



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년09월30일  
 (11) 등록번호 10-1657876  
 (24) 등록일자 2016년09월08일

- |   |  |
|---|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>H01L 33/50 (2010.01)<br>(52) CPC특허분류<br>H01L 33/502 (2013.01)<br>H01L 2924/12041 (2013.01)<br>(21) 출원번호 10-2015-0029100<br>(22) 출원일자 2015년03월02일<br>심사청구일자 2015년03월02일<br>(65) 공개번호 10-2015-0103637<br>(43) 공개일자 2015년09월11일<br>(30) 우선권주장<br>JP-P-2014-040688 2014년03월03일 일본(JP)<br>(뒷면에 계속)<br>(56) 선행기술조사문헌<br>JP2011168627 A<br>JP5083211 B2 | (73) 특허권자<br>쿠어스텍 가부시키키가이샤<br>일본국 도쿄도 시나가와구 오사키 2초메 11-1<br>(72) 발명자<br>이리에 마사키<br>일본 가나가와켄 257-8566 하다노시 소야 30 코바<br>렌트 마테리얼 가부시키키가이샤 기쥬츠카이하츠 센<br>타 나이<br>(74) 대리인<br>김태홍, 김진희 |
|---|--|

전체 청구항 수 : 총 7 항

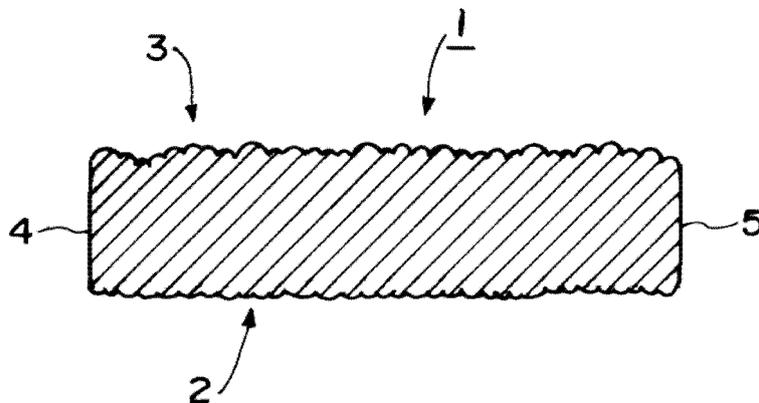
심사관 : 김태연

(54) 발명의 명칭 **과장 변환 소성체**

**(57) 요약**

과장 변환한 출사광의 색 얼룩을 억제할 수 있으면서 또한 우수한 발광 효율을 지니고, 기계적 강도의 저하가 억제된 과장 변환 소성체를 제공한다. 과장 변환 소성체(1)는, 하나의 주면이 빛의 입사면(2)이고, 상기 입사면(2)과 반대쪽의 주면이 빛의 출사면(3)인 판상체로서, 상기 판상체는 부활제를 함유하는 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자로 이루어지는 기공율이 0.1% 이하인 소성체로 이루어지고, 상기 입사면 및 상기 출사면은 상기 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자가 가공없이 노출되는 소성면이고, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 중심선 표면 거칠기(Ra)가 0.1 μm 이상 0.5 μm 이하, 상기 표면에 노출되는 형광성 재료 입자의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 중심선 표면 거칠기(Ra1)가 0.2 nm 이상 0.5 nm이하, 상기 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 중심선 표면 거칠기(Ra2)가 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하로 구성되어 있다.

**대표도** - 도1



(30) 우선권주장

JP-P-2015-010967 2015년01월23일 일본(JP)

JP-P-2015-023992 2015년02월10일 일본(JP)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

하나의 주면이 빛의 입사면이고, 상기 입사면과 반대쪽의 주면이 빛의 출사면인 판상체로서,

상기 판상체는 부활제를 함유하는 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자로 이루어지는 기공율이 1.0% 이하인 소성체로 이루어지고,

상기 부활제를 함유하는 형광성 재료 입자가, 일반식  $A_3B_5O_{12}:Ce$  (A는 Y 및 Gd 중으로부터 선택되는 적어도 1종이고, B는 Al임)로 나타내지는 물질이고,

상기 투광성 재료 입자는  $Al_2O_3$ 이고,

적어도 상기 입사면 및 상기 출사면은 상기 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자가 가공없이 노출되는 소성면이고, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)가 0.1  $\mu m$  이상 0.5  $\mu m$  이하이며,

상기 소성면에 노출되는 형광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)는 0.2 nm 이상 0.5 nm 이하이고, 상기 소성면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)는 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하인 것을 특징으로 하는 파장 변환 소성체.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)은 0.5  $\mu m$  이상 5  $\mu m$  이하이고, 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)은 1  $\mu m$  이상 10  $\mu m$  이하이고, 상기 형광성 재료 입자가 차지하는 비율은 22 체적% 이상 35 체적% 이하이며, 상기 투광성 재료 입자가 차지하는 비율은 65 체적% 이상 78 체적% 이하인 것을 특징으로 하는 파장 변환 소성체.

**청구항 3**

제2항에 있어서, 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)은 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)의 0.1배 이상 0.78배 이하인 것을 특징으로 하는 파장 변환 소성체.

**청구항 4**

제3항에 있어서, 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)는 상기 표면에 노출되는 형광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)의 1.2배 이상 2.0배 이하인 것을 특징으로 하는 파장 변환 소성체.

**청구항 5**

파장 변환 소성체로서,

부활제 함유 YAG계 형광성 재료와  $Al_2O_3$ 으로 이루어지는 제1층과,

상기 제1층 상에 적층되고, 직경이 20  $\mu m$  이상 300  $\mu m$  이하인 입자가 전체 입자 개수의 90% 이상을 차지하는  $Al_2O_3$ 으로 이루어지는 중간층과,

상기 중간층 상에 적층되고, 상기 제1층의 부활제 함유량의 10% 이하의 부활제를 포함하는 YAG계 재료와  $Al_2O_3$ 으로 이루어지는 제2층을 포함하고,

상기 각 층 내에서  $Al_2O_3$  입자가 서로 연결되고, 각 층의 계면에서도  $Al_2O_3$  입자가 서로 연결되는 연결 구조를 가지며,

상기 제1층, 중간층 및 제2층 모두는 기공율이 1.0% 이하인 소성체로 이루어지고, 상기 제1층 및 제2층의 표면은 가공없이 노출되는 소성면이며, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)는 0.1  $\mu m$  이상 0.5

μm 이하이고,

상기 표면에 노출되는 상기 YAG계 형광성 재료의 입자의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기 (Ra1)는 0.2 nm 이상 0.5 nm 이하이며, 상기 표면에 노출되는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입자의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)는 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하인 것을 특징으로 하는 파장 변환 소성체.

**청구항 6**

제5항에 있어서, 상기 제1층의 부활제 함유 YAG계 형광성 재료의 입자 및 상기 제2층의 YAG계 재료의 입자의 20개 평균 직경(d1)은 0.5 μm 이상 5 μm 이하이고, 상기 제1층과 제2층의 각 층에서의 상기 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입자의 20개 평균 직경(d2)은 1 μm 이상 10 μm 이하이며,

상기 제1층의 부활제 함유 YAG계 형광성 재료의 입자 및 상기 제2층의 YAG 재료의 입자가 차지하는 비율은 상기 제1층과 제2층의 각 층에 있어서 22 체적% 이상 35 체적% 이하이고, 상기 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입자가 차지하는 비율은 상기 제1층과 제2층의 각 층에 있어서 65 체적% 이상 78 체적% 이하인 것을 특징으로 하는 파장 변환 소성체.

**청구항 7**

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 제1층에 포함되는 부활제 함유 YAG계 형광성 재료는 (Y<sub>1-s</sub>Gd<sub>s</sub>)<sub>3</sub>(Al<sub>1-t</sub>Ga<sub>t</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce(0≤s≤0.33, 0≤t≤0.2)인 것을 특징으로 하는 파장 변환 소성체.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 발광 다이오드(LED: Light Emitting Diode)나 레이저 다이오드(LD: Laser Diode) 등의 발광 소자와 함께 사용되는 파장 변환 소성체에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] LED는, 전력 절약, 긴 수명 및 작은 사이즈 등의 관점에서, 휴대폰이나 각종 표시 장치 등에 적용되고 있다. 또한, 최근의 발광 효율의 향상에 따라, 조명 용도로도 주목을 받아, 급격히 보급되고 있다.

[0003] 현재, 백색 LED 조명은, 청색 LED에 의한 발광과, 이 청색광의 입사광을 받아 청색의 보색인 황색으로 발광하는 형광체로부터의 출사광과의 혼합에 의해 백색광을 얻는 방법이 주류로 되어 있다. 이러한 형광체가 이용된 파장 변환 부재는, 종래에는 수지 중에 형광체 분말이 분산된 것이 일반적이었지만, 최근, 내열성의 관점에서, 세라믹스와 복합체로 한 것이 많이 이용되고 있다.

[0004] 그러나, 균일한 발광색이 요구되는 LED 조명에 있어서, 상기 세라믹스 복합체에 의한 파장 변환 부재는 색 얼룩을 일으키기 쉽다고 하는 과제를 갖고 있었다.

[0005] 이에 대해서는, 예컨대, 일본 특허공개 2010-157637호 공보에는, 부재 표면에 요철 가공을 실시함으로써, 파장 변환한 이차광을 반사 또는 굴절하여 불규칙 방향으로 산란시켜, 휘도 얼룩 및 색 얼룩을 해소할 수 있는 파장 변환 소결체가 기재되어 있다.

[0006] 구체적으로는, 무기물과 형광체와의 소결체를 웨트 에칭 처리함으로써, 형광체 입자가 우선적으로 용해되고, 표면에 불규칙한 요철의 형성과, 형광체 입자를 표면에서 이격한 배치로 함으로써, 상기 이차광의 산란성을 높일

수 있다는 것이 기재되어 있다.

- [0007] 또한, 백색 LED 조명에 이용되는 종래의 청색광을 받아 황색광을 발광하는 형광체로서, 예컨대 Ce(세륨)를 함유하는 YAG(이트륨 알루미늄 가넷)계의 형광체가 알려져 있다. 이러한 YAG계 형광체에 청색광을 조사하면, 조사된 청색광과, YAG계 형광체가 발하는 형광색이 혼합됨으로써 백색광을 얻을 수 있다.
- [0008] 그러나, 일본 특허공개 2010-157637호 공보에 기재된 에칭 처리에 의해 조면화된 파장 변환 소결체는, 형광체 입자와 무기물의 에칭 레이트의 차가 존재하기 때문에, 형광체 입자의 용해에 따라, 주로 상기 무기물로 이루어지는 표층이 형성된다. 이에 따라, 파장 변환 소결체 면내에 형광체 입자 농도의 불균일한 분포가 생겨, 상기 표층으로부터 출사되는 빛의 색 얼룩의 개선이 충분한 것이라고는 말할 수 없었다.
- [0009] 또한, 상기 에칭 처리에 의해, 형광체 입자가 침식되어, 형광체 입자 표층의 결정성이 저하되어, 충분한 발광 효율을 얻을 수 없다고 하는 기술적 과제가 있었다.
- [0010] 더욱이, 무기물의 표면 요철의 정도가 심하기 때문에 기계적 강도가 낮아, 실장시나 사용시에 균열이 발생하기 쉽다고 하는 기술적 과제가 있었다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 본 발명은 상기 기술적 과제를 해결하기 위해서 이루어진 것으로, 출사광의 색 얼룩을 억제할 수 있으면서 또한 우수한 발광 효율을 지니고, 기계적 강도의 저하가 억제된 파장 변환 소성체를 제공하는 것을 목적으로 하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 본 발명은 상기 기술적 과제를 해결하기 위해서 이루어진 것으로, 본 발명에 따른 파장 변환 소성체는, 하나의 주면이 빛의 입사면이고, 상기 입사면과 반대쪽의 주면이 빛의 출사면인 판상체로서, 상기 판상체는 부활체를 함유하는 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자로 이루어지는 기공율이 1.0% 이하인 소성체로 이루어지고, 적어도 상기 입사면 및 상기 출사면은 상기 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자가 가공없이 노출되는 소성면이고, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)가 0.1  $\mu\text{m}$  이상 0.5  $\mu\text{m}$  이하이며, 상기 표면에 노출되는 형광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)가 0.2 nm 이상 0.5 nm 이하이고, 상기 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)는 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 이러한 본 발명에 따른 파장 변환 소성체에 의하면, 출사광의 색 얼룩을 억제할 수 있으면서 또한 우수한 발광 효율을 지니고, 기계적 강도의 저하를 억제할 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)은 0.5  $\mu\text{m}$  이상 5  $\mu\text{m}$  이하이고, 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)은 1  $\mu\text{m}$  이상 10  $\mu\text{m}$  이하이고, 상기 형광성 재료 입자가 차지하는 비율은 22 체적% 이상 35 체적% 이하이며, 상기 투광성 재료 입자가 차지하는 비율은 65 체적% 이상 78 체적% 이하인 것이 바람직하다.
- [0015] 이와 같이 구성함으로써, 보다 색 얼룩이 적고 또 보다 발광 효율이 높은 파장 변환 소성체를 얻을 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)은 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)의 0.1배 이상 0.78배 이하인 것이 바람직하다.
- [0017] 이와 같이 구성함으로써, 보다 색 얼룩이 적은 파장 변환 소성체를 얻을 수 있다.
- [0018] 더욱이, 상기 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)는 상기 표면에 노출되는 형광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)의 1.2배 이상 2.0배 이하인 것이 바람직하다.
- [0019] 이와 같이 구성함으로써, 보다 발광 효율을 높인 파장 변환 소성체를 얻을 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 형광성 재료는 일반식  $A_3B_5O_{12}:Ce$ (A는 Y, Gd, Tb, Yb 및 Lu 중에서 선택되는 적어도 1종이고, B는 Al, Ga 및 Sc 중에서 선택되는 적어도 1종임)로 나타내어지는 물질이며, 상기 투광성 재료는  $Al_2O_3$ , 또는  $Al_2O_3$

에  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  및  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  중에서 선택되는 1종이 함유된 물질인 것이 바람직하다.

- [0021] 이들 재료를 이용함으로써, 상기 파장 변환 소성체를 보다 효율적으로 또한 확실하게, 판상체로 이루어지는 파장 변환 소성체를 제조할 수 있다.
- [0022] 한편, 상기 파장 변환 소성체는 단일체인 경우뿐만 아니라, 내부에 부활제 확산 억제층(중간층), 담체층을 포함하는 것이라도 좋다.
- [0023] 또한, 내부에 부활제 확산 억제층(중간층)을 갖는 본 발명에 따른 파장 변환 소성체는, 부활제 함유 YAG계 형광성 재료와  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 으로 이루어지는 제1층과, 상기 제1층 상에 적층되고 직경이 20  $\mu\text{m}$  이상 300  $\mu\text{m}$  이하인 입자가 전체 입자 개수의 90% 이상을 차지하는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 으로 이루어지는 중간층과, 상기 중간층 상에 적층되고 상기 제1층의 부활제의 함유량의 10% 이하의 YAG계 재료와  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 으로 이루어지는 제2층을 포함하고, 상기 각 층 내에서  $\text{Al}_2\text{O}_3$  입자가 서로 연결되고 각 층의 계면에서도  $\text{Al}_2\text{O}_3$  입자가 서로 연결되는 연결 구조를 가지며, 상기 제1층, 중간층 및 제2층 모두는 기공율이 1.0% 이하인 소성체로 이루어지고, 상기 제1층 및 제2층의 표면은 가공없이 노출되는 소성면이며, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기( $R_a$ )는 0.1  $\mu\text{m}$  이상 0.5  $\mu\text{m}$  이하이고, 상기 표면에 노출되는 상기 YAG계 형광성 재료의 입자 및 YAG계 재료의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기( $R_{a1}$ )는 0.2 nm 이상 0.5 nm 이하이며, 상기 표면에 노출되는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기( $R_{a2}$ )는 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하인 것을 특징으로 한다.
- [0024] 이러한 본 발명에 따른 파장 변환 소성체에 의하면, 출사광의 색 얼룩을 억제할 수 있으면서 또한 우수한 발광 효율을 지니고, 기계적 강도의 저하를 억제할 수 있는 동시에, 상기와 같은, 부활제 함유 YAG계 형광성 재료를 포함하는 제1층과, YAG계 재료를 포함하는 제2층과의 사이에 중간층이 배치되어 이루어지는 파장 변환 소성체로 함으로써, 상기 중간층에 의해 상기 제1층에서 제2층으로의 부활제의 확산을 억제하여, 높은 방열성을 지니고 원하는 색상의 빛을 보다 높은 발광 효율로 출사할 수 있으면서 또한 강성이 높은 파장 변환 소성체를 제공할 수 있다.
- [0025] 여기서, 상기 제1층의 부활제 함유 YAG계 형광성 재료의 입자 및 상기 제2층의 YAG계 재료의 입자의 20개 평균 직경( $d_1$ )은 0.5  $\mu\text{m}$  이상 5  $\mu\text{m}$  이하이고, 상기 제1층과 제2층의 각 층에 있어서의 상기  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 입자의 20개 평균 직경( $d_2$ )은 1  $\mu\text{m}$  이상 10  $\mu\text{m}$  이하이며, 상기 제1층의 부활제 함유 YAG계 형광성 재료의 입자 및 상기 제2층의 YAG 재료의 입자가 차지하는 비율은 상기 제1층과 제2층의 각 층에 있어서 22 체적% 이상 35 체적% 이하이고, 상기  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 입자가 차지하는 비율은 상기 제1층과 제2층의 각 층에 있어서 각각 65 체적% 이상 78 체적% 이하인 것이 바람직하다.
- [0026] 상기한 것과 같이 입자경 및 함유 체적 비율을 설정함으로써, 출사광의 산란성을 양호한 것으로 하여, 출사광의 시야각 의존성을 보다 저감할 수 있는 동시에, 특히 제1층에서의 YAG계 형광성 재료의 불균질 분포에 따른 출사광의 면내 색 얼룩을 보다 저감할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 제1층의 부활제 함유 YAG계 형광성 재료의 입자 및 상기 제2층의 상기 YAG계 재료의 입자의 각 층에서의 20개 평균 직경( $d_1$ )은 상기  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 입자의 20개 평균 직경( $d_2$ )의 0.1배 이상 0.78배 이하인 것이 바람직하다.
- [0028] 이와 같이 구성함으로써, 보다 색 얼룩이 적은 파장 변환 소성체를 얻을 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 표면에 노출되는  $\text{Al}_2\text{O}_3$  입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기( $R_{a2}$ )는 상기 표면에 노출되는 상기 제1층의 부활제 함유 YAG계 형광성 재료의 입자 및 상기 제2층의 YAG계 재료의 입자의 각 층에서의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기( $R_{a1}$ )의 1.2배 이상 2.0배 이하인 것이 바람직하다.
- [0030] 이와 같이 구성함으로써, 보다 발광 효율을 높인 파장 변환 소성체를 얻을 수 있다.
- [0031] 또한, 전체를 100으로 한 상기 제1층 중의 부활제 함유 YAG계 형광 재료의 체적 조성비를 a로 한 경우, a가 22~35이고, 전체를 100으로 한 상기 제2층 중의 YAG계 재료의 체적 조성비를 b로 한 경우, b가 25~40이면서 또한 상기 b가 상기 a보다도 큰 것이 보다 바람직하다.
- [0032] 상기 파장 변환 소성체를, 상기 제2층을 발광 소자의 상면에 위치하여, 발광 소자보다 청색광을 조사하도록 이

용함으로써, 발광 소자로부터 나오는 청색광이 YAG계 재료의 체적 조성비가 큰 제2층에서 보다 확산되어, 상기 제1층에 조사될 때, 청색광은 보다 균질하게 확산된 상태가 되어, 국소적인 조사 얼룩에 따른 발열을 억제할 수 있고, 발광 효율을 보다 향상시킬 수 있다.

[0033] 또한, 상기 제1층에 포함되는 부활제 함유 YAG계 형광성 재료는  $(Y_{1-s}Gd_s)_3(Al_{1-t}Ga_t)_5O_{12} \cdot Ce(0 \leq s \leq 0.33, 0 \leq t \leq 0.2)$ 인 것이 바람직하다.

[0034] 이러한 YAG계 형광성 재료에 의해서, 상기 파장 변환 소성체를 보다 확실하게 제조할 수 있는 동시에, 상술한 본 발명의 효과를 보다 현저한 것으로 할 수 있다.

**발명의 효과**

[0035] 본 발명에 의하면, 출사광의 색 얼룩을 억제할 수 있으면서 또한 우수한 발광 효율을 지니며, 기계적 강도의 저하가 억제된 파장 변환 소성체를 얻을 수 있다.

[0036] 따라서, 본 발명에 따른 파장 변환 소성체는, LED나 LD 등을 이용한 발광 장치에 적합하게 사용할 수 있고, 특히, 백색 LED 조명에 있어서, 색 얼룩이 없는 안정된 백색 발광을 얻는 데에 적합하다.

[0037] 또한, 본 발명에 의하면, 또한, 부활제 함유 YAG계 형광성 재료를 포함하는 제1층과, YAG계 재료를 포함하는 제2층 사이에 중간층이 배치되어 이루어지는 파장 변환 소성체로 함으로써, 상기 중간층에 의해 상기 제1층에서 제2층으로의 부활제의 확산을 억제하여, 높은 방열성을 지니며 원하는 색상의 빛을 높은 발광 효율로 출사할 수 있으면서 또한 강성이 높은 파장 변환 소성체를 얻을 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0038] 도 1은 본 발명에 따른 제1 실시형태의 파장 변환 소성체의 개략 단면도.

도 2는 본 발명에 따른 제2 실시형태의 파장 변환 소성체의 단면도.

도 3은 도 2의 제2 실시형태의 파장 변환 소성체를 발광 소자 상에 배치한 상태를 도시하는 단면도.

도 4는 종래의 광전자 디바이스의 단면도.

도 5는 도 4의 광전자 디바이스가 구비하는 파장 변환 소자의 단면도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0039] 이하, 본 발명의 제1 실시형태에 관해서 도 1을 참조하여 상세히 설명한다.

[0040] 도 1에 본 발명에 따른 파장 변환 소성체의 단면도를 도시한다. 도 1에 도시하는 것과 같이, 본 발명에 따른 파장 변환 소성체(1)는, 하나의 주면이 빛의 입사면(2)이고, 입사면(2)과 반대쪽의 주면이 빛의 출사면(3)인 판상체이다.

[0041] 상기 판상체(1)는, 부활제를 함유하는 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자로 이루어지는 기공율이 1.0% 이하인 소성체로 구성되어 있다.

[0042] 상기 기공율이 1.0%를 넘으면, 기계적 강도가 저하할 뿐만 아니라, 과도한 산란에 의해, 입사면(2) 측으로의 귀환광의 비율이 증가하여, 발광 효율이 저하한다고 하는 문제점이 생긴다. 이들 문제를 해결하면서 또한 파장 변환 소성체로부터 출사되는 빛에 적절한 산란광을 부여하여 색 얼룩을 저감하기 위해서는 상기 기공율은 0.1% 이상, 1.0% 이하인 것이 바람직하다.

[0043] 또한, 청색 발광 소자 등과 조합하여 백색 발광을 얻는 경우에는, 상기 형광성 재료로서, 일반식  $A_3B_5O_{12} \cdot Ce(A$ 는 Y, Gd, Tb, Yb 및 Lu 중에서 선택되는 적어도 1종이고, B는 Al, Ga 및 Sc 중에서 선택되는 적어도 1종이다)로 나타내어지는 물질이 이용되고, 또한 상기 투광성 재료로서,  $Al_2O_3$  또는  $Al_2O_3$ 에  $Sc_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$  중에서 선택되는 1종이 함유된 물질이 적합하게 이용된다.

[0044] 또한, 상기 입사면(2) 및 상기 출사면(3)은, 상기 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자가 가공없이 노출되는 소성면으로 되어 있다.

[0045] 상기 소성면이란, 원료 분말을 성형 후, 소성을 실시한 채 그대로의 상태인 면을 말하며, 소성 후에 기계 연삭,

에칭 등의 가공이 실시되지 않은 면을 말한다. 상기 입사면(2) 및 상기 출사면(3)을, 소성 후에 기계 연삭, 에칭 등의 가공을 실시하여, 소위 가공면으로 하면, 기계적 강도가 낮아, 실장시나 사용시 열 응력에 의한 균일이 발생하기 쉽게 된다. 또한, 가공시에 발생하는 결함이 원인이 되어 발광 효율의 저하를 야기한다는 문제점이 생길 우려가 있다.

- [0046] 따라서, 상기 입사면(2) 및 상기 출사면(3)은 소성면으로 하는 것이 바람직하다.
- [0047] 이에 대하여, 상기 입사면(2) 및 상기 출사면(3) 이외의 4개의 측면(도 1에서는 2개의 측면(4, 5)을 도시함)은, 측면 사이의 두께(세로 길이, 가로 길이)가 있기 때문에, 가공면으로 한 경우에도, 기계적 강도가 저하하는 일이 적어, 실장시나 사용시 열 응력에 의한 균일도 일어나기 어렵다. 또한, 가공시에 발생하는 결함이 원인이 되는 발광 효율의 저하도 발생하기 어렵기 때문에, 가공면으로 하여도 좋다. 또 말하자면, 발광 소자와의 접촉 혹은 소결 접합을 보다 고정밀도로 하기 위해서는, 상기 4개의 측면은 오히려 기계 연삭 등의 가공이 실시되지 않은 쪽이 바람직하다.
- [0048] 또한, 상기 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자가 가공없이 노출되는 소성면은, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)가 0.1  $\mu\text{m}$  이상 0.5  $\mu\text{m}$  이하로 되어 있다.
- [0049] 이 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)가 0.1  $\mu\text{m}$  이상 0.5  $\mu\text{m}$  이하란, 표면의 거시적인 요철 상태를 특정하는 것으로, 입사면(2) 및 출사면(3)의 임의 부위에 있어서, 측정 길이 4 mm에서의 산술 평균 거칠기(Ra)를 10점 측정하여, 이 평균치를 취한 것이다.
- [0050] 이 Ra가 0.1  $\mu\text{m}$  미만이면, 출사면(3)에서의 반사가 많아져, 발광 효율이 저하하기 때문에 바람직하지 못하고, 한편, Ra가 0.5  $\mu\text{m}$ 를 넘으면, 대향하는 입사면(2) 및 출사면(3) 사이의 두께의 변동이 커져, 출사면(3)으로부터의 발광 강도의 일률집이 생기기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0051] 상기 입사면(2) 및 출사면(3) 이외의 4개의 측면(도 1에서는 2개의 측면(4, 5)을 나타냄)은, 밀봉 수지와 밀착성을 높이기 위해서, 측정 길이 4  $\mu\text{m}$ 에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)를 0.5  $\mu\text{m}$  이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0052] 상기 표면에 노출되는 형광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)가 0.2 nm 이상 0.5 nm 이하이고, 상기 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)가 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하로 되어 있다.
- [0053] 상기 표면에 노출되는 형광성 재료 입자의 산술 평균 거칠기(Ra1), 상기 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 산술 평균 거칠기(Ra2)는, 표면에 노출되는 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자 개개의 요철 상태를 특정하는 것으로, 각 입자 1개에 대해 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 산술 평균 거칠기(Ra)를 측정하여, 이 입자 20개의 평균치를 취한 것이다.
- [0054] 형광성 재료 입자의 산술 평균 거칠기(Ra1) 0.2 nm 미만으로 하는 것, 및 투광성 재료 입자의 산술 평균 거칠기(Ra2) 0.3 nm 미만으로 하는 것은 제조상 곤란하며, 생산성이 뒤떨어지기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0055] 또한, 형광성 재료 입자의 산술 평균 거칠기(Ra1)가 0.5 nm를 넘는 경우, 투광성 재료 입자의 산술 평균 거칠기(Ra2)가 0.7 nm를 넘는 경우에는, 결정성이 나빠 결정 결함이 많아진다. 그 결과, 발광 효율이 저감되기 때문에, 바람직하지 못하다.
- [0056] 또한, 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)은 0.5  $\mu\text{m}$  이상 5  $\mu\text{m}$  이하이고, 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)은 1  $\mu\text{m}$  이상 10  $\mu\text{m}$  이하로 되어 있다.
- [0057] 이 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1) 및 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)은, 파장 변환 소성체의 임의 단면의 현미경 관찰에 있어서, 어느 입자에서나, 입자 하나에 대해서 최장 직경 및 최단 직경을 측정하여 그 평균치를 산출하고, 이것을 20개 행한 후에 산출한 평균치를 말한다.
- [0058] 또한, 상기 형광성 재료 입자가 차지하는 비율이 22 체적% 이상 35 체적% 이하이고, 상기 투광성 재료 입자가 차지하는 비율이 65 체적% 이상 78 체적% 이하로 된다.
- [0059] 이와 같이, 상기 형광성 재료 입자 및 투광성 입자의 평균 직경을 상기 수치범위로 하면서, 또한 각각의 함유 체적 비율을, 상기 형광성 재료 입자를 22 체적% 이상 35 체적% 이하, 상기 투광성 재료 입자를 65 체적% 이상 78 체적% 이하로 함으로써, 상기 투광성 재료의 입자가, 광원(LED 소자)으로부터 조사되는 특정 파장광 및 상기 형광성 재료 입자로 흡수·발광되는 특정 파장광의 주된 도광로로서 기능한다. 그 결과, 보다 색 일률이 적고

또 보다 발광 효율이 높은 과장 변환 소성체를 얻을 수 있다.

- [0060] 또한, 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)이, 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)의 0.1배 이상 0.78배 이하로 되어 있다.
- [0061] 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)이, 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)의 0.1배 이상 0.78배 이하로 됨으로써, 보다 색 얼룩을 저감할 수 있다.
- [0062] 또한, 상기 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)가, 상기 표면에 노출되는 형광성 재료 입자의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)의 1.2배 이상 2.0배 이하로 되어 있다.
- [0063] 상기 투광성 재료 입자가 주된 도광로가 되는데, 이 과장 변환 소성체(1)의 적어도 출사면(3)에 노출되는 상기 투광성 재료 입자의 산술 평균 거칠기를 상기 형광성 재료 입자보다 상기 비율로 거칠게 함으로써, 광원(LED 소자)으로부터 조사되는 특정 과장광 및 상기 형광성 재료 입자로 흡수·발광되는 특정 과장광의 2개의 특정 과장광 어느 것이나 보다 효과적으로 출광시킬 수 있어, 보다 발광 효율을 높일 수 있다.
- [0064] 한편, 상기와 같은 소성체의 표면 형태는, 원자간력현미경(Digital Instruments 제조 Dimension 5000)을 사용하고, 실리콘 캔틸레버를 사용하여, 각 샘플의 표면 형상을 스캔함으로써 측정할 수 있다.
- [0065] 또한, 상기 형광성 재료는, 일반식 A<sub>3</sub>B<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce(A는 Y, Gd, Tb, Yb 및 Lu 중에서 선택되는 적어도 1종이며, B는 Al, Ga 및 Sc 중에서 선택되는 적어도 1종이다)로 나타내어지는 물질이며, 상기 투광성 재료는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 또는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 중에서 선택되는 1종이 함유된 물질이다.
- [0066] 이 상기 각 재료를 이용함으로써 상기한 판상체로 이루어지는 과장 변환 소성체의 효과를 보다 확실하게 얻을 수 있다.
- [0067] 보다 바람직한 재료는, 부활제가 Ce이고, 형광성 재료가 Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>로 이루어지고, 투광성 재료가 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 이루어지는 경우이다.
- [0068] 그리고 상기 조성 재료로 상기 과장 변환 소성체를 제조하기 위해서는, 어느 것이나 평균 입경이, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 원료: 0.3 μ 이상 2 μm 이하, CeO<sub>2</sub> 원료: 0.1 μm 이상 1 μm 이하, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 원료: 0.1 이상 0.8 μm 이하인 것을 이용하면서, 또한 소성을 1.0×10<sup>-2</sup> Pa 이상의 중간 진공~낮은 진공 정도의 진공 분위기 하에서 행하는 것이 바람직하다.
- [0069] 이에 따라, 상술한 본 발명에 따른 과장 변환 소성체를 보다 효율적으로 또 확실하게 제조할 수 있다. 한편, 소성체 제작에 있어서의 성형 방법 및 소성 방법 등은 특별히 한정되는 것은 아니다.
- [0070] 이어서, 본 발명의 제2 실시형태에 관해서 도 2, 도 3을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0071] 한편, 제2 실시형태에 관해서는, 상술한 종래 기술에 더하여 다른 종래 기술이 존재하므로, 우선 이들에 관해서 설명한다.
- [0072] 일본 특허공표 2014-504807호 공보에는, 상기 형광체를 포함하는 반도체 칩에 관해서 제안되어 있다. 일본 특허공표 2014-504807호 공보에 개시되는 반도체 칩은, 예컨대 광전자 디바이스 상에 탑재되어 사용된다. 구체적으로는, 도 4에 도시하는 것과 같이, 광전자 디바이스(50)는, 히트 싱크로서의 디바이스 케이싱(51) 상에 반도체 칩(52)을 배치하고 있고, 반도체 칩(52)으로부터의 열을 디바이스 케이싱(51)으로부터 방출하도록 되어 있다.
- [0073] 상기 반도체 칩(52)은, 도 4에 도시하는 것과 같이, 반도체 보디(56)의 빔 출사면(54) 상에 배치된 세라믹 변환 소자(55)를 갖추고 있다. 이 세라믹 변환 소자(55)는, 예컨대, YAG:Ce계의 가넷 형광체로 이루어지는 활성층(58)과, 그 상층에 배치된 담체층(57)에 의해서 구성되어 있다. 한편, 도 4에서의 화살표는 열의 배출 방향을 나타내고 있다.
- [0074] 또한, 상기 활성층(58) 및 상기 담체층(57)에 관해서 설명하면, 상기 활성층(58)은, 부활제(예컨대 Ce)가 도핑된 형광체 재료(예컨대 YAG:Ce)로 이루어지고, 소정의 과장 영역의 빛을 다른 과장 영역의 빛으로 변환하는 기능을 갖는다. 또한, 상기 담체층(57)은, 부활제를 포함하지 않는 형광체 재료(예컨대 YAG)로 구성되어 있다.
- [0075] 더욱이, 일본 특허공표 2014-504807호 공보에서는, 상기 세라믹 변환 소자(55)로서, 도 5에 도시하는 것과 같이, 활성층(58)에서 담체층(57) 안으로 부활제(Ce)가 확산되는 것을 억제하기 위해서, 상기 활성층(58)과 담

체층(57) 사이에 배치된 억제층(59)을 구비하는 것이 제안되어 있다. 이 억제층(59)은, 예컨대 산화알루미늄으로 구성되어 있다.

- [0076] 상기한 세라믹 변환 소자(55)를 제조하는 경우에는, 활성층(58)과 담체층(57)의 각 층으로 되는 그린 시트를 세라믹 분체, 바인더 및 첨가물에 의해 형성하여, 이들을 적층한 후, 소결함으로써, 상호 접속된 상기 세라믹 변환 소자를 제조할 수 있다.
- [0077] 또한, 억제층(59)을 구비하는 세라믹 변환 소자(55)를 제조하는 경우에도 마찬가지로, 활성층(58)과 담체층(57)과 억제층(59)의 각 층으로 되는 그린 시트를 세라믹 분체, 바인더 및 첨가물에 의해 형성하여, 이들을 적층한 후, 소결함으로써, 상호 접속된 상기 세라믹 변환 소자를 제조할 수 있다.
- [0078] 또한, 억제층을 구비하는 일본 특허공표 2014-504807호 공보에 기재된, 세라믹 변환 소자(파장 변환 소성체)에 관해서, 여러 가지로 평가, 연구한 바, 이하의 기술적 과제가 있다는 것이 판명되었다.
- [0079] 우선, 첫째로, 일본 특허공표 2014-504807호 공보에 기재된, 각 층(활성층, 억제층, 담체층)을 적층하여 소결함으로써 얻어진 세라믹 변환 소자에 있어서의 억제층은 충분히 기능하지 않아, 활성층에서 담체층으로의 부활제가 확산되어, 확산 저감이 충분하지 않다고 하는 기술적 과제가 있었다. 특히, 담체층 속의 Ce 농도가, 활성층 속의 Ce 농도의 40 wt%를 넘는 경우에는, 담체층도 활성(형광) 기능을 갖게 되어, 담체층으로부터 출사하는 빛에 있어서 목표로 한 색도를 얻기가 어려웠다.
- [0080] 둘째로, 상기 활성층이 YAG:Ce로 구성되고, 억제층이 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 구성되어 있는 경우에는, 상기 활성층과 억제층 사이의 굴절율의 차가 커지기 때문에, 활성층과 억제층 사이의 계면에 있어서, 반도체 보디로부터의 입사광의 반사량이 많아져, 귀환광의 증가에 의한 발광 효율이 저하한다고 하는 기술적 과제가 있다는 것이 판명되었다.
- [0081] 셋째로, 활성층과 담체층이 YAG 재료만으로 형성되기 때문에 저장도이며, 더구나, 활성층과 담체층 사이에 개재하는 억제층의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 열팽창 계수의 차가 다르기 때문에, 각 계면에서의 열 응력에 의해서 균열이 발생하기 쉽다고 하는 기술적 과제가 있다는 것이 판명되었다.
- [0082] 넷째로, 상기 활성층이 YAG 재료만으로 구성되어 있기 때문에, 열 전도성이 낮아, 반도체 보디로부터 발생하는 열이 활성층 내에 어리게 되기 쉬워, 발광 효율이 저하한다고 하는 기술적 과제가 있다는 것이 판명되었다.
- [0083] 한편, 일본 특허공표 2014-504807호 공보에는, 담체층 중에 산란제로서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자를 혼입하는 예도 제안되어 있지만, 상기한 어느 과제도 효과적으로 해결할 수 있는 것은 아니었다.
- [0084] 본 발명자들은, 상기 제1 내지 제4의 기술적 과제를 해결하기 위해서, 일본 특허공표 2014-504807호 공보에 개시된, 각 층(활성층, 억제층, 담체층)을 적층하여 소결함으로써 얻어진 세라믹 변환 소자(파장 변환 소성체)에 관해서도 예의 연구를 했다.
- [0085] 그 결과, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 이루어지는 중간층(억제층)의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 직경을 특정 범위로 하는 동시에, 제1층(활성층)과 제2층(담체층)을 모두 YAG계 형광성 재료와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 이루어지는 층으로 하고, 또한 각 층 내부 및 각 층 계면에 있어서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리 연결되는 연결 구조를 형성함으로써, 상기 제1 내지 제4의 기술적 과제를 해결할 수 있다는 것을 알아내어, 본 발명을 상도하기에 이르렀다.
- [0086] 본 발명의 제2 실시형태에 의하면, 출사광의 색 얼룩을 억제할 수 있으면서 또한 우수한 발광 효율을 지니고, 기계적 강도의 저하가 억제된 파장 변환 소성체이며, 또한 부활제 함유 YAG계 형광성 재료를 포함하는 제1층과, YAG계 재료를 포함하는 제2층과의 사이에 중간층이 배치되어 이루어지는 파장 변환 소성체에 있어서, 상기 중간층에 의해 상기 제1층에서 제2층으로의 부활제의 확산을 억제하고, 높은 방열성을 지니며, 원하는 색상의 빛을 높은 발광 효율로 출사할 수 있으면서 또한 강성이 높은 파장 변환 소성체를 제공할 수 있게 된다.
- [0087] 도 2는 본 발명에 따른 파장 변환 소성체의 단면도이다.
- [0088] 도 2에 도시하는 것과 같이, 이 파장 변환 소성체(11)는, 파장 변환을 하는 제1층(12)과, 제1층(12) 위에 적층된 중간층(14)과, 중간층(14) 위에 적층되어, LED(발광 다이오드) 혹은 LD(레이저 다이오드)의 담체층으로 되는 제2층(13)으로 이루어진다. 즉, 파장 변환 소성체(11)는 파장 변환 적층 복합체로서 형성되어 있다.
- [0089] 상기 제1층(12)은 LED(발광 다이오드) 혹은 LD(레이저 다이오드)의 빔 출사면 상에 배치된다. 즉, 파장 변환 소성체(파장 변환 적층 복합체)(10)는, LED나 LD로부터 입사된 소정 파장의 빛을, 제1층(12)에 있어서 다른 파장

으로 변환하여 출사하는 것이다.

- [0090] 상기 제1층(12)은, LED(발광 다이오드) 혹은 LD(레이저 다이오드)로부터의 여기광(특정 파장)의 일부를, 그 파장보다 긴 파장으로 변환하여 투과하는 파장 변환 기능을 갖는다.
- [0091] 구체적으로는, 부활제(예컨대 Ce)를 함유한 YAG계 형광성 재료(예컨대 YAG:Ce)와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 이루어지는 층이다. 이 제1층(12)과 같은 파장 변환 기능층은, 형광성 재료 기재의 조성, 부활제의 종류, 함유량 및 그 층의 두께 등에 의해서 여기광을 변환하는 파장 등이 조정(색도 설계)된다.
- [0092] 보다 자세하게는, 상기 부활제 함유 YAG계 형광성 재료는, (Y<sub>1-s</sub>Gd<sub>s</sub>)<sub>3</sub>(Al<sub>1-t</sub>Ga<sub>t</sub>)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce, 단 0 ≤ s ≤ 0.33, 0 ≤ t ≤ 0.2 인 것이 바람직하고, 이러한 YAG계 형광성 재료에 의해서, 상기 파장 변환 소성체(파장 변환 적층 복합체)(11)를 보다 확실하게 제조할 수 있는 동시에, 후술하는, 본 발명 효과를 보다 현저한 것으로 할 수 있다.
- [0093] 또한, 상기한 것과 같이, 제1층(12)과 제2층(13) 사이에, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 이루어지는 중간층(14)이 형성되어 있다. 이 중간층(14)은, 파장 변환 소성체(11)를 제작함에 있어서, 각 층(12~14)으로 되는 그린 시트를 순차 적층한 후, 소성 일체화할 때에, 소성 공정에서 제1층(12) 층의 부활제가 제2층(13)으로 확산되는 것을 억제하는 것이다.
- [0094] 즉, 제1층(12)에 포함되는 부활제가, 제2층(13)으로 확산되면, 제1층(12)에서의 부활제의 함유량이 의도한 양보다 감소하여, 변환 파장이 틀어진다고 하는 문제가 생긴다. 또한, 제2층(13)에 부활제가 도핑됨으로써, 제2층(13)에서도 여기광의 일부 변환이 생겨 버려, 그 결과, 전체적인 출사광의 색도를 설계대로 달성할 수 없다고 하는 문제가 생긴다. 이들 문제를 해결하기 위해서, 상기 중간층(14)이 마련된다.
- [0095] 또한, 상기 중간층(14)은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 의해 형성되고, 상기 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 직경 20 μm 이상 300 μm 이하의 입자 개수가, 상기 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 전체 입자 개수의 90% 이상 차지하도록 구성되어 있다.
- [0096] 이와 같이 상기 그린 시트 적층체의 소성 공정 종료 후의 상기 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 직경 20 μm 이상 300 μm 이하인 입자 개수가, 상기 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 전체 입자 개수의 90% 이상 차지하도록 소성함으로써, 제1층(12)에서 제2층(13)으로의 부활제의 확산을 충분히 저감할 수 있다. 또한, 소성 후의 성막, 접착 등의 재가열 공정에 있어서도 부활제의 확산을 억제할 수 있게 된다.
- [0097] 또한, 중간층(14)을 형성하는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자의 직경은, 5 μm 이상 500 μm 이하인 것이 보다 바람직하다. 이러한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자의 직경이라면, 부활제의 확산을 보다 효과적으로 억제할 수 있고, 또한, 그 입자가 과대하게 됨에 따른 기계적 강도의 저하를 억제할 수 있다.
- [0098] 또한, 중간층(14)은, 기공율이 1.0% 이하이고, 직경 0.3 μm 이상 3 μm 이하인 기공이 균일 분포되어 있는 것이 보다 바람직하며, 이에 따라, 열 응력에 의한 균열을 보다 확실하게 방지할 수 있다. 이 효과를 보다 확실하게 얻기 위해서는, 기공율이 0.1% 이상, 1.0% 이하가 보다 바람직하다.
- [0099] 또한, 제2층(13)은, 부활제의 유무 이외에는 제1층(12)과 동등한 재질, 구체적으로는, 제1층(12)의 부활제의 함유량의 10% 이하의 YAG계 재료와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 이루어진다.
- [0100] 이와 같이 제2층(13)을 형성함으로써, 상기 파장 변환 소성체(파장 변환 적층 복합체)(10)를 LED 램프 혹은 LD 램프로서 이용한 경우, LED 소자나 LD 소자의 발열에 따른 복합체의 휘어짐 발생을 억제할 수 있다.
- [0101] 또한, 상기 제1층(12)에 있어서의 YAG계 형광성 재료와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 체적 조성비는, YAG계 형광성 재료가, 22 체적% 이상 35 체적% 이하이고, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 65 체적% 이상 78 체적% 이하의 범위 내에 있다.
- [0102] 또한, 상기 제2층(13)에 있어서의 YAG계 재료와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 체적 조성비는, YAG계 재료가, 22 체적% 이상 35 체적% 이하이고, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 65 체적% 이상 78 체적% 이하의 범위 내에 있다.
- [0103] 또한, 상기 제1층(12), 제2층(13), 중간층(14)의 각 층에 있어서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리는 연결되는 동시에, 각 층(12, 13, 14)의 계면에서도 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리가 연결되는 연결 구조를 갖고 있다.
- [0104] 즉, 파장 변환 소성체(파장 변환 적층 복합체)(11)는, 상기 조성비로 이루어지는 제1층(12)과 제2층(13)이, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 이루어지는 중간층(14)을 협지하는 구조이며, 또한, 상기 3개의 층이 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>끼리의 연결 구조를

지니고, 각 층 계면에 있어서도 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>끼리의 연결 구조를 갖고 있다.

- [0105] 특히, 제1층(12)과 제2층(13)은, 각각 소정의 조성비로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>을 포함하기 때문에 충분한 강도를 지니어, 각 층간의 열팽창 계수의 차에 따른 사용시의 열 응력에 의한 균열 발생을 억제할 수 있다. 이 균열 발생을 보다 낮게 하기 위해서는, 제1층(12) 및 제2층(13)의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 체적 조성비를 ±5 체적% 이내로 균일화하는 것이 바람직하다. 또한, 제1층(12)에서의 방열성이 향상되기 때문에, 열 고입에 의한 발광 효율의 저하도 억제할 수 있다. 또한, LED 패키지 등의 히트 싱크에의 방열성도 우수한 것으로 할 수 있다.
- [0106] 또한, 각 층(12, 13, 14)의 계면에 있어서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리 연결하는 연결 구조를 갖고 있기 때문에, 각 층간의 굴절율차에 따른 빛의 계면 반사량을 저감할 수 있고, 그 결과, 발광 효율의 저하를 억제할 수 있다. 또한, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리의 연결 구조를 갖고 있기 때문에, 상기 제1층(12)에서의 열 고입에 의한 발열 효율의 저하도 억제할 수 있다. 또한 히트 싱크로서의 디바이스 케이싱에의 방열성도 향상시킬 수 있다.
- [0107] 한편, 「제1층(12)에 포함되는 YAG계 형광성 재료의 체적 조성비(체적%)×두께(μm)」를 A(vol%·μm)로 하고, 「제2층(3)에 포함되는 YAG계 재료의 체적 조성비(체적%)×두께(μm)」를 B(체적%·μm)로 하면, A/B는 0.024 이상 5 이하인 것이 보다 바람직하다. 다른 조건을 만족하고, 또한 이 범위로 형성함으로써, 사용시에 발생하는 휘어짐을 보다 확실하게 저감할 수 있다. 이 효과를 더욱 높이기 위해서는, 상기 A/B가 0.083~0.360인 것이 보다 바람직하다.
- [0108] 또한, 상기 제1층(12)에 포함되는 YAG계 형광성 재료와, 상기 제2층(13)에 포함되는 YAG계 재료의 평균 입자경은 0.5 μm 이상 5 μm 이하가 되고, 상기 제1층(12)과 제2층(13)에 포함되는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 평균 입자경은 1 μm 이상 10 μm 이하가 된다.
- [0109] 상기한 것과 같이 입자경을 설정함으로써, 출사광의 산란성을 양호한 것으로 하여, 시야각에서의 색 얼룩을 보다 저감할 수 있는 동시에, 특히 제1층에서의 YAG계 형광성 재료의 불균질 분포에 따른 출사광의 면내 색 얼룩을 보다 저감할 수 있다.
- [0110] 또한, 상기 제1층(2) 중의 부활제 함유 YAG계 형광 재료의 체적 조성비를 a로 한 경우, a가 22~35이고, 상기 제2층(3) 중의 YAG계 재료의 체적 조성비를 b로 한 경우, b가 25~40이면서 또한 상기 b가 상기 a보다도 큰 것이 보다 바람직하다.
- [0111] 상기 과장 변환 소성체(과장 변환 적층 복합체)를, 도 3에 도시하는 것과 같이, 상기 제2층(13)을 발광 소자(15)의 상면에 위치하고, 발광 소자로부터 청색광을 조사하도록 이용함으로써, 발광 소자로부터 나온 청색광이 YAG계 재료의 체적 조성비가 큰 제2층(13)에서 보다 확산되고, 상기 제1층(12)에 조사될 때, 청색광은 보다 균질하게 확산된 상태가 되어, 국소적인 조사 얼룩집에 따른 발열을 억제할 수 있어, 발광 효율을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0112] 한편, 이 제2에 실시형태에서도, 제1 실시형태에서 말한 것과 같이, 상기 제1층(12) 및 제2층(13)의 표면은 가공없이 노출되는 소성면이며, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)가 0.1 μm 이상 0.5 μm 이하이고, 상기 표면에 노출되는 상기 YAG계 형광성 재료의 입자 및 YAG계 재료의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)가 0.2 nm 이상 0.5 nm 이하이고, 상기 표면에 노출되는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자의 측정 길이 1 μm에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)가 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하로 형성되어 있다.
- [0113] [실시에]
- [0114] 이하, 본 발명을 실시예에 기초하여 더욱 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 하기 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0115] (Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 소성체 시료의 제작)
- [0116] 평균 입경 0.5 μm, 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 1.2 μm, 순도 99.9%의 산화이트륨 분말과, 평균 입경 0.4 μm, 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0117] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 볼을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0118] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기

속에서 탈지, 하소한 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작했다(실시예 1~실시예 18, 비교예 1~비교예 5).

- [0119] 한편,  $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체의 기공율, 소성면의 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기, 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기, 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경은, 소성 온도를 1500°C~1750°C의 범위에서, 또한  $Y_2O_3$  원료,  $CeO_2$  원료 및  $Al_2O_3$  원료의 평균 입경을 상기 수치 범위 내에서, 적절하게 변경함으로써 표 1로 되는 것을 제작했다.
- [0120] 또한, 비교예 3에서는, 상기 실시예 11과 동등한 조건으로  $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작하고, 그 후, 입사면 및 출사면을 3  $\mu m$ 의 다이아몬드 슬러리를 이용하여 경면 가공을 실시했다.
- [0121] 또한, 비교예 4에서는, 상기 실시예 14와 동등한 조건으로  $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작하고, 그 후, 입사면 및 출사면을 #200(메쉬)의 고정 지립을 이용하여, 평면 연삭 가공기에 의해 연삭 가공을 실시했다.
- [0122] 또한, 비교예 5에서는, 상기 실시예 15와 동등한 조건으로  $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작하고, 그 후, 입사면 및 출사면을 열농황산(25%  $H_2SO_4$ , 150°C)으로 에칭 가공을 실시했다.
- [0123] 상기 실시예 1~실시예 18, 비교예 1~비교예 5를 표 1, 표 2에 나타낸다.
- [0124] ( $Y_2Gd_1Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체 시료의 제작)
- [0125] 평균 입경 0.5  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 1.2  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화이트륨 분말과, 평균 입경 0.5  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화가돌리늄 분말과, 평균 입경 0.4  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0126] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 불을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0127] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기 속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $Y_2Gd_1Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작했다.
- [0128] 그리고, 실시예 19~실시예 36, 비교예 6~비교예 10에 따른 소성체를 얻었다. 상기 실시예 19~실시예 36, 비교예 6~비교예 10을, 표 3, 표 4에 나타낸다.
- [0129] 한편, 실시예 19~실시예 36 및 비교예 6, 7에 있어서의 각 특성치의 변경은, 상술한  $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체의 경우와 같은 식으로 행했다. 비교예 8(실시예 31과 동등한  $Y_2Gd_1Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체), 비교예 9(실시예 36과 동등한  $Y_2Gd_1Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체), 비교예 10(실시예 25와 동등한  $Y_2Gd_1Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체)는, 비교예 3, 4, 5와 같은 조건으로 경면 가공, 연삭 가공, 에칭 가공을 했다.
- [0130] ( $Lu_3Al_5O_7:Ce+Al_2O_3$  소성체 시료의 제작)
- [0131] 평균 입경 0.5  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 1.7  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화루테튬 분말과, 평균 입경 0.4  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0132] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 불을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0133] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기 속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $Lu_2Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작했다(실시예 37). 또한, 실시예 37을 표 5, 표 6에 나타낸다.
- [0134] ( $Y_3Ga_1Al_4O_7:Ce+Al_2O_3$  소성체 시료의 제작)
- [0135] 평균 입경 0.5  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 1.2  $\mu m$ , 순도 99.9%의 산화이트륨 분말과, 평균

입경 2  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화갈륨 분말과, 평균 입경 0.4  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.

- [0136] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0137] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기 속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $\text{Y}_3\text{Ga}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체를 제작했다(실시예 38). 또한, 실시예 38을 표 5, 표 6에 나타낸다.
- [0138] ( $\text{Lu}_3\text{Sc}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체 시료의 제작)
- [0139] 평균 입경 0.5  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 1.7  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화루테튬 분말과, 평균 입경 0.3  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화스칸듐 분말과, 평균 입경 0.4  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0140] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0141] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기 속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $\text{Lu}_3\text{Sc}_1\text{Al}_4\text{O}_1:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체를 제작했다(실시예 39). 또한, 실시예 39를 표 5, 표 6에 기재한다.
- [0142] ( $\text{Lu}_3\text{Ga}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체 시료의 제작)
- [0143] 평균 입경 0.5  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 1.7  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화루테튬 분말과, 평균 입경 2  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화갈륨 분말과, 평균 입경 0.4  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0144] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0145] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기 속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $\text{Lu}_3\text{Ga}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체를 제작했다(실시예 40). 또한, 실시예 40을 표 5, 표 6에 기재한다.
- [0146] ( $\text{Y}_3\text{Sc}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체 시료의 제작)
- [0147] 평균 입경 0.5  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 1.2  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화이트륨 분말과, 평균 입경 0.3  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화스칸듐 분말과, 평균 입경 0.4  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0148] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0149] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기 속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $\text{Y}_3\text{Sc}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체를 제작했다(실시예 41). 또한, 실시예 41을 표 5, 표 6에 기재한다.
- [0150] ( $\text{Tb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}+\text{Al}_2\text{O}_3$  소성체 시료의 제작)
- [0151] 평균 입경 0.5  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경 0.7  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화테르븀 분말과, 평균 입경 0.4  $\mu\text{m}$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0152] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0153] 이 슬러리를 이용하여, 닥터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기

속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $Tb_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작했다 (실시예 42). 또한, 실시예 42를 표 5, 표 6에 기재한다.

- [0154] ( $Yb_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체 시료의 제작)
- [0155] 평균 입경  $0.5 \mu m$ , 순도 99.9%의 산화세륨 분말과, 평균 입경  $0.4 \mu m$ , 순도 99.9%의 산화이트레븀 분말과, 평균 입경  $0.4 \mu m$ , 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 소정의 배합 비율로 혼합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0156] 이 원료 분말에, 에탄올, 폴리비닐부티랄(PVB)계 바인더 및 글리세린계 가소제를 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀로 40시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 조제했다.
- [0157] 이 슬러리를 이용하여, 탁터블레이드법에 의해, 소정 두께의 그린 시트를 성형했다. 얻어진 그린 시트를, 대기 속에서 탈지, 하소 후,  $1.0 \times 10^{-2}$  Pa 이하의 진공 분위기 하에서 소성하여,  $Yb_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체를 제작했다 (실시예 43). 또한, 실시예 43을 표 5, 표 6에 기재한다.
- [0158] 한편, 상기 실시예 37~실시예 43에서의 각 특성치의 변경은, 상기한  $Y_3Al_5O_{12}:Ce+Al_2O_3$  소성체의 경우와 같은 식으로 행했다. 또한, 실시예 1~43 및 비교예 1~10의 소성체에 있어서의 입사면(2) 및 출사면(3) 이외의 4개의 측면은, #150(메쉬)의 고정 지립을 이용하여 평면 연삭 가공기에 의해 연삭을 하며, 어느 측면이나 측정 길이 100  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)는  $0.5 \sim 1.5 \mu m$ 의 범위였다.
- [0159] (각 실시예, 각 비교예의 측정)
- [0160] 그리고, 각 실시예, 각 비교예에 관해서, 가공율, 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1, Ra2), 입사면 및 상기 출사면의 평균 표면 거칠기(Ra), 형광성 재료와 투광성 재료의 함유 비율, 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1) 및 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2), 발광 효율, 발광 열폭을 측정했다.
- [0161] 상기 가공율은 아르키메데스법에 의해 측정했다(JIS C 2141).
- [0162] 또한, 상기 표면에 노출되는  $Y_3Al_5O_{12}:Ce$  입자 및  $Al_2O_3$  입자의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1, Ra2)는, 스프링 상수 3 N/m, 공진 주파수 75 kHz의 캔틸레버(실리콘 캔틸레버)를 이용하여, AC 모드(태핑 모드)로 원자간력 현미경(Digital Instruments 제조 Dimension 5000)을 사용하여, 각 샘플의 표면 형상을 스캔함으로써 측정했다.
- [0163] 측정은 표준 스캐너의 최대 범위 10  $\mu m$  사방에서 주사하고, 그 후에, 표면 형상의 특징이 반영되도록 시야 좁히기(확대)를 했다. 산술 평균 거칠기의 산출은 1  $\mu m$  길이로 실시했다. 이 측정된 Ra1, Ra2로부터 Ra2/Ra1을 구했다.
- [0164] 또한, 입사면 및 상기 출사면의 산술 평균 거칠기(Ra)는, 접촉식 표면 거칠기 측정기로 측정 길이 4  $\mu m$ 에서 측정했다(JIS B0601-2001).
- [0165] 또한, 형광성 재료와 투광성 재료의 함유 비율은, 우선 형광성 재료에 관련한 원료 분말과 투광성 재료에 관련한 원료 분말의 혼합량을 변화시킨 샘플을 분말 X선 해석으로 측정하여, 형광성 재료 및 투광성 재료의 피크 강도비로부터 검량선을 작성했다. 그 후, 측정 시료를 측정하여, 형광성 재료 및 투광성 재료의 비율을 산출했다.
- [0166] 상기 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1) 및 상기 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)은, FE-SEM의 반사 전자상에 의해, 형광상과 투광상을 특정하여, 각각의 입자 직경을 측정했다. 한편, 하나의 입자의 직경은, 최장 직경과 최단 직경을 측정하여, 이것을 2로 나눈 값으로 했다.
- [0167] 또한, 발광 효율은, 1 mm 사방, 두께 0.1 mm로 가공 후, 청색 LED 소자(발광 영역 1 mm 사방, 발광 파장 460 nm) 상에 실리콘 수지로 고정했다. 발광을 적분구로 집광 후, 분광기(오션옵틱스사 제조 「USB4000 파이버 멀티채널 분광기」)를 이용하여, 발광 스펙트럼을 측정했다.
- [0168] 얻어진 스펙트럼으로부터 발광 피크 파장 및 흡수량으로 규격화한 발광 강도를 산출했다. 발광 강도는 시판되는 YAG:Ce 형광체(가세이옵틱스사 제조 「P46-Y3」)의 측정 결과를 100으로 했다.
- [0169] 발광 열폭은, 1 mm 사방, 두께 0.1 mm로 가공 후, 배면으로부터 직경 0.3 mm로 집광한 청색 LED광을 조사하고, 전방에서 분광기(오션옵틱스사 제조 「USB4000 파이버 멀티채널 분광기」)를 이용하여 수광했다.
- [0170] 얻어진 스펙트럼 데이터로부터 CIEx를 산출했다. 표에 나타내는 값은, 5 mm 사방 영역을 0.1 mm 피치로  $51 \times$

51(2601 포인트) 측정했을 때의 표준 편차를 나타낸다.

상기 측정 결과를 표 1~표 6에 기재한다.

표 1

비교예	기공률 (%)	표면 상태	YAG:Ce 입자의 20개 평균 표면 거칠기: Ra		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 입자의 20개 평균 표면 거칠기: Ra		소형해 전체에서의 10점 평균 표면 거칠기: Ra		Ra2/Ra1	형광성 재료		투광성 재료	
			(nm/1μm 길이)	(nm/1μm 길이)	(μm/4mm 길이)	(μm/4mm 길이)	재질	함유 비율 vol%		재질	함유 비율 vol%		
비교예1	2.1	소형면	0.70	0.70	1.0	1.00	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예1	0.5	소형면	0.20	0.30	0.1	1.50	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예2	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예3	1.0	소형면	0.50	0.70	0.5	1.40	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
비교예2	1.0	소형면	0.70	0.90	0.7	1.28	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예4	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	80			
실시예5	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	22	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	78			
실시예6	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예7	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	35	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	65			
실시예8	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	40	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60			
실시예9	0.1	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예10	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예11	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예12	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예13	0.8	소형면	0.30	0.40	0.2	1.33	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예14	0.1	소형면	0.40	0.40	0.2	1.00	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예15	0.8	소형면	0.25	0.30	0.2	1.20	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예16	0.8	소형면	0.25	0.40	0.2	1.60	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예17	0.8	소형면	0.20	0.40	0.2	2.00	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예18	0.8	소형면	0.19	0.40	0.2	2.10	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
비교예3	0.8	연마면(연마)	0.30	0.30	<0.01	1.00	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
비교예4	0.1	연마면	2.80	2.40	0.3	0.88	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
비교예5	0.8	매장면	1.90	1.10	0.2	0.58	Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			

[0172]

표 2

	평형성 재료 20개		d1/d2	발광 효율 %	색 일률 $\sigma$ (CIE x)	기계적 강도 MPa
	평균 인경: d1 $\mu m$	평균 인경: d2 $\mu m$				
비교예 1	0.6	1.3	0.48	77	0.0023	322
실시예 1	1.7	5.1	0.33	126	0.0005	486
실시예 2	2.1	4.9	0.43	123	0.0006	431
실시예 3	1.5	6.3	0.24	127	0.0007	507
비교예 2	0.9	4.4	0.20	75	0.0027	363
실시예 4	7.0	11.0	0.64	102	0.0009	402
실시예 5	5.0	10.0	0.38	140	0.0001	407
실시예 6	2.7	4.9	0.55	131	0.0003	485
실시예 7	0.5	1.0	0.49	137	0.0004	477
실시예 8	0.2	0.5	0.40	101	0.0008	491
실시예 9	1.0	1.2	0.85	102	0.0007	440
실시예 10	2.6	3.3	0.78	135	0.0000	436
실시예 11	1.5	4.1	0.37	140	0.0001	382
실시예 12	1.8	18.0	0.10	132	0.0000	526
실시예 13	0.6	20.0	0.03	108	0.0008	578
실시예 14	2.4	7.9	0.30	110	0.0007	416
실시예 15	3.0	10.0	0.50	152	0.0001	403
실시예 16	2.7	4.9	0.55	147	0.0001	424
실시예 17	0.5	1.0	0.50	144	0.0000	426
실시예 18	1.4	8.3	0.17	117	0.0010	457
비교예 3	1.1	3.3	0.33	89	0.0028	324
비교예 4	3.9	8.7	0.45	93	0.0026	348
비교예 5	4.5	9.6	0.47	94	0.0014	370

표 3

비교예	기공률 (%)	표면 상태	YAG:Ce 입자의 20개 평균 표면 거칠기: Ra		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 입자의 20개 평균 표면 거칠기: Ra <sub>2</sub>		소양해 전처리에서의 10점 평균 표면 거칠기: Ra		Ra <sub>2</sub> /Ra1		형광성 재료		투광성 재료	
			(nm/1 $\mu$ m 길이)	(nm/1 $\mu$ m 길이)	( $\mu$ m/4mm 길이)		재료	원유 비율 vol%	재료	원유 비율 vol%				
비교예 6	1.8	소양면	0.70	0.70	1.0	1.00	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 19	0.7	소양면	0.20	0.30	0.1	1.50	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 20	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 21	1.0	소양면	0.50	0.60	0.5	1.20	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 7	1.0	소양면	0.80	1.10	0.5	1.29	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 22	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	21 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	80					
비교예 23	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	22 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	78					
비교예 24	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	30 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70					
비교예 25	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	35 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	65					
비교예 26	0.1	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	39 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60					
비교예 27	0.1	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 28	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 29	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 30	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 31	0.5	소양면	0.40	0.50	0.2	1.25	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 32	0.1	소양면	0.50	0.50	0.2	1.00	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 33	0.5	소양면	0.42	0.50	0.2	1.20	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 34	0.5	소양면	0.38	0.50	0.2	1.40	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 35	0.5	소양면	0.25	0.50	0.2	2.00	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 36	0.5	소양면	0.22	0.50	0.2	2.30	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 8	0.5	연마면(경면)	0.30	0.30	<0.01	1.00	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 9	0.5	연마면	2.80	2.30	0.3	0.88	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					
비교예 10	0.5	연마면	1.70	1.50	0.2	0.88	Y <sub>2</sub> Gd <sub>4</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72					

표 4

	형광성 재료 20개		d1 / d2	반광 효율 %	색 일록 $\sigma$ (CIE*)	기계력 강도 MPa
	평균 입경: d1 $\mu m$	평균 입경: d2 $\mu m$				
비교예 6	0.7	1.7	0.41	92	0.0020	389
실시예 19	0.7	8.1	0.09	124	0.0006	449
실시예 20	3.0	8.1	0.37	122	0.0007	577
실시예 21	2.3	2.2	1.05	130	0.0004	541
비교예 7	2.4	9.0	0.27	98	0.0018	346
실시예 22	0.3	0.3	1.00	119	0.0008	537
실시예 23	0.5	1.0	0.50	138	0.0003	559
실시예 24	2.4	5.1	0.47	132	0.0004	496
실시예 25	5.0	10.0	0.50	139	0.0001	407
실시예 26	6.5	10.9	0.60	101	0.0010	411
실시예 27	2.6	3.7	0.70	117	0.0010	570
실시예 28	2.6	3.3	0.78	140	0.0001	579
실시예 29	7.8	2.0	3.90	133	0.0000	575
실시예 30	0.5	5.1	0.10	137	0.0000	513
실시예 31	3.3	5.7	0.58	113	0.0010	443
실시예 32	3.3	7.4	0.45	104	0.0007	443
실시예 33	2.9	1.2	2.42	146	0.0001	461
실시예 34	2.3	3.4	0.68	144	0.0001	584
실시예 35	4.2	2.7	1.56	155	0.0000	483
실시예 36	2.8	4.8	0.58	106	0.0010	575
비교예 8	2.9	3.4	0.54	99	0.0022	313
비교예 9	2.5	4.6	0.54	71	0.0024	356
비교예 10	4.0	9.6	0.42	100	0.0026	385

표 5

기공률 (%)	표면 상태	YAG:Ce 입자의 20계		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 입자의 20계		소성체 전체에서의 10점		Ra2/Ra1		형광성 재료		투광성 재료	
		평균 표면 거칠기: Ra1	평균 표면 거칠기: Ra2	평균 표면 거칠기: Ra1	평균 표면 거칠기: Ra2	평균 표면 거칠기: Ra	제질	함유 비율 vol%	제질	함유 비율 vol%			
실시예 37	0.8 소성면	0.30	0.40	0.30	0.40	0.3	1.33 Lu <sub>2</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>7</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예 38	0.5 소성면	0.30	0.40	0.30	0.40	0.2	1.33 Y <sub>3</sub> Ga <sub>7</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
실시예 39	0.7 소성면	0.30	0.40	0.30	0.40	0.3	1.33 Lu <sub>3</sub> Sc <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
실시예 40	0.9 소성면	0.30	0.40	0.30	0.40	0.2	1.33 Lu <sub>3</sub> Ga <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
실시예 41	0.7 소성면	0.30	0.40	0.30	0.40	0.3	1.33 Y <sub>3</sub> Sc <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
실시예 42	0.8 소성면	0.30	0.40	0.30	0.40	0.2	1.33 Tb <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			
실시예 43	0.9 소성면	0.30	0.40	0.30	0.40	0.2	1.33 Yb <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> O <sub>12</sub> :Ce	28	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72			

표 6

	형광성 재료 20개		투광성 재료 20개		d1/d2	발광 효율 %	색 얼룩 $\sigma$ (O.D.%)	기계적 강도 MPa
	평균 입경: d1 $\mu\text{m}$	평균 입경: d2 $\mu\text{m}$	평균 입경: d1 $\mu\text{m}$	평균 입경: d2 $\mu\text{m}$				
실시예 37	4.4	5.3			0.83	134	0.0002	471
실시예 38	2.1	6.2			0.34	138	0.0002	421
실시예 39	2.8	8.7			0.32	137	0.0003	567
실시예 40	1.4	9.6			0.15	133	0.0002	446
실시예 41	1.9	3.0			0.63	137	0.0003	555
실시예 42	1.1	2.9			0.38	133	0.0002	420
실시예 43	1.2	1.9			0.63	135	0.0002	571

[0177]

[0178]

종래예로서 기재한 소성체 표면을 에칭 처리한 파장 변환 재료(비교예 5)는 기계적 강도가 낮고, 또한 색 얼룩이 큰 것이었다.

[0179]

또한, 상기 에칭 처리 대신에, 연삭 처리를 실시한 파장 변환 재료(비교예 4)는, 기계적 강도, 색 얼룩, 모두 비교예 5와 같은 정도의 것이었다. 또한, 연마 처리를 실시한 파장 변환 재료(비교예 3)는 발광 효율이 낮은 것이었다.

[0180]

이들에 대하여, 표 1 및 표 2로부터 알 수 있는 것과 같이, 기공율을 1.0% 이하로 하고, 소성면에 있어서의 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)를 0.1  $\mu\text{m}$ ~0.5  $\mu\text{m}$ , 표면에 노출되는 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)를 각각 0.2 nm~0.5 nm, 0.3 nm~0.7 nm로 한 본원 발명의 파장 변환 소성체(실시예 1~실시예 3)는, 또한 이들 수치 범위 밖(비교예 1, 2)보다도 발광 효율이 높고, 색 얼룩이 작아지는 것이 확인되었다.

[0181]

또, 더욱이 형광성 재료 입자 및 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경을 각각 d1: 0.5~5  $\mu\text{m}$ , d2: 1~10  $\mu\text{m}$ 으로 하고, 각 입자가 차지하는 비율을 각각 22~35 체적%, 65~78 체적%로 한 본원 발명의 파장 변환 소성체(실시예 5~7)는, 상기 실시예 1~3보다도 발광 효율이 높아지고, 또한 색 얼룩이 작아지는 것이 확인되었다.

[0182]

또, 더욱이 형광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d1)을, 투광성 재료 입자의 20개 평균 직경(d2)의 0.1~0.78배로 한 본원 발명의 파장 변환 소성체(실시예 10~12)는, 상기 실시예 5~7보다도 색 얼룩이 더욱 작아지는 것이 확인되고, 또한 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)를, 형광성 재료 입자의 동 Ra1의 1.2~2.0배로 함으로써, 발광 효율이 더욱 향상되는 것이 확인되었다.

[0183]

또한, 표 3 및 표 4로부터 형광성 재료로서  $\text{Y}_2\text{Gd}_1\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 를 이용한 파장 변환 소성체의 경우에도, 상기  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 의 경우와 마찬가지로 확인되었다.

- [0184] 더욱이, 표 5 및 표 6으로부터 형광성 재료로서  $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ,  $\text{Lu}_3\text{Ga}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ,  $\text{Y}_3\text{Sc}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ,  $\text{Lu}_3\text{Ga}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ,  $\text{Y}_3\text{Sc}_1\text{Al}_4\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ,  $\text{Tb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ ,  $\text{Yb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$ 를 이용한 과장 소성체의 경우도, 양호한 발광 효율과 작은 색 얼룩으로 되는 것이 확인되었다.
- [0185] 이하, 본 발명의 제2 실시형태를 실시예에 기초하여 더욱 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 하기 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0186] (제1층의 그린 시트의 제작)
- [0187] 제2 실시형태에서의 제1층은, 상기 제1 실시형태의 과장 변환 소성체에 상당하는 것이다.
- [0188] 즉, 평균 입자경 0.3~1.5  $\mu\text{m}$ 의 순도 99.9%의 산화세륨 분말, 평균 입자경 0.6~5  $\mu\text{m}$ 의 순도 99.9%의 산화이트륨 분말 및 평균 입자경 0.2~0.9  $\mu\text{m}$ 의 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을 표 7에 도시하는 것과 같은 후에 기재하는 소성 조건 등으로 소성한 후의 조성이 되도록 소정량 배합하여 원료 분말을 얻었다.
- [0189] 상기 원료 분말에 대하여 에탄올, PVB계 바인더 및 글리세린계 가소제를 원료 분말에 대하여 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀에 의해서 10시간 분쇄혼합을 하여, 슬러리를 제작했다.
- [0190] 그리고, 얻어진 슬러리로부터, 닥터블레이드법에 의해, 표 7에 나타내는 소정 두께의 그린 시트를 제작했다. 이어서, 제작한 그린 시트를 100 mm×100 mm의 직사각형으로 펀칭 가공했다.
- [0191] (중간층의 그린 시트의 제작)
- [0192] 평균 입자경 0.3~2.1  $\mu\text{m}$ 의 순도 99.9%의 산화알루미늄 분말을, 원료 분말로 했다. 후에 기재하는 소성 조건 등으로 소성한 후의 산화알루미늄 입자의 직경이, 표 8에 나타내는 최소치 및 최소치의 범위 내가 되도록 선정했다.
- [0193] 이 원료 분말에 대하여 에탄올, PVB계 바인더 및 글리세린계 가소제를 원료 분말에 대하여 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀에 의해서 10시간 분쇄 혼합을 하여, 슬러리를 제작했다.
- [0194] 그리고, 얻어진 슬러리로부터, 닥터블레이드법에 의해, 표 8에 기재하는 소정 두께의 그린 시트를 제작했다. 이어서, 제작한 그린 시트를 100 mm×100 mm의 직사각형으로 펀칭 가공했다.
- [0195] (제2층의 그린 시트의 제작)
- [0196] 순도 99.9%, 평균 입자경 0.6~5  $\mu\text{m}$ 의 산화이트륨 분말, 순도 99.9%, 평균 입자경 0.2~0.9  $\mu\text{m}$ 의 산화알루미늄 분말을, 표 9에 나타내는 것과 같은, 후에 기재하는 소성 조건 등으로 소성한 후의 조성이 되도록 소정량 배합하여, 원료 분말을 얻었다.
- [0197] 상기 원료 분말에 대하여 에탄올, PVB계 바인더 및 글리세린계 가소제를 원료 분말에 대하여 첨가하고, 산화알루미늄 분말을 이용한 볼밀에 의해서 10시간 분쇄혼합을 하여, 슬러리를 제작했다.
- [0198] 그리고, 얻어진 슬러리로부터, 닥터블레이드법에 의해, 표 9에 기재하는 소정 두께의 그린 시트를 제작했다. 이어서, 제작한 그린 시트를 100 mm×100 mm의 직사각형으로 펀칭 가공했다.
- [0199] (과장 변환 적층 복합체(과장 변환 소성체)의 작성)
- [0200] 상기 제1층, 중간층, 제2층의 펀칭 가공 후, 제1층용 그린 시트과, 제2층용 그린 시트 사이에, 중간층용의 그린 시트를 끼워넣어, 그린 시트의 적층체로 했다.
- [0201] 이어서, 60℃, 100 MPa의 분위기 하에서 온간등방압가압법(WIP)을 행하여, 적층 구조를 갖는 성형체를 제작했다.
- [0202] 그리고, 제작한 성형체를 대기 속에서 탈지, 하소 후, 진공 분위기 하에, 1550~1750℃에서 소성하여, 과장 변환 적층 복합체(과장 변환 소성체)를 얻었다(실시예 44~실시예 53, 비교예 11~19).
- [0203] [각 실시예, 각 비교예의 측정, 평가]
- [0204] (기공율 등의 측정)
- [0205] 본 발명의 제1 실시형태에 따른 실시예, 비교예와 같은 식의 방법으로, 본 발명의 제2 실시형태에 따른 실시예, 비교예에 관해서, 기공율, 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1, Ra2), 평균 표면 거칠기(Ra), YAG계 형광성 재료

입자의 20개 평균 직경(d1) 및 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자의 20개 평균 직경(d2), YAG계 형광성 재료와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함유 비율, YAG계 재료와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함유 비율을 측정했다. 그 결과를 표 7, 8, 9에 나타낸다.

- [0206] (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리의 연결의 유무)
- [0207] 실시예 44~실시예 53, 비교예 11~19에 대해서, 각 층 및 각 층 계면에 있어서의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리의 연결의 유무에 관해서 검증했다.
- [0208] 각 층 및 각 층 계면에 있어서의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리의 연결의 유무는, 파장 변환 적층 복합체의 두께 방향의 임의의 수직 단면을 SEM(주사형 전자현미경)으로 관찰하여, 각 층 및 각 층 계면에 있어서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자끼리 연결(결합)하고 있는지 여부를 확인했다. 그 결과를 표 10에 나타낸다.
- [0209] (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자 개수 및 각 입자경의 측정)
- [0210] 파장 변환 적층 복합체의 두께 방향의 임의의 수직 단면을 SEM(주사형 전자현미경)으로 관찰하고, 중간층 부분을 총 1 mm<sup>2</sup>의 시야각으로 촬상했을 때에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자 개수 및 각 입자경을 측정했다. 그 결과를 표 8에 나타낸다.
- [0211] (소성 후의 제1층과 제2층에 있어서의 Ce 농도(atom%)의 측정)
- [0212] 소성 후의 제1층과 제2층에 있어서의 Ce 농도(atom%)의 측정은, 각 층을 각각 연삭 가공에 의해 깎아낸 후, ICP 발광 분석에 의해 측정했다.
- [0213] (색 얼룩의 측정)
- [0214] 색 얼룩은, 1 mm 사방으로 가공 후, 배면으로부터 직경 0.3 mm로 집광한 청색 LED광을 조사하고, 전방에서 분광기(오션옵틱스사 제조 「USB4000 파이버 멀티채널 분광기」)를 이용하여 수광했다.
- [0215] 얻어진 스펙트럼 데이터로부터 CIEx를 산출했다. 표 5에 기재하는 값은, 5 mm 사방 영역을 0.1 mm 피치로 51×51(2601 포인트) 측정했을 때의 표준 편차를 나타낸다.
- [0216] (색도(형광 피크 파장), 발광 효율의 측정)
- [0217] 색도 및 발광 효율은, 1 mm 사방으로 가공한 후, 청색 LED 소자(발광 영역 1 mm 사방, 발광 파장 460 nm) 상에 실리콘 수지로 고정했다. 발광을 적분구로 집광 후, 분광기(오션옵틱스사 제조 「USB4000 파이버 멀티채널 분광기」)를 이용하여, 발광 스펙트럼을 측정했다.
- [0218] 얻어진 스펙트럼으로부터 형광 피크 파장의 계측 및 흡수량으로 규격화한 발광 강도를 산출했다. 형광 피크 파장은 제2층에 Ce가 확산할수록, 단파장으로 된다. 청색광과 조합하여 원하는 백색광(8000 K 이하)을 얻기 위해서는 발광 피크 파장은 540 nm 이상일 필요가 있다.
- [0219] 발광 강도(발광 효율)는 시판되는 YAG:Ce 형광체(가세이옵트닉스사 제조 「P46-Y3」)의 측정 결과를 100으로 했다.

표 7

비교예	YAG계 형광성 재료	표면 상태	표촉에 기재한 재료의 조성비 (vol%)	평균 입자경 ( $\mu\text{m}$ )	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 제적 조성비 (vol%)	평균 직경 ( $\mu\text{m}$ )	두께 ( $\mu\text{m}$ )	기공률 (%)	YAG: Ce 입자의 20개 평균 표면 거합기: Ra1 (nm)	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 입자의 20개 평균 표면 거합기: Ra2 (nm)	소성체 전체에서의 10점 평균 표면 거합기: Ra ( $\mu\text{m}$ )	$\text{Ra2/Ra1}$ (-)	소성 후의 Ce의 농도 (at%)
비교예 1 1	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	100	6.4	0	—	31	0.2	0.3	—	0.16	—	2.9
비교예 1 2	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2	73	4.9	55	0.2	0.3	0.4	0.2	1.33	2.7
실시에 4 4	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2.1	73	4.9	54	0.2	0.3	0.4	0.2	1.33	3.1
실시에 4 5	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2.2	73	5	55	0.2	0.3	0.4	0.2	1.33	3.1
비교예 1 3	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2	73	4.8	52	1.5	0.3	0.4	0.2	1.33	3.1
비교예 1 4	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2	73	4.6	51	0.2	0.1	0.1	0.05	1	3.1
실시에 4 6	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2.4	73	5.1	50	0.2	0.2	0.3	0.1	1.33	3.1
실시에 4 7	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2.5	73	5	50	0.2	0.5	0.7	0.50	1.33	3.1
비교예 1 5	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2	73	4.6	55	0.2	0.8	1.0	0.8	1	3.1
실시에 4 8	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	18	4.2	82	5.9	50	0.4	0.3	0.4	0.3	1.33	3.1
실시에 4 9	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	22	2.3	78	5.4	53	0.3	0.3	0.4	0.3	1.33	3.1
실시에 5 0	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	35	1.9	65	3.2	55	0.3	0.3	0.4	0.2	1.33	3.1
실시에 5 1	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	40	1.8	60	4.2	53	0.2	0.3	0.4	0.2	1.33	3.1
비교예 1 6	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	기공면	27	2	73	4.6	55	0.2	0.01	0.01	0.01	1	3.1
비교예 1 7	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2.5	73	4.9	52	0.2	0.1	0.1	0.05	1	3.1
실시에 5 2	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2.2	73	4.6	51	0.2	0.2	0.3	0.1	1.33	3.1
실시에 5 3	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2	73	4.9	50	0.2	0.5	0.7	0.5	1.33	3.1
비교예 1 8	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	소성면	27	2.2	73	5	50	0.2	0.8	1.0	0.8	1	3.1
비교예 1 9	$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	기공면	27	2.3	73	5.2	51	0.2	0.01	0.01	0.01	1	3.1

[0220]

표 8

비교예	평균 직경 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )			기공률 (%)
	두께 ( $\mu\text{m}$ )	직경 200~300 $\mu\text{m}$ 인 입자의 개수 비 (%)	평균 $\text{min-max}$ ( $\mu\text{m}$ )	
비교예 1 1	83	95	18-70	0.2
비교예 1 2	35	85	17-31	0.2
실시에 4 4	53	90	14-36	0.2
실시에 4 5	81	96	5-31	0.2
비교예 1 3	82	96	16-36	1.5
비교예 1 4	85	97	6-85	0.2
실시에 4 6	78	94	5-56	0.2
실시에 4 7	81	95	13-52	0.2
비교예 1 5	79	95	10-37	0.2
실시에 4 8	79	94	13-70	0.2
실시에 4 9	77	96	14-54	0.2
실시에 5 0	80	96	10-56	0.2
실시에 5 1	80	96	14-78	0.2
비교예 1 6	77	97	18-66	0.2
비교예 1 7	83	90	11-43	0.2
실시에 5 2	80	90	12-59	0.2
실시에 5 3	75	90	5-69	0.2
비교예 1 8	75	90	10-68	0.2
비교예 1 9	79	90	11-53	0.2

[0221]



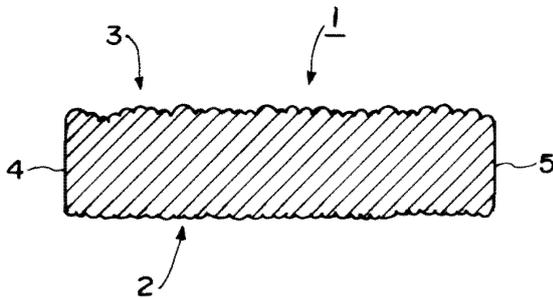
[0224] 이상의 결과, 실시예 44~53과 같이,  $Al_2O_3$ 에 의해 형성된 중간층에 있어서 직경  $20 \mu m$  이상  $300 \mu m$  이하의 입자가 전체 입자 개수의 90% 이상을 차지함으로써, 소성 후의 제2층에 있어서의 Ce(부활제) 농도를 충분히 낮은 것으로 할 수 있어, 제2층에의 Ce(부활제)의 확산을 억제할 수 있다는 것이 확인되었다.

[0225] 또한, 실시예 44~53과 같이, 상기 제1층, 중간층 및 제2층은 모두 기공율이 1.0% 이하인 소성체로 이루어지고, 상기 제1층 및 제2층의 표면은 가공없이 노출되는 소성면이며, 측정 길이 4 mm에서의 10점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra)가  $0.1 \mu m$  이상  $0.5 \mu m$  이하이고, 상기 표면에 노출되는 상기 YAG계 형광성 재료의 입자 및 YAG계 재료의 측정 길이 1  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra1)가 0.2 nm 이상 0.5 nm 이하이고, 상기 표면에 노출되는  $Al_2O_3$  입자의 측정 길이 1  $\mu m$ 에서의 20점 평균의 산술 평균 거칠기(Ra2)가 0.3 nm 이상 0.7 nm 이하인 경우에, 출사광의 색 얼룩을 억제하면서 또한 우수한 발광 효율을 갖는 것이 확인되었다.

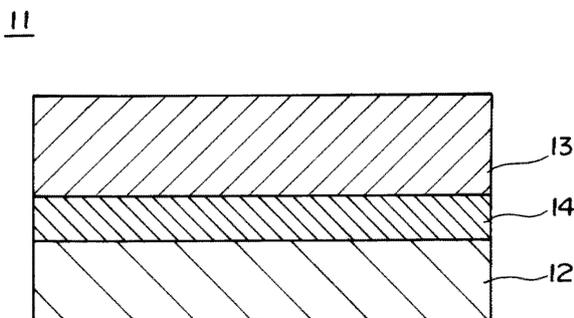
[0226] 더욱이, 실시예 44~47, 49~50, 52, 53과 같이, 제1층의 부활제 함유 YAG계 형광성 재료의 입자 및 상기 제2층의 YAG계 재료의 입자의 20개 평균 직경(d1)은  $0.5 \mu m$  이상  $5 \mu m$  이하이고, 상기 제1, 제2층의 각 층에 있어서의 상기  $Al_2O_3$ 의 입자의 20개 평균 직경(d2)은  $1 \mu m$  이상  $10 \mu m$  이하이고, 상기 제1층의 YAG계 형광성 재료와  $Al_2O_3$ 의 체적 조성비는, YAG계 형광성 재료가 22 체적% 이상 35 체적% 이하이고,  $Al_2O_3$ 이 65 체적% 이상 78 체적% 이하의 범위 내에 있고, 또한 상기 제2층의 YAG계 재료와  $Al_2O_3$ 의 체적 조성비는, YAG계 재료가 22 체적% 이상 35 체적% 이하이고,  $Al_2O_3$ 이 65 체적% 이상 78 체적% 이하의 범위 내에 있는 경우에, 보다 높은 발광 효율을 얻을 수 있다는 것이 확인되었다.

도면

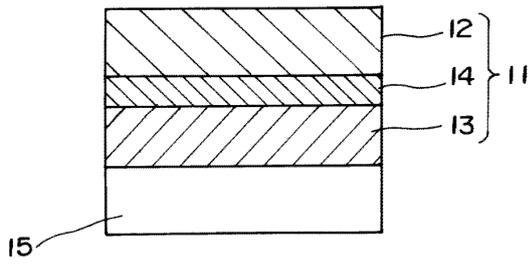
도면1



도면2

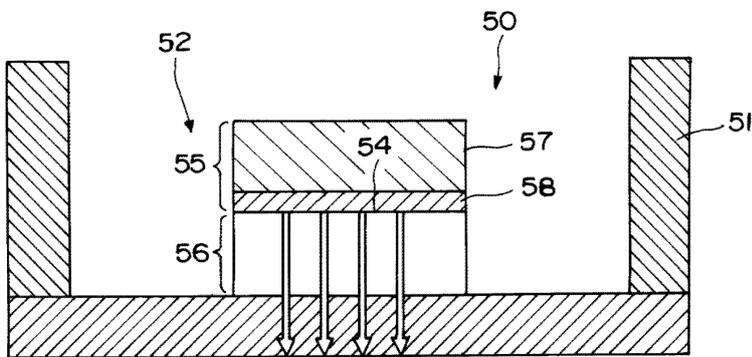


도면3



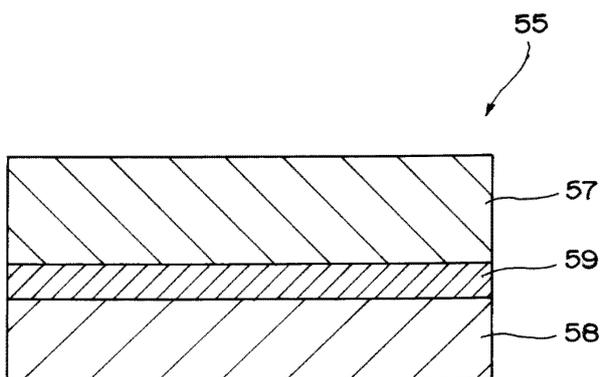
도면4

종래 기술



도면5

종래 기술



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

상기 표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1 μm에서의

**【변경후】**

표면에 노출되는 투광성 재료 입자의 측정 길이 1  $\mu\text{m}$ 에서의