시스템을 포함한다. 온도 조정 요소는 온도 조정 요소에 근접하는 물품의 온도를 조정하도록 구조화된다. 여기 에너지 발생기는, 물품에 여기 에너지를 제공하되, 상기 여기 에너지는 물품이 진짜인 경우에 존재하는 것으로 예측되는 발광 물질의 흡수 대역에 상응하도록 구조화된다. 방출된 방사선 검출기는, 물품이 제 1 온도를 갖는 경우, 발광 물질의 방출 대역 내에서 제 1 방출된 방사선의 제 1 방출 특성을 검출하고, 물품이 제 1 온도와 다른 제 2 온도를 갖는 경우, 발광 물질의 방출 대역 내에서 제 2 방출된 방사선의 제 2 방출 특성을 검출하도록 구조화된다. 처리 시스템은 제 1 방출 특성이 제 2 방출 특성과 충분히 다른 지를 결정하도록 구조화된다.

[0011] 물품의 실시양태들은 매질 및 상기 매질에 분산된 감열기록(thermographic) 인광체의 입자들을 포함하는 보안 특징부를 포함한다. 감열기록 인광체는, 적어도 하나의 방출 이온의 원자가 치환되는 호스트 결정 격자를 포함

한다. 일 실시양태에서, 호스트 결정 격자는, 화학 조성  $Y_3Fe_5O_{12}$ (여기서, Y는 이트륨이고, Fe는 철이고, O는 산소임)를 갖는 이트륨 철 가르네트(yttrium iron garnet)(YIG)이고, 적어도 하나의 방출 이온은 호스트 결정 격자 내로 치환 백분율로 치환된 에르븀 이온들을 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0012] 이후 본원에서, 본 발명의 실시양태들은 하기 도면과 연관되어 기재될 것이며, 여기서 동일 숫자는 동일 요소를 지칭한다.
- 도 1은 일 예시적인 실시양태에 따라 감열기록 인광체를 포함하는 인증 특징부 및 기재를 포함하는 물품의 단면도이다.
- 도 2는 일 예시적인 실시양태에 따라 감열기록 인광체를 포함하는 물품을 제조하는 방법의 흐름도이다.
- 도 3은 일 예시적인 실시양태에 따라 물품을 인증하기 위한 시스템의 간소화된 다이어그램이다.
- 도 4는 일 예시적인 실시양태에 따라 물품의 인증을 실시하기 위한 방법의 흐름도이다.
- 도 5는 일부 실시양태에 따라 온도에 대한 다수의 감열기록 인광체 샘플들의 방출 강도들을 예시하는 그래프이다.
- 도 6은 일 실시양태에 따라 온도에 대한 다수의 감열기록 인광체 샘플들의 스펙트럼 방출 특성을 예시한다.
- 도 7은 일부 실시양태에 따라 온도에 대한 다수의 감열기록 인광체 샘플들의 붕괴 시간 상수들을 예시하는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 본 발명의 다양한 실시양태의 하기 상세한 설명은 단지 속성상 예시적인 것이며, 발명의 대상 또는 상기 발명의 대상의 적용과 사용을 제한하고자 하는 것은 아니다. 더욱이, 상기 배경기술 또는 하기 상세한 설명에서 제시된 어떠한 이론에 의해 구속되고자 하는 의도는 없다.
- [0014] 이후 상세하게 논의되는 실시양태들은 감열기록 인광체를 포함하는 물품, 이러한 물품을 제조하는 방법, 및 물품 인증에서 감열기록 인광체를 검출 및 확인하는 방법을 포함한다. 이후 기재되는 감열기록 인광체를 포함하는 물품을 인증하기 위한 방법과 장치는 인증에 사용될 수 있는 허용 가능한 물질의 다양성을 증가시킨다. 본원에서 논의되는 감열기록 인광체 실시양태들로부터의 방출을 특성화하는 스펙트럼 시그너처 및 붕괴 시간 상수는 인증의 목적을 위한 측정 가능한 양으로서 사용될 수 있다.
- [0015] 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "감열기록 인광체"는 유의적으로 열적 의존성 방출 강도 및/또는 유의적으로 열적 의존성 붕괴 시간 상수를 갖는 발광 물질을 의미한다. "유의적으로 열적 의존성"은, 이것이 발광 물질의 방출 강도 및/또는 붕괴 시간 상수와 관련되어 있기 때문에, 발광 물질이 감열기록 인광체의 온도와 관련하여 방출 강도 및/또는 붕괴 시간 상수에서의 검출 가능한 차이를 나타내는 것을 의미한다(예컨대, 인증 장치, 예컨대 도 3과 결부되어 본원에 기재되는 인증 장치에 의해 변화가 검출 가능한 경우).
- [0016] 도 1은 일 예시적인 실시양태에 따라 기재(102) 및 하나 이상의 감열기록 인광체를 포함하는 물품(100)의 단면도를 묘사한다. 예를 들면, 물품(100)의 일 실시양태는 (인증 특징부(110, 120)에서 제시되지 않은) 감열기록 인광체 입자를 포함하는 표면-적용된 및/또는 함침된 인증 특징부(110, 120)를 포함할 수 있고/있거나, 물품(100)은 물품(100)의 하나 이상의 성분들 내에 균일하게 또는 비균일하게 분산되어 있는 감열기록 인광체 입자(130)를 포함할 수 있다(예컨대, 기재(102) 및/또는 물품의 하나 이상의 층 또는 다른 성분들 내). 물품(100)이 표면-적용된 및/또는 함침된 인증 특징부(110, 120) 및 입자(130) 둘다를 포함하는 것으로 예시될지라도, 함침된 인증 특징부, 표면-적용된 인증 특징부, 기재-분산된 감열기록 인광체 입자들 및/또는 물품(100)의 하나 이상의 층(예시되지 않음) 내에 분산된 감열기록 인광체 입자들 중 하나 또는 이들의 조합을 다른 물품이 포함



할 수 있다. 최종적으로, 단지 하나의 표면-적용된 인증 특징부(110) 및 하나의 합침된 인증 특징부(120)가 도 1에 제시될지라도, 물품은 하나 초과인 인증 특징부(110, 120)를 포함할 수 있다. 인증 특징부(110, 120) 및 입자(130)의 다양한 상대적 치수들은 도 1에서 비례적이지(scale) 않을 수 있다.

[0017] 다양한 실시양태에서, 물품(100)은 신분증(identification card), 운전면허증, 패스포트, 신분증빙서류(identity paper), 가치 문서(value document)(예컨대, 지폐, 수표, 서류, 종이, 주식 증서 등), 포장 성분, 신용카드, 은행카드, 라벨, 봉인(seal), 토큰(token)(예컨대, 도박에 사용하기 위한 및/또는 게임기 또는 판매기와 함께 사용하기 위한 것), 우표, 액체(liquid), 인간, 동물 및 생체 샘플을 포함하지만 이에 국한되지 않는 군으로부터 선택된 임의 유형의 물품일 수 있다. 기재(102)는 다양한 유형의 기재일 수 있고, 종이, 중합체, 유리, 금속, 텍스타일(textile) 및 섬유를 포함하지만 이에 국한되지 않는 군으로부터 선택된 하나 이상의 물질을 포함한다. 비록 본원에서 동적이지 않은(inanimate) 솔리드(solid) 물품들이 논의되고 있지만, "물품"은 궁극적으로 일 실시양태의 감열기록 인광체가 그 안 또는 그 위에 포함될 수 있는 임의의 다른 개체 또는 물질을 포함할 수 있는 것으로 이해된다.

[0018] 견고하거나 가요성일 수 있는 기재(102)가 다양한 실시양태에서 하나 이상의 층들 또는 성분들로부터 형성될 수 있다. 다양한 실시양태들의 감열기록 인광체들이 여러 유형의 물품의 거대한 배열과 함께 사용될 수 있으므로, 기재(102)의 다양한 구조형태는 너무 다양하여서 본원에 기재할 수 없다. 따라서, 단순한 일체형 기재(102)가 도 1에 예시될지라도, 기재(102)는 다양한 여러 구조형태들 중 임의의 것을 가질 수 있는 것으로 이해된다. 예를 들면, 기재는 동일하거나 상이한 물질들의 복수의 층들 또는 섹션들을 포함하는 "복합체" 기재일 수 있다. 예를 들면, 비제한적으로, 기재는, 적층되거나 또는 달리 함께 커플링되는 하나 이상의 플라스틱 층들 또는 섹션들 및 하나 이상의 종이 층들 또는 섹션들을 포함하여서 복합체 기재를 형성할 수 있다(예컨대, 종이 층/플라스틱 층/종이 층 또는 플라스틱 층/종이 층/플라스틱 층 복합체 기재).

[0019] 표면-적용된 인증 특징부(110)는, 일 실시양태의 감열기록 인광체가 그 안 또는 그 위에 포함되는 하나 이상의 견고한 또는 가요성 물질들을 포함하는 인증 특징부 또는 인쇄된 인증 특징부일 수 있지만 이에 국한되지 않는다. 예를 들면, 비제한적으로, 표면-적용된 인증 특징부(110)는 감열기록 인광체를 포함하는 잉크, 안료, 코팅 또는 도료를 포함할 수 있다. 다르게는, 표면-적용된 인증 특징부(110)는 일 실시양태의 감열기록 인광체의 입자가 그 안 또는 그 위에 포함되는 하나 이상의 견고한 또는 가요성 물질들을 포함할 수 있으며, 여기서 기재는 이어서 접촉되거나 또는 달리 물품 기재(102)의 표면에 부착된다. 다양한 실시양태에 따라, 표면-적용된 인증 특징부(110)는 약 1마이크론 이상의 두께(112)를 가질 수 있고, 표면-적용된 인증 특징부(110)는 기재(102)의 폭과 길이보다 작거나 또는 이와 동일한 폭과 길이를 가질 수 있다.

[0020] 합침된 인증 특징부(120)는 일 실시양태의 감열기록 인광체가 그 안 또는 그 위에 포함되는 하나 이상의 견고한 또는 가요성 물질들을 포함한다. 예를 들면, 비제한적으로, 합침된 인증 특징부(120)는 별도의 견고한 또는 가요성 기재, 보안 스레드(security thread) 또는 다른 유형의 구조의 형태로 구조화될 수 있다. 다양한 실시양태들에 따라, 합침된 인증 특징부(120)는 기재(102)의 두께(104)까지의 약 1마이크론의 범위로 두께(122)를 가질 수 있고, 합침된 인증 특징부(120)는 기재(102)의 폭과 길이보다 작거나 또는 이와 동일한 폭과 길이를 가질 수 있다.

[0021] 앞서 언급된 바와 같이, 감열기록 인광체 입자(130)는 도 1에 제시된 바와 같이 기재(102)(또는 기재(102)의 부분) 내에 또는 다른 실시양태들에서 물품(100)의 하나 이상의 다른 성분들 내에(예컨대, 물품의 하나 이상의 층들 또는 다른 성분들 내에) 균일하게 또는 비균일하게 분산될 수 있다. 감열기록 인광체 입자(130)는, 예컨대 비제한적으로 앞서 논의된 바와 같이 입자(130)를 기재(102)를 위한 베이스 물질 또는 다른 성분 내에 혼합시킴으로써, 및/또는 기재(130)의 콜로이드성 분산액으로 기재(102) 또는 다른 성분을 함침시킴으로써 기재(102) 또는 다른 성분 내에 분산될 수 있다.



- [0022] 일 실시양태에 따라, 감열기록 인광체 입자(130)가 형성되는 감열기록 인광체는 호스트 결정 격자 및 상기 호스트 결정 격자의 결정 부위 내에 치환된 하나 이상의 방출 이온들을 포함한다. 방출 이온(들)은 방출 이온(들)의 흡수 대역(들) 내에 여기 에너지를 수용함에 따라 검출 가능한 방사선을 생성시킬 수 있다. 방출 이온(들)은 하나 이상의 다수의 메커니즘을 통해 후속적 방사선에 대한 에너지를 수용할 수 있다. 예를 들면, 방출 이온은 방출 이온의 흡수 대역 내에서 여기 에너지를 직접적으로 흡수할 수 있고, 이어서 방출 이온은 흡수된 에너지의 적어도 일부를 방사시킬 수 있다(전형적으로는, 여기 에너지로부터 상이한 및 더 긴 파장에서). 대안적으로, 앞서 기재된 바와 같이, 방출 이온은 호스트 결정 격자로부터 및/또는 상기 호스트 결정 격자의 결정 부위 내에 치환된 하나 이상의 다른 이온들로부터 여기 에너지를 간접적으로 흡수할 수 있다.
- [0023] 예를 들면, 일부 실시양태에서, 호스트 결정 격자는 여기 에너지를 흡수하고 상기 에너지의 일부를 방출 이온(들)(및/또는 하나 이상의 감지 또는 캐스케이드(cascade) 이온(들))에 전달할 수 있다. 또한, 다양한 실시양태들에서, 감열기록 인광체는 또한 호스트 결정 격자의 결정 부위 내에 치환된 하나 이상의 감지 이온 및/또는 캐스케이드 이온을 포함할 수 있다. 각각의 감지 이온은 포함되는 경우 감지 이온의 흡수 대역 내에서 여기 에너지를 흡수할 수 있고, 상기 에너지의 적어도 일부를 방출 이온(들) 및/또는 캐스케이드 이온(들)에 전달할 수 있다. 각각의 캐스케이드 이온은 포함되는 경우 감지 이온(들)로부터 여기 에너지를 흡수할 수 있고, 상기 에너지의 적어도 일부를 방출 이온(들)에 전달할 수 있다. "흡수 이온"은 적절한 여기 에너지를 흡수한 후, 흡수된 에너지의 일부를 방사시키고/시키거나 이를 다른 이온(예컨대, 궁극적으로는 방출 이온)에 전달할 수 있는 감열기록 인광체의 이온을 지칭한다. 다양한 실시양태들에서, 방출 이온, 감지 이온 및/또는 캐스케이드 이온은 흡수 이온인 것으로 고려될 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "적절한 여기 에너지"는 감열기록 인광체의 흡수 이온의 흡수 대역에 상응하는 파장의 범위를 갖는 여기 에너지를 지칭한다.
- [0024] 앞서 지적된 바와 같이, 호스트 결정 격자는 방출 이온(들)(및 포함된다면 감지 및 캐스케이드 이온(들))이 혼입되는 물질을 포함한다(즉, 호스트 결정 격자의 하나 이상의 치환 가능한 원소들에 대해 치환된). 더욱 특히는, 호스트 결정 격자는 여러 화학적 구성들이 격자 내의 다양한 결정 위치 또는 부위에서 치환될 수 있는 결정 격자이다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "치환 가능한 원소"는 다른 원소(예컨대, 방출, 감지 및/또는 캐스케이드 이온들)가 감열기록 인광체의 형성 도중 특정 부위 내로 치환될 수 있는 결정 구조 내의 특정 부위에서 발생하는 호스트 결정 격자의 원소를 지칭한다. 방출, 감지 및/또는 캐스케이드 이온과의 교체가 허용되는 호스트 결정 격자의 각 원자는, 교체되는 이온과 유사한 크기, 유사한 적재 및 유사한 배위 선호도를 갖는다. 감열기록 인광체의 형성 동안, 호스트 결정 격자 내의 각 위치에서의 원자들은 100원자%가 될 것이다(account for).
- [0025] 일 실시양태에 따라, 호스트 결정 격자는 에르븀(Er) 이온들이 치환된 이트륨 철 가르네트(yttrium iron garnet)(YIG)이다. 이 조합은 본원에서 Er:YIG로서 지칭된다. YIG는 화학 조성  $Y_3Fe_5O_{12}$ (여기서, Y는 이트륨 이고, Fe는 철이고, O는 산소임)를 갖는다. 이트륨은 치환 가능한 원소로서 기능하고, 에르븀은 이트륨 부위의 일부 내에 특정 치환 백분율로 치환된다. 일 실시양태에 따라, 감열기록 인광체는 약 0.5 원자% 내지 약 50 원자%의 범위인 치환 백분율로 치환된 에르븀과 함께 YIG를 포함하지만, 에르븀은 이 범위보다 크거나 또는 작은 범위의 치환 백분율로 치환될 수 있다. 본질적으로, 에르븀은 검출 가능한 방출들을 생성시키기에 충분하게 높고 방출을 완전한 집중 소멸시키는 것을 회피하기 충분하게 낮은 임의의 백분율로 치환될 수 있다.
- [0026] 비록 이후 설명에서는 다양한 감열기록 인광체 실시양태들에 사용하기 적합한 방출 이온의 일례로서의 에르븀 및 호스트 결정 격자의 일례로서의 YIG를 주로 사용하지만, YIG 이외의 호스트 결정 격자 및/또는 에르븀 이외의 방출 이온도 또한 사용되며, 이러한 대안적 실시양태들은 본 발명의 대상의 범위 내에 속하는 것으로 고려된다. 예를 들면, 치환된 에르븀을 갖는 YIG/YAG 호스트 결정 격자(예컨대, 여기서 YAG 성분은 물질의 약 30% 미만임)는 다양한 다른 호스트 결정 격자 및/또는 방출 이온들과 더불어 적합한 감열기록 인광체일 수 있다. 더욱 특히는, 온도와 관련하여 방출 강도에서 및/또는 붕괴 시간 상수에서의 검출 가능한 변화를 나타내는 임의의 감열기록 인광체는 다양한 실시양태들에 사용하기 적합할 수 있다.

[0027] 적절한 여기 에너지가 일 실시양태의 감열기록 인광체에 관한 것인 경우, 여기 에너지는 감열기록 인광체 내의 하나 이상의 "흡수자(absorber)"에 의해 흡수되며, 감열기록 인광체 내의 방출 이온들은 검출 가능한 방출들을 생성시킬 수 있다. 방출 이온들은 흡수자일 수 있고/있거나, 방출 이온들 이외의 원자들은 흡수자로서 기능할 수 있다. 예를 들면, 감열기록 인광체가 Er:YIG인 실시양태들에서, 철은 적절한 여기 에너지(예컨대, 철 흡수 대역에서의 여기 에너지)의 주요 흡수자로서 기능할 수 있고, 철은 흡수된 에너지의 일부를 에르븀에 전달할 수 있다. 또한, 에르븀은 흡수 이온으로서 기능할 수 있으며, 이는 적절한 여기 에너지(예컨대, 에르븀 흡수 대역에서의 여기 에너지)를 직접적으로 흡수할 수 있다. 어느 방식으로든, 에르븀은 이후에 하나 이상의 에르븀 방출 대역 내에서 검출 가능한 방사선을 방출할 수 있다. 이후 더욱 상세하게 논의되는 바와 같이, 에르븀은 약 1460 nm 내지 약 1660 nm의 파장으로 비교적 강한 방출들을 생성시키며, 다수의 방출 피크가 이 범위 내에서 존재한다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "방출 대역"은, 본원에서 농축된 무시할 정도가 아닌(non-negligible)(예컨대, 검출 가능한) 방출들이 발광성 물질의 하나 이상의 방출 이온들로부터 발생하는 전자기 스펙트럼의 파장의 연속 범위를 의미한다. 임의의 특정 방출 이온에 있어서, "방출 대역"은, 그 아래의 방출이 이온에 대해 무시할 정도인 하위 파장, 및 그 위의 방출이 이온에 대해 무시할 정도인 상위 파장에 의해 그의 한계가 정해진다.

[0028] 도 2는 일 실시양태에 따라 감열기록 인광체(예컨대, 물품(100)에 사용된 감열기록 인광체, 도 1), 상기 감열기록 인광체를 포함하는 매질, 및 감열기록 인광체-함유 매질을 포함하는 물품(예컨대, 물품(100), 도 1)을 제조하는 방법의 흐름도이다. 블록(202)에서, 일 실시양태에 따라 Er:YIG를 포함하는 예비적 감열기록 인광체를 준비함으로써 방법을 시작한다. 일반적으로, 발광 물질(예컨대, 감열기록 인광체)은 당업계의 숙련자에게 공지되어 있는 다수의 통상의 공정들 중 임의의 것을 사용하여 생성될 수 있다. 예를 들면, 다양한 실시양태들의 예비적 감열기록 인광체의 형성은 이후 기재되는 바와 같이 고체 상태 화학(solid state chemistry)을 사용하여 달성될 수 있다. 더욱 특히는, 일 실시양태에 따라, 예비적 감열기록 인광체는 감열기록 인광체의 원소들 모두를 전형적으로는 산화물의 형태로 포함하는 성분들을 사용하여 결정을 성장시킴으로써 준비된다.

[0029] 예를 들면, 식  $Y_3Fe_5O_{12}$ 를 갖는 감열기록 인광체는 고체 상태 화학을 사용하여 제조될 수 있다. 더욱 특히는, 예비적 감열기록 인광체 내에 이트륨 및 철을 혼입시키기 위하여, 이트륨 옥사이드( $Y_2O_3$ ) 및 산화철( $Fe_2O_3$ )은 예비적 감열기록 인광체를 성장시키는 데 사용된 성분들 중 2개이다. 또한, 결정 격자에서 이트륨의 원자-원자 교체는 예비적 감열기록 인광체를 성장시키는 데 사용된 추가 성분들로서 에르븀 옥사이드( $Er_2O_3$ )에 의해 달성될 수 있다. 예비적 감열기록 인광체의 이트륨 부위 내에 에르븀을 치환시키기 위해, 이트륨 옥사이드 모두 또는 일부가 원하는 양의 에르븀 옥사이드로 교체되며, 여기서 교체량은 원자수에 대해 정의된다(즉, 에르븀 원자로 교체된 이트륨 원자의 백분율로 나타냄). 예를 들면, 예비적 감열기록 인광체의 이트륨 부위에서의 에르븀의 12% 치환을 갖고자 한다면, 이트륨 옥사이드 12%가 에르븀 옥사이드와 교체된다.

[0030] 일단 적절한 양으로 조합되는 경우(예컨대, 석영 보트(boat) 및/또는 알루미늄 도가니에서), 감열기록 인광체는, 블록(204)에서, 하나 이상의 소정의 시간(예컨대, 1시간 이상) 동안 하나 이상의 소정의 온도(예컨대, 약 500-1200°C, 또는 여러 범위의 온도)에서 조합된 성분들을 다수회로 화염처리함으로써(fire) 활성화된다. 분말화 공정들은 일부 실시양태들에서 화염처리 단계들 모두 또는 그의 일부 후에 실시된다. 또한, 플럭싱제(fluxing agent)가 사용되는 실시양태들에서, 플럭싱제는 최종 화염 단계 후에 예비적 감열기록 인광체로부터 세척될 수 있다. 따라서, 생성된 분말화된 결정은 예비적 감열기록 인광체를 형성한다. 궁극적으로, 일 실시양태에 따라, 에르븀은 +3 원자가 상태(valence state)를 갖는다.

[0031] 비록 앞서 논의된 바와 같이 예비적 감열기록 인광체를 생성시키는 데 고체 상태 화학이 사용될 수 있지만, 다른 경우에는, 용액 화학(solution chemistry) 기술들이 사용될 수 있다. 용액 화학을 사용하면, 다양한 물질들이 용해되고, 침전되고, 화염처리된다. 감열기록 인광체를 생성시키는 데 사용된 특정 공정에 의존하여, 예비적 감열기록 인광체를 형성하는 데 다른 물질들이 포함될 수 있다. 예를 들면, 예비적 감열기록 인광체 내에

다양한 플렉싱제 및 다른 전구체들이 포함될 수 있다.

[0032] 블록(206)에서, 예비적 감열기록 인광체는 진행에서 제조된 입자들로부터 원하는 크기의 결정 입자들을 제조하기 위해 추가로 밀링되고/되거나 여과될 수 있다. 예를 들면, 본원에 기재된 감열기록 인광체의 다양한 실시양태들의 효능은, 감열기록 인광체 분말이 약 10마이크론 미만의 입자 크기를 갖는 입자들을 포함하는 경우, 및 약 1마이크론 정도로 작은 크기를 갖는 일부의 경우, 상대적으로 높게 유지될 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "입자 크기"는 입자 평균(mean) 직경으로서 한정된다(예컨대, 펜실베이니아주 몽고메리빌 소재의 마이크로트랙 인코포레이티드(Microtrac Inc.)에 의해 제조된 디바이스와 같은 레이저 광 회절형 측정 디바이스에 의해 측정될 때, 매스 부피 50% 지점(mass volume 50 percent point)(D50) 입자 크기 중간 직경).

[0033] 블록(208)에서, 감열기록 인광체 입자들은 매질 내에 혼입된다. 예를 들면, 비제한적으로, 매질은 물품의 기재에 상응할 수 있거나(예컨대, 플라스틱, 플라스틱 베이스 수지, 유리, 세라믹, 금속, 텍스타일, 목재, 섬유, 종이 펄프, 종이 및 이들의 혼합물), 또는 매질은 물품 기재의 표면에 적용될 수 있는(예컨대, 인쇄되거나, 코팅되거나, 분사되거나, 또는 달리 접착되거나 또는 결합될 수 있는) 물질에 상응할 수 있거나(예컨대, 잉크, 잉크 첨가제, 아교, 액체, 젤, 플라스틱 및 플라스틱 베이스 수지), 또는 기재 내에 매립되는 특징부(예컨대, 매립된 특징부, 보안 쓰레드 등)에 상응할 수 있다. 전자의 경우, 감열기록 인광체 입자는 기재 물질 내에 예컨대 감열기록 인광체 입자를 기재를 위한 베이스 물질(예컨대, 종이, 종이 펄프, 중합체, 플라스틱, 플라스틱 베이스 수지, 유리, 금속, 텍스타일, 섬유, 세라믹, 목재, 슬러리 등)과 조합함으로써, 및/또는 기재를 감열기록 인광체 입자의 콜로이드성 분산액으로 함침시킴으로써 혼입될 수 있다. 함침은 예컨대 인쇄, 침지, 코팅 또는 분사 공정에 의해 실시될 수 있다.

[0034] 기재의 표면에 적용될 수 있는 물질 내에 감열기록 인광체 입자들이 혼입되어 있는 실시양태들에서, 감열기록 인광체 입자는 조성물과 함께 혼합된다(예컨대, 잉크, 잉크 첨가제 또는 다른 캐리어). 기재 내에 매립되는 특징부 내에 감열기록 인광체 입자들이 혼입되어 있는 실시양태들에서, 특징부 내로의 감열기록 인광체 입자들의 혼입은 앞서 논의된 바와 같이 기재 내로의 감열기록 인광체의 혼입과 유사한 방식으로 실시될 수 있다. 더욱 구체적으로는, 매립된 특징부가 형성되어 있는 베이스 물질과 감열기록 인광체 입자들이 혼합될 수 있다. 또 다른 실시양태들에서, 감열기록 인광체 입자들에는 다른 매질(예컨대, 아교, 다양한 액체, 젤 등)이 혼입 또는 이들과 조합될 수 있다.

[0035] 블록(210)에서, 감열기록 인광체를 포함하는 물품이 제조된다. 예를 들면, 이는 물품(예컨대, 물품(100), 도 1) 안 또는 그 위에 감열기록 인광체-함유 매질 또는 특징부를 혼입함으로써 달성될 수 있다. 감열기록 인광체-함유 매질이 기재를 위한 베이스 물질인 실시양태들에서, 이 단계는 우회될 수 있다(bypass). 반대로, 감열기록 인광체-함유 매질이 기재의 표면에 적용 가능한 실시양태들에서, 감열기록 인광체 물질은 미리 결정된 위치들에서 기재의 하나 이상의 표면 위에 인쇄될 수 있다. 반대로, 감열기록 인광체-함유 물질이 매립된 특징부에 상응하는 경우, 매립된 특징부는 기재 물질이 가단성(malleable) 형태로 존재하는 경우(예컨대, 물질이, 슬러리, 용융된 또는 미경화된 형태인 경우) 기재 물질과 통합된다. 전술된 방식들 중 임의의 하나에서, 감열기록 인광체의 일 실시양태는 물품 안에 혼입될 수 있다.

[0036] 본원에 기재된 감열기록 인광체의 실시양태들은, 이들이 비록 물론 다른 목적에 사용될 수 있지만, 물품의 보안 또는 인증 특징부(예컨대, 물품의 진위를 결정하도록 분석될 수 있는 물품의 특징부)와 결부되어 사용하기 특히 적합하다. 더욱 특히는, 본원에 논의된 감열기록 인광체의 실시양태들의 흡수 및 방출 성질들은 보안 또는 인증 특징부와 결부되어 사용하기 특히 적합하다.

[0037] 예를 들면, 도 3과 결부되어 이후 기재되는 바와 같이 인증 장비를 사용하여, 인증 장비에 물품이 제공될 수 있으며, 감열기록 인광체가 위 또는 안에 혼입되는 물품의 부분은 선택적으로는 제 1 온도까지 가열 또는 냉각될 수 있다. 대안적으로, 물품의 부분은 주변의 제 1 온도로 유지될 수 있으며, 이는 인증 장비에 의해 감지될 수

있다.

[0038] 그 다음, 제 1 결과를 생성시키기 위하여, 물품의 부분을 적절한 여기 에너지에 노출될 수 있다. 예를 들면, Er:YIG 감열기록 인광체가 물품 위 또는 안에 혼입되는 실시양태들에서, 물품의 노출된 부분에서의 감열기록 인광체는 철 및/또는 에르븀 흡수 대역들에서 여기 에너지로 여기될 수 있다. 이러한 실시양태들에서, 에르븀은 하나 이상의 에르븀 방출 대역들(예컨대, 약 1460 nm 내지 약 1660 nm의 방출 대역 범위)에서 검출 가능한 방출들을 생성시킬 수 있다. 여기 에너지의 제공을 중단함에 따라, 인증 장비는 제 1 온도에서 (스펙트럼 범위 모두 또는 그의 일부에서) 에르븀 방출의 방출 강도 및/또는 붕괴 시간 상수를 검출하고, 이 제 1 결과를 저장한다.

[0039] 일 실시양태에 따라, 제 2 결과를 생성시키기 위하여, 그 다음, 인증 장비는 물품의 부분을 제 2 온도까지 가열 또는 냉각시킨다(또는 수동적으로는 물품의 부분이 물품의 부분의 능동적 가열 또는 냉각을 중단시킴으로써 제 2 온도까지 조정된다). 물품의 부분은 다시 적절한 여기 에너지에 노출될 수 있다. 여기 에너지의 제공을 중단함에 따라, 인증 장비는 다시 제 2 온도에서 (제 1 결과를 생성시킨 검출과 동일한 스펙트럼 범위에서) 에르븀 방출의 방출 강도 및/또는 붕괴 시간 상수를 검출하고, 결과를 저장한다. 일 실시양태에 따라, 그 다음, 인증 장비는 제 1 및 제 2 결과와 연관된 붕괴 시간 상수에서의 변화 및/또는 방출 강도에서의 변화가 검출 파라미터 공간 내에 속하는 데 유의적으로 충분한 지를 결정한다.

[0040] 도 3은 일 예시적인 실시양태에 따라 물품(350)을 인증하기 위한 시스템(300)이다. 시스템(300)은 일 실시양태에 따라 처리 시스템(302), 적어도 하나의 여기 에너지 발생기(304), 광학 필터(308)와 연관된 적어도 하나의 방출된 방사선 검출기(또는 광검출기)(306), 온도 제어기(312), 적어도 하나의 온도 조정 요소(314), 적어도 하나의 온도 센서(316), 데이터 저장(318), 및 사용자 인터페이스(user interface)(320)를 포함한다. 시스템(300)의 다양한 구성요소들은 도 3에서 비례적으로 도시되지 않을 수 있는 것으로 이해된다.

[0041] 물품(예컨대, 물품(350))을 인증하는 것과 결부하여 그리고 이후 더욱 상세하게 기재되는 바와 같이, 일 실시양태에 따라 처리 시스템(302)은, 여기 에너지 발생기(304)에 의한 여기 에너지(342)의 제공, 방출된 방사선 검출기(306)에 의해 검출된 방출된 방사선(344)의 분석 및 온도 제어기(312)에 의해 조화되는 온도 조정과 감지 작동의 타이밍을 제어할 수 있다. 처리 시스템(302)은 하나 이상의 프로세서 및 관련 회로를 포함할 수 있고 이후 더욱 상세하게 기재될 것이며, 이는 다양한 실시양태들에 따라 이러한 제어 및 분석 처리를 실행하도록 (예컨대, 실행 가능한 소프트웨어 알고리즘의 형태로) 구조화되어 있다. 유사하게, 온도 제어기(312)는 하나 이상의 프로세서 및 관련 회로를 포함할 수 있으며, 이는, 처리 시스템(302)으로부터의 입력에 기초하여, 각각 온도 조정 요소(314) 및 온도 센서(316)에 의해 실행된 온도 조정 및 감지 작동을 제어하는 것과 특별히 연관된 제어 및 분석 처리를 실행하도록 (예컨대, 실행 가능한 소프트웨어 알고리즘의 형태로) 구조화되어 있다. 일 실시양태에 따라, 처리 시스템(302)은 제어 지시(예컨대, 타이밍 지시, 온도 설정 등)를 온도 제어기(312)에 통지하고, 온도 제어기(312)는 작동 데이터(예컨대, 감지된 온도 등)를 처리 시스템(302)에 통지한다. 대안적 실시양태에서, 처리 시스템(302) 및 온도 제어기(312)는 통상의 하드웨어를 사용하여 실행될 수 있다. 그러나, 명료하게 하기 위하여, 이들은 별개의 요소들로서 지적된다.

[0042] 시스템(300)은, 여기 에너지를 물품(350)을 향하게 하고, 물품(350)으로부터의 방출들(존재한다면)을 다수의 온도들에서 검출하고, 다수의 온도들에서의 방출들의 특성들 사이의 차이(존재한다면)를 분석함으로써, 물품(예컨대, 물품(350))을 인증하도록 구조화된다. 비록 시스템의 다양한 실시양태들(예컨대, 시스템(300))이 (도 1과 결부되어 묘사된 물품들의 실시양태들을 포함하여) 실질적으로 2차원 및/또는 3차원 물품들로 구조화되고 다양한 여러 형상들 중 임의의 것을 인증하도록 구조화될 수 있지만, 본원에서는 실질적으로 2차원인 물품(예컨대, 물품(350), 도 3)을 인증하도록 구조화된 시스템(300)의 일례가 제공된다.

[0043] 실시예에서, 물품(350)은 기재(356) 및 선택적으로는 표면-적용된 또는 매립된 인증 특징부(358)를 포함한다.



기재(356), 표면-적용된 또는 매립된 인증 특징부(358), 물품(350)의 층 또는 다른 구성요소, 또는 이들의 임의의 조합은 도 1과 결부되어 앞서 기재된 바와 같이 감열기록 인광체를 포함할 수 있다. 인증 시스템(300)의 일 실시양태를 설명하기 위하여, 이후 설명에서는 표면-적용된 인증 특징부(358)가 감열기록 인광체를 포함하는 일례를 사용한다. 제공된 예는 제한적인 것으로 간주되어서는 안된다고 이해된다. 또한, 본원에 기재된 예시적인 방법 및 물품 실시양태들은 도 4와 결부되어 기재된 방법의 단일 반복을 사용하여 검출되는 단일 감열기록 인광체를 포함하는 물품들을 논의할지라도, 물품은 도 4와 결부되어 기재된 방법의 다수 반복을 사용하여 검출되는 다수의 여러 감열기록 인광체(예컨대, 각각이 여러 방출 특성들을 가짐)를 포함할 수 있다고 이해된다.

[0044] 이전에 기재된 구성성분에 덧붙여, 시스템(300)은 시스템(300)의 다양한 구성성분에 대한 구조적 지지를 제공하며 시스템(300)의 다양한 구성성분 모두 또는 일부가 그 안에 실질적으로 동봉될 수 있는 하우징(housing)(330)을 포함할 수 있다. 특정 구조를 갖는 하우징(330)이 도 3에 예시되며 본원에 기재될지라도, 하우징(330)은 하우징(330)의 원하는 기능을 여전히 제공하면서 다른 실시양태들에서 유의적으로 상이하게 구조화될 수 있다고 이해된다. 예를 들면, 제시된 바와 같은 일체형 하우징(330) 대신에, 다른 실시양태들에서는 물품과 관련하여 시스템 구성요소들의 원하는 병치(juxtaposition)(예컨대, 물품(350)과 관련하여 온도 조정 요소(314)와 윈도우(window)(340)의 병치)를 제공하도록 경첩되거나(hinge) 또는 달리 구조화 가능한 다수의 부분(예컨대, 상부 및 하부 하우징 부분들)을 갖는 구조를 포함할 수 있다.

[0045] 일 실시양태에 따라, 하우징(330)은 내부 챔버(334)에 대한 개구부(332)를 포함한다. 개구부(332) 및 챔버(334)는 인증을 위해 (예컨대, 수동적으로 또는 자동적으로) 제공된 물품(예컨대, 물품(350))을 수용하도록 구조화된다. 예를 들면, 챔버(334)는 적어도 부분적으로 챔버 하부 표면(336) 및 챔버 상부 표면(338)에 의해 한정될 수 있다. 챔버 하부 표면(336)은, 온도 조정 요소(314) 및 온도 센서(316)가 배치되는 챔버 하부 표면(336)의 일부에 물품(350)의 최하부 표면(352)의 적어도 일부가 근접하도록 구조화될 수 있다. 온도 조정 요소(314)는 온도 조정 요소(314)가 물품(350)의 최하부 표면(352)과 직접적으로 접촉하도록 배향될 수 있으며, 따라서 온도 조정 요소(314)와 물품(350) 사이에 우수한 열 전달이 제공된다.

[0046] 온도 제어기(312)의 제어 하에서, 온도 조정 요소(314)는, 온도 제어기(312)에게 공지되어 있는 표적 온도까지 물품(350)의 부분(예컨대, 부분(360))을 가열 및/또는 냉각시키도록 구조화된다. 이후 더욱 상세하게 기재되는 바와 같이, 표적 온도는, 데이터 저장(318)에 저장된 온도 설정에 기초하여 및/또는 사용자 인터페이스(320)를 통해 시스템(300)의 사용자에게 특정화된 온도 설정에 기초하여, 처리 시스템(302)에 의해 온도 제어기(312)로 특정화될 수 있다. 또한, 처리 시스템(302)은 온도 조정 요소(314)에 의한 온도 조정들의 타이밍(예컨대, 시작 시간, 중단 시간 및/또는 그 도중)에 영향을 미치는 온도 제어기(312)에 제어 신호를 제공할 수 있다.

[0047] 다양한 실시양태들에 따라, 온도 조정 요소(314)는 별도의 가열 요소 및/또는 별도의 냉각 요소를 포함할 수 있다. 예를 들면, 온도 조정 요소(314)는 일 실시양태에서 적어도 하나의 커패시터(capacitor)와 커플링된 적어도 하나의 저항 요소(resistive element)를 포함하는 가열기의 저항 유형을 포함할 수 있다. 작동 동안, 커패시터(들)는 물품(350)에 대해 원하는 온도 증가에 상응하는 에너지 양이 충전되고, 커패시터(들) 내에 저장된 에너지가 저항 요소(들)를 통해 이형되는 경우, 저항 요소(들)에서 발생된 열은 물품(350)에 전달될 수 있다. 일 대안적 실시양태에서, 저항 요소를 통해 커패시터에 저장된 에너지를 폐기시키기 보다는 오히려, 시스템은 물품(350)에 대한 원하는 온도 증가에 상응하는 에너지의 양을 제공하기 위하여, 미리-결정된 양의 시간에 대해(소정의 공급 전압에 대해) 저항 요소(들)를 통해 전류를 인가할 수 있다.

[0048] 대안적으로, 온도 조정 요소(314)는 가열 펌프를 포함할 수 있다. 예를 들면, 온도 조정 요소(314)는 디바이스의 한 측면으로부터 다른 측부까지 열을 전달하는 열전기적 가열기/냉각기(thermoelectric heater/cooler)(TEC)를 포함할 수 있으며, 여기서 열 전달의 방향은 TEC에 인가된 전기 전류 유동의 극성에 의존한다. 따라서, TEC는 물품(예컨대, 물품(350))의 부분(예컨대, 부분(360))을 가열 및 냉각 모두가 가능하다. 더욱 특히는, TEC를 통한 제 1 방향으로의 전류 유동은 TEC의 물품-대면 측부를 물품의 일부의 온도보다 높은 온도까지 가열시킬 수 있다. 이로 인해, TEC로부터 물품의 일부까지 열이 전달되며, 이는 물품의 일부의 온도를 증가시킬 수

있다(즉, 물품의 일부의 가열). 반대로, TEC를 통한 반대 방향으로의 전류 유동은 TEC의 물품-대면 측부를 물품의 일부의 온도보다 낮은 온도까지 냉각시킬 수 있다. 이로 인해, 물품의 일부로부터 TEC까지 열이 전달되며, 이는 물품의 일부의 온도를 감소시킬 수 있다(즉, 물품의 일부의 냉각).

[0049] 일 실시양태에 따라, 온도 센서(316)는 물품의 일부의 온도를 감지하도록 구조화된다. 온도 센서(316)는 감지된 온도 측정치들을 피드백 신호로서 온도 제어기(312)에 제공할 수 있으며, 온도 제어기(312)는 감지된 온도 측정치들을 분석하여서 예컨대 물품의 일부의 온도가 표적 온도에 도달되었는지를 결정할 수 있다. 온도 제어기(312)는, 물품(350)의 부분(360)이 표적 온도에 도달되었는지를 나타내는 신호를 처리 시스템(302)에 제공할 수 있고/있거나, 온도 제어기(312)는 다양한 시간에서 물품(350)의 부분(360)의 감지된 온도를 나타내는 신호들을 처리 시스템(302)에 제공할 수 있다. 온도 조정 요소(314) 및 온도 센서(316)는 서로 일체적일 수 있거나, 또는 이들은 서로 접촉되게 배치될 수 있다(예컨대, 온도 조정 요소(314) 및 온도 센서(316) 둘다가 물품(350)과 병렬식으로 열 접촉되어 있음). 일 대안적 실시양태에서, 시스템(300)은 온도 센서(316)를 포함하지 않는다.

[0050] 챔버 상부 표면(338)은, 이후 더욱 상세하게 논의되는 바와 같이, 여기 에너지(342)가 여기 에너지 발생기(304)에 의해 물품의 상부 표면(예컨대, 상부 표면(354))에 제공되고 물품의 상부 표면의 일부로부터 나오는 방출된 방사선(344)이 방출된 방사선 검출기(306) 및 이의 관련 필터(308)에 의해 수용되는, 하나 이상의 윈도우(340)를 포함할 수 있다. 일 실시양태에 따라, 윈도우(340)는, 여기 에너지(342)가 온도 조정 요소(314)에 의해 가열 및/또는 냉각되는 물품의 동일 부분(예컨대, 부분(360))에 제공될 수 있도록, 그리고 물품(350)으로부터의 임의의 방출된 방사선(344)이 온도 조정 요소(314)에 의해 가열 및/또는 냉각되는 물품의 동일 부분(예컨대, 부분(360))으로부터 나올 수 있게 하도록, 온도 조정 요소(314) 및 온도 센서(316)로부터 챔버(334)를 직접적으로 가로지르게 배치된다. 일 실시양태에 따라, 윈도우(340) 및 온도 조정 요소(314)는, 절연을 제공하기 위해 윈도우(340)와 물품(350)의 상부 표면(354) 사이에 비교적 작은 에어 갭(air gap)(예시되지 않음)이 유지되도록, 각각 챔버 상부 표면(338) 및 챔버 하부 표면(336)에 대해 배향된다.

[0051] 대안적 실시양태들에서, 온도 조정 요소(314) 및 온도 센서(316) 중 하나 또는 둘다는, 온도 조정 요소(314) 및/또는 온도 센서(316)가 이들이 그로부터 방출된 방사선(344)이 나오는 물품(350)의 동일 부분(360)을 가열 및/또는 냉각시킬 수 있도록(물품(350)의 부분(360)의 온도를 감지하기 위해), 온도 조정 요소(314) 및/또는 온도 센서(316)가 윈도우(340)를 통해 운행하는 방출된 방사선(344)으로 블록킹되거나 또는 간섭되지 않도록 배치되는 한, 윈도우(340)와 동일 측부의 챔버(334) 위에 배치될 수 있다.

[0052] 일 실시양태에 따라, 처리 시스템(302)은 여기 에너지 발생기(304)에 제어 신호를 제공하도록 구조화되며, 이로 인해 여기 에너지 발생기(304)는 윈도우(340)를 통해 여기 에너지(342)가 물품(350)을 향하게 한다. 더욱 특히는, 처리 시스템(302)은, 윈도우(340) 하에서 물품(350)의 부분(360) 내에 혼입되어 있는, 존재한다면, 진짜 감열기록 인광체에서 방출 이온(예컨대, 기체(356) 및/또는 인증 특징부(358)에서 방출 이온들)을 여기시키는 데 충분한 시간 동안, 제어 신호를 여기 에너지 발생기(304)에 제공하여서 여기 에너지(342)가 물품(350)을 향하게 된다. 그 다음, 처리 시스템(302)은 여기 에너지 발생기(304)를 제어하여서 여기 에너지(342)의 제공을 중단시키며, 윈도우(340)를 통해 운행하는 물품(350)의 부분(360)으로부터의 방출된 방사선(344)은 필터(308) 및 방출 검출기(306)를 사용하여 검출된다.

[0053] 여기 에너지 발생기(304)에 대한 제어 신호들에서, 처리 시스템(302)은 여기 에너지(342)를 제공하는 타이밍(예컨대, 시작 시간, 중단 시간 및/또는 그 도중), 및/또는 발생하는 특정 여기 에너지(342)와 연관된 다른 파라미터(예컨대, 강도 및/또는 다른 파라미터)를 특정화할 수 있다. 전형적으로, 여기 에너지(342)의 대역폭은 여기 에너지 발생기(304)의 일부로서 포함되는 여기 소오스에 기초하여 미리-결정된다(예컨대, 선택된 발광 다이오드 또는 레이저 다이오드에 의해 생성된 여기의 대역폭). 앞서 논의된 바와 같이, 일 실시양태의 감열기록 인광체에 대한 적절한 여기 에너지는 다양한 실시양태들에서 철 및/또는 에르븀 흡수 대역 내에 존재할 수 있다. 다양한 타이밍 및/또는 방사선 발생 파라미터들은 예컨대 데이터 저장(318)으로부터 검색될 수 있다. 여기 에너

지 발생기(304)는 예컨대 하나 이상의 레이저, 레이저 다이오드, 발광 다이오드(LED), 백열(incandescent) 필라멘트, 램프 또는 다른 여기 소오스를 포함할 수 있다.

[0054] 여기 에너지 발생기(304)를 제어하는 것과 더불어, 처리 시스템(302)은 방출된 방사선 검출기(306)에 제어 입력을 제공하도록 구조화되어 있으며, 이로 인해 방출된 방사선 검출기(306)가 적어도 일부의 여기 에너지(342)를 (간접적으로 또는 직접적으로) 흡수한 감열기록 인광체의 방출 이온에 응답하여 물품(350)의 부분(360)으로부터 나오는 방출된 방사선(344)을 검출하도록 시도된다. 예를 들면, 물품(350)의 부분(360)은 일 실시양태에서 에르븀 방출에 상응하는 방출을 생성시킬 수 있다. 다른 실시양태들에서, 물품(350)의 부분(360)은 다른 방출 이온으로부터의 방출에 상응하는 방출을 생성시킬 수 있다.

[0055] 방출 검출기(306)는 예컨대 스펙트럼 필터(308), 하나 이상의 전기-광학 센서, 광전증배관(photomultiplier tube), 애벌랜치 광다이오드(avalanche photodiode), 광다이오드, 전하-결합 디바이스, 전하-주입 디바이스, 사진 필름, 또는 다른 검출 디바이스를 포함할 수 있다. 특정 실시양태에서, 방출 검출기(306)는 윈도우(340)와 광검출기 사이에 위치하는 스펙트럼 필터(308)를 포함한다. 스펙트럼 필터(308)는 이들이 검출기(306)에 제공되기 전에 방출된 방사선(344)을 여과하도록 구조화되어 있어서, 오직 방출 대역(즉, 전체 스펙트럼의 하위세트(subset)) 내의 방출이 각각의 검출기(306)의 활성 영역에 대해 실제로 영향을 미친다. 스펙트럼 필터(308)는 예컨대 해당 스펙트럼 대역 내에서만 빛을 통과시키고 다른 모든 빛을 거부하도록 구조화되어 있는 다른 유형의 필터, 또는 밴드패스, 롱 패스(long pass)를 포함할 수 있다.

[0056] 검출기(306)는 해당 스펙트럼 대역 내에서 감도를 가지며, 따라서 스펙트럼 대역 내에 존재하는 스펙트럼 필터(308)를 통과하는 빛을 검출할 수 있다. 일 실시양태에 따라, 검출기(306)는 에르븀 방출 대역에 상응하는 채널 내의 방출을 검출하도록 구조화되어 있다. 일 실시양태에 따라, 검출기(306)는 인듐-갈륨-아르세나이드(InGaAs) 검출기(예컨대, 텔레콤(telecom) 유형 또는 연장된 InGaAs)를 포함한다. 검출되고자 하는 방출의 파장에 의존하여, 해당 대역 내의 방출을 검출할 수 있는 다른 유형의 검출기들이 다른 실시양태들에서 사용될 수 있다(예컨대, 실리콘, 리드-셀파이드, 리드-셀레나이드, 게르마늄, 인듐-안티모나이드, 인듐-아르세나이드, 플래티넘-실리사이드, 인듐-안티모나이드 등).

[0057] 검출기(306)는 상기 검출기(306)의 활성 영역에 대해 영향을 미치는 수거된 방사선의 강도에 비례하는 전자 신호를 생성시킨다. 더욱 구체적으로는, 검출기(306)는 상기 검출기(306)에 의해 수용된 방출된 방사선의 부분(344)의 통합된 강도를 나타내는 신호(예컨대, 하나 이상의 디지털화된 강도 값들)를 처리 시스템(302)에 제공한다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "강도"는 파장의 범위에 걸쳐 검출된 통합된 강도를 의미할 수 있지만, 용어 "강도"는 또한 특정 파장에서 검출된 강도로서 해석될 수 있다(예컨대, 피크 강도).

[0058] 일 실시양태에 따라, 여기 에너지(342)의 중단에 따라, 방출 검출기(306)는 하나 이상의 통합된 강도 값들을 디지털화한다. 예를 들면, 방출 검출기(306)는  $t=0$ 에서 검출된 통합된 강도를 나타내는 제 1 값을 생성시킬 수 있으며, 그 다음, 하나 이상의 미리 선택된 간격으로(예컨대, 진짜 감열기록 인광체에 대한 붕괴 시간 상수에 상응하는 시간에서, 및/또는 하나 이상의 추가 시간에서) 검출된 통합된 강도를 나타내는 하나 이상의 추가 값을 생성시킬 수 있다. 방출 검출기(306)에 의해 처리 시스템(302)에 제공된 강도 값들은 처리 시스템(302)이 하나 이상의 방출 특성들을 결정할 수 있게 한다(예컨대, 방출된 방사선(344)의 하나 이상의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들). 예를 들면, 물품(350)을 인증하는 데 있어서, 방출 검출기(306)는 에르븀 방출 대역에서 방출된 방사선의 단일 통합된 강도에 상응하는 하나의 값을 생성시킬 수 있거나, 또는 에르븀 방출 대역에서 방출된 방사선의 다수의 일시적-공간(temporally-spaced) 통합된 강도에 상응하는 일련의 값들(예컨대, 2개 이상의 값들)을 생성시킬 수 있다. 검출기(306)로부터의 각 값 또는 세트 값들은 방출들이 검출되는 시간(예컨대, 상응하는 여기 에너지(342)의 제공 중단으로부터의 시간)을 지칭하는 정보와 연관되거나 또는 표지화(tag)될 수 있다.



- [0059] 앞서 언급되고 이후 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이, 인증 방법의 일 실시양태는 2개 이상의 상이한 온도들에서 물품(예컨대, 물품(350))이 검출 가능한 방출들을 생성시킬 수 있고, 이어서 존재한다면 2개 이상의 상이한 온도들에서 방출들의 특성들 사이의 차이를 분석하도록 하는 시도를 포함한다. 이후 기재되고 도 4에 지적되는 실시양태에서, 방법은 온도 조정 요소(예컨대, 온도 조정 요소(314))의 능동적 제어를 통해 달성되는 제 1 및 제 2 온도들에서 물품이 검출 가능한 방출들을 생성시킬 수 있도록 하는 시도를 포함한다. 다른 실시양태에서, 제 1 온도 또는 제 2 온도는 주변 온도일 수 있으며, 따라서 제 1 및 제 2 온도들 중 단지 하나는 온도 조정 요소의 능동적 제어를 통해 생성된다. 또 다른 실시양태들에서, 방법은 2개 초과 온도들에서 물품이 검출 가능한 방출들을 생성시킬 수 있도록 하는 시도를 하고 2개 초과 온도들에서 방출들의 특성들 사이의 차이를 분석하는 것을 포함한다. 이러한 일 실시양태에서, 온도들 중 임의의 하나는 주변 온도일 수 있다. 이 후자의 실시양태는 본원에 상세하게 기재되지 않지만, 기재된 실시양태들의 범위 내에 포함되고자 한다.
- [0060] 인증 시스템(예컨대, 시스템(300), 도 3)을 사용하여 물품 인증을 실행하는 방법의 다양한 실시양태들은 이후 도 4와 결부되어 기재될 것이다. 인증 방법 실시양태들의 이해는 도 3을 계속적으로 참조하면 용이해질 것이다. 그러나, 인증 방법 실시양태들은 도 3과 결부되어 기재된 인증 시스템 실시양태들과 상이하게 구조화되는 시스템들을 사용하여 실시될 수 있다고 이해된다. 유사하게, 도 3과 결부되어 기재된 인증 시스템 실시양태들은 도 4와 결부되어 기재된 인증 방법 실시양태들과 상이한 인증 방법들로 실시될 수 있다.
- [0061] 이후, 도 4를 참조하고 도 3을 계속적으로 참조하면, 물품(예컨대, 물품(100,350), 도 1, 3)의 인증을 실시하는 방법의 흐름도가 일 예시적 실시양태에 따라 기재된다. 방법은 블록(402)에서 인증 공정과 연관된 하나 이상의 온도들에 대한 설정을 확립함으로써 시작할 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 인증 공정과 연관된 "온도"는 (예컨대, 온도 센서(316)에 의해) 감지된 실제 온도일 수 있다. 예를 들면, 온도는 온도 센서(예컨대, 온도 센서(316))와 접촉하는 물품(예컨대, 물품(350))의 부분(예컨대, 부분(360))의 감지된 온도에 상응할 수 있다. 일 대안적 실시양태에서, "온도"는 실제 감지된 온도보다 오히려 설정된 것에 기초하여 한정된 온도일 수 있다. 후자의 실시양태에서, 인증 시스템(예컨대, 시스템(300))은 온도 센서(예컨대, 온도 센서(316))를 배제시킬 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "주변 온도"는 (예컨대, 온도 조정 요소(314)에 의한) 온도 조정의 결과가 아닌 일정 상태 온도를 의미한다.
- [0062] 블록(402)에서, 시스템은 우선적으로 인증 공정 도중 사용되는 인증 온도에 대한 하나 이상의 설정을 확립함으로써 구조화될 수 있다. 일 실시양태에 따라, 인증 온도 설정(들)은 사용자 인터페이스(예컨대, 사용자 인터페이스(320))의 조작을 통해 시스템의 사용자에게 의해 확립될 수 있다. 사용자 인터페이스는 하나 이상의 키(key), 다이얼, 디스플레이 및 다른 사용자 인터페이스 구성요소를 포함할 수 있으며, 이로 인해 사용자가 온도(들)를 특정화할 수 있다. 일단 특정화되면, 온도(들)는 데이터 저장(예컨대, 데이터 저장(318))에 저장된다. 일 실시양태에 따라, 온도(들)는 절대 온도에 대해 특정화될 수 있다(예컨대, 섭씨 또는 화씨인 온도 값). 일 대안적 실시양태에서, 온도(들)는 온도 차이에 대해 특정화될 수 있다. 예를 들면, 온도는 다양한 실시양태들에서 다른 미리-한정된 또는 사용자-특정화된 온도로부터의 온도 차이로서, 또는 주변 온도로부터의 온도 차이로서 특정화될 수 있다(예컨대, 인증 공정이 실시되는 시간에 감지되는 주변 온도).
- [0063] 일 실시양태에 따라, 사용자에게 의해 특정화되거나 또는 미리-한정된 지에 따라, 제 1 온도 및 제 2 온도는 서로 약  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  내지 약  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 의 온도 차이로 다르다. 더욱 특정한 실시양태에서, 제 1 및 제 2 온도는 서로 약  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 의 온도 차이로 다르다. 예를 들면, 일 실시양태에 따라, 제 1 온도는 약  $33^{\circ}\text{C}$ 일 수 있고, 제 2 온도는 약  $23^{\circ}\text{C}$  또는 약  $43^{\circ}\text{C}$ 일 수 있지만, 제 1 온도 및 제 2 온도는 물론 서로 다를 수 있다. 온도가 사용자-특정화되는 일 실시양태에서, 블록(402)의 실행 동안, 시스템은 사용자에게 서로 허용 가능한 범위(예컨대, 약  $\pm 5$  내지 약  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 의 범위)의 온도 차이로 서로 다른 제 1 온도 및 제 2 온도를 선택하도록 제한될 수 있다. 다른 실시양태에 따라, 사용자에게 의해 특정화되거나 또는 미리-한정된 지에 따라, 제 1 온도는 약  $15^{\circ}\text{C}$  내지 약  $35^{\circ}\text{C}$ 의 범위인 온도이고, 제 2 온도는 약  $10^{\circ}\text{C}$  내지 약  $20^{\circ}\text{C}$ 의 범위인 온도이다. 앞서 주어진 실시예 값들과 범위들보다 높거나 또는 낮은 온도 차이들 및/또는 절대 온도도 물론 사용될 수 있다.

- [0064] 사용자가 온도를 특정화할 수 있는 것에 덧붙여, 사용자 인터페이스는 사용자가 일 실시양태에서 시스템에 의해 지지될 수 있는 다수의 시험 모드들 중 하나를 특정화할 수 있게 한다. 예를 들면, 시스템은 인증 온도들 중 하나가 주변 온도인 제 1 시험 모드를 지지할 수 있다(예컨대, 이후 기재되는 "제 1 온도" 또는 "제 2 온도"가 주변 온도임). 대안적으로, 시스템은, 인증 온도들 모두가 온도 조정 요소(예컨대, 온도 조정 요소(314))의 능동적 제어를 통해 시스템에 의해 달성되는 온도들에 상응하는 제 2 시험 모드를 지지할 수 있다. 또 다른 실시양태에서, 시스템은 변하는 정확도의 시험 모드들을 지지할 수 있다. 예를 들면, 비교적 낮은 정확도 시험 모드는 2개의 온도들에서 검출된 방출들에 대한 인증 결정을 기초로 할 수 있는 한편, 비교적 높은 정확도 시험 모드는 2개 초과 온도들에서 검출된 방출들에 대한 인증 결정을 기초로 할 수 있다. 일 실시양태에 따라, 사용자는 이러한 시험 모드를 특정화할 수 있다.
- [0065] 또다른 실시양태에서, 사용자 인터페이스는 사용자가 인증 공정과 관련된 다른 파라미터들을 특정화할 수 있게 하며(예컨대, 온도 조정 기간, 여기 제공 기간, 여기 에너지 파장 및/또는 강도, 여기 차이 인증 역치 등), 여기서 각 구조화 가능한 파라미터들에 대한 특정화된 값들은 데이터 저장(예컨대, 데이터 저장(318))에 저장된다. 일 대안적 실시양태에서, 시스템은 인증 온도 및/또는 다른 파라미터들 및/또는 시험 모드 선택의 사용자 구조화를 지지할 수 없다. 이러한 일 실시양태에서, 인증 파라미터들 및 다른 파라미터들은 데이터 저장(예컨대, 데이터 저장(318))에 미리-한정 및 저장될 수 있고/있거나, 단일 시험 모드는 시스템에서 시행될 수 있다.
- [0066] 설명을 위하여, 이후 논의되는 실시양태는, 인증 결정이 2개의 온도들에서 검출된 방출들에 기초하여 이루어지는 시험 모드를 기재한다(예컨대, 이후 기재된 "제 1 온도" 및 "제 2 온도"). 또한, 이후 논의되는 실시양태는, 제 1 및 제 2 온도들이 비-주변적이고 절대 온도인, 그리고 시스템이 온도 조정 요소(예컨대, 온도 조정 요소(314))의 능동적 제어를 통해 제 1 및 제 2 온도를 달성하는 인증 공정을 기재한다. 인증 공정들의 다른 실시양태들의 수행을 나타내는 이후 기재되는 실시양태의 변형은 개시내용의 범위 내에 속하는 것이다.
- [0067] 물품(예컨대, 물품(350))의 인증을 시작하기 위하여, 물품은 블록(404)에서 시스템에 의해 "수용"된다. 예를 들면, 시스템은, 사용자가 물품을 시스템의 챔버(예컨대, 챔버(334)) 내에 삽입할 때, 또는 사용자가 달리 물품의 부분(예컨대, 부분(360) 및/또는 인증 특징부(358))을 취할 때 인증할 물품을 수용할 수 있으며, 여기서 일 실시양태의 감열기록 인광체는 시스템의 온도 조정 요소(예컨대, 온도 조정 요소(314))와 열 접촉하게 그리고 물품과 여기 윈도우 사이의 에어 갭으로 여기 윈도우(예컨대, 윈도우(340))에 근접하게 (진짜 물품 안에) 존재해야 한다. 일 대안적 실시양태에서, 시스템은, 온도 조정 요소 및 여기 윈도우에 근접하게 존재하는 위치로 물품을 자동적으로 전송하는 자동 전송(routing) 구성요소를 포함할 수 있다. 어떤 경우라도, 다양한 실시양태들에서 시스템은 물품의 존재를 검출하도록 구조화될 수 있고, 이후 기재되는 인증 공정을 자동적으로 시작할 수 있거나, 또는 사용자는 사용자 인터페이스를 통해 (예컨대, 시작 버튼을 누르거나 또는 유사 입력을 제공함으로써) 인증 공정을 시작할 수 있다.
- [0068] 일 실시양태에 따라, 인증 공정은, 여러 온도들에서 물품으로부터 방출들이 진짜 물품을 지적하는 데 충분하게 다른 지를 결정하기 위하여, 물품 온도 조정, 여기 에너지 제공 및 방출 검출 단계들(예컨대, 블록(406, 408, 410, 412, 414, 416)), 이어서 존재한다면 검출된 방출의 분석(예컨대, 블록(418, 420))의 순서를 포함한다. 인증 방법 및 방출 분석의 다양한 단계들의 제어는 일 실시양태에 따라 처리 시스템(예컨대, 처리 시스템(302))에 의해 수행된다. 더욱 특히는, 처리 시스템은 다양한 시스템 구성요소들(예컨대, 온도 제어기(312), 여기 에너지 발생기(304) 및 방출된 방사선 검출기(306))에 제어 신호를 제공함으로써 다양한 단계들의 시행의 타이밍을 제어하며, 이로 인해 다양한 시스템 구성요소들이 다양한 단계들을 시작 및 수행할 수 있게 된다.
- [0069] 시스템에 의해 수용되는 물품을 인증하기 위해, 블록(406)에서, 온도 조정 요소(예컨대, 온도 조정 요소(316))는 일 실시양태에서 제 1 온도를 달성하도록 능동적으로 제어된다. 예를 들면, 처리 시스템은 데이터 저장(예컨대, 데이터 저장(318))으로부터 제 1 온도를 검색하고, 처리 시스템은 제어 신호를 온도 제어기(예컨대, 온도

제어기(312))에 전송할 수 있으며, 이는 제 1 온도를 지적한다. 제어 신호를 수용하는 것에 응답하여, 온도 제어기는 온도 조정 요소(예컨대, 온도 조정 요소(314))를 제어하여서 제 1 온도를 달성할 수 있다. 예를 들면, 온도 조정 요소가 저항 유형의 가열기인 일 실시양태에서, 온도 제어기는 일정 양의 에너지가 (예컨대, 미리-결정된 기간 동안 커패시터를 충전시키거나 또는 전류를 제공함으로써) 가열기의 저항 요소(들)에 제공될 수 있게 하며, 이는 물품의 온도를 원하는 온도까지 또는 원하는 온도 차이까지 상승하기에 충분하다. 대안적으로, 온도 조정 요소가 TEC인 일 실시양태에서, 온도 제어기는 TEC를 통해 전류를 제공할 수 있으며, 여기서 전류의 극성은, TEC가 TEC의 물품-대면 표면으로부터 열을 제거하는 데(예컨대, TEC의 물품-대면 표면에 근접하는 물품(350)의 부분(360)을 냉각시키는 데) 사용되는 지, 또는 TEC가 TEC의 물품-대면 표면에 열을 제공하는 데(예컨대, TEC의 물품-대면 표면에 근접하는 물품(350)의 부분(360)을 가열하는 데) 사용되는 지에 따라 달라진다.

[0070] 시스템이 온도 조정 요소에 근접하는 온도 센서(예컨대, 온도 센서(316))를 포함하는 일 실시양태에 따라, 온도 센서는 온도(예컨대, 물품(350)의 부분(360)의 온도, 저항 유형의 가열기의 저항 요소의 온도, 또는 TEC의 물품-대면 표면의 온도)를 감지할 수 있고, 온도 센서에 의해 감지되는 현재 온도를 지적하는 온도 제어기에 신호를 계속적으로, 주기적으로 또는 간헐적으로 제공할 수 있다. 이러한 실시양태에서, 온도 제어기는 제 1 온도를 달성하기 위하여 현재 온도와 제 1 온도 사이의 차이에 기초하여 온도 조정 요소의 그의 제어를 조정할 수 있다.

[0071] 또한, 온도 제어기(또는 온도 센서)는 일 실시양태에서 시스템 내에 포함된다면 현재 온도를 지적하는 사용자 인터페이스의 온도 모니터 구성요소(예시되지 않음)에 및/또는 처리 시스템에 신호를 제공할 수 있다. 온도 모니터 구성요소는 일 실시양태에서 시스템의 사용자에게 현재 온도를 전시할 수 있다. 추가로 또는 대안적으로, 온도 제어기는 제 1 온도가 수용 가능한 허용치 내에 도달되는 것(예컨대, 현재 온도는 제 1 온도와 "실질적으로 동일함")을 지적하는 처리 시스템에 제어 신호를 이송할 수 있다. 처리 시스템에서 (예컨대, 온도 제어기 및/또는 온도 센서로부터 신호(들)를 수용하는 것에 응답하여) 현재 온도가 제 1 온도와 실질적으로 동일하다고 결정하는 경우, 처리 시스템은 인증 공정의 다음 부분(즉, 이후 기재되는 블록(408))으로 진행할 수 있다.

[0072] 제 1 온도가 주변 온도인 일 실시양태에 따라, 블록(406)은 주변 온도 감지 단계와 교체될 수 있다. 대안적으로, 블록(406)은 전적으로 배제될 수 있다. 전자의 실시양태(즉, 공정이 주변 온도 감지 단계를 포함하는 것), 온도 센서(예컨대, 온도 센서(316))는 주변 온도(예컨대, 물품(350)의 부분(360)의 온도, 저항 유형의 가열기의 저항 요소의 온도, 또는 TEC의 물품-대면 표면의 온도)를 감지할 수 있고, 주변 온도를 지적하는 신호를 온도 제어기, 처리 시스템, 및/또는 감지된 주변 온도를 지적하는 온도 모니터 구성요소에 제공할 수 있고, 감지된 주변 온도는 "제 1 온도"로서 데이터 저장(예컨대, 데이터 저장(318))에 저장될 수 있다. 처리 시스템이 감지된 주변 온도를 수용한 경우, 처리 시스템은 인증 공정의 다음 부분(즉, 블록(408))으로 진행할 수 있다.

[0073] 제 1 온도에 도달된 후에 수행되는 블록(408)에서, 주변 온도가 감지되거나, 또는 미리-결정된 기간에 따라, 다양한 실시양태들에서, 물품은 적절한 여기 에너지(즉, 진짜 감열기록 인광체의 흡수 대역 내의 여기 에너지)에 노출된다. 예를 들면, 처리 시스템은 제어 신호를 여기 에너지 발생기(예컨대, 여기 에너지 발생기(304))에 이송할 수 있으며, 이는 여기 에너지 발생기가 적절한 여기 에너지의 제공, 여기 에너지의 파장, 및/또는 여기 에너지 발생기의 기간이 여기 에너지를 제공해야 하는 기간(또는 시작 시간 및 중단 시간)을 시작해야 하는 것을 지적한다. 제어 신호를 수용하는 것에 응답하여, 여기 에너지 발생기는, 제어 신호에서 특정화된 임의의 파라미터들에 따라 여기 에너지(예컨대, 여기 에너지(342))를 생성시킨다. 예를 들면, Er:YIG 감열기록 인광체가 진짜 물품 안에 혼입되는 실시양태들에서, 여기 에너지 발생기는 철 및/또는 에르븀 흡수 대역들에서 여기 에너지를 제공할 수 있다. 다른 감열기록 인광체가 진짜 물품 위 또는 안에 혼입되는 실시양태들에서, 여기 에너지 발생기는 흡수 대역이 감열기록 인광체에 대해 적절한 경우의 여기 에너지를 제공할 수 있다.

[0074] 여기 에너지 발생기는 일정 기간 동안 여기 에너지를 제공한다(예컨대, 처리 시스템에 의해 지적 또는 제어된 바에 따라). 상기 기간의 말단에서, 여기 에너지에 대한 물품의 노출은 블록(410)에서 중단되고, 시스템은 물품으로부터 방출된 방사선(예컨대, 방출된 방사선(344))을 검출하고자 시도한다. 예를 들면, 처리 시스템은 제

어 신호를 방출 검출기(예컨대, 방출 검출기(306))에 이송할 수 있으며, 이로 인해, 적어도 여기 에너지의 (직접적으로 또는 간접적으로) 흡수된 일부를 갖는 진짜 감열기록 인광체의 방출 이온들에 응답하여, 방출 검출기가 물품의 부분(예컨대, 물품(350)의 부분(360))으로부터 나오는 방출된 방사선(예컨대, 방출된 방사선(344))을 검출하고자 시도하게 된다. 예를 들면, Er:YIG 감열기록 인광체가 진짜 물품 위 또는 안에 혼입되는 실시양태들에서, 방출 검출기는 에르븀 방출 대역(예컨대, 약 1460 nm 내지 약 1660 nm 사이의 대역)에서 에르븀 방출에 상응하는 방출된 방사선을 검출하고자 시도될 수 있다. 다른 방출 이온들을 갖는 다른 감열기록 인광체가 진짜 물품 위 또는 안에 혼입되는 다른 실시양태들에서, 방출 검출기는 다른 방출 이온에 상응하는 방출된 방사선을 검출하고자 시도될 수 있다.

[0075] 앞서 논의된 바와 같이, 일 실시양태에서, 여기 에너지의 중단에 따라, 방출 검출기는 하나 이상의 통합된 강도 값들을 디지털화할 수 있고, 방출 검출기는 신호를 처리 시스템에 제공할 수 있으며, 이는 제 1 온도에서 방출된 방사선의 하나 이상의 통합된 강도를 나타낸다(예컨대, "제 1 강도 값들"). 방출 검출기에 의해 제공된 제 1 강도 값들로부터, 처리 시스템은 하나 이상의 방출 특성들(예컨대, 방출된 방사선의 하나 이상의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들)을 결정할 수 있다. 예를 들면, 처리 시스템은 검출된 방출들의 제 1 붕괴 시간 상수를 결정할 수 있다.

[0076] 여기 에너지의 제거시, 임의의 방출 이온 방출의 강도는 시간 경과에 따라 붕괴하며, 방출 이온에 대한 붕괴의 속도는 붕괴 시간 상수를 그 특징으로 할 수 있다. 예를 들면, 방출 강도에서의 단순 지수(simple exponential) 붕괴에 있어서, 붕괴 시간 상수는 식에서 상수( $\tau$ )로 표시될 수 있다.

[0077] 
$$I(t) = I_0 e^{-t/\tau}, \quad (\text{식 } 1)$$

[0078] 상기 식에서,

[0079]  $t$ 는 시간이고,

[0080]  $I(t)$ 는 시간( $t$ )에서의 방출 강도이고,

[0081]  $I_0$ 는  $t=0$ 에서의 방출 강도이다(예컨대,  $t=0$ 은 여기 에너지의 제공이 중단되는 경우에 상응할 수 있다).

[0082] 비록 일부 감열기록 인광체의 방출 강도가 상기 단순 지수 식에 따라 붕괴할 수 있지만, 다른 감열기록 인광체의 방출 강도는 다수의 지수 붕괴에 의해 영향을 받을 수 있다(예컨대, 붕괴에 영향을 미치는 다수의 메커니즘이 존재하는 경우). 일부 경우, 감열기록 인광체는 특히 에너지 전달이 메커니즘의 일부인 경우 단순 단일 지수 붕괴를 나타낼 수 없다.

[0083] 일 실시양태에 따라, 처리 시스템은 제 1 온도를 제 1 온도에서 방출된 방사선의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들과 관련시킨다. 예를 들면, 처리 시스템은 제 1 온도와 연관되어 강도 값들 및/또는 제 1 붕괴 시간 상수를(예컨대, 데이터 저장(318)에) 저장할 수 있다.

[0084] 그 다음, 블록(406,408,410)은 제 2 온도에 대해 실질적으로 반복된다(즉, 블록(412,414,416)과 같음). 더욱 특히는, 블록(412)에서, 온도 조정 요소는 일 실시양태에서 제 2 온도에 도달하도록 능동적으로 제어된다. 예를 들면, 처리 시스템은 데이터 저장(예컨대, 데이터 저장(318))으로부터 제 2 온도를 검색할 수 있고, 처리 시스템은 제어 신호를 온도 제어기에 이송할 수 있으며, 이는 제 2 온도를 지적한다. 제어 신호를 수용하는 것에 응답하여, 온도 제어기는 앞서 기재된 바와 같이 온도 조정 요소(예컨대, 온도 조정 요소(314))를 제어하여서 제 2 온도에 도달할 수 있다. 일 실시양태에 따라, 제 2 온도는 제 1 온도보다 낮은 온도이다(예컨대, 약  $-5^{\circ}\text{C}$  내지 약  $-15^{\circ}\text{C}$ 의 범위인 온도 차이까지, 또는 일부 다른 차이). 일 대안적 실시양태에서, 제 2 온도는 제 1 온도보다 높은 온도이다(예컨대, 약  $5^{\circ}\text{C}$  내지 약  $15^{\circ}\text{C}$ 의 범위인 온도 차이까지, 또는 일부 다른 차이).

[0085] 또한 앞서 기재된 바와 같이, 온도 제어기(또는 온도 센서)는 일 실시양태에서 처리 시스템에 및/또는 시스템



내에 포함된다면 사용자 인터페이스의 온도 모니터 구성요소(예시되지 않음)에 신호를 제공할 수 있다. 추가로 또는 대안적으로, 온도 제어기는 제 2 온도가 수용 가능한 허용치 내에 도달되는 것(예컨대, 현재 온도는 제 2 온도와 "실질적으로 동일함")을 지적하는 처리 시스템에 제어 신호를 이송할 수 있다. 처리 시스템에서 (예컨대, 온도 제어기 및/또는 온도 센서로부터 신호(들)를 수용하는 것에 응답하여) 현재 온도가 제 2 온도와 실질적으로 동일하다고 결정하는 경우, 처리 시스템은 인증 공정의 다음 부분(즉, 이후 기재되는 블록(414))으로 진행할 수 있다.

[0086] 제 2 온도가 주변 온도인 일 실시양태에 따라, 블록(412)은 온도 정규화 단계와 교체될 수 있다. 예를 들면, 물품이 주변 온도로 되돌아 가도록 허용하기 위하여, 온도 제어기는 온도 조정 요소를 능동적으로 제어하는 것을 중지할 수 있고, 시스템은 주변 온도로 정규화하기 위해 또는 이를 향하게 하기 위하여 물품의 온도에 대해 일정 기간 대기할 수 있다.

[0087] 상기 기간의 말단에서, 온도 센서는 현재 온도(예컨대, 물품(350)의 부분(360)의 온도, 저항 유형의 가열기의 저항 요소의 온도, 또는 TEC의 물품-대면 표면의 온도)를 감지할 수 있고, 현재 온도를 지적하는 신호를 온도 제어기, 처리 시스템, 및/또는 온도 모니터 구성요소에 제공할 수 있다. "감지된" 주변 온도는 "제 2 온도"로서 데이터 저장(예컨대, 데이터 저장(318))에 저장될 수 있다. 처리 시스템은 인증 공정의 다음 부분(즉, 블록(414))으로 진행할 수 있다.

[0088] 제 2 온도에 도달된 후에 수행되는 블록(414)에서, 주변 온도가 감지되거나, 또는 미리-결정된 기간의 경과에 따라, 다양한 실시양태들에서, 앞서 블록(408)과 결부되어 기재된 바와 같이, 물품은 다시 적절한 여기 에너지(즉, 진짜 감열기록 인광체의 흡수 대역 내의 여기 에너지)에 노출된다. 여기 에너지 발생기는 일정 기간 동안 여기 에너지를 제공한다(예컨대, 처리 시스템에 의해 지적 또는 제어된 바에 따라). 상기 기간의 말단에서, 여기 에너지에 대한 물품의 노출은 블록(416)에서 중단되고, 앞서 블록(410)과 결부되어 기재된 바와 같이, 시스템은 또한 물품으로부터 방출된 방사선(예컨대, 방출된 방사선(344))을 검출하고자 시도한다. 일 실시양태에 따라, 여기 에너지 발생기는 제 1 여기 에너지 노출을 수행하는 것과 결부되어 여기 에너지를 제공하는 데 사용되는 것과 동일한 파라미터들을 사용하여 여기 에너지를 제공한다(즉, 단계(408)에서와 동일한 기간 및 동일한 파장에서).

[0089] 앞서 논의된 바와 같이, 일 실시양태에서, 여기 에너지의 중단에 따라, 방출 검출기는 하나 이상의 통합된 강도 값들을 디지털화할 수 있고, 방출 검출기는 신호를 처리 시스템에 제공할 수 있으며, 이는 제 2 온도에서 방출된 방사선의 하나 이상의 통합된 강도(들)를 나타낸다(예컨대, "제 2 강도 값들"). 방출 검출기에 의해 제공된 제 2 강도 값(들)으로부터, 처리 시스템은 하나 이상의 방출 특성들(예컨대, 방출된 방사선의 하나 이상의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들)을 결정할 수 있다. 예를 들면, 처리 시스템은 검출된 방출들의 제 2 붕괴 시간 상수를 결정할 수 있다. 일 실시양태에 따라, 처리 시스템은 제 2 온도를 제 2 온도에서 방출된 방사선의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들과 관련시킨다. 예를 들면, 처리 시스템은 제 2 온도와 연관되어 제 2 강도 값들 및/또는 제 2 붕괴 시간 상수를 (예컨대, 데이터 저장(318)에) 저장할 수 있다.

[0090] 그 다음, 블록(418)에서, 처리 시스템은, 임의의 검출된 방사선의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들이 진짜 물품의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들에 상응하는 지를 결정하기 위하여, 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들을 분석한다. 일 실시양태에 따라, 처리 시스템은 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들을 비교한다. 예를 들면, 제 1 및 제 2 방출들의 스펙트럼 특성들을 비교하기 위하여, 처리 시스템은 제 1 및 제 2 온도들에서 제 1 및 제 2 통합된 강도들의 비율을 결정할 수 있으며, 이는 각 측정과 연관된 여기 에너지가 중단되는 경우(즉,  $t=0$ ) 또는 다음과 같이 여기 에너지의 중단 후의 소정의 시간에 측정된다:

[0091] 
$$R_1 = I(T_1)/I(T_2), \quad (\text{식 } 2)$$

[0092] 상기 식에서,

- [0093]  $R_I$ 는 강도 비율이고,
- [0094]  $I(T_1)$ 은, 제 1 강도 측정과 연관된 여기 에너지의 중단과 관련된 소정의 시간인 제 1 온도( $T_1$ )에서 측정된 강도이고,
- [0095]  $I(T_2)$ 는, 제 2 강도 측정과 연관된 여기 에너지의 중단과 관련된 동일한 소정의 시간인 제 2 온도( $T_2$ )에서 측정된 강도이다.
- [0096] 반대로, (여기 에너지의 중단과 관련되어 여러 시간에서) 통합된 강도들의 다수의 측정이 제 1 온도 및 제 2 온도에서 이루어진 실시양태들에서, 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 특성들은 각 온도들에서 생성된 방출들에 상응하는 붕괴 시간 상수를 계산하기 위하여 수학식에서 변수들로서 다수의 통합된 강도 값들을 사용할 수 있다. 그 다음, 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들 사이의 차이의 크기가 결정될 수 있다. 예를 들면, 처리 시스템은, 다음과 같이, 제 1 온도에서 방출들에 대한 제 1 붕괴 시간 상수를 결정하고(하기 식 3a), 제 2 온도에서 방출들에 대한 제 2 붕괴 시간 상수를 결정하고(하기 식 3b), 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들 사이의 차이를 결정할 수 있다(하기 식 3c).
- [0097]  $\tau_{T1} = -(t_2 - t_1)/\ln(I(T_1(t_1)/T_1(t_2))),$  (식 3a)
- [0098]  $\tau_{T2} = -(t_2 - t_1)/\ln(I(T_2(t_1)/T_2(t_2))),$  (식 3b)
- [0099]  $\Delta \tau = \tau_{T1} - \tau_{T2},$  (식 3c)
- [0100] 상기 식에서,
- [0101]  $\tau_{T1}$ 은 제 1 온도( $T_1$ )에서 제 1 붕괴 시간 상수를 나타내는 값이고,
- [0102]  $\tau_{T2}$ 는 제 2 온도( $T_2$ )에서 제 2 붕괴 시간 상수를 나타내는 값이고,
- [0103]  $\Delta \tau$ 는 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들 사이의 차이이다.
- [0104] 대안적으로, 제 1 및 제 2 방출들의 스펙트럼 특성들을 비교하기 위하여, 처리 시스템은 다음과 같이 제 1 및 제 2 강도 값들 사이의 차이를 결정할 수 있다:
- [0105]  $\Delta_I = I(T_1) - I(T_2)$  (식 4)
- [0106] 상기 식에서,
- [0107]  $\Delta_I$ 는 강도 차이이다.
- [0108] 반대로, 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 특성들을 비교하기 위하여, 처리 시스템은 다음과 같이 제 1 및 제 2 온도들에서 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들의 비율을 결정할 수 있다:
- [0109]  $R_\tau = \tau_{T1}/\tau_{T2},$  (식 5)
- [0110] 상기 식에서,
- [0111]  $R_\tau$ 는 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들의 비율이다.
- [0112] 다른 실시양태들에서, 다른 수학들이 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들에서의 차이를 지적하는 데 사용될 수 있다. 또한, 온도 조정, 여기 에너지 노출 및 방출된 방사선 검출 공정들의 3회 이상의 반복이 수행되는 실시양태들에서, 수학식들은 온도의 함수로서 강도 또는 붕괴 시간 상수의 변화의 속도를 결정하는 데 3개 이상의 측정된 강도 및/또는 붕괴 시간 상수를 참조할 수 있고, 변화의 속도가 결정된 것은 온도가 강도 및/또는 붕괴 시간 상수에 영향을 미치는 방법을 지적하는 데 고려될 수 있다.

- [0113] 앞서 논의된 바와 같이, 감열기록 인광체의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들은 온도와 더불어 변한다. 따라서, 진짜 감열기록 인광체를 갖는 물품에 대하여, 시스템은 물품으로부터 검출된 임의의 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들은 제 1 및 제 2 온도들에서 다를 것이다. 일 실시양태에 따라, 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들이 "충분하게 다른" 경우, 물품은 진짜인 것으로 고려될 수 있다. 반대로, 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들이 "충분하게 다르지" 않은 경우, 물품은 진짜가 아닌 것으로 고려될 수 있다.
- [0114] 블록(420)에서, 처리 시스템은 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들에서의 검출 가능한 차이가 존재하는 지를 결정한다. 예를 들면, 처리 시스템은 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들이 진짜 물품을 지적하는 데 "충분하게 다른" 지를 결정할 수 있다. 이 결정은, 강도 및/또는 붕괴 시간 상수를 반영하는 하나 이상의 비율 및/또는 차이(예컨대, 상기 식 2 내지 5에서 계산된 바와 같음)를 상응하는 인증 역치(예컨대, 각각 "강도-관련 인증 역치" 및 "붕괴 시간 상수 관련 인증 역치")와 비교하는 것을 포함할 수 있다.
- [0115] 붕괴 시간 상수 관련 인증 역치와 관련하는 일 실시양태에 따라, 붕괴 시간 상수에 상응하는 계산들(예컨대, 상기 식 3 및 5)에서, 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들이 제 1 및 제 2 온도들 사이의 각 10℃ 차이에 대하여 서로 적어도 5% 다른 것을 지적하는 경우(예컨대, 붕괴 시간 상수 관련 인증 역치가 10℃ 차이에 대하여 약 1.05 또는 약 0.95인 경우), 처리 시스템은 일시적 특성들이 충분하게 다르다고 결정한다. 다른 실시양태에 따라, 붕괴 시간 상수에 상응하는 계산들에서, 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들이 제 1 및 제 2 온도들 사이의 각 10℃ 차이에 대하여 서로 적어도 10% 다른 것을 지적하는 경우(예컨대, 붕괴 시간 상수 관련 인증 역치가 10℃ 차이에 대하여 약 1.1 또는 약 0.9인 경우), 처리 시스템은 일시적 특성들이 충분하게 다르다고 결정한다. 또 다른 실시양태에 따라, 붕괴 시간 상수에 상응하는 계산들에서, 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들이 제 1 및 제 2 온도들 사이의 각 10℃ 차이에 대하여 서로 적어도 20% 다른 것을 지적하는 경우(예컨대, 붕괴 시간 상수 관련 인증 역치가 10℃ 차이에 대하여 약 1.2 또는 약 0.8인 경우), 처리 시스템은 일시적 특성들이 충분하게 다르다고 결정한다. 또 다른 실시양태에 따라, 붕괴 시간 상수에 상응하는 계산들에서, 제 1 및 제 2 붕괴 시간 상수들이 제 1 및 제 2 온도들 사이의 각 10℃ 차이에 대하여 서로 적어도 30% 다른 것을 지적하는 경우(예컨대, 붕괴 시간 상수 관련 인증 역치가 10℃ 차이에 대하여 약 1.3 또는 약 0.7인 경우), 처리 시스템은 일시적 특성들이 충분하게 다르다고 결정한다. 제 1 및 제 2 온도들 사이에서 각각의 더 작은 또는 더 큰 차이들에 대하여, 더 작은 또는 더 큰 붕괴 시간 상수 관련 인증 역치가 비례적으로 수행될 수 있다.
- [0116] 또 다른 실시양태에 따라, 처리 시스템은 일시적 특성들이 붕괴 시간 상수(예컨대, y축) 곡선에 대한 온도(예컨대, x축)의 기울기 방향 및 크기에 기초하여 충분하게 다른 지 또는 그렇지 않은 지를 결정할 수 있다. 예를 들면, 더 높은 온도(즉, 제 1 또는 제 2 온도)에 상응하는 붕괴 시간 상수가 더 낮은 온도(즉, 제 1 또는 제 2 온도와 다른 것)에 상응하는 붕괴 시간 상수보다 적어도 미리-한정된 백분율 낮은 경우, 처리 시스템은 일시적 특성들이 충분하게 다른 것으로 결정할 수 있다. 즉, 붕괴 시간 상수에 대한 온도의 기울기가 음(-)이고 충분한 크기(예컨대, ℃마다 적어도 -0.1밀리초의 크기, 또는 일부 다른 크기)를 갖는 경우, 처리 시스템은 일시적 특성들이 충분하게 다른 것으로 결정할 수 있다.
- [0117] 강도 관련 인증 역치와 관련하는 일 실시양태에 따라, 제 1 및 제 2 강도들 사이의 비율 또는 차이(예컨대, 상기 식 2 및 4)에서, 제 1 및 제 2 강도들이 제 1 및 제 2 온도들 사이의 각 10℃ 차이에 대하여 서로 적어도 10% 다른 것을 지적하는 경우(예컨대, 강도 관련 인증 역치가 10℃ 차이에 대하여 약 1.1 또는 약 0.9인 경우), 처리 시스템은 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르다고 결정한다. 또 다른 실시양태에 따라, 제 1 및 제 2 강도들 사이의 비율 또는 차이에서, 제 1 및 제 2 강도들이 제 1 및 제 2 온도들 사이의 각 10℃ 차이에 대하여 서로 적어도 20% 다른 것을 지적하는 경우(예컨대, 강도 관련 인증 역치가 10℃ 차이에 대하여 약 1.2 또는 약 0.8인 경우), 처리 시스템은 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르다고 결정한다. 또 다른 실시양태에 따라, 제 1 및 제 2 강도들 사이의 비율 또는 차이에서, 제 1 및 제 2 강도들이 제 1 및 제 2 온도들 사이의 각 10℃ 차이에 대하여 서로 적어도 30% 다른 것을 지적하는 경우(예컨대, 강도 관련 인증 역치가 10℃ 차이에 대하여 약



1.3 또는 약 0.7인 경우), 처리 시스템은 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르다고 결정한다. 제 1 및 제 2 온도들 사이에서 각각의 더 작은 또는 더 큰 차이들에 대하여, 더 작은 또는 더 큰 강도 관련 인증 역치가 비례적으로 수행될 수 있다.

[0118] 또 다른 실시양태에 따라, 처리 시스템은 스펙트럼 특성들이 강도(예컨대, y축) 곡선에 대한 온도(예컨대, x축)의 기울기 방향 및 크기에 기초하여 충분하게 다른 지 또는 그렇지 않은 지를 결정할 수 있다. 예를 들면, 감열기록 인광체의 일부 실시양태들(예컨대, Er:YIG의 실시양태들)은 온도와 붕괴 시간 상수 및 강도 사이의 반비례 관계를 나타낸다(예컨대, 도 5 내지 7에 제시된 바와 같음). 따라서, 감열기록 인광체 실시양태에 대하여, 제 1 온도가 제 2 온도보다 큰 경우, 제 1 붕괴 시간 상수 및 제 1 강도는 진짜 감열기록 인광체에서 제 2 붕괴 시간 상수 및 제 2 강도보다 작다. 이러한 감열기록 인광체에 대한 인증을 수행하는 경우, 처리 시스템에서는, 더 높은 온도에 상응하는 강도가 더 낮은 온도에 상응하는 강도보다 적어도 미리-한정된 백분율 낮은 경우, 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르다고 결정할 수 있다. 감열기록 인광체의 다른 실시양태들은 온도와 강도 사이의 직접적 비례 관계를 나타낼 수 있다(예컨대, 트레이스(507)에 표시된 바와 같은 Cr:Er:YGG의 실시양태들에 대한 온도 대 강도 관계, 도 5). 따라서, 감열기록 인광체 실시양태들에 대하여, 제 1 온도가 제 2 온도보다 큰 경우, 제 1 강도는 진짜 감열기록 인광체에서 제 2 강도보다 크다. 이러한 감열기록 인광체에 대한 인증을 수행하는 경우, 처리 시스템에서는, 더 높은 온도에 상응하는 강도가 더 낮은 온도에 상응하는 강도보다 적어도 미리-한정된 백분율 큰 경우, 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르다고 결정할 수 있다. 어느 방식으로든, 처리 시스템에서는, 온도 대 강도 곡선의 기울기가 예측된 미리-결정된 파라미터들 내에 속하는 경우, 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르다고 결정할 수 있다(예컨대, 기울기는 진짜 감열기록 인광체에 대해 예측된 징후(sign)에 상응하는 징후를 갖고, 기울기는 충분한 크기를 가짐(예컨대, 적어도 0.1 임의 단위(arbitrary unit)/°C의 크기, 또는 일부 다른 크기)).

[0119] 또 다른 실시양태에서, 강도들 사이의 비교 값들(예컨대, 비율 또는 차이)를 계산하기보다는 오히려, 처리 시스템에서는, 각 온도에서의 방출들이 진짜 감열기록 인광체에 상응하는 미리-결정된 여러 범위(즉, 비-중첩 범위) 내에 속하는 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들을 갖는 지를 결정하기 위하여, 제 1 및 제 2 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들을 별도로 분석할 수 있다.

[0120] 블록(420)에서 제 1 및 제 2 온도들에서 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르다고(또는 적절하지만 여러 범위 내에 속한다고) 처리 시스템이 결정하는 경우, 처리 시스템은 블록(422)에서 물품을 진짜인 것으로 확인할 수 있다. 예를 들면, 처리 시스템은 물품이 진짜 물품으로서 확인되는 것과 연관되는 일부 작동을 취할 수 있다. 예를 들면, 처리 시스템은 진위와 연관된 신호를 사용자 인터페이스(예컨대, 사용자 인터페이스(320))에 이송할 수 있으며, 이로 인해 사용자 인터페이스에 진위의 사용자-감지 가능한 표시(indication)(예컨대, 전시된 인디시아(indicia), 빛, 소리 등)를 생성시킨다. 대안적으로, 처리 시스템은 시스템의 전송(routing) 성분(예시되어 있지 않음)이 물품을 진짜 물품들에 할당된 경로 또는 bin을 향하여 전송시킬 수 있다.

[0121] 반대로, 제 1 및 제 2 온도들에서 방출들의 일시적 및/또는 스펙트럼 특성들이 충분하게 다르지 않다고 처리 시스템이 결정하는 경우, 처리 시스템은 블록(424)에서 물품을 진짜가 아닌 것으로 확인할 수 있다. 예를 들면, 검출된 방사선의 일시적 및/또는 스펙트럼 성질들이 진짜 물품과 부합되지 않는 경우, 처리 시스템은 진짜가 아닌 물품으로서 물품을 확인하는 것과 연관된 일부 작동을 취할 수 있다. 예를 들면, 처리 시스템은 비-진위(non-authenticity)와 연관된 신호를 사용자 인터페이스에 이송할 수 있으며, 이로 인해 사용자 인터페이스에 비-진위의 사용자-감지 가능한 표시(예컨대, 전시된 인디시아, 빛, 소리 등)를 생성시킨다. 대안적으로, 처리 시스템은 시스템의 전송 성분(예시되어 있지 않음)이 물품을 진짜가 아닌 물품들에 할당된 경로 또는 bin을 향하여 전송시킬 수 있다.

[0122] 앞서 논의된 실시양태들에서는, 물품이 진짜 감열기록 인광체를 포함하는 것을 시스템이 검출하는 지 또는 그렇지 않은 지에 대한 결정에 기초하여, 시스템이 인증 결정을 취하는 것을 지적한다. 다른 시스템 및 방법 실시

양태들은 또한 인증 결정을 취하는 데 있어 추가 고려사항들을 사용할 수 있다. 예시적이지만 비제한적으로, 물품의 다른 실시양태는 하나 이상의 추가 보안 특징부 및/또는 하나 이상의 추가 감열기록 및/또는 비-감열기록(non-thermographic) 인광체 물질들(예컨대, 하나 이상의 "참고" 인광체 물질들)을 포함할 수 있다. 따라서, 다른 시스템 실시양태들에서는, 인증을 위해 제공된 물품이 추가 보안 특징부(들) 및/또는 추가 인광체(들)를 포함하는 지를 결정하고자 시도할 수 있다. 물품이 모든 예측된 보안 특징부들을 포함한다고 시스템이 결정하는 경우, 시스템은 물품이 진짜인 것으로 결정할 수 있다. 반대로, 물품이 예측된 보안 특징부들 중 하나 이상을 포함하지 않는다고 시스템이 결정하는 경우, 시스템은 물품이 진짜가 아닌 것으로 결정할 수 있다.

[0123] 도 5 내지 7은 물품들 내에 혼입된 감열기록 인광체(및 다른 인광체)의 다양한 실시양태들의 방출 특성들을 나타내는 그래프들을 포함한다. 예를 들면, 도 5는 일부 예시적 실시양태들에 따라 온도에 대한 다수의 감열기록 인광체 및 다른 (비-감열기록) 인광체 샘플들의 방출 강도들을 예시하는 그래프이다. 도 5에 지적된 결과들을 발생시키기 위해, 다양한 감열기록 인광체 및 다른 인광체 샘플들의 입자들은 종이 핸드시트(paper handsheet) 물품 기재들 위에 인쇄된 잉크 내에 포함되었다. 더욱 특히는, 일부 실시양태들에 따라, 잉크 베이스 및 다양한 Er:YIG 샘플들을 포함하는 잉크 물질들이 생성되었다. 또한, 비교 목적으로, 잉크 베이스, Er:YOS(이트륨 옥시설파이드) 샘플, Cr:Er:YGG(이트륨 갈륨 가르네트) 샘플 및 Er:YAG(이트륨 알루미늄 가르네트) 샘플을 포함하는 추가 잉크 물질들이 생성되었다. 각 잉크 물질들은 종이 핸드시트 물품 기재의 표면 위에 인쇄되었다.

[0124] 예를 들면, 트레이스(501)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YIG 호스트 격자 물질 내에 32%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 제 1 잉크 물질이 생성되었다. 트레이스(502)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YIG 호스트 격자 물질 내에 12%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 제 2 잉크 물질이 생성되었다. 트레이스(503)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YIG 호스트 격자 물질 내에 6%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 제 3 잉크 물질이 생성되었다. 트레이스(504)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YIG 호스트 격자 물질 내에 3%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 제 4 잉크 물질이 생성되었다. 트레이스(505)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YIG 호스트 격자 물질 내에 1%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 제 5 잉크 물질이 생성되었다. 트레이스(506)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YOS 호스트 격자 물질 내에 20%로 Er을 갖는) Er:YOS를 포함하는 제 6 잉크 물질이 생성되었다. 트레이스(507)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YGG 호스트 격자 물질 내에 20%로 Cr 및 3%로 Er을 갖는) Cr:Er:YGG를 포함하는 제 7 잉크 물질이 생성되었다. 최종적으로, 트레이스(508)를 발생시키는 데 사용된 샘플을 생성시키기 위하여, (YAG 호스트 격자 물질 내에 3%로 Er을 갖는) Er:YAG를 포함하는 제 8 잉크 물질이 생성되었다.

[0125] 샘플들(501 내지 505)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 630 nm에서) 청 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 샘플(506)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 660 nm에서) Er 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 샘플(507)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 630 nm에서) 크롬 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 최종적으로, 샘플(508)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 660 nm에서) Er 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 각 샘플들에 대하여, 여기를 중단시킨 후, 생성된 방출 강도들은 약 0°C 내지 약 50°C의 범위에 걸쳐 5°C 온도 증분으로 인증 시스템에 의해 검출되었다. 더욱 특히는, 검출된 방출들은 각 샘플들에 대하여 약 1460 nm 내지 약 1660 nm의 방출들을 포함하였다(즉, 에르븀 방출 대역 내).

[0126] 도 5에 제시된 바와 같이, Er:YIG 인광체들(즉, 샘플들(501 내지 505))은 온도가 증가됨에 따라 에르븀 방출들의 강도가 유의적으로 감소하는 고도의 감열기록 성질들을 나타냈다. 상기 다른 방식에서, 온도가 감소됨에 따라 에르븀 방출의 강도는 증가하였다. 따라서, Er:YIG 인광체들에서의 에르븀 방출들의 강도는 샘플들(501 내지 505)의 온도와 반비례하였다. 반대로, Er:YOS 및 Er:YAG 인광체들(즉, 샘플(506 및 508))은 온도 프로파일 에 대해 실질적으로 평탄한 강도를 나타냈다. 최종적으로, Cr:Er:YGG 인광체(즉, 샘플(507))는 온도가 증가됨에 따라 에르븀 방출들의 강도가 약간 증가하는 일부 감열기록 성질들을 나타냈다(즉, Cr:Er:YGG 인광체에서의

에르븀 방출들의 강도는 샘플(507)의 온도와 비례함). 그러나, Cr:Er:YGG 인광체(즉, 샘플(507))에 대한 온도 대 강도 곡선의 기울기는 Er:YIG 인광체(즉, 샘플(501 내지 505))에 대한 온도 대 강도 곡선들의 기울기보다 유의적으로 낮은 크기를 갖는다. 따라서, Er:YIG 인광체들은 Cr:Er:YGG 인광체보다 용이하게 검출할 수 있다(또는 그들의 부재(absence)는 더욱 용이하게 명확해질 수 있다).

[0127] 추가 예시로서, 도 6은 일 예시적 실시양태에 따라 온도와 관련하여 감열기록 인광체 샘플의 스펙트럼 방출 특성들을 나타낸다. 더욱 특히는, 도 6은 다수의 온도들에서 (YIG 호스트 격자 물질 내에 3%로 Er을 갖는) Er:YIG 샘플의 스펙트럼 방출 특성들을 예시하며, 이는 종이 핸드시트 물품 기재의 표면 위에 인쇄된 잉크 물질 내에 포함되었다. 트레이스(601)는 물품 기재가 약 33.0℃의 온도에서 존재하는 경우 1460 nm 내지 1660 nm의 에르븀 방출 대역에서의 방출들의 강도에 상응한다. 트레이스(602)는 물품 기재가 약 22.3℃의 온도에서 존재하는 경우 에르븀 방출 대역에서의 방출들의 강도에 상응한다. 최종적으로, 트레이스(603)는 물품 기재가 약 11.6℃의 온도에서 존재하는 경우 에르븀 방출 대역에서의 방출들의 강도에 상응한다. 다시, Er:YIG 인광체 샘플은, 상대적으로 높은 온도에서의 방출들의 강도(즉, 트레이스(601))가 상대적으로 낮은 온도에서의 강도(즉, 트레이스(603))보다 유의적으로 낮다는 고도의 감열기록 성질들을 나타냈다.

[0128] 도 7은 일부 예시적 실시양태들에 따라 온도와 관련하여 다수의 감열기록 인광체 샘플들의 붕괴 시간 상수들을 예시하는 그래프이다. 트레이스(701 내지 708)는 도 5의 상응하는 트레이스(501 내지 508)를 생성시키는 데 사용되는 바와 동일한 샘플들을 사용하여 생성되었다. 더욱 특히는, 트레이스(701)는 제 1 잉크 물질 내에 (YIG 호스트 격자 물질 내에 32%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 샘플에 상응한다. 트레이스(702)는 제 2 잉크 물질 내에 (YIG 호스트 격자 물질 내에 12%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 샘플에 상응한다. 트레이스(703)는 제 3 잉크 물질 내에 (YIG 호스트 격자 물질 내에 6%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 샘플에 상응한다. 트레이스(704)는 제 4 잉크 물질 내에 (YIG 호스트 격자 물질 내에 3%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 샘플에 상응한다. 트레이스(705)는 제 5 잉크 물질 내에 (YIG 호스트 격자 물질 내에 1%로 Er을 갖는) Er:YIG를 포함하는 샘플에 상응한다. 트레이스(706)는 제 6 잉크 물질 내에 (YOS 호스트 격자 물질 내에 20%로 Er을 갖는) Er:YOS를 포함하는 샘플에 상응한다. 트레이스(707)는 제 7 잉크 물질 내에 (YGG 호스트 격자 물질 내에 20%로 Cr 및 3%로 Er을 갖는) Cr:Er:YGG를 포함하는 샘플에 상응한다. 최종적으로, 트레이스(708)는 제 8 잉크 물질 내에 (YAG 호스트 격자 물질 내에 3%로 Er을 갖는) Er:YAG를 포함하는 샘플에 상응한다.

[0129] 샘플들(701 내지 705)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 630 nm에서) 철 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 샘플(706)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 660 nm에서) Er 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 샘플(707)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 630 nm에서) 크롬 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 최종적으로, 샘플(708)에 대하여, 인쇄된 특징부를 (예컨대, 약 660 nm에서) Er 흡수 대역 내로 여기시키기 위하여 LED가 사용되었다. 각 샘플들에 대하여, 여기를 중단시킨 후, 생성된 붕괴 시간 상수들은 약 0℃ 내지 약 50℃의 범위에 걸쳐 5℃ 온도 증분으로 인증 시스템에 의해 계산되었다. 더욱 특히는, 각 붕괴 시간 상수는 각 온도들에서 각 샘플들에 대하여 약 1460 nm 내지 약 1660 nm의 검출된 방출들의 강도들의 다수의 시간-증분 측정치들에 기초하여 계산되었다(즉, 에르븀 방출 대역 내).

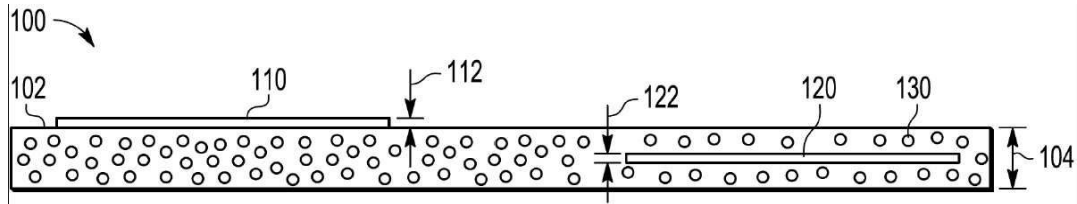
[0130] 도 7에 제시된 바와 같이, Er:YIG 인광체들(즉, 샘플들(701 내지 705))은 온도가 증가됨에 따라 에르븀 방출들의 붕괴 시간 상수가 유의적으로 감소하는(또는 온도가 감소됨에 따라 에르븀 방출들의 붕괴 시간 상수가 유의적으로 증가하는) 고도의 감열기록 성질들을 나타냈다. 따라서, Er:YIG 인광체들에서의 에르븀 방출들의 붕괴 시간 상수는 샘플들(701 내지 705)의 온도와 반비례하였다. 반대로, Er:YOS, Cr:Er:YGG 및 Er:YAG 인광체들(즉, 샘플(706 내지 708))은 온도 프로파일에 대해 실질적으로 평탄한 붕괴 시간 상수를 나타냈다.

[0131] 적어도 하나의 예시적인 실시양태가 상기 상세한 설명에서 제시되었지만, 다수의 변화가 존재하는 것으로 이해되어야 한다. 예시적인 실시양태 또는 예시적인 실시양태들은 오직 예시적인 것이며, 어떠한 방식으로든 본 발명의 범위, 적용성 또는 구성을 제한하고자 하는 것은 아님이 또한 이해되어야 한다. 오히려, 상기 상세한 설명은 발명의 예시적인 실시양태를 실행하기 위한 편의적인 로드맵(road map)을 당업계 숙련자에게 제공할 것이

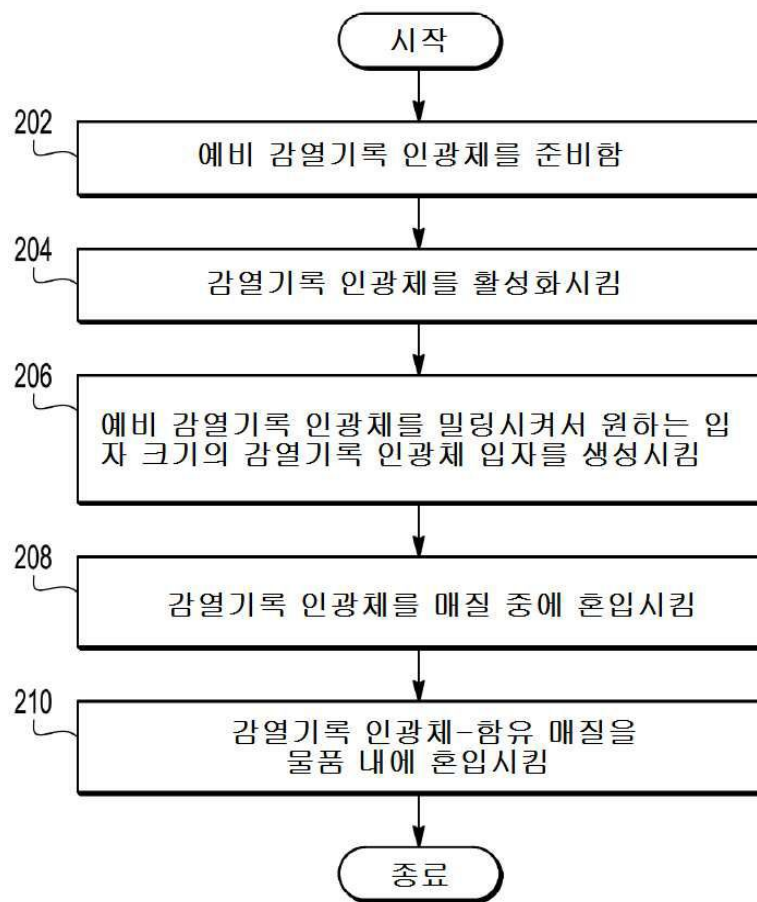
며, 이는, 첨부된 특허청구범위에 개시된 발명의 범위 및 그들의 법적 등가물들로부터 벗어나지 않고서, 예시적인 실시양태에서 기재된 요소들의 기능과 배열에서 다양한 변화가 가능함이 이해되어야 한다.

## 도면

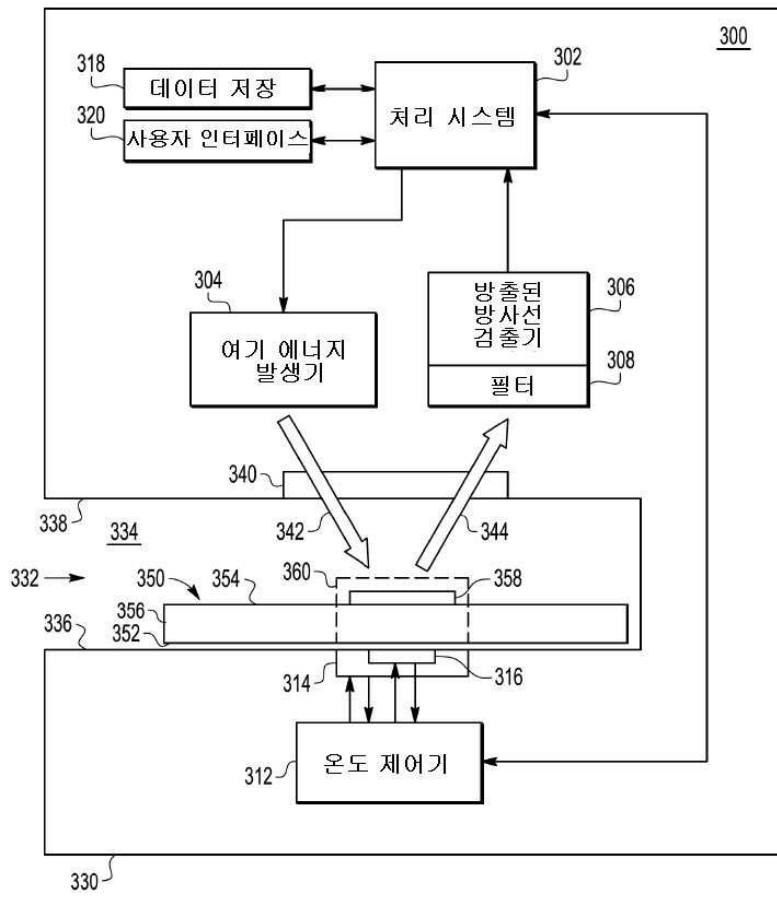
### 도면1



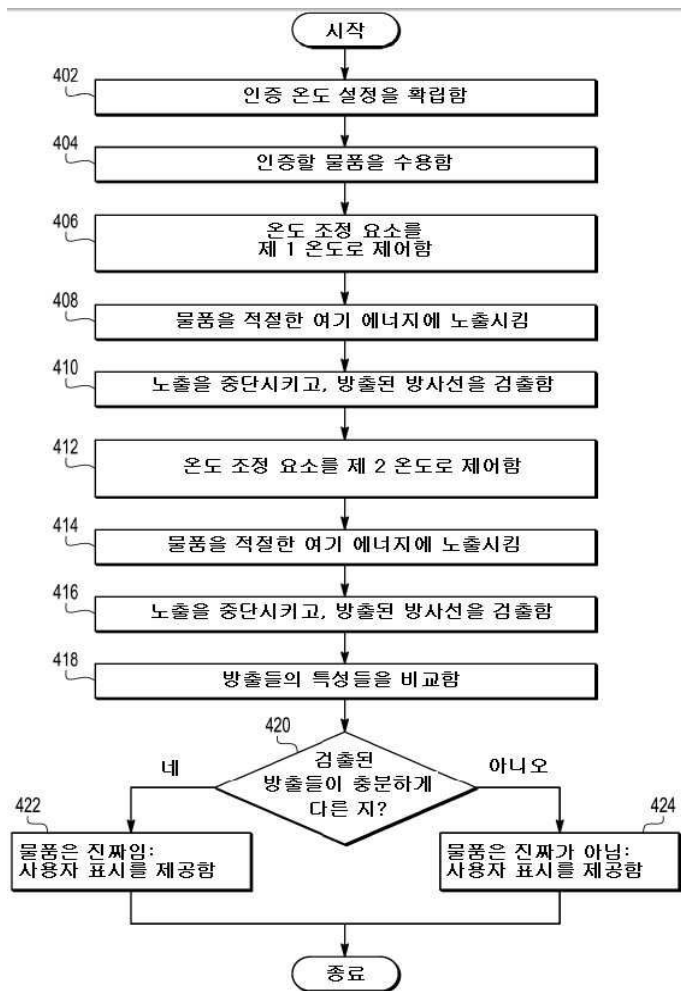
### 도면2



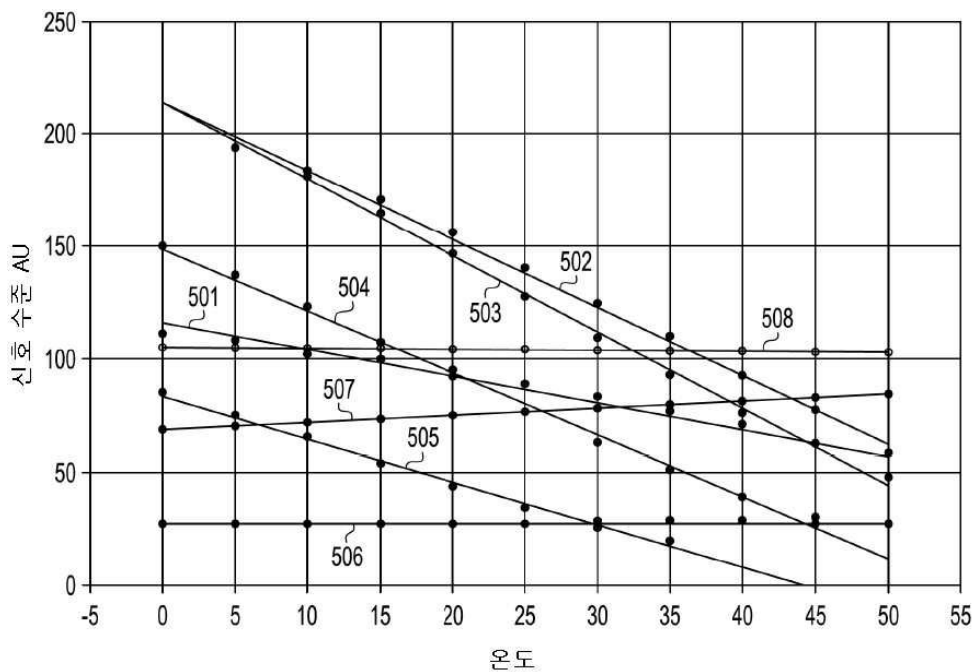
도면3



도면4

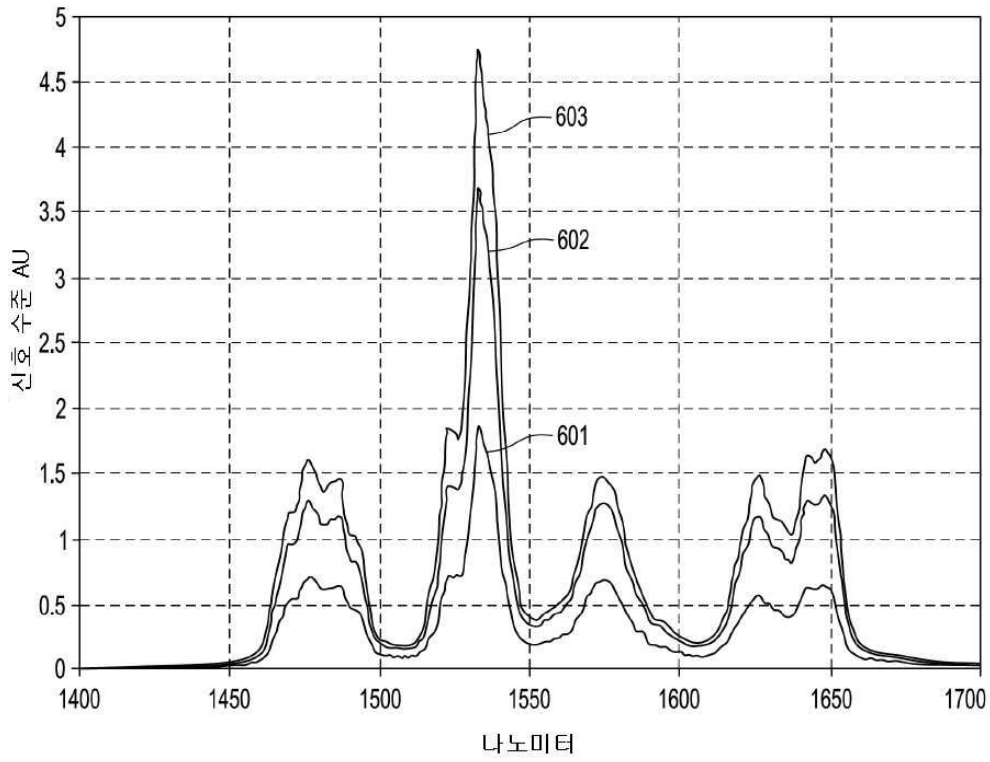


도면5





도면6



도면7

