



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0010352
(43) 공개일자 2017년01월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/20 (2006.01) G21K 4/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01T 1/20 (2013.01)
G21K 4/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7028781
(22) 출원일자(국제) 2015년05월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2016년10월17일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2015/064780
(87) 국제공개번호 WO 2015/182524
국제공개일자 2015년12월03일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-112067 2014년05월30일 일본(JP)

(71) 출원인
도레이 카부시키가이샤
일본국 도오교오도 주우오오구 니혼바시 무로마찌
2조메 1-1
(72) 발명자
하마노 츠바사
일본 시가켄 오츠시 소노야마 1쵸메 1-1 도레이
카부시키가이샤 시가 지교쵸 나이
타니노 타카히로
일본 시가켄 오츠시 소노야마 1쵸메 1-1 도레이
카부시키가이샤 시가 지교쵸 나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
하영옥

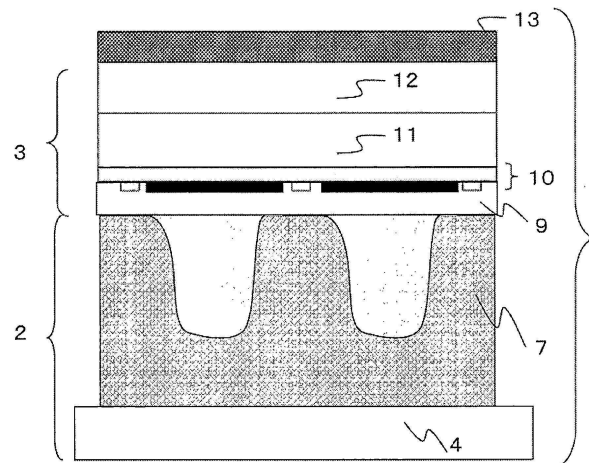
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 신틸레이터 패널, 방사선 화상 검출 장치 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 간편한 방법에 의해 형광체의 발광광의 산란을 현저히 억제하고, 필요 충분한 강도의 발광광을 얻음으로써 선명성이 우수한 화상을 얻는 것이 가능한 신뢰성이 높은 신틸레이터 패널을 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명은 기관, 및 형광체 분말을 함유하는 형광체층을 구비하고, 상기 형광체층이 표면에 복수의 오목부를 갖고, 상기 오목부의 개구부의 면적(A)은 $500 \sim 70000 \mu\text{m}^2$ 이며, 상기 형광체층의 두께(T)와 상기 오목부의 깊이(D)의 비인 D/T가 0.1~0.9인 신틸레이터 패널을 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

니시아마 타쿠야

일본 시가켄 오츠시 소노야마 1쵸메 1-1 도레이 카
부시키가이샤 시가 지교쵸 나이

타지마 이즈미

일본 시가켄 오츠시 소노야마 1쵸메 1-1 도레이 카
부시키가이샤 시가 지교쵸 나이

명세서

청구범위

청구항 1

기관, 및 형광체 분말을 함유하는 형광체층을 구비한 신틸레이터 패널로서,
상기 형광체층은 표면에 복수의 오목부를 갖고,
상기 오목부의 개구부의 면적(A)은 $500 \sim 70000 \mu\text{m}^2$ 이며,
상기 형광체층의 두께(T)와 상기 오목부의 깊이(D)의 비인 D/T는 0.1~0.9인 신틸레이터 패널.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 형광체층은 표면에 500~50000개/cm²의 오목부를 갖는 신틸레이터 패널.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
인접하는 상기 오목부끼리의 피치(P)는 $50 \sim 350 \mu\text{m}$ 의 범위에 있어서의 일정값이며,
상기 오목부의 개구부의 최대폭(W)은 $30 \sim 300 \mu\text{m}$ 인 신틸레이터 패널.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 형광체층을 구획하는 격벽을 더 갖는 신틸레이터 패널.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
상기 형광체층과 상기 격벽 사이에 오목 형상의 반사층을 더 구비하는 신틸레이터 패널.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 형광체층은 상기 형광체 분말의 충전 밀도가 다른 복수의 층으로 구성되어 있는 신틸레이터 패널.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 기재된 신틸레이터 패널을 구비하는 방사선 화상 검출 장치.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 기재된 신틸레이터 패널과, 그 신틸레이터 패널의 상기 오목부에 대향하는 광전 변환 소자를 구비하는 검출 기판을 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 제조 방법으로서, (A) 상기 오목부와 상기 광전 변환 소자의 위치 맞춤 공정, 및 (B) 상기 신틸레이터 패널과 상기 검출 기판의 접합 공정을 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 신틸레이터 패널, 방사선 화상 검출 장치 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래 의료 현장에 있어서 필름을 사용한 방사선 화상이 널리 사용되어 왔다. 그러나, 필름을 사용한 방사선 화상은 아날로그 화상 정보이기 때문에 최근 컴퓨터드 라디로그래피(computed radiography: CR)나 플랫패널형의 방사선 디텍터(flat panel detector: 이하, 「FPD」) 등의 디지털 방식의 방사선 화상 검출 장치가 개발되고 있다.

[0003] FPD에는 직접 방식과 간접 방식이 있지만 간접 방식에 있어서는 방사선을 가시광선으로 변환시키기 위해 신틸레이터 패널이 사용된다. 신틸레이터 패널은 요오드화 세슘(CsI) 또는 산 황화 가돌리늄(GOS) 등의 형광체를 함유하는 형광체층을 구성요소로서 구비하고 있어, 조사된 방사선에 따라 형광체가 가시광선을 발광해서 그 발광광을 TFT나 CCD에서 전기 신호로 변환함으로써 방사선의 정보를 디지털 화상 정보로 변환한다.

[0004] 형광체층을 형성하는 방법으로서 페이스트 형상의 형광체 분말의 도포막을 형광체층으로 하는 방법이 간편하지만, 도포막 내부에서 형광체의 발광광이 산란되어 버려 화상의 선명성은 매우 낮은 것이었다. 이 때문에 형광체의 발광광의 산란을 억제하고, 발광광을 고효율로 이용하기 위해서 대입경의 형광체로 이루어지는 형광체층과 소입경의 형광체로 이루어지는 형광체층을 교대로 배치하는 방법(특허문헌 1), 형광체층을 구획하기 위한 격벽을 설치하는 방법(특허문헌 2~4), 증착법으로 CsI 등의 주상 결정 구조의 형광체를 형성하고, 형광체의 발광광을 TFT나 CCD로 유도함으로써 S/N비를 개선하는 방법(특허문헌 5 및 6) 등이 제안되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 일본특허공개 2003-215253호 공보
- (특허문헌 0002) 일본특허공개 평 5-60871호 공보
- (특허문헌 0003) 일본특허공개 2011-188148호 공보
- (특허문헌 0004) 일본특허공개 2011-007552호 공보
- (특허문헌 0005) 일본특허공개 2012-242355호 공보
- (특허문헌 0006) 일본특허공개 2013-117547호 공보

발명의 내용

[0006] 그러나, 형광체 입경의 상위하는 층을 교대로 설치하는 방법이나, 격벽을 설치하는 방법에서는 형광체의 발광광의 산란을 충분하게 억제할 수 없어 필요한 강도의 발광광이 얻어지지 않는 것이 현 상황이었다. 또한, 주상 결정 구조의 CsI 등을 형광체층으로 하는 방법에서는 주상 결정 구조의 화학적 안정성이 낮은 것이나, 이물 혼입에 의한 패널 화질의 열화가 생기기 쉬운 것이 문제시 되고 있었다.

[0007] 그래서, 본 발명은 간편한 방법에 의해 형광체의 발광광의 산란을 현저히 억제하고, 필요 충분한 강도의 발광광을 얻음으로써 선명성이 우수한 화상을 얻는 것이 가능한 신뢰성이 높은 신틸레이터 패널을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 상기 과제는 이하의 기술 수단 중 어느 하나에 의해 달성된다.

[0009] 기관, 및 형광체 분말을 함유하는 형광체층을 구비한 신틸레이터 패널로서, 상기 형광체층이 표면에 복수의 오목부를 갖고, 상기 오목부의 개구부의 면적(A)이 $500 \sim 70000 \mu\text{m}^2$ 이며, 상기 형광체층의 두께(T)와, 상기 오목부의 깊이(D)의 비인 D/T가 0.1~0.9인 신틸레이터 패널.

[0010] 상기 신틸레이터 패널을 구비하는 방사선 화상 검출 장치.

[0011] 상기 신틸레이터 패널과, 상기 신틸레이터 패널의 상기 오목부에 대향하는 광전 변환 소자를 구비하는 검출 기관을 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 제조 방법으로서, (A) 상기 오목부와 상기 광전 변환 소자의 위치 맞춤

공정, 및 (B) 상기 신틸레이터 패널과 상기 검출 기관의 접합 공정을 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 제조 방법.

[0012] (발명의 효과)

[0013] 본 발명에 의하면 간편한 방법에 의해 형광체의 발광광의 산란을 현저히 억제하여 필요 충분한 강도의 발광광을 확보함으로써 선명성이 매우 높은 화상을 실현가능한 신뢰성이 우수한 신틸레이터 패널을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태를 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

도 2는 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태의 구성을 모식적으로 나타낸 사시도이다.

도 3은 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태를 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

도 4는 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태를 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

도 5는 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태를 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

도 6은 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

도 7은 격벽을 갖는 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태를 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

도 8은 격벽을 갖는 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태의 구성을 모식적으로 나타낸 사시도이다.

도 9는 격벽을 갖는 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태에 있어서의 격벽, 완충층 및 기관을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

도 10은 격벽을 갖는 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명의 신틸레이터 패널은 기관, 및 형광체 분말을 함유하는 형광체층을 구비하고, 상기 형광체층이 표면에 복수의 오목부를 갖고, 상기 오목부의 개구부의 면적(A)이 $500 \sim 70000 \mu\text{m}^2$ 이며, 상기 형광체층의 두께(T)와, 상기 오목부의 깊이(D)의 비인 D/T가 0.1~0.9인 것을 특징으로 한다.

[0016] 이하에, 도면을 이용하여 본 발명의 신틸레이터 패널의 구체적인 구성 대해 설명하지만 본 발명은 이들에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0017] 도 1, 3 내지 5 및 7은 본 발명의 신틸레이터 패널을 구비하는 방사선 화상 검출 장치의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다. 도 2 및 8은 본 발명의 신틸레이터 패널의 구성을 모식적으로 나타낸 사시도이다. 방사선 화상 검출 장치(1)는 신틸레이터 패널(2), 검출 기관(3) 및 전원부(13)로 이루어진다.

[0018] 신틸레이터 패널(2)은 기관(4), 및 기관(4) 상에 형성된 형광체 분말을 함유하는 형광체층(7)을 구비한다. 형광체층(7)은 표면에 복수의 오목부를 갖고 있다.

[0019] 검출 기관(3)은 기관(12) 상에 광전 변환 소자와 TFT로 이루어지는 화소가 2차원 형상으로 형성된 광전 변환층(10), 및 출력층(11)을 갖는다. 신틸레이터 패널(2)의 출력면과, 검출 기관(3)의 광전 변환층(10)을 접착층(9)을 통해 접착 또는 밀착시킴으로써 방사선 화상 검출 장치(1)가 구성된다. 이 때, 상기 광전 변환 소자의 화소와 상기 형광체층 표면의 1개 이상의 오목부가 대응하도록 한다. 하나의 화소에 1개의 오목부가 대응해도 상관 없고, 하나의 화소에 2개 이상의 오목부가 대응해도 상관없다. 광전 변환 소자의 1화소에 대응하는 형광체층의 오목부의 수가 균일한 것이 바람직하다.

[0020] 방사선 화상 검출 장치(1)에 입사된 방사선은 형광체층(7)에 함유되는 형광체에 흡수되어서 가시광선이 방사된다. 이렇게 해서 형광체로부터 방사되는 광을 이하, 「형광체의 발광광」이라고 부른다. 광전 변환층(10)에 도

달한 형광체의 발광광은 광전 변환층(10)에서 광전 변환되고, 출력층(11)을 통해 전기신호로서 출력된다.

- [0021] 신틸레이터 패널의 기관의 재질로서는 예를 들면, 방사선의 투과성을 갖는 유리, 세라믹, 반도체, 고분자 화합물 또는 금속을 들 수 있다. 유리로서는 예를 들면 석영, 붕규산 유리 또는 화학적 강화 유리를 들 수 있다. 세라믹으로서는 예를 들면 사파이어, 질화규소 또는 탄화규소를 들 수 있다. 반도체로서는 예를 들면 실리콘, 게르마늄, 갈륨 비소, 갈륨 인 또는 갈륨 질소를 들 수 있다. 고분자 화합물로서는 예를 들면 셀룰로오스아세테이트, 폴리에스테르, 폴리아미드, 폴리이미드, 트리아세테이트, 폴리카보네이트 또는 탄소 섬유 강화 수지를 들 수 있다. 금속으로서는 예를 들면 알루미늄, 철, 구리 또는 금속 산화물을 들 수 있다.
- [0022] 또한, 신틸레이터 패널의 운반의 편리성의 점에서 신틸레이터 패널의 경량화가 진행되고 있는 점에서 기관 두께는 2.0mm 이하가 바람직하고, 1.0mm 이하가 보다 바람직하다. 또한, 형광체의 발광광을 고효율로 이용하기 위해서 반사율이 높은 기관이 바람직하다. 바람직한 기관의 재료로서는 유리 또는 고분자 화합물을 들 수 있다. 특히, 바람직한 예로서 고반사 폴리에스테르 기관을 들 수 있다. 고반사 폴리에스테르 기관으로서의 방사선의 투과성이 높고, 또한 저비용인 점에서 보이드를 포함하는 백색 폴리에스테르 기관이 더욱 바람직하다.
- [0023] 기관 상에 형광체층을 형성한다. 형광체층은 형광체 분말을 함유한다. 여기서 형광체 분말이란 평균 입자경(D50)이 40 μ m 이하인 형광체를 말한다. 형광체로서는 예를 들면 CsI, CsBr, Gd₂O₂S(이하, 「GOS」), Gd₂SiO₅, BiGe₃O₁₂, CaWO₄, Lu₂O₂S, Y₂O₂S, LaCl₃, LaBr₃, LaI₃, CeBr₃, CeI₃ 또는 LuSiO₅를 들 수 있다. 발광 효율을 높이기 위해서 형광체에 부활제를 첨가해도 상관없다. 부활제로서는 예를 들면 나트륨(Na), 인듐(In), 탈륨(Tl), 리튬(Li), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 나트륨(Na), 테르븀(Tb), 세륨(Ce), 유로퓸(Eu) 또는 프라세오디뮴(Pr)을 들 수 있지만, 화학적 안정성이 높고, 또한 발광 효율이 높기 때문에 GOS에 Tb를 첨가한 Tb 부활 GOS(GOS:Tb)가 바람직하다.
- [0024] 형광체 분말은 구상, 편평상 또는 봉 형상 등인 것이 바람직하다. 형광체의 평균 입자경(D50)은 0.1~40 μ m인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 1.0~25 μ m이며, 더 바람직하게는 1.0~20 μ m이다. 한편, D50이 0.1 μ m 미만이면 형광체의 표면 결함에 의해 충분한 발광이 얻어지지 않는 경우가 있다. 또한, D50이 40 μ m를 초과하면, 광전 변환 소자마다의 검출 강도의 변동이 크고, 선명한 화상이 얻어지지 않는 경우가 있다.
- [0025] 형광체 분말의 평균 입자경(D50)은 입도 분포 측정 장치(예를 들면, MT3300; NIKKISO Co., Ltd. 제작)를 사용하여 물을 채운 시료실에 형광체 분말을 투입하고, 300초간 초음파 처리를 행한 후에 측정할 수 있다.
- [0026] 형광체층은 그 표면에 복수의 오목부를 갖는다. 여기서 형광체층의 표면이란 형광체층에 있어서 기관과 반대측에 위치하는 면을 말한다. 형광체층이 갖는 오목부에 의해 형광체의 발광광을 거기에서 집광시킬 수 있고, 발광광의 산란을 억제하는 것이 가능해지기 때문에 보다 선명한 화상을 얻을 수 있다. 또한, 형광체층이 오목부를 가짐으로써 형광체의 발광광이 광전 변환층에 도달할 때까지의 형광체에 의한 광 흡수가 저감되어 발광광을 고효율로 이용할 수 있다.
- [0027] 형광체층이 갖는 오목부의 형상으로서의 예를 들면 도 1 또는 도 3 내지 5에 나타내는 것을 들 수 있다.
- [0028] 형광체층의 오목부는 개구부의 면적(A)이 500~70000 μ m²일 필요가 있다. 면적(A)이 500 μ m² 미만이면 형광체의 발광광을 오목부에서 집광시킬 수 없어 발광광의 산란을 억제할 수 없다. 한편, 면적(A)이 70000 μ m²를 초과하면 오목부가 광전 변환 소자의 화소 사이즈보다 커짐으로써 화소마다의 검출 광량에 불균일이 발생하기 때문에 선명한 화상이 얻어지지 않는다.
- [0029] 면적(A)은 레이저 현미경(예를 들면, VK-9500; KEYENCE Corporation 제작)을 사용하여 배율 20배로 기관에 대해서 수직 상방향으로부터 형광체층을 스캔한 화상을 해석해서 구할 수 있다. 보다 구체적으로는 스캔한 화상에 있어서 오목부를 무작위로 5점 선택하고, 각각의 개구부의 형상에 따라 면적을 구하기 때문에 수학적으로 필요한 길이(예를 들면, 개구부의 형상이 정원(正円)이면 그 직경; 개구부의 형상이 정사각형이면 한 변의 길이)를 측정해서 각 개구부의 면적을 구한 후에 5점의 평균값을 산출해서 구할 수 있다.
- [0030] 도 6에 본 발명의 신틸레이터 패널의 일 실시형태를 모식적으로 나타낸 단면도를 나타낸다. 신틸레이터 패널(2)에 있어서, 기관(4) 상에 두께(T)의 형광체층(7)이 형성되어 있다. 형광체층(7)은 표면에 복수의 오목부를 갖고 있다. 오목부의 개구부의 최대폭을 W, 깊이를 D로 한다. 또한, 서로 인접하는 오목부끼리의 간격을 피치(P)로 한다. 여기서, 인접하는 오목부끼리의 간격이란 어떤 오목부의 개구부의 중심점으로부터 인접하는 오목부의 중심점까지의 거리를 말한다.

- [0031] 오목부의 개구부의 최대폭(W)은 30~300 μ m인 것이 바람직하고, 40~250 μ m인 것이 보다 바람직하고, 40~150 μ m인 것이 더욱 바람직하다. 개구부의 최대폭(W)이 30 μ m 미만이면, 오목부에 형광체의 발광광을 집광시킬 수 없어 발광광의 산란을 억제해서 선명한 화상을 얻을 수 없는 경우가 있다. 한편, 개구부의 최대폭(W)이 300 μ m를 초과하면, 광전 변환 소자의 화소마다의 검출 광량의 불균일이 발생하기 때문에 선명한 화상이 얻어지지 않는 경우가 있다.
- [0032] 오목부의 개구부의 최대폭(W)은 레이저 현미경(예를 들면, VK-9500; KEYENCE Corporation 제작)을 사용하여 배율 20배로 기관에 대해서 수직 상방향으로부터 형광체층을 스캔한 화상을 해석해서 구할 수 있다. 보다 구체적으로는 스캔한 화상에 있어서 오목부를 무작위로 5점 선택하고, 각각의 개구부의 형상에 따른 수학적으로 필요한 길이(예를 들면, 개구부의 형상이 정원이면 그 직경; 개구부의 형상이 정사각형이면 그 대각선의 길이)에 대해서 5점의 평균값을 산출해서 구할 수 있다.
- [0033] 형광체층의 두께(T)는 120~1000 μ m가 바람직하고, 120~500 μ m인 것이 보다 바람직하고, 120~350 μ m인 것이 더욱 바람직하다. 형광체층의 두께(T)가 120 μ m 미만이면 방사선을 충분히 가시광선으로 변환할 수 없어 필요한 강도의 발광광이 얻어지지 않는 경우가 있다. 한편, 형광체 두께(T)가 1000 μ m를 초과하면 방사선이 최선으로 조사되는 방사선의 조사 방향측에 존재하는 형광체의 강도가 높은 발광광이 광전 변환층까지 도달하지 않아 발광광을 고효율로 이용할 수 없는 경우가 있다. 다량의 형광체 분말이 더 필요해져 신틸레이터 패널의 비용이 증가되어 버린다.
- [0034] 형광체층의 두께(T)는 이하의 방법에 의해 측정할 수 있다. 우선, 형광체층을 무작위로 선택한 오목부가 없는 위치에서 기관에 대하여 수직방향으로 절단한다. 그 단면을 광학 현미경(예를 들면, OPTISHOT; NIKON CORPORATION 제작)을 사용하여 배율 20배로 관찰한 화상에 있어서 측정 위치를 무작위로 5점 선택하고, 각각의 측정 위치에 있어서의 형광체층의 높이를 측정한다. 이 조작을 5회 반복하고, 얻어진 높이의 값 모두(5×5)의 평균값을 형광체층의 두께(T)로 한다.
- [0035] 형광체층의 오목부의 깊이(D)는 레이저 현미경(예를 들면, VK-9500; KEYENCE Corporation 제작)을 사용하여 배율 20배로 기관에 대해서 수직 상방향으로부터 형광체층을 스캔한 화상을 해석해서 구할 수 있다. 보다 구체적으로는 스캔한 화상에 있어서 오목부를 무작위로 5점 선택하고, 기관에 대하여 수직방향에 있어서의 각각의 개구부로부터 최심부까지의 거리의 평균값을 산출해서 오목부의 깊이(D)를 구할 수 있다.
- [0036] 형광체층의 두께(T)와 형광체층의 오목부의 깊이(D)의 비인 D/T는 0.1~0.9일 필요가 있지만 0.2~0.8인 것이 바람직하다. D/T가 0.1 미만이면 방사선을 충분히 가시광선으로 변환할 수 없어 필요한 강도의 발광광이 얻어지지 않는다. 또한, 오목부에서 집광된 형광체의 발광광이 기관측으로 누설되어 광전 변환층에 도달되지 않아 발광광의 이용 효율이 저하한다. 한편, D/T가 0.9를 초과하면 오목부에 형광체의 발광광을 집광시킬 수 없어 발광광의 산란을 억제해서 선명한 화상을 얻을 수 없다.
- [0037] 형광체층은 표면에 500~50000개/ cm^2 의 오목부를 갖는 것이 바람직하고, 또한 1200~15000개/ cm^2 의 오목부를 갖는 것이 보다 바람직하다. 오목부의 수가 500개/ cm^2 미만이면 광전 변환 소자의 1화소에 대응하는 형광체층의 오목부의 수의 불균일이 커져 선명한 화상을 얻을 수 없는 경우가 있다. 한편, 오목부의 수가 50000개/ cm^2 를 초과하면 오목부에서 형광체의 발광광을 집광시킬 수 없고, 또한 형광체 분말의 양이 저하하기 때문에 필요한 강도의 발광광이 얻어지지 않는 경우가 있다.
- [0038] 형광체층이 갖는 오목부의 수는 광학 현미경(예를 들면, OPTISHOT; NIKON CORPORATION 제작)을 사용하여 배율 20배로 기관에 대해서 수직 상방향으로부터 형광체층을 스캔한 화상을 해석해서 구할 수 있다. 보다 구체적으로는 스캔한 화상에 있어서 무작위로 10개소 선택한 1mm²의 영역에 있어서의 오목부의 수를 각각 측정하고, 그 평균값을 1 cm^2 당 값으로 변환해서 구할 수 있다.
- [0039] 서로 인접하는 오목부끼리의 피치(P)는 대응하는 광전 변환 소자의 피치에 따라 적당히 변경하면 좋지만 50~350 μ m의 범위가 바람직하고, 50~280 μ m의 범위가 보다 바람직하다. 또한, 인접하는 오목부끼리의 피치(P)는 상기 범위 내에 있어서의 일정값인 것이 바람직하다. 즉, 형광체층이 갖는 오목부는 광전 변환 소자의 1화소당 대응하는 오목부의 수를 균일하게 하기 위해서 50~350 μ m의 범위에 있어서의 일정값으로 등간격으로 배치되어 있는 것이 바람직하다. 피치(P)가 50 μ m 미만이면 오목부에서 형광체의 발광광을 집광할 수 없는 경우가 있다. 한편, 피치(P)가 350 μ m를 초과하면 광전 변환 소자의 1화소당 1개 이상의 오목부를 대응시키는 것이 곤란해지는 경우가 있다. 피치(P)는 50~280 μ m의 범위에 있어서의 일정값인 것이 보다 바람직하다.
- [0040] 서로 인접하는 오목부끼리의 피치(P)는 레이저 현미경(예를 들면, VK-9500; KEYENCE Corporation 제작)을 사용

하여 배율 20배로 기관에 대해 수직 상방향으로 부터 형광체층을 스캔한 화상을 해석해서 구할 수 있다. 보다 구체적으로는 스캔한 화상에 있어서 오목부의 개구부의 중심점으로부터 인접하는 오목부의 중심점까지의 거리를 무작위로 10점 측정하고, 그 평균값을 산출해서 오목부의 피치(P)로 한다.

[0041] 형광체층이 갖는 오목부의 형상은 기관에 대해서 수평방향의 오목부의 단면의 면적이 개구부에 있어서 최대이며, 오목부의 깊이(D)가 커져도 그 수평방향의 면적이 변화하지 않거나, 또는 깊이(D)가 커짐에 따라 그 수평방향의 면적이 작아지는 형상인 것이 바람직하다. 형광체층이 갖는 오목부의 형상은 개구부를 저면으로 하는 대략 원주 형상 등이 바람직하다. 여기서, 대략 원주 형상의 「대략」이란 오목부의 형상이 엄밀한 의미에서의 원주일 필요는 없고 저면(오목부의 개구부 형상)이 타원이거나, 정점(오목부의 최심부 형상)이 도 2에 나타난 바와 같이 둥그스름해 있거나 해도 상관없는 것을 의미한다. 오목부가 그러한 형상인 것에 의해 오목부에서 집광된 발광광을 오목부의 내부에 가두는 일 없이 발광광을 고효율로 이용할 수 있다.

[0042] 기관 상에 형광체층을 형성하는 방법으로서 기관 상에 형광체 분말을 함유하는 페이스트, 즉 형광체 페이스트를 도포해서 도포막을 형성하는 방법을 들 수 있다. 이렇게 해서 얻어진 형광체 페이스트의 도포막에 오목부를 형성함으로써 표면에 복수의 오목부를 갖는 형광체층을 얻을 수 있다. 도포막을 얻기 위한 형광체 페이스트의 도포 방법으로서 예를 들면 스크린 인쇄법, 바 코터, 롤 코터, 다이 코터 또는 블레이드 코터를 들 수 있다.

[0043] 형광체 페이스트는 유기 바인더를 함유해도 상관없다. 유기 바인더로서는 예를 들면 폴리비닐부티랄, 폴리비닐아세테이트, 폴리비닐알코올, 에틸셀룰로오스, 메틸셀룰로오스, 폴리에틸렌, 폴리메틸실록산 또는 폴리메틸페닐실록산 등의 실리콘 수지, 폴리스티렌, 부타디엔/스티렌 코폴리머, 폴리스티렌, 폴리비닐피롤리돈, 폴리아미드, 고분자량 폴리에테르, 에틸렌옥사이드와 프로필렌옥사이드의 공중합체, 폴리아크릴아미드 또는 아크릴수지를 들 수 있다.

[0044] 형광체 페이스트는 유기용매를 함유해도 상관없다. 형광체 페이스트가 유기 바인더를 함유하는 경우, 유기용매는 그 양용매이며, 수소 결합력이 큰 것이 바람직하다. 그러한 유기용매로서는 예를 들면 디에틸렌글리콜모노부틸에테르아세테이트, 에틸렌글리콜모노부틸에테르알코올, 디에틸렌글리콜모노부틸에테르, 메틸에틸케톤, 시클로헥산온, 이소부틸알코올, 이소프로필알코올, 테르피넨올, 벤질알코올, 테트라히드로푸란, 디메틸술폰, 디히드로테르피넨올, γ -부티로락톤, 디히드로테르피닐아세테이트, 3-메톡시-3-메틸-메틸부탄올, 프로필렌글리콜모노메틸에테르, 프로필렌글리콜모노메틸에테르아세테이트, N,N-디메틸포름아미드, 헥실렌글리콜 또는 브로모벤조산을 들 수 있다.

[0045] 형광체 페이스트는 그 점도를 조정하기 위해서 증점제, 가소제 또는 침강 방지제를 함유해도 상관없다.

[0046] 형광체 페이스트의 도포막에 오목부를 형성하는 방법으로서 예를 들면 예칭법, 금형 프레스법, 샌드 블라스트법, 감광성 페이스트법 등을 들 수 있다. 특히, 오목부에 대응하는 볼록형의 패턴을 형성한 금형을 프레스기를 사용하여 형광체 페이스트 도포막에 압입하는 방법이 공정수가 적고, 형광체 페이스트 재료의 선택성이 높고, 오목부를 형성한 후의 형광체 페이스트 도포막에의 불순물의 혼입을 억제할 수 있기 때문에 바람직하다. 금형의 재료는 금속이어도, 세라믹이어도, 수지이어도 좋지만 투명 또는 백색의 세라믹이 바람직하다. 또한, 금형에 형성되는 볼록형의 패턴은 상기한 바와 같이 오목부에 대응하는 것이므로 목적으로 하는 오목부의 형상 및 피치에 맞춰 형성한다. 구체적으로는 상기 바람직한 오목부의 형상 및 피치에 맞춰 금형의 볼록형 패턴을 형성하는 것이 바람직하다.

[0047] 구체적으로는 형광체 페이스트 도포막 상에 볼록형 패턴을 형성한 금형을 0.1~100MPa로 프레스하는 것이 바람직하고, 0.3~10MPa로 프레스하는 것이 보다 바람직하다. 또한, 금형으로 프레스할 때에 25~200℃로 가열함으로써 바람직하게 형광체 페이스트 도포막에 오목부를 형성할 수 있다.

[0048] 신틸레이터 패널은 형광체층을 복수의 셀로 구획하는 격벽을 더 갖는 것이 바람직하다.

[0049] 도 7은 격벽을 갖는 실시형태의 신틸레이터 패널을 구비하는 방사전 화상 검출 장치의 구성을 모식적으로 나타낸 단면도이다. 도 7에 나타내는 신틸레이터 패널(2)은 기관(4), 기관(4) 상에 채지된 격벽(6), 및 격벽(6)에 의해 복수의 셀로 구획된 형광체층(7)을 구비한다. 형광체층(7)은 역시 복수의 오목부를 갖고 있다.

[0050] 기관(4)과 격벽(6) 사이에는 완충층(5)이 형성되어 있는 것이 바람직하다. 완충층(5)을 형성함으로써 격벽(6)의 안정적인 형성이 가능해진다. 또한, 이 완충층(5)의 가시광선에 대한 반사율을 높게 함으로써 형광체층(7)이 함유하는 형광체 분말의 발광광을 고효율로 검출 기관(3) 상의 광전 변환층(10)에 도달시킬 수 있다.

[0051] 또한, 격벽(6)에 의해 구획된 각 셀 내에 반사율이 높은 반사층(8)을 형성함으로써 형광체층(7)이 함유하는 형

광체 분말의 발광광을 고효율로 검출 기관(3)의 광전 변환층(10)에 도달시킬 수 있다.

- [0052] 형광체층은 격벽에 의해 구획되어 있으므로 검출 기관(3)에 격자 형상으로 배치된 광전 변환 소자의 화소의 크기 및 피치와, 신틸레이터 패널(2)의 격벽에 의해 구획된 셀의 크기 및 피치를 대응시켜서 광전 변환층(10)에 있어서의 광전 변환 소자를 배치함으로써 형광체의 발광광의 산란이 인접하는 셀에 영향을 주는 것을 방지할 수 있다.
- [0053] 격벽의 높이(h)는 120~1000 μm 인 것이 바람직하고, 160~500 μm 인 것이 보다 바람직하다. 높이(h)가 1000 μm 를 초과하면 격벽 형성이 곤란해지는 경우가 있다. 한편, 높이(h)가 120 μm 미만이면 형광체 분말의 양이 저하하기 때문에 필요한 강도의 발광광이 얻어지지 않는 경우가 있다.
- [0054] 격벽의 형상은 검출 기관이 구비하는 광전 변환 소자의 화소의 형상에 맞춰 적당히 선택하면 좋지만 도 8에 나타내는 바와 같은 격자 형상이 바람직하다. 격자 형상으로 구획된 셀의 개구부의 형상으로서서는 예를 들면 정사각형, 직사각형, 평행사변형 또는 사다리꼴을 들 수 있지만, 발광광의 강도가 보다 균질해지는 점에서 정사각형이 바람직하다.
- [0055] 격자 형상의 격벽에 있어서 서로 인접하는 격벽 간의 거리인 피치(P')는 50~1000 μm 인 것이 바람직하다. 피치(P')가 50 μm 미만이면, 격벽 형성이 곤란해지는 경우가 있다. 한편, 피치(P')가 1000 μm 를 초과하면 선명한 화상이 얻어지지 않는 경우가 있다.
- [0056] 격벽의 저부의 폭(Wb)은 15~150 μm 인 것이 바람직하다. 격벽의 50% 높이 위치의 폭(Wm)은 15~120 μm 인 것이 바람직하다. 격벽의 75% 높이 위치의 폭(Ws) 및 격벽의 정부 폭(Wt)은 80 μm 이하인 것이 바람직하다. 폭(Wb) 및 폭(Wm)이 15 μm 미만이면 격벽의 결손 등이 생기기 쉽다. 한편, 폭(Wb)이 150 μm 를 초과하거나, 또는 폭(Wm)이 120 μm 를 초과하면 형광체 분말의 양이 저하하기 때문에 필요한 강도의 발광광이 얻어지지 않는 경우가 있다. 폭(Ws) 및 폭(Wt)이 80 μm 를 초과하면 형광체의 발광광의 진행이 저해되어서 광전 변환층에 도달하지 않아 발광광의 이용 효율이 저하하는 경우가 있다. 또한, 폭(Wb)이란 도 9에 나타내는 바와 같이 격벽을 그 높이방향으로, 또한 길이방향으로 수직으로 절단했을 때의 단면에 있어서의 격벽과, 기관 또는 완충층이 접하는 위치에 있어서의 격벽의 폭을 말한다. 여기서, 격자 형상의 격벽에 있어서는 피치(P')의 반분 위치에 있어서 절단한다. 또한, 폭(Wm)이란 동 단면에 있어서의 높이가 격벽의 높이(h)의 50%의 위치에 있어서의 격벽의 폭을 말한다. 폭(Ws)이란 동 단면에 있어서의 높이가 격벽의 높이(h)의 75%의 위치에 있어서의 격벽의 폭을 말한다. 폭(Wt)이란 동 단면에 있어서의 높이가 격벽의 높이(h)의 90%의 위치에 있어서의 격벽의 폭을 말한다. 높이(h), 폭(Wb), 폭(Wm), 폭(Ws) 및 폭(Wt)은 격벽의 단면을 SEM으로 관찰해서 3개소 이상 측정하고, 그들의 평균값을 산출해서 구할 수 있다. 또한, 격벽의 단면은 형광체의 발광광을 효율적으로 광전 변환층에 도달시키기 위해서 격벽의 저부로부터 정부를 향해 그 폭이 감쇠하는 형상, 즉 도 7 및 도 9에 나타내는 바와 같은 테이퍼 형상인 것이 바람직하다.
- [0057] 격벽의 재질로서는 예를 들면 아크릴계 수지, 폴리에스테르계 수지 또는 에폭시계 수지 등의 수지, 유리 또는 금속을 들 수 있다. 생산성 및 기계적 강도의 관점으로부터 유리를 주성분으로 하는 것이 바람직하다. 여기서, 유리를 주성분으로 한다면 격벽에 차지하는 유리의 비율이 60질량% 이상인 것을 말한다. 상기 비율은 70질량% 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0058] 격벽을 형성하는 방법으로서서는 예를 들면 예칭법, 스크린 인쇄법, 샌드 블라스트법, 금형 전사법 또는 감광성 페이스트법을 들 수 있다. 고선명의 격벽을 얻기 위해서 감광성 페이스트법이 바람직하다.
- [0059] 감광성 페이스트법이란 기관 상에 감광성 유기 성분을 함유하는 감광성 페이스트를 도포하고, 감광성 페이스트 도포막을 형성하는 도포 공정과, 얻어진 감광성 페이스트 도포막을 소망의 개구부를 갖는 포토마스크를 통해 노광하는 노광 공정과, 노광 후의 감광성 페이스트 도포막의 현상액에 가용된 부분을 용해 제거하는 현상 공정을 구비하는 격벽의 형성 방법을 말한다.
- [0060] 또한, 상기 감광성 페이스트 내에 저융점 유리 분말을 함유하게 하고, 현상 공정 후의 감광성 페이스트 패턴을 고온으로 가열해서 유기 성분을 분해 증류 제거 함과 아울러 저융점 유리를 연화 및 소결시켜 격벽을 형성하는 소성 공정을 더 구비하는 것도 바람직하다.
- [0061] 소성 공정에 있어서의 가열 온도는 500~700 $^{\circ}\text{C}$ 가 바람직하고, 500~650 $^{\circ}\text{C}$ 가 보다 바람직하다. 가열 온도가 500 $^{\circ}\text{C}$ 이상이면 유기 성분이 완전히 분해 증류 제거됨과 아울러 저융점 유리 분말이 연화 및 소결된다. 한편, 가열 온도가 700 $^{\circ}\text{C}$ 를 초과하면 기관 등의 변형이 커지는 경우가 있다.
- [0062] 감광성 페이스트는 유기 성분과 무기 분말을 함유하는 것이 바람직하다. 감광성 페이스트에 차지하는 무기 분말

의 비율은 30~80질량%가 바람직하고, 40~70질량%가 보다 바람직하다. 무기 분말의 비율이 30질량% 미만이면 즉유기 성분이 과다이면 소성 공정에 있어서의 수축률이 커지고, 격벽의 결손이 생기기 쉽다. 한편, 무기 분말의 함유량이 80질량%를 초과하면, 즉유기 성분이 과소이면 감광성 페이스트의 안정성이나 도포성에 악영향을 미칠 뿐만 아니라 무기 분말의 분산성이 저하되어 격벽의 결손이 생기기 쉽다. 또한, 무기 분말에 차지하는 저융점 유리 분말의 비율은 50~100질량%가 바람직하다. 저융점 유리 분말의 비율이 50질량% 미만이면 소결이 불충분해지고, 격벽의 강도가 저하하는 경우가 있다.

[0063] 저융점 유리 분말의 연화 온도는 480℃ 이상이 바람직하다. 연화 온도가 480℃ 미만이면 유기 성분이 분해 증류 제거되지 않은 채 유리 중에 잔존해버려 착색 등의 원인이 되는 경우가 있다. 소성 공정에 있어서의 가열 온도를 고려하면 저융점 유리의 연화 온도는 480~700℃가 바람직하고, 480~640℃가 보다 바람직하고, 480~620℃가 더욱 바람직하다.

[0064] 저융점 유리의 연화 온도는 시차 열 분석 장치(예를 들면, 차동형 시차 열 천칭 TG8120; Rigaku Corporation 제작)를 사용하여 샘플을 측정해서 얻어지는 DTA 곡선으로부터 흡열 피크에 있어서의 흡열 종료 온도를 접선법에 의해 외삽해서 산출할 수 있다. 보다 구체적으로는 알루미늄 분말을 표준 시료로서 시차 열 분석 장치를 실온으로부터 20℃/분으로 승온시켜서 측정 샘플이 되는 저융점 유리 분말을 측정하여 DTA 곡선을 얻는다. 얻어진 DTA 곡선으로부터 흡열 피크에 있어서의 흡열 종료 온도를 접선법에 의해 외삽해서 구한 연화점(Ts)을 저융점 유리의 연화 온도로 할 수 있다.

[0065] 저융점 유리의 열팽창계수는 $40\sim90\times10^{-7}/(K)$ 가 바람직하다. 열팽창계수가 $90\times10^{-7}/(K)$ 를 초과하면 얻어지는 신틸레이터 패널의 휨이 커지고, 발광광의 크로스트크 등에 의해 화상의 선명도가 저하하는 경우가 있다. 한편, 열팽창계수가 $40\times10^{-7}/(K)$ 미만이면 저융점 유리의 연화 온도가 충분히 낮아지지 않는 경우가 있다.

[0066] 유리를 저융점화하기 위한 함유 성분으로서 예를 들면 산화납, 산화비스무트, 산화아연 또는 알칼리 금속 산화물을 들 수 있다. 산화리튬, 산화나트륨 및 산화칼륨으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 알칼리 금속 산화물의 함유 비율에 따라 저융점 유리의 연화 온도를 조정하는 것이 바람직하다.

[0067] 저융점 유리에 차지하는 알칼리 금속 산화물의 비율은 2~20질량%로 하는 것이 바람직하다. 알칼리 금속 산화물의 비율이 2질량% 미만이면 저융점 유리의 연화 온도가 높아져서 소성 공정에서 고온에서의 가열이 필요해지고, 기관에 변형이 생기거나, 격벽에 결손이 생기거나 하기 쉽다. 한편, 알칼리 금속 산화물의 비율이 20질량%를 초과하면 소성 공정에 있어서 저융점 유리의 점도가 과도하게 저하하고, 얻어지는 격벽의 형상에 변형이 생기기 쉽다. 또한, 얻어지는 격벽의 공극률이 과도하게 작아지고, 얻어지는 신틸레이 패널에서 필요한 강도의 발광광이 얻어지지 않는다.

[0068] 저융점 유리는 알칼리 금속 산화물에 추가하여 고온에서의 점도의 조정을 위해 산화아연을 3~10질량% 함유하는 것이 바람직하다. 산화아연의 비율이 3질량% 미만이면 저융점 유리의 고온에서의 점도가 과도하게 높아진다. 한편, 산화아연의 비율이 10질량%를 초과하면 저융점 유리의 비율이 상승한다.

[0069] 또한, 저융점 유리는 상기 알칼리 금속 산화물 및 산화아연에 추가하여 산화규소, 산화붕소, 산화알루미늄 및 알칼리 토류 금속의 산화물 등을 함유시킴으로써 저융점 유리의 안정성, 결정성, 투명성, 굴절률 및 열팽창 특성 등을 조정하는 것이 가능하다. 알칼리 토류 금속의 산화물로서는 마그네슘, 칼슘, 바륨 및 스트론튬으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 산화물을 함유하는 것이 바람직하다.

[0070] 바람직한 저융점 유리의 조성의 일례를 이하에 나타낸다.

[0071] 알칼리 금속 산화물: 2~20질량%

[0072] 산화아연: 3~10질량%

[0073] 산화규소: 20~40질량%

[0074] 산화붕소: 25~40질량%

[0075] 산화알루미늄: 10~30질량%

[0076] 알칼리 토류 금속 산화물: 5~15질량%.

[0077] 저융점 유리 분말의 평균 입자경(D50)은 1.0~4.0 μ m인 것이 바람직하다. 평균 입자경(D50)이 1.0 μ m 미만이면 저융점 유리 분말이 응집해서 분산성이 저하하고, 페이스트의 도포성에 악영향을 미치는 경우가 있다. 한편, 평균

입자경(D50)이 $4.0\mu\text{m}$ 를 초과하면 격벽 표면의 요철이 커져 그 결손의 원인이 되기 쉽다.

- [0078] 저융점 유리 분말을 비롯한 무기 분말의 평균 입자경(D50)은 입도 분포 측정 장치(예를 들면, MT3300; NIKKISO Co., Ltd. 제작)를 사용하여 물을 채운 시료실에 무기 분말을 투입하고, 300초간 초음파 처리를 행한 후에 측정을 할 수 있다.
- [0079] 소성 공정에 있어서의 수축률의 제어나 격벽 형상의 유지를 위해 감광성 페이스트는 무기 분말로서 필러를 더 함유하는 것도 바람직하다. 여기서, 필러란 700°C 에서도 연화되지 않는 무기 분말이다. 필러로서는 고풍점 유리 또는 산화규소, 산화알루미늄, 산화티탄 또는 산화지르코늄 등의 세라믹스 입자가 바람직하다. 단, 무기 분말에 차지하는 필러의 비율은 저융점 유리의 소결이 저해되지 않도록 50질량% 미만인 것이 바람직하다. 또한, 필러의 평균 입자경(D50)은 $0.1\sim 4.0\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다.
- [0080] 감광성 페이스트가 함유하는 감광성 유기 성분으로서의 예를 들면 감광성 모노머, 감광성 올리고머, 감광성 폴리머 또는 광중합 개시제를 들 수 있다. 여기서, 감광성 모노머, 감광성 올리고머 및 감광성 폴리머란 활성화된 탄소-탄소 2중결합을 갖고, 활성화광선의 조사에 의해 광 가교 또는 광 중합 등이 생겨 화학 구조가 변화되는 모노머, 올리고머 및 폴리머를 말한다.
- [0081] 감광성 모노머로서는 예를 들면 비닐기, 아크릴로일기, 메타크릴로일기 또는 아크릴아미드기를 갖는 화합물을 들 수 있지만 다관능 아크릴레이트 화합물 또는 다관능 메타크릴레이트 화합물이 바람직하다. 유기 성분에 차지하는 다관능 아크릴레이트 화합물 및 다관능 메타크릴레이트 화합물의 비율은 가교 밀도를 향상시키기 위해서 10~80질량%가 바람직하다.
- [0082] 감광성 올리고머 및 감광성 폴리머로서는 예를 들면 아크릴산, 메타크릴산, 이타콘산, 크로톤산, 말레산, 푸마르산, 비닐아세트산 또는 이들의 산 무수물 등의 카르복실기 함유 모노머와, 메타크릴산 에스테르, 아크릴산 에스테르, 스티렌, 아크릴로니트릴, 아세트산 비닐 또는 2-히드록시아크릴레이트 등의 모노머를 공중합 한 카르복실기를 갖는 공중합체를 들 수 있다. 활성화된 탄소-탄소 2중결합을 올리고머 또는 폴리머에 도입하는 방법으로서의 예를 들면 올리고머 또는 폴리머 중의 메르캅토기, 아미노기, 수산기 또는 카르복실기에 대하여 글리시딜기 또는 이소시아네이트기를 갖는 에틸렌성 불포화 화합물, 아크릴산 클로라이드, 메타크릴산 클로라이드 또는 알릴클로라이드 또는 말레산 등의 카르복실산을 반응시키는 방법을 들 수 있다.
- [0083] 또한, 우레탄 구조를 갖는 모노머 또는 올리고머를 사용함으로써 소성 공정에 있어서의 가열 개시 후에 응력 완화가 생기고, 패턴 결손되기 어려운 감광성 페이스트를 얻을 수 있다.
- [0084] 광중합 개시제란 활성화광선의 조사에 의해 라디칼을 발생하는 화합물을 말한다. 광중합 개시제로서는 예를 들면 벤조페논, o-벤조일벤조산 메틸, 4,4-비스(디메틸아미노)벤조페논, 4,4-비스(디에틸아미노)벤조페논, 4,4-디클로로벤조페논, 4-벤조일-4-메틸디페닐케톤, 디벤질케톤, 플루오렌온, 2,2-디메톡시-2-페닐아세토펜, 2-히드록시-2-메틸프로피오페논, 티오크산톤, 2-메틸티오크산톤, 2-클로로티오크산톤, 2-이소프로필티오크산톤, 디에틸티옥산톤, 벤질, 벤질메톡시에틸아세탈, 벤조인, 벤조인메틸에테르, 벤조인부틸에테르, 안트라퀴논, 2-t-부틸안트라퀴논, 안트론, 벤즈안트론, 디벤조수베론, 메틸렌안트론, 4-아지드벤잘아세토펜, 2,6-비스(p-아지드벤질리덴)시클로헥산온, 2,6-비스(p-아지드벤질리덴)-4-메틸시클로헥산온, 1-페닐-1,2-부타디온-2-(0-메톡시카르보닐)옥심, 1-페닐-1,2-프로판디온-2-(0-메톡시카르보닐)옥심, 1,3-디페닐프로판트리온-2-(0-메톡시카르보닐)옥심, 1-페닐-3-메톡시프로판트리온-2-(0-벤조일)옥심, 미틸러케톤, 2-메틸-1-[4-(메틸티오)페닐]-2-모르폴리노-1-프로판온, 2-벤질-2-디메틸아미노-1-(4-모르폴리노페닐)부탄온-1, 나프탈렌술포닐클로라이드, 퀴놀린술포닐클로라이드, N-페닐티오아크리돈, 벤조티아졸디술포이드, 트리페닐포스핀, 과산화 벤조인, 에오신 또는 메틸렌블루 등의 광 환원성의 색소와 아스코르브산 또는 트리에탄올아민 등의 환원제의 조합을 들 수 있다.
- [0085] 감광성 페이스트가 카르복실기를 갖는 공중합체를 함유하는 경우, 알칼리 수용액에의 용해성이 향상된다. 카르복실기를 갖는 공중합체의 산가는 $50\sim 150\text{mgKOH/g}$ 이 바람직하다. 산가가 150mgKOH/g 이하이면 현상 허용폭이 넓어진다. 한편, 산가가 50mgKOH/g 이상이면 미노광부의 현상액에 대한 용해성이 저하되지 않아 저농도의 현상액을 사용하여 좁은 폭의 격벽 패턴을 얻을 수 있다. 카르복실기를 갖는 공중합체는 측쇄에 에틸렌성 불포화기를 갖는 것이 바람직하다. 에틸렌성 불포화기로서는 예를 들면 아크릴기, 메타크릴기, 비닐기 또는 알릴기를 들 수 있다.
- [0086] 감광성 페이스트가 함유하는 저융점 유리 분말의 평균 굴절률(n_1)과, 감광성 유기 성분의 평균 굴절률(n_2)은 $-0.1\leq n_1-n_2\leq 0.1$ 의 관계를 만족하는 것이 바람직하고, $-0.01\leq n_1-n_2\leq 0.01$ 의 관계를 만족하는 것이 보다 바람직하고, $-0.005\leq n_1-n_2\leq 0.005$ 의 관계를 만족하는 것이 더욱 바람직하다. 이들의 조건을 만족함으로써 노광 공

정에 있어서 저융점 유리 분말과 감광성 유기 성분의 계면에 있어서의 광 산란이 억제되어 보다 고정세한 패턴을 형성하는 것이 가능해진다.

- [0087] 저융점 유리 분말의 평균 굴절률(n_1)은 베케선 검출법에 의해 측정할 수 있다. 보다 구체적으로는 25℃에서의 파장 436nm(g선)에 있어서의 굴절률 측정을 5회 행하고, 그 평균값을 n_1 로 할 수 있다. 또한, 감광성 유기 성분의 평균 굴절률(n_2)은 감광성 유기 성분만으로 형성된 도막을 엘립소메트리에 의해 측정함으로써 구할 수 있다. 보다 구체적으로는 25℃에서의 파장 436nm(g선)에 있어서의 굴절률 측정을 5회 행하고, 그 평균값을 n_2 로 할 수 있다.
- [0088] 감광성 페이스트의 제조 방법으로서의 예를 들면 무기 분말 및 감광성 유기 성분에 필요에 따라 유기용매 등을 첨가하고, 3개 롤러 또는 혼련기로 균질하게 혼합 분산하는 방법을 들 수 있다.
- [0089] 감광성 페이스트의 점도는 예를 들면 무기 분말, 증점제, 유기용매, 중합 금지제, 가소제 또는 침강 방지제의 첨가에 의해 적당히 조정할 수 있다. 감광성 페이스트의 점도는 2~200Pa·s인 것이 바람직하다. 감광성 페이스트를 스핀코트법으로 도포하는 경우에는 2~5Pa·s인 것이 바람직하고, 스크린 인쇄법에 의해 1회의 도포로 막 두께 10~40 μ m의 도포막을 얻는 경우에는 50~200Pa·s인 것이 바람직하다.
- [0090] 감광성 페이스트를 사용한 격벽의 제조 방법의 일례를 이하에 나타낸다. 기판 상의 전체면 또는 일부에 감광성 페이스트를 도포해서 감광성 페이스트 도포막을 형성한다. 도포의 방법으로서의 예를 들면 스핀코트법, 스크린 인쇄법 또는 바 코터, 롤 코터, 다이 코터 또는 블레이드 코터를 사용하는 방법을 들 수 있다. 감광성 페이스트 도포막의 두께는 예를 들면 도포 횟수, 스크린의 메쉬 또는 감광성 페이스트의 점도에 따라 적당히 조정할 수 있다.
- [0091] 얻어진 감광성 페이스트 도포막의 노광은 포토마스크를 통해 노광하는 방법이 일반적이지만 레이저광 등으로 직접 묘화해서 노광을 해도 상관없다. 노광광으로서의 예를 들면 근적외선, 가시광선 또는 자외선을 들 수 있지만 자외선이 바람직하다. 자외선의 광원으로서의 예를 들면 저압 수은등, 고압 수은등, 초고압 수은등, 할로젠 램프 또는 살균 등을 들 수 있지만 초고압 수은등이 바람직하다. 노광 조건으로서의 예를 들면 1~100mW/cm²의 출력의 초고압 수은등을 사용한 0.01~30분간의 노광을 들 수 있다.
- [0092] 노광 후의 감광성 페이스트 도포막에 있어서의 노광 부분과 미노광 부분의 현상액에 대한 용해도 차를 이용해서 미노광 부분을 용해 제거하고, 필요에 따라 수세(린싱) 및 건조를 시킴으로써 격벽의 패턴이 얻어진다. 현상의 방법으로서의 예를 들면 침지법, 스프레이법, 브러시법 또는 초음파법을 들 수 있지만 격벽의 높이(h)가 300 μ m를 초과하는 경우에는 스프레이법 또는 초음파법이 바람직하다.
- [0093] 초음파법이란 미노광 부분을 초음파에 의해 용해 제거하는 방법을 말한다. 미노광 부분뿐만 아니라 노광 부분의 경화가 불충분한 반경화 부분에도 현상액이 침식해서 용해 반응이 진행되므로 보다 좁은 폭인 격벽의 패턴을 형성할 수 있다. 또한, 현상 후의 수세(린싱)에 초음파법을 사용해도 상관없다.
- [0094] 미노광 부분 및 노광 부분의 현상액의 침식의 정도를 각각 적당한 것으로 하기 위해서 초음파법에 있어서의 초음파의 주파수는 20~50kHz가 바람직하다. 기판의 단위면적당 초음파의 강도(와트 밀도)는 40~100W/cm²가 바람직하다. 초음파의 조사 시간은 20~600초가 바람직하고, 30~500초가 보다 바람직하고, 60~300초가 더욱 바람직하다.
- [0095] 감광성 페이스트가 카르복실기를 갖는 공중합체 등의 산성기를 갖는 화합물을 함유하는 경우, 알칼리 수용액을 현상액으로 할 수 있다. 알칼리 수용액으로서의 예를 들면 수산화나트륨, 탄산 나트륨, 또는 수산화칼슘 등의 무기 알칼리의 수용액 또는 테트라메틸암모늄히드록사이드, 트리메틸벤질암모늄히드록사이드, 모노에탄올아민 또는 디에탄올아민 등의 유기 알칼리의 수용액을 들 수 있다. 소성 공정에 있어서의 분해 증류 제거가 용이한 점에서 유기 알칼리 수용액이 바람직하다. 유기 알칼리 수용액의 농도는 미노광 부분 및 노광 부분의 용해의 정도를 각각 적당한 것으로 하기 위해서 0.05~5질량%가 바람직하고, 0.1~1질량%가 보다 바람직하다. 현상 시의 온도는 공정 관리의 관점으로부터 20~50℃가 바람직하다.
- [0096] 소성 공정을 적용하는 경우, 상기한 바와 같이 해서 얻어진 격벽의 패턴을 공기, 질소 또는 수소 등의 분위기 하의 소성로에서 소성한다. 소성로로서는 예를 들면, 배치식의 소성로 또는 벨트식의 연속형 소성로를 들 수 있다.
- [0097] 저융점 유리를 포함하는 격벽의 패턴을 소성한 경우, 저융점 유리를 포함하는 무기 분말은 소성 공정에 있어서 연화 및 소결되어서 서로 융착되어 있지만 그 사이에는 공극이 잔존하고 있다. 격벽에 포함되는 이 공극의 존재

비율은 소성 공정의 가열 온도에 따라 조정할 수 있다. 격벽 전체에 차지하는 공극의 비율, 즉 공극률은 형광체의 발광광의 효과적인 반사와, 격벽의 강도를 양립시키기 위해서 2~25체적%가 바람직하고, 5~25체적%가 보다 바람직하고, 5~20체적%가 더욱 바람직하다. 공극률이 2% 미만이면 격벽의 반사율이 낮아져서 신틸레이터 패널의 발광량이 저하하는 경우가 있다. 한편, 공극률이 25%를 초과하면 격벽의 강도가 부족한 경우가 있다.

[0098] 공극률은 격벽의 단면을 정밀 연마한 후에 전자 현미경으로 관찰해서 측정할 수 있다. 보다 구체적으로는 공극과, 그 이외의 무기 분말 유래의 부분을 2계조로 화상 변환하고, 격벽의 단면에 차지하는 공극의 면적 비율을 공극률로 할 수 있다.

[0099] 격벽과 기관 사이에는 소성 공정에 있어서의 응력 완화를 위해 완충층을 형성하는 것이 바람직하다. 완충층의 재질로서는 완충층의 반사율을 높이기 위해 저융점 유리 또는 세라믹스가 바람직하다. 저융점 유리로서는 격벽을 형성하기 위한 감광성 페이스트를 함유하는 것과 동일한 것을 들 수 있다. 세라믹스로서는 예를 들면 산화티탄, 산화알루미늄 또는 산화지르코늄을 들 수 있다. 또한, 형광체의 발광광이 완충층을 투과하지 않도록 파장 550nm의 광에 대한 완충층의 반사율은 60% 이상인 것이 바람직하다.

[0100] 완충층은 유기 성분과 저융점 유리 분말 또는 세라믹 분말 등의 무기분말을 용매에 분산시킨 페이스트를 기관에 도포 및 건조시켜 도포막을 형성하고, 소성할 수 있다. 소성 온도는 500~700℃가 바람직하고, 500~650℃가 보다 바람직하다.

[0101] 신틸레이터 패널은 형광체층과 격벽 사이에 요철 형상의 반사층을 구비하는 것이 바람직하다. 여기서, 요철 형상이란 각 셀 내의 반사층의 상면, 즉 기관과 반사층에 위치되는 면이 기관측을 향해 움푹 패어 있는 상태를 말한다. 격벽에 의해 구획된 각 셀 내에 요철 형상의 반사층을 형성함으로써 형광체의 발광광을 반사시켜서 발광광이 격벽측으로 누설되는 것을 저감할 수 있다.

[0102] 반사층의 재질로서는 방사선을 투과하고, 또한 형광체의 발광광인 파장 300~800nm의 가시광선을 반사하는 재료를 사용할 수 있다. 열화가 적기 때문에 금, 알루미늄, 니켈 또는 티탄 등의 금속 또는 산화티탄, 산화지르코늄, 산화알루미늄 또는 산화아연 등의 세라믹이 바람직하다.

[0103] 오목 형상의 반사층의 두께는 0.01~50 μ m가 바람직하고, 0.1~20 μ m가 보다 바람직하다. 반사층의 두께가 0.01 μ m 이상이면 반사율이 높아진다. 한편, 반사층의 두께가 50 μ m를 초과하면 형광체 분말의 양이 저하하기 때문에 발광광이 약해진다.

[0104] 오목 형상의 반사층의 두께는 격벽을 그 높이방향으로, 또한 길이방향으로 수직이 되도록 절단했을 때의 단면에 있어서 반사층의 단면의 두께를 SEM으로 3개소 이상 측정하고, 그들의 평균값을 산출해서 구할 수 있다. 여기서, 격자 형상의 격벽에 있어서는 피치(P')의 반분 위치에 있어서 절단한다.

[0105] 반사막의 형성 방법으로서의 예를 들면 진공 제막법, 도금법, 페이스트 도포법 또는 스프레이에 의한 분사를 들 수 있다.

[0106] 페이스트 도포법의 구체예로서는 산화티탄, 산화지르코늄, 산화알루미늄 또는 산화아연 등의 백색 세라믹의 분말과, 에틸셀룰로오스 수지 또는 폴리비닐 부티랄 수지 등의 바인더 수지와, 유기용제로 이루어지는 반사층 페이스트를 격벽으로 구획된 셀 내에 충전하고, 건조시키는 방법을 들 수 있다.

[0107] 신틸레이터 패널이 격벽을 갖는 경우에 있어서는 격벽 위로부터 형광체 페이스트를 도포하고, 격벽으로 구획된 셀에 형광체 페이스트를 충전한다.

[0108] 형광체 페이스트를 각 셀 내에 충전하는 방법으로서의 예를 들면 스크린 인쇄법, 바 코터, 롤 코터, 다이 코터 또는 블레이드 코터를 들 수 있다. 진공 하에서 형광체 페이스트를 충전하거나, 또는 형광체 페이스트를 충전 후에 진공 하에서 일정 시간 방치함으로써 화상의 결함이 원인이 되는 형광체층의 보이드의 발생을 억제할 수 있다.

[0109] 이 실시형태에 있어서 형광체층의 표면에 오목부를 형성하는 방법으로서의 예를 들면 형광체 페이스트를 셀에 충전한 후, 그 형광체 페이스트를 건조시키는 방법을 들 수 있다. 이 경우, 형광체 페이스트의 점도, 형광체 페이스트의 고형분비율, 또는 건조의 조건 등을 관리함으로써 형광체층이 갖는 오목부를 임의의 형상으로 할 수 있다. 이 경우, 형광체 페이스트 점도는 10~500Pa·s가 바람직하다. 또한, 형광체 페이스트의 고형분 비율이란 형광체 페이스트 전체에 차지하는 건조로 증류 제거되지 않은 성분의 비율을 말한다. 형광체 페이스트의 고형분 비율은 5~95체적%가 바람직하다. 또한, 건조의 방법으로서의 예를 들면, 열풍 건조 또는 IR 건조를 들 수 있다.

- [0110] 이러한 신틸레이터 패널의 일실시형태를 모식적으로 나타낸 단면도를 도 10에 나타낸다. 형광체층의 오목부의 개구부의 면적(A)은 상기한 바와 같이 해서 구할 수 있다. 또한, 높이가 격벽의 높이(h)의 50%의 위치에 있어서의 개구부 면적을 A_m , 높이가 격벽의 높이(h)의 75%의 위치에 있어서의 개구부 면적을 A_s 로 한다. A_m 및 A_s 는 개구부 면적(A)과 마찬가지로 측정할 수 있다.
- [0111] 또한, 형광체 페이스트의 도포막에 오목부를 형성하는 별도의 방법으로서는 예를 들면, 형광체 페이스트를 셀에 충전한 후에 그 표면을 돌기물로 프레스하는 방법을 들 수 있다.
- [0112] 또한, 신틸레이터 패널이 격벽을 갖는 경우에 있어서는 각 셀에 1개씩의 오목부가 형성되어 있어도 상관없고, 복수의 오목부가 형성되어 있어도 상관없다.
- [0113] 격벽을 갖는지 아닌지에 관계없이 형광체층은 형광체 분말의 충전 밀도가 다른 복수의 층으로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 형광체 분말의 충전 밀도가 가장 높은 층, 즉 고충전 밀도 형광체층은 반사율이 높다. 고충전 밀도 형광체층은 방사선의 조사 방향이 기관측인 경우, 기관측에 위치되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 격벽에 의해 구획된 각 셀 내에 오목 형상의 고충전 밀도 형광체층을 형성함으로써 형광체의 발광광을 반사시켜 발광광이 격벽측으로 누설되는 것을 저감할 수 있다. 형광체층의 충전 밀도는 형광체 페이스트를 건조 후의 도포막의 두께가 $300\mu\text{m}$ 가 되도록 도포하고, 상압 하 100°C 의 IR 건조로에서 2시간 건조시켜 형성한 형광체 페이스트 도포막의 단위체적당 질량으로부터 산출할 수 있다. 고충전 밀도 형광체층의 충전 밀도는 $3.0\text{g}/\text{cm}^3$ 이상이 바람직하고, $4.0\text{g}/\text{cm}^3$ 이상이 보다 바람직하다.
- [0114] 이렇게 해서 얻어진 신틸레이터 패널과 검출 기관을 그 신틸레이터 패널의 상기 오목부를 갖는 형광체층과, 그 검출 기관에 설치된 광전 변환 소자가 대향하도록 설치하고, 상기 오목부와 상기 광전 변환 소자의 위치 맞춤을 행하는 위치 맞춤 공정 및 그 신틸레이터 패널과 그 검출 기관을 접착층을 통해 접착하는 접합 공정을 거쳐 방사선 화상 검출 장치를 얻을 수 있다.
- [0115] 오목부를 형성한 신틸레이터 패널(2)과, 광전 변환 소자를 형성한 검출 기관(3)에 위치 맞춤의 방법으로서는 특별히 한정되지 않지만 가장 휘도가 높고, 화상에 무아레(moire)가 발생하지 않도록 위치를 맞추는 것이 바람직하다.
- [0116] 격벽을 갖지 않는 실시형태의 신틸레이터 패널(2)과 검출 기관(3)의 위치 맞춤 공정의 일례를 든다. 신틸레이터 패널(2)측에는 형광체층 표면의 네 모퉁이에 화소부에 형성된 오목부의 형상과는 다른 형상의 오목부를 얼라인먼트 마크로서 형성한다. 여기서, 얼라인먼트 마크의 형상은 특별히 한정되지 않지만 오목부의 형상이 대략 원추형인 경우, 예를 들면 십자 형상 등이 바람직하다. 검출 기관(3)측에는 신틸레이터 패널(2)측과 대응한 얼라인먼트 마크를 형성한다. 신틸레이터 패널(2)의 얼라인먼트 마크와, 검출 기관(3)의 얼라인먼트 마크를 위치 맞춤함으로써 형광체층 표면의 오목부와 광전 변환 소자의 위치를 맞출 수 있다. 얼라인먼트 마크는 광전 변환층의 검출 영역보다 외측의 영역에 형성하는 것이 바람직하다.
- [0117] 격벽을 갖는 실시형태의 신틸레이터 패널(2)과, 광전 변환 소자를 형성한 검출 기관(3)의 위치 맞춤 공정의 일례를 든다. 신틸레이터 패널(2)측에는 격벽을 형성한 영역의 네 모퉁이에 격벽 형상과 다른 형상 또는 크기를 갖는 보조 격벽을 얼라인먼트 마크로서 형성한다. 여기서, 보조 격벽의 형상은 특별히 한정되지 않지만 격벽의 형상이 격자 형상인 경우, 예를 들면 타원 형상 등이 바람직하다. 검출 기관(3)측에는 신틸레이터 패널(2)측과 대응한 얼라인먼트 마크를 형성한다. 신틸레이터 패널(2)의 보조 격벽과 검출 기관(3)의 얼라인먼트 마크를 위치 맞춤함으로써 형광체층 표면의 오목부와 광전 변환 소자의 위치를 맞출 수 있다. 보조 격벽은 광전 변환층의 검출 영역보다 외측의 영역에 형성하는 것이 바람직하다.
- [0118] 위치 맞춤 공정 후, 신틸레이터 패널과 검출 기관을 접착층을 통해 접착함으로써 방사선 화상 검출 장치를 얻는다. 검출 기관에 점착 시트의 첩부, 또는 점착제의 도포를 행함으로써 접착층을 형성한다. 접착층의 두께는 $0.5\sim 30\mu\text{m}$ 의 범위인 것이 바람직하다. 접착층의 두께가 $0.5\mu\text{m}$ 미만이면 접착력이 낮기 때문에 바람직하지 않다. 한편, 접착층의 두께가 $30\mu\text{m}$ 보다 큰 경우, 형광체층의 발광광이 접착층 내를 투과할 때에 광이 확산되기 때문에 화상의 선명성이 떨어진다.
- [0119] 형광체층의 발광광은 접착층을 투과한 후에 광전 변환 소자에서 검출되기 때문에 접착층의 재료는 형광체의 발광 파장에 있어서의 광 흡수가 적은 것이 바람직하다. 접착층의 구체예로서는 특별히 한정되지 않지만 투명 폴리에스테르 필름의 양면에 아크릴 수지를 도포한 점착 시트 등을 들 수 있다.
- [0120] (실시예)

- [0121] 이하에 실시예 및 비교예를 들어 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하지만 본 발명은 이들에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0122] (격벽용 감광성 페이스트의 제작)
- [0123] 38질량부의 유기용매에 24질량부의 감광성 폴리머, 6질량부의 감광성 모노머 x, 4질량부의 감광성 모노머 y, 6질량부의 광중합 개시제, 0.2질량부의 중합 금지제 및 12.8질량부의 자외선 흡수제 용액을 첨가하고, 80℃에서 가열 용해했다. 얻어진 용액을 냉각한 후, 점도 조정제를 9질량부 첨가해서 격벽용 유기 용액을 얻었다.
- [0124] 구체적인 재료는 이하대로이다.
- [0125] 감광성 폴리머: 질량비가 메타크릴산/메타크릴산 메틸/스티렌=40/40/30인 공중합체의 카르복실기에 대하여 0.4당량의 글리시딜메타크릴레이트를 부가 반응시킨 것(중량 평균 분자량 43000; 산가 100)
- [0126] 감광성 모노머 x: 트리메틸올프로판트리아크릴레이트
- [0127] 감광성 모노머 y: 테트라프로필렌글리콜디메타크릴레이트
- [0128] 광중합 개시제: 2-벤질-2-디메틸아미노-1-(4-모르폴리노페닐)부탄온-1(IC369; BASF Corporation 제작)
- [0129] 중합 금지제: 1,6-헥산디올-비스[(3,5-디-t-부틸-4-히드록시페닐)프로피오네이트])
- [0130] 자외선 흡수제 용액: γ-부티로락톤 0.3질량% 용액(Sudan IV; TOKYO OHKA KOGYO Co., Ltd. 제작)
- [0131] 유기용매: γ-부티로락톤
- [0132] 점도 조정제: Flowon(등록상표) EC 121(KYOEISHA CHEMICAL CO., LTD. 제작)
- [0133] 이렇게 해서 얻어진 60질량부의 격벽용 유기 용액에 30질량부의 저융점 유리 분말 및 10질량부의 고용점 유리 분말을 첨가해서 3개 롤러 혼련기로 혼련하고, 격벽용 감광성 페이스트를 얻었다.
- [0134] 구체적인 조성 등은 이하대로이다.
- [0135] 저융점 유리 분말: SiO₂ 27질량%, B₂O₃ 31질량%, ZnO 6질량%, Li₂O 7질량%, MgO 2질량%, CaO 2질량%, BaO 2질량%, Al₂O₃ 23질량%; 연화 온도 588℃; 열팽창계수 $68 \times 10^{-7} (/K)$; 평균 입자경(D50) 2.3μm
- [0136] 고용점 유리 분말: SiO₂ 30질량%, B₂O₃ 31질량%, ZnO 6질량%, MgO 2질량%, CaO 2질량%, BaO 2질량%, Al₂O₃ 27질량%; 연화 온도 790℃; 열팽창계수 $32 \times 10^{-7} (/K)$; 평균 입자경(D50) 2.3μm
- [0137] (완충층용 페이스트의 제작)
- [0138] 95질량부의 상기 격벽용 감광성 페이스트에 5질량부의 산화티탄 분말(평균 입자경(D50) 0.3μm)을 첨가해서 혼련하고, 완충층용 페이스트를 얻었다.
- [0139] (반사층 페이스트 A의 제작)
- [0140] 5질량부의 유기 바인더(에틸셀룰로오스(100cP))를 80질량부의 유기용매(테르피넨올)에 80℃에서 가열 용해한 유기 용액에 15질량부의 루틸형 산화티탄(평균 입자경(D50) 0.25μm)을 첨가해서 혼련하고, 반사층 페이스트 A를 얻었다.
- [0141] (반사층 페이스트 B의 제작)
- [0142] 5질량부의 유기 바인더(에틸셀룰로오스(100cP))를 60질량부의 유기용매(테르피넨올)에 80℃에서 가열 용해한 유기 용액에 35질량부의 루틸형 산화티탄(평균 입자경(D50) 0.25μm)을 첨가해서 혼련하고, 반사층 페이스트 B를 얻었다.
- [0143] (반사층 페이스트 C의 제작)
- [0144] 5질량부의 유기 바인더(에틸셀룰로오스(14cP))를 80질량부의 유기용매(테르피넨올)에 80℃에서 가열 용해한 유기 용액에 15질량부의 루틸형 산화티탄(평균 입자경(D50) 0.25μm)을 첨가해서 혼련하고, 반사층 페이스트 C를 얻었다.
- [0145] (형광체 페이스트 A의 제작)

[0146] 30질량부의 유기 바인더(에틸셀룰로오스(7cp); 비중 1.1g/cm³)를 70질량부의 유기용매(테르피넨올, 비중 0.93g/cm³)에 80℃에서 가열 용해하고, 유기 용액 1을 얻었다. 또한, 형광체 분말로서 평균 입자경(D50)이 10 μ m인 Tb 부활 Gd₂O₂S(Gd₂O₂S: Tb, 비중 7.3g/cm³)을 준비했다.

[0147] 15질량부의 유기 용액 1에 85질량부의 형광체 분말을 혼합하여 형광체 페이스트 A를 얻었다. 형광체 페이스트 A를 사용하여 형성한 형광체층의 충전 밀도는 4.0g/cm³이었다.

[0148] (형광체 페이스트 B~H의 제작)

[0149] 표 1에 나타내는 조성으로 유기 용액 1의 제작과 동일한 방법에 의해 유기 용액 2~6을 제작했다. 이어서, 표 2에 나타내는 조성으로 형광체 페이스트 A의 제작과 동일한 방법에 의해 형광체 페이스트 B~H를 제작했다.

표 1

형광체용 유기 용액의 조성		유기 용액 1	유기 용액 2	유기 용액 3	유기 용액 4	유기 용액 5	유기 용액 6
유기 바인더 (질량부)	에틸셀룰로오스 (7cP)	30	-	-	-	-	10
	에틸셀룰로오스 (14cP)	-	20	-	-	-	-
	에틸셀룰로오스 (100cP)	-	-	10	-	5	-
	에틸셀룰로오스 (200cP)	-	-	-	8	-	-
유기 용액 (질량부)	테르피넨올	70	80	90	92	95	90

[0150]

표 2

	A	B	C	D	E	F	G	H
형광체 페이스트의 조성(질량부)								
유기 용액 1	15	-	-	-	-	-	-	15
유기 용액 2	-	20	-	-	-	-	-	-
유기 용액 3	-	-	20	-	-	-	15	-
유기 용액 4	-	-	-	20	-	-	-	-
유기 용액 5	-	-	-	-	20	-	-	-
유기 용액 6	-	-	-	-	-	30	-	-
Gd ₂ O ₂ S:Tb D50 2 μ m	-	-	-	-	-	-	85	-
Gd ₂ O ₂ S:Tb D50 10 μ m	85	80	80	80	80	-	-	85
Gd ₂ O ₂ S:Tb D50 20 μ m	-	-	-	-	-	70	-	-
형광체 막의 충전 밀도 (g/cm ³)	4.0	4.2	4.8	4.9	5.0	4.1	5.1	4.3

[0151]

[0152] (비교예 1)

[0153] 100mm×100mm의 백색 PET 필름 기판(E6SQ; TORAY INDUSTRIES, INC. 제작) 상에 상기 형광체 페이스트 A를 건조 후의 도포막의 두께가 300 μ m가 되도록 다이 코터로 도포하고, 100℃의 IR 건조로에서 2시간 건조시켜 형광체 페이스트 도포막, 즉 솔리드 도포의 형광체층을 형성하고, 신틸레이터 패널을 얻었다. 얻어진 신틸레이터 패널에 대한 각 파라미터를 표 3에 나타낸다.

[0154] 얻어진 신틸레이터 패널을 검출 기관인 FPD(PaxScan 3030; Varian Medical Systems, Inc. 제작)에 세팅해서 방사선 화상 검출 장치를 제작했다. 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기관측으로부터 조사하여 신틸레이터 패널의 발광 강도를 PaxScan 3030로 검출한 결과, 충분한 발광 강도가 얻어졌다. 이하, 이 비교예 1의 발광 강도의 값을 100으로 해서 상대평가를 했다. 또한, 납제의 MTF 차트를 통해 마찬가지로 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기관측으로부터 조사하고, 얻어진 화상 데이터 처리를 행하여 화상 선명성의 척도인 MTF를 산출했다. 이하, 이 비교예 1의 MTF의 값을 화상 선명성 100으로 해서 상대평가를 했다.

- [0155] (실시예 1)
- [0156] 100mm×100mm의 백색 PET 필름 기판(E6SQ; TORAY INDUSTRIES, INC. 제작) 상에 상기 형광체 페이스트 A를 건조 후의 도포막의 두께가 300 μ m가 되도록 다이 코터로 도포하고, 100℃의 IR 건조로에서 2시간 건조시켜 형광체 페이스트 도포막, 즉 솔리드 도포의 형광체층을 형성했다.
- [0157] 복수의 볼록 형상 패턴(반경 50 μ m, 높이 270 μ m의 대략 원추형)이 종횡 모두 피치 194 μ m의 2차원 매트릭스 형상으로 형성되고, 또한 그 복수의 볼록 형상 패턴의 네 모퉁이에 각각 선평 50 μ m의 십자 형상 패턴이 형성된 알루미늄(열팽창계수 71×10^{-7} (/K))제의 성형틀을 준비했다. 상기한 바와 같이 형성한 형광체층에 대하여 상기 성형틀을 온도 80℃에서 프레싱하여 형광체층의 표면에 오목부를 형성하고, 표면에 복수의 오목부를 갖는 형광체층을 구비하는 신틸레이터 패널을 얻었다. 얻어진 신틸레이터 패널에 대한 각 파라미터를 표 3에 나타낸다.
- [0158] 얻어진 신틸레이터 패널의 십자 형상 오목부를 FPD(PaxScan 3030)의 얼라인먼트 마크에 맞춰 세팅하여 방사선 화상 검출 장치를 제작했다. 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기판측으로부터 조사하여 신틸레이터 패널의 발광 강도를 PaxScan 3030으로 검출한 결과, 비교예 1에 있어서의 발광 강도인 100에 대하여 102라고 하는 보다 높은 발광 강도가 얻어졌다. 또한, 납제의 MTF 차트를 통해 마찬가지로 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기판측으로부터 조사해서 얻어진 화상 데이터 처리를 행하여 MTF를 산출한 결과, 비교예 1에 있어서의 화상 선명성 100에 대하여 105라고 하는 보다 높은 수치를 나타냈다.
- [0159] (실시예 2)
- [0160] 볼록 형상 패턴의 높이를 240 μ m로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다. 신틸레이터 패널에 대한 각 파라미터 및 평가 결과를 표 3에 나타낸다. 이하, 실시예 3~19 및 비교예 2~4에 대해서도 마찬가지이다.
- [0161] (실시예 3)
- [0162] 볼록 형상 패턴의 높이를 200 μ m로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0163] (실시예 4)
- [0164] 볼록 형상 패턴의 높이를 150 μ m로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0165] (실시예 5)
- [0166] 볼록 형상 패턴의 높이를 100 μ m로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0167] (실시예 6)
- [0168] 볼록 형상 패턴의 높이를 40 μ m로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0169] (실시예 7)
- [0170] 볼록 형상 패턴의 반경을 15 μ m로 변경한 이외는 실시예 4와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0171] (실시예 8)
- [0172] 볼록 형상 패턴의 반경을 30 μ m로 변경한 이외는 실시예 4와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0173] (실시예 9)
- [0174] 볼록 형상 패턴의 반경을 70 μ m로 변경한 이외는 실시예 4와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0175] (실시예 10)

- [0176] 볼록 형상 패턴의 반경을 $90\mu\text{m}$ 로 변경한 이외는 실시예 4와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0177] (실시예 11)
- [0178] 볼록 형상 패턴의 피치를 중형 모두 피치 $127\mu\text{m}$ 로 변경한 이외는 실시예 8과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻었다.
- [0179] 이 신틸레이터 패널을 FPD(PaxScan 2520; Varian Medical Systems, Inc. 제작)에 세팅해서 방사선 화상 검출 장치를 제작하고, 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0180] (실시예 12)
- [0181] 볼록 형상 패턴의 피치를 중형 모두 피치 $83\mu\text{m}$ 로 변경한 이외는 실시예 8과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻었다.
- [0182] 이 신틸레이터 패널을 FPD(PaxScan 3024; Varian Medical Systems, Inc. 제작)에 세팅해서 방사선 화상 검출 장치를 제작하고, 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0183] (실시예 13)
- [0184] 형광체 페이스트 도포막의 두께를 $500\mu\text{m}$ 로, 볼록 형상 패턴의 피치를 중형 모두 피치 $42\mu\text{m}$ 로, 볼록 형상 패턴의 높이를 $200\mu\text{m}$ 로 각각 변경한 이외는 실시예 7과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 12와 동일한 평가를 했다.
- [0185] (실시예 14)
- [0186] 볼록 형상 패턴의 피치를 중형 모두 피치 $582\mu\text{m}$ 로, 볼록 형상 패턴의 높이를 $100\mu\text{m}$ 로 변경한 이외는 실시예 9와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다. 또한, 얻어진 화상에는 주기적인 노이즈가 보여졌다.
- [0187] (실시예 15)
- [0188] 형광체 페이스트 도포막의 두께를 $150\mu\text{m}$ 로, 볼록 형상 패턴의 반경을 $30\mu\text{m}$ 로, 볼록 형상 패턴의 높이를 $30\mu\text{m}$ 로 각각 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0189] (실시예 16)
- [0190] 형광체 페이스트 도포막의 두께를 $500\mu\text{m}$ 로, 볼록 형상 패턴의 반경을 $50\mu\text{m}$ 으로 볼록 형상 패턴의 높이를 $200\mu\text{m}$ 로 각각 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0191] (실시예 17)
- [0192] 볼록 형상 패턴의 형상을 중형 모두 피치 $194\mu\text{m}$, 반경 $50\mu\text{m}$, 높이 $150\mu\text{m}$ 의 원주 형상으로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 마찬가지로 평가를 했다.
- [0193] (실시예 18)
- [0194] 볼록 형상 패턴의 형상을 중형 모두 피치 $194\mu\text{m}$, 1변의 길이 $100\mu\text{m}$, 높이 $150\mu\text{m}$ 의 정사각 기둥으로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0195] (실시예 19)
- [0196] 볼록 형상 패턴의 형상을 중형 모두 피치 $194\mu\text{m}$, 1변의 길이 $100\mu\text{m}$, 높이 $150\mu\text{m}$ 의 정사각뿔로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0197] (실시예 20)
- [0198] 상기 형광체 페이스트 G를 건조 후의 도포막의 두께가 $50\mu\text{m}$ 가 되도록 스크린 인쇄기(MICROTEK Inc. 제작; 스크린판은 #350 POL 메쉬)를 사용하여 전체면 솔리드 인쇄하고, 100°C 의 IR 건조로에서 1시간 건조시킨 후, 상기 형광체 페이스트 A를 형광체 페이스트 도포막의 합계 두께가 $230\mu\text{m}$ 가 되도록 도포하고, 100°C 의 IR 건조로에서 1시간 건조시켜 충전 밀도가 다른 다층 구조의 형광체 페이스트 도포막을 형성했다.

- [0199] 도포막의 표면에 실시예 5와 동일한 방법에 의해 오목부를 형성하고, 표면에 복수의 오목부를 갖는 형광체층을 구비하는 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0200] (실시예 21)
- [0201] 상기 형광체 페이스트 G를 건조 후의 도포막의 두께가 $50\mu\text{m}$ 가 되도록 다이 코터로 도포한 후, 상기 형광체 페이스트 A를 형광체 페이스트 도포막의 합계 두께가 $230\mu\text{m}$ 가 되도록 도포하고, 100°C 의 IR 건조로에서 1시간 건조시켜 충전 밀도가 다른 다층 구조의 형광체 페이스트 도포막을 형성했다.
- [0202] 도포막의 표면에 실시예 6과 동일한 방법에 의해 오목부를 형성하고, 표면에 복수의 오목부를 갖는 형광체층을 구비하는 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0203] (실시예 22)
- [0204] 상기 형광체 페이스트 G를 건조 후의 도포막의 두께가 $50\mu\text{m}$ 가 되도록 다이 코터로 도포한 후, 상기 형광체 페이스트 A를 형광체 페이스트 도포막의 합계 두께가 $150\mu\text{m}$ 가 되도록 도포하고, 100°C 의 IR 건조로에서 1시간 건조시켜 충전 밀도가 다른 다층 구조의 형광체 페이스트 도포막을 형성했다.
- [0205] 도포막의 표면에 실시예 15와 동일한 방법에 의해 오목부를 형성하고, 표면에 복수의 오목부를 갖는 형광체층을 구비하는 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0206] (실시예 23)
- [0207] 상기 형광체 페이스트 G를 건조 후의 도포막의 두께가 $50\mu\text{m}$ 가 되도록 다이 코터로 도포한 후, 상기 형광체 페이스트 A를 형광체 페이스트 도포막의 합계 두께가 $330\mu\text{m}$ 가 되도록 도포하고, 100°C 의 IR 건조로에서 2시간 건조시켜 충전 밀도가 다른 다층 구조의 형광체 페이스트 도포막을 형성했다.
- [0208] 도포막의 표면에 실시예 5와 동일한 방법에 의해 오목부를 형성하고, 표면에 복수의 오목부를 갖는 형광체층을 구비하는 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0209] (비교예 2)
- [0210] 볼록 형상 패턴의 높이를 $280\mu\text{m}$, 반경을 $70\mu\text{m}$ 로 변경한 이외는 실시예 1과 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0211] (비교예 3)
- [0212] 볼록 형상 패턴의 반경을 $10\mu\text{m}$ 로 변경한 이외는 실시예 4와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다.
- [0213] (비교예 4)
- [0214] 볼록 형상 패턴의 반경을 $160\mu\text{m}$ 로 변경한 이외는 실시예 4와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 1과 동일한 평가를 했다. 또한, 얻어진 화상에는 주기적인 노이즈가 보여졌다.

표 3

	형광체 두께(T) (μm)	D/T	형광체층				패턴 특성	
			오목부의 개구 피치(μm^2)	오목부의 개구 면적(A)(μm^2)	오목부의 개구 최대폭(W)(μm)	오목부의 수 (개/ cm^2)	발광 강도 (비교예 1 대비)	회상 선명성 (비교예 1 대비)
실시예 1	300	0.90	194	7854	100	2657	102	105
실시예 2	300	0.80	194	7854	100	2657	105	112
실시예 3	300	0.67	194	7854	100	2657	111	112
실시예 4	300	0.50	194	7854	100	2657	112	108
실시예 5	300	0.33	194	7854	100	2657	108	106
실시예 6	300	0.13	194	7854	100	2657	101	101
실시예 7	300	0.50	194	707	30	2657	103	104
실시예 8	300	0.50	194	2827	60	2657	114	107
실시예 9	300	0.50	194	15394	140	2657	108	110
실시예 10	300	0.50	194	25447	180	2657	103	105
실시예 11	300	0.50	127	2827	60	6200	108	107
실시예 12	300	0.50	83	2827	60	14516	103	117
실시예 13	500	0.60	42	707	30	58064	103	102
실시예 14	300	0.33	582	15394	140	295	104	101
실시예 15	150	0.20	194	2827	60	2657	101	126
실시예 16	500	0.40	194	7854	100	2657	113	102
실시예 17	300	0.50	194	7854	100	2657	110	109
실시예 18	300	0.50	194	10000	141	2657	108	110
실시예 19	300	0.50	194	10000	141	2657	111	108
비교예 1	300	0.00	—	—	—	—	100	100
비교예 2	300	0.93	194	25447	180	2657	85	99
비교예 3	300	0.50	194	314	20	2657	95	100
비교예 4	300	0.50	388	80425	320	664	93	—
실시예 20	230	0.43	194	7854	100	2657	106	123
실시예 21	230	0.17	194	7854	100	2657	100	114
실시예 22	150	0.20	194	2827	60	2657	100	128
실시예 23	330	0.30	194	7854	100	2657	112	106

[0215]

[0216] (비교예 5)

[0217] 100mm×100mm의 유리 기판(소다 유리; 열팽창계수 $90 \times 10^{-7}/(\text{K})$, 기판 두께 0.7mm) 상에 감광성 페이스트를 건조 후의 도포막의 두께가 450 μm 가 되도록 다이 코터로 도포하고, 100℃의 IR 건조로에서 4시간 건조시켜 감광성 페이스트 도포막을 형성했다. 얻어진 감광성 페이스트 도포막을 소망의 격벽 패턴에 대응하는 개구부를 갖는 포토 마스크(종횡 모두 피치 194 μm , 선폭 20 μm 의 격자 형상 개구부를 갖는 크롬 마스크)를 통해 노광량 500mJ/ cm^2 의 초고압 수은등으로 노광했다. 노광 후의 감광성 페이스트 도포막을 현상액으로서 35℃의 0.5질량% 에탄올아민 수용액을 사용하여 압력 1.5kg/ cm^2 로 420초간 샤워 현상하고, 현상액에 함침한 채 40kHz, 100W/ cm^2 의 초음파를 240초간 더 조사하고, 압력 1.5kg/ cm^2 로 샤워 수세하고 나서 120℃에서 10분간 건조시켜 격자 형상의 감광성 페이스트 패턴을 형성했다. 얻어진 감광성 페이스트 패턴은 공기 중 585℃에서 15분간 소성하고, 표 4에 나타내는 바와 같은 단면 형상을 갖는 격자 형상의 격벽을 형성했다.

[0218] 형성된 격벽에 형광체 페이스트 A를 스크린 인쇄기(MICROTEK Inc. 제작; 형광체 스퀴지 사용; 스크린 판은 #200 SUS 메쉬)를 사용하여 전체면 솔리드 인쇄를 반복하고, 테시케이터에서 진공 처리하고, 60℃의 IR 건조기에서

60분간 가열 처리를 행한 후, 고무 스퀴지로 흘러나오는 형광체 페이스트를 스크래핑했다. 그 후 100℃의 열풍 건조 오븐에서 40분간 건조시키고, 표 5에 나타내는 바와 같은 형광체층을 형성하여 신틸레이터 패널을 얻었다.

[0219] 얻어진 신틸레이터 패널을 FPD(PaxScan 3030; Varian Medical Systems, Inc.제)에 세팅하여 방사선 화상 검출 장치를 제작했다. 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기관측으로부터 조사하여 신틸레이터 패널 40B의 발광 강도를 PaxScan 3030으로 검출한 결과, 충분한 화상이 얻어졌다(이하, 이 발광 강도의 값을 100으로 해서 상대평가를 한다). 또한, 납제의 MTF 차트를 통해 마찬가지로 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기관측으로부터 조사하고, 얻어진 화상 데이터 처리를 행하여 MTF를 산출했다(이하, 이 MTF의 값을 화상 선명성 100으로 해서 상대평가를 한다).

[0220] (실시에 24)

[0221] 100mm×100mm의 유리 기관(소다 유리; 열팽창계수 $90 \times 10^{-7} (/K)$, 기관 두께 0.7mm) 상에 감광성 페이스트를 건조 후의 도포막의 두께가 450 μ m가 되도록 다이 코터로 도포하고, 100℃의 IR 건조로에서 4시간 건조시켜 감광성 페이스트 도포막을 형성했다. 얻어진 감광성 페이스트 도포막을 소망의 격벽 패턴에 대응하는 개구부를 갖는 포토 마스크(종횡 모두 피치 194 μ m, 선폭 20 μ m의 격자 형상 개구부를 갖는 크롬 마스크)를 통해 노광량 500mJ/cm²의 초고압 수은등으로 노광했다. 노광 후의 감광성 페이스트 도포막을 현상액으로서 35℃의 0.5질량% 에탄올아민 수용액을 사용하여 압력 1.5kg/cm²로 420초간 샤워 현상하고, 현상액에 함침한 채 40kHz, 100W/cm²의 초음파를 240초간 더 조사하고, 압력 1.5kg/cm²로 샤워 수세하고 나서 120℃에서 10분간 건조시켜 격자 형상의 감광성 페이스트 패턴을 형성했다. 얻어진 감광성 페이스트 패턴은 공기 중 585℃에서 15분간 소성하고, 표 4에 나타내는 바와 같은 단면 형상을 갖는 격자 형상의 격벽을 형성했다.

[0222] 형성된 격벽에 형광체 페이스트 A를 스크린 인쇄기(MICROTEK Inc. 제작; 형광체 스퀴지 사용; 스크린 판은 #200 SUS 메쉬)를 사용하여 전체면 솔리드 인쇄를 반복하고, 데시케이터에서 진공 처리한 후, 고무 스퀴지로 흘러나오는 형광체 페이스트를 스크래핑했다. 그 후 100℃의 열풍 건조 오븐에서 40분간 건조시키고, 표 5에 나타내는 바와 같은 개구부가 원형의 오목부를 갖는 형광체층을 형성하고, 신틸레이터 패널을 얻었다.

[0223] 얻어진 신틸레이터 패널을 FPD(PaxScan 3030; Varian Medical Systems, Inc. 제작)에 세팅하여 방사선 화상 검출 장치를 제작했다. 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기관측으로부터 조사하여 신틸레이터 패널 24B의 발광 강도를 PaxScan 3030으로 검출한 결과, 비교예 5에 있어서의 발광 강도인 100에 대하여 103이라는 보다 높은 발광 강도가 얻어졌다. 또한, 납제의 MTF 차트를 통해 마찬가지로 관 전압 80kVp의 방사선을 신틸레이터 패널의 기관측으로부터 조사하여 얻어진 화상 데이터 처리를 행하고, MTF를 산출한 결과, 비교예 5에 있어서의 화상 선명성 100에 대하여 101이라고 하는 보다 높은 수치를 나타냈다.

[0224] (실시에 25)

[0225] 상기 형광체 페이스트 B를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 120℃로 한 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다. 신틸레이터 패널에 대한 각 파라미터 및 평가 결과를 표 4 및 표 5에 나타낸다. 이하, 실시예 26~40 및 비교예 6에 대해서도 마찬가지이다.

[0226] (실시에 26)

[0227] 상기 형광체 페이스트 C를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 120℃로 한 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

[0228] (실시에 27)

[0229] 상기 형광체 페이스트 D를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 140℃로 한 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

[0230] (실시에 28)

[0231] 상기 형광체 페이스트 C를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 200℃로 한 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

[0232] (실시에 29)

[0233] 상기 형광체 페이스트 C를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 160℃로 한 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

- [0234] (실시예 30)
- [0235] 상기 형광체 페이스트 C를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 90℃로 해서 80분 건조시킨 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.
- [0236] (실시예 31)
- [0237] 실시예 24와 동일한 방법에 의해 100mm×100mm의 유리 기판에 격자 형상의 격벽을 형성했다. 형성된 격벽에 상기 반사층 페이스트 C를 스크린 인쇄기(MICROTEK Inc. 제작; 형광체 스퀴지 사용; 스크린 판은 #200 SUS 메쉬)를 사용하여 전체면 솔리드 인쇄를 수회 반복하고, 격벽으로 구획된 셀에 반사층 페이스트 C를 충전했다. 그 후, 데시케이터에서 진공 처리한 후, 고무 스퀴지로 셀로부터 흘러나온 반사층 페이스트를 스크래핑했다. 그 후, 40℃의 IR 건조로에서 120분간 건조시키고, 격벽으로 구획된 각 셀 내의 저면에 두께 10 μ m의 반사층을 형성했다.
- [0238] 그 후, 실시예 24와 동일한 방법에 의해 형광체층을 형성하고, 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.
- [0239] (실시예 32)
- [0240] 실시예 24와 동일한 방법에 의해 100mm×100mm의 유리 기판에 격자 형상의 격벽을 형성했다. 형성된 격벽에 상기 반사층 페이스트 A를 스크린 인쇄기(형광체 스퀴지 사용; 스크린 판은 #200 SUS 메쉬)를 사용하여 전체면 솔리드 인쇄를 수회반복하고, 격벽으로 구획된 셀에 반사층 페이스트 A를 충전했다. 그 후, 데시케이터에서 진공 처리한 후, 고무 스퀴지로 셀로부터 흘러나온 반사층 페이스트를 스크래핑했다. 그 후, 160℃의 열풍 건조 오븐에서 60분간 건조시키고, 격벽으로 구획된 각 셀 내의 전체면에 두께 10 μ m의 오목 형상의 반사층을 형성했다.
- [0241] 그 후, 실시예 24와 동일한 방법에 의해 형광체층을 형성하고, 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.
- [0242] (실시예 33)
- [0243] 상기 반사층 페이스트 B를 사용하고, 반사층의 두께를 30 μ m로 한 이외는 실시예 32와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.
- [0244] (실시예 34)
- [0245] 상기 형광체 페이스트 C를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 120℃로 한 이외는 실시예 32와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.
- [0246] (실시예 35)
- [0247] 상기 형광체 페이스트 D를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 140℃로 한 이외는 실시예 32와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.
- [0248] (실시예 36)
- [0249] 100mm×100mm의 유리 기판 상에 실시예 24와 동일한 방법에 의해 감광성 페이스트 도포막을 형성했다. 얻어진 감광성 페이스트 도포막을 포토마스크를 중형 모두 피치 127 μ m, 선폭 15 μ m의 격자 형상 개구부를 갖는 크롬 마스크에 노광량을 350mJ/cm²로 각각 변경한 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 노광했다. 노광 후의 감광성 페이스트 도포막을 현상액으로서 35℃의 0.5질량% 에탄올아민 수용액을 사용하여 압력 1.5kg/cm²로 500초간 샤워 현상하고, 현상액에 함침한 채 40kHz, 100W/cm²의 초음파를 400초간 더 조사하고, 압력 1.5kg/cm²로 샤워 수세하고 나서 실시예 24와 동일한 방법에 의해 격자 형상의 격벽을 형성했다.
- [0250] 그 후, 실시예 32와 동일한 방법에 의해 반사층을 형성하고, 형광체 페이스트 E를 사용하여 열풍 건조 오븐의 온도를 140℃로 한 이외는 실시예 26과 동일한 방법에 의해 형광체층을 형성하고, 신틸레이터 패널을 얻었다.
- [0251] 이 신틸레이터 패널을 FPD(PaxScan 2520; Varian Medical Systems, Inc. 제작)에 세팅하여 방사선 화상 검출 장치를 제작하고, 실시예 24와 동일한 평가를 했다.
- [0252] (실시예 37)
- [0253] 실시예 35와 동일한 방법에 의해 얻은 신틸레이터 패널에 상기 형광체 페이스트 F를 스크린 인쇄기(형광체 스퀴지 사용; 스크린 판은 #165 SUS 메쉬)를 사용하여 더욱 전체면 솔리드 인쇄하고, 데시케이터에서 진공 처리한

후, 100℃의 열풍건조 오븐에서 40분간 건조시켜 표 5에 나타내는 바와 같은 2층째의 형광체층을 형성하고, 형광체층이 형광체 분말의 충전 밀도가 다른 복수의 층으로 구성되어 있는 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

[0254] (실시예 38)

[0255] 상기 형광체 페이스트 G를 사용한 이외는 실시예 35와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

[0256] (실시예 39)

[0257] 실시예 38과 동일한 방법에 의해 얻은 신틸레이터 패널에 상기 형광체 페이스트 H를 스크린 인쇄기(형광체 스퀘지 사용; 스크린 판은 #165 SUS 메쉬)를 사용하여 더욱 전체면 솔리드 인쇄하고, 데시케이터에서 진공 처리한 후, 80℃의 열풍 건조 오븐에서 40분간 건조시키고, 표 5에 나타내는 바와 같은 2층째의 형광체층을 형성하고, 형광체층이 형광체 분말의 충전 밀도가 다른 복수의 층으로 구성되어 있는 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

[0258] (실시예 40)

[0259] 100mm×100mm의 유리 기판(소다 유리; 열팽창계수 90×10^{-7} (/K), 기판 두께 0.7mm) 상에 상기 완충층용 페이스트를 15 μ m 바 코터로 도포하고, 건조시킨 후에 초고압 수은등으로 500mJ/cm²의 전체면 광 조사를 행하여 두께 12 μ m의 완충층용 페이스트 도포막을 형성했다.

[0260] 이어서, 그 완충층용 페이스트 도포막 상에 실시예 24와 마찬가지로 감광성 페이스트 패턴을 형성했다. 이렇게 해서 얻어진 감광성 페이스트 패턴이 형성된 유리 기판을 공기 중 585℃에서 15분간 소성함으로써 완충층용 페이스트 도포막 및 감광성 페이스트 패턴의 소성을 행하여 완충층 및 표 4에 나타내는 바와 같은 단면 형상을 갖는 격자 형상의 격벽을 갖는 유리 기판을 형성했다.

[0261] 이하, 실시예 32와 동일한 방법에 의해 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

[0262] (비교예 6)

[0263] 100mm×100mm의 유리 기판 상에 실시예 24와 동일한 방법에 의해 격자 형상의 격벽을 형성했다.

[0264] 그 후, 상기 형광체 페이스트 F를 사용한 이외는 실시예 24와 동일한 방법에 의해 형광체층을 형성하고, 신틸레이터 패널을 얻어 실시예 24와 동일한 평가를 했다.

표 4

	격벽 구조					
	격벽의 피치(P) (μm)	격벽의 높이(h) (μm)	격벽의 저부 폭(Wb) (μm)	격벽 50% 높이 위치의 폭(Wm) (μm)	격벽 75% 높이 위치의 폭(Ws) (μm)	격벽의 정부 폭(Wt) (μm)
실시예 24	193	300	35	30	27	25
실시예 25	193	300	35	30	27	25
실시예 26	193	300	35	30	27	25
실시예 27	193	300	35	30	27	25
실시예 28	193	300	35	30	27	25
실시예 29	193	300	35	30	27	25
실시예 30	193	300	35	30	27	25
실시예 31	193	300	35	30	27	25
실시예 32	193	300	35	30	27	25
실시예 33	193	300	35	30	27	25
실시예 34	193	300	35	30	27	25
실시예 35	193	300	35	30	27	25
실시예 36	127	300	32	28	22	21
실시예 37	193	300	35	30	27	25
실시예 38	193	300	35	30	27	25
실시예 39	193	300	35	30	27	25
실시예 40	193	300	35	30	27	25
비교예 5	193	300	35	30	27	25
비교예 6	193	300	35	30	27	25

[0265]

표 5

	형광체층								패널 특성	
	형광체 두께(T) (μm)	D/T	오목부의 개구 피치(P) (μm)	오목부의 개구 면적(A) (μm^2)	오목부의 개구 최대폭(W) (μm)	오목부의 수 ($\text{개}/\text{cm}^2$)	격벽 75% 높이의 오목부 개구 면적 (A_s) (μm^2)	격벽 50% 높이의 오목부 개구 면적 (A_m) (μm^2)	발광 강도 (비교예 5 대비)	화상 선명성 (비교예 5 대비)
실시예 24	300	0.17	193	7854	100	2685	—	—	103	101
실시예 25	300	0.33	193	7854	100	2685	2827	—	108	108
실시예 26	300	0.50	193	7854	100	2685	5027	—	112	112
실시예 27	300	0.70	193	7854	100	2685	6362	1963	109	114
실시예 28	300	0.70	193	1257	40	2685	1018	616	102	104
실시예 29	300	0.53	193	5027	80	2685	3848	962	106	107
실시예 30	300	0.45	193	11310	120	2685	3848	—	107	108
실시예 31	290	0.17	193	7854	100	2685	—	—	105	101
실시예 32	290	0.17	193	7854	100	2685	—	—	110	120
실시예 33	270	0.19	193	7854	100	2685	—	—	105	121
실시예 34	290	0.48	193	5027	80	2685	2463	—	121	131
실시예 35	290	0.69	193	5027	80	2685	3217	—	118	136
실시예 36	285	0.39	127	2827	60	6200	1257	79	105	128
실시예 37	290	0.48	193	2827	60	2685	804	314	124	129
실시예 38	290	0.59	193	7854	100	2685	5542	314	108	139
실시예 39	290	0.38	193	2827	60	2685	1257	—	118	138
실시예 40	290	0.17	193	7854	100	2685	—	—	112	120
비교예 5	300	0.00	—	—	—	—	—	—	100	100
비교예 6	300	0.92	193	7854	100	2685	5542	2827	95	114

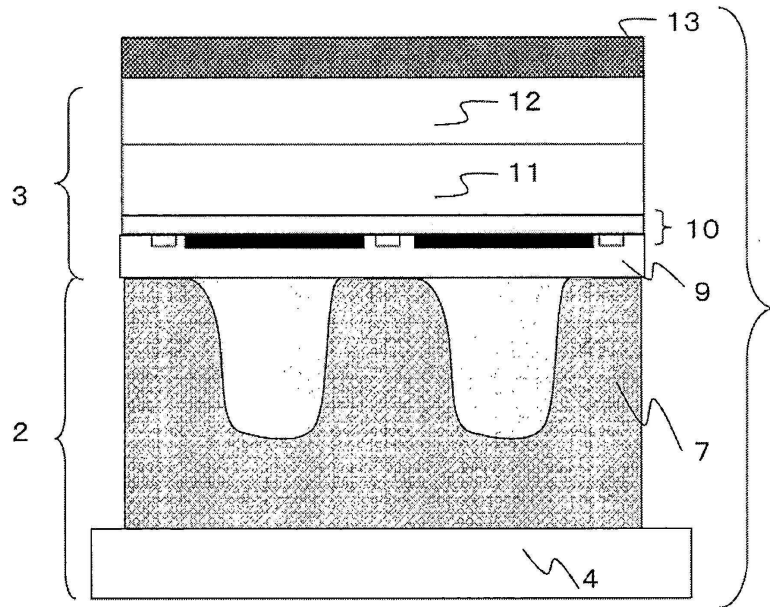
부호의 설명

- 1 방사선 화상 검출 장치 2 신틸레이터 패널
- 3 검출 기관 4 기관
- 5 완충층 6 격벽
- 7 형광체층 8 반사층
- 9 접착층 10 광전 변환층
- 11 출력층 12 기관

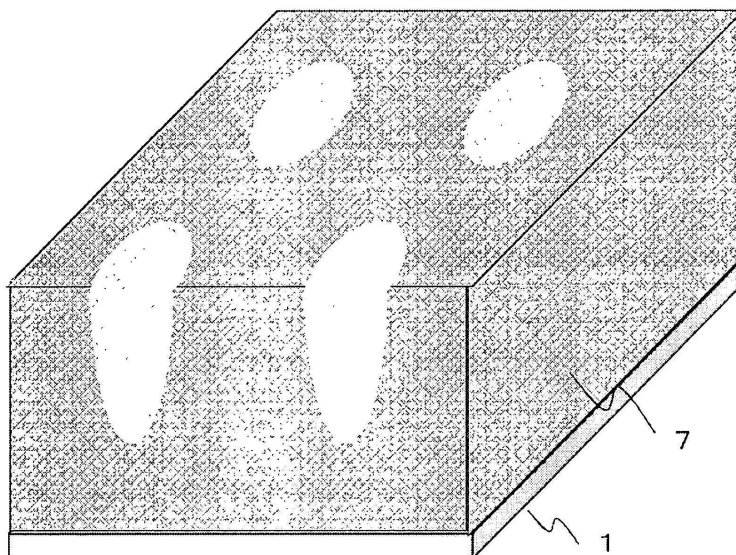
13 전원부

도면

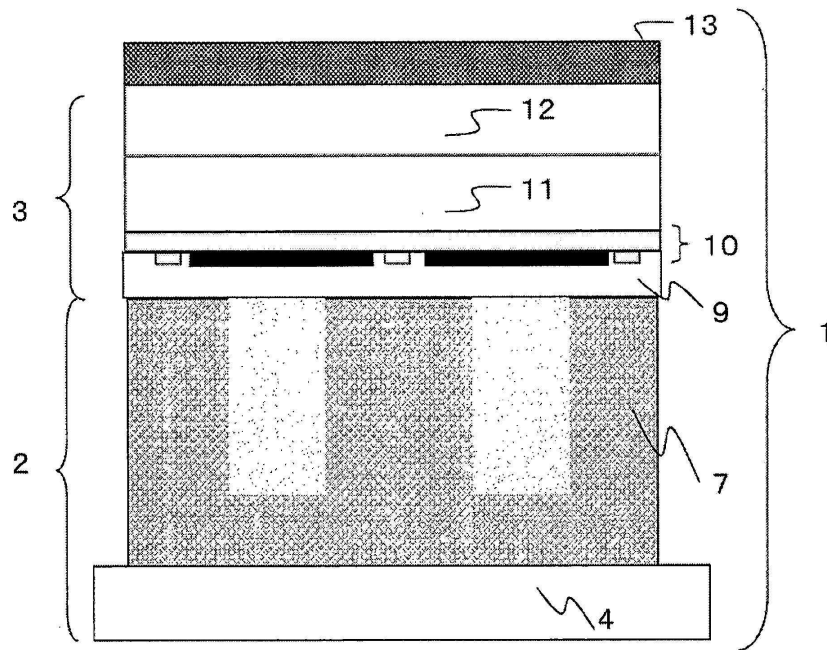
도면1



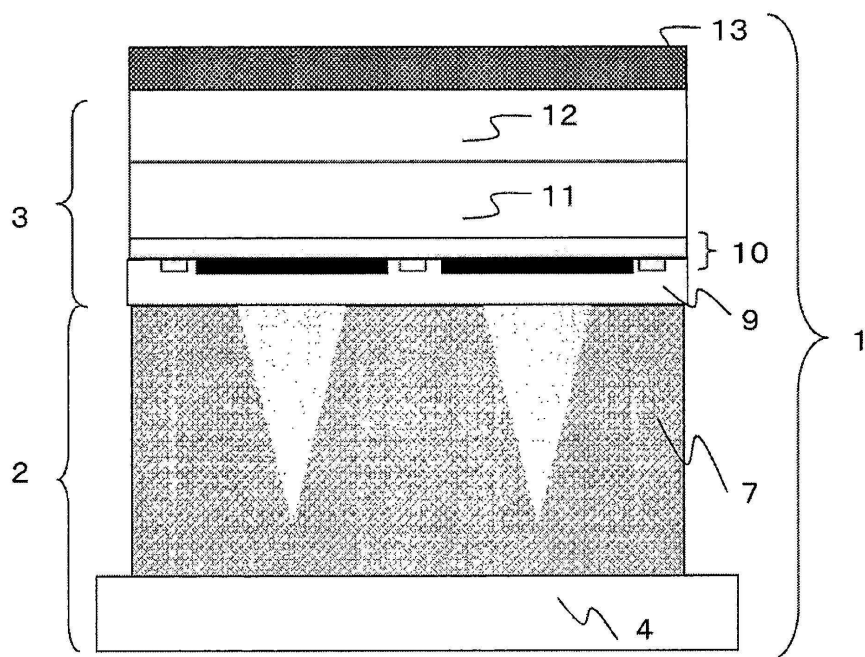
도면2



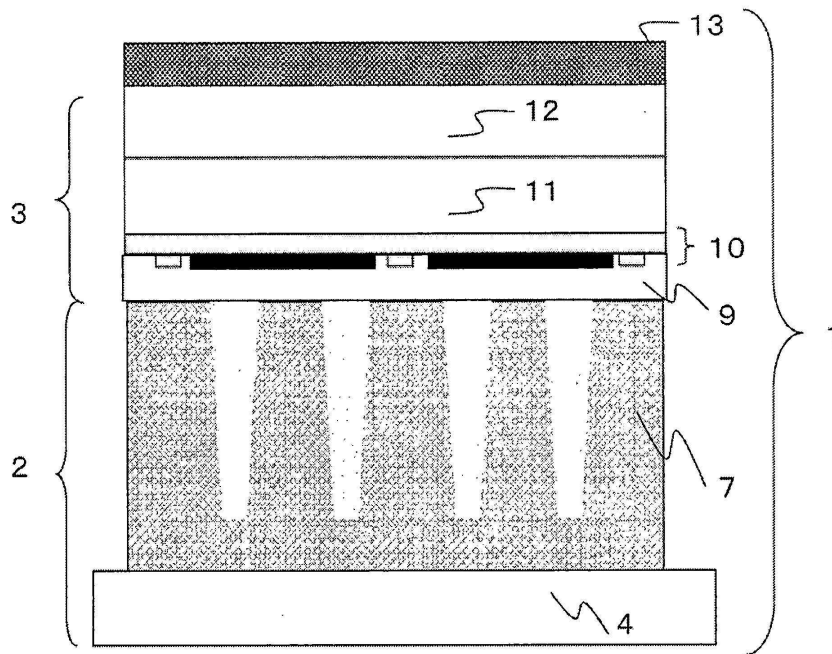
도면3



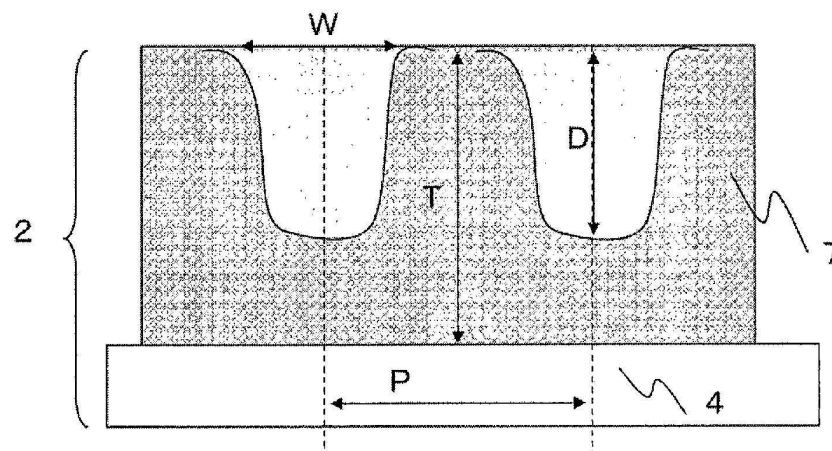
도면4



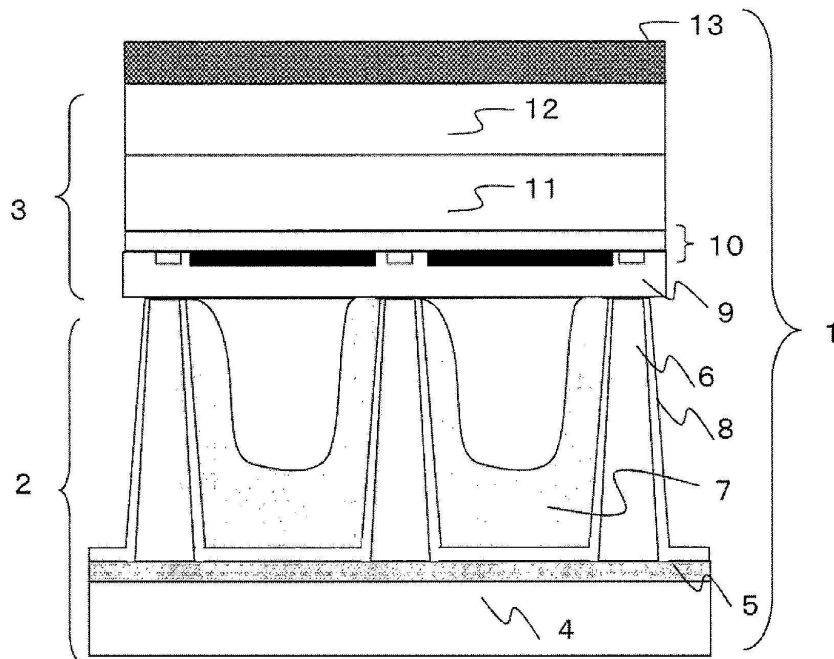
도면5



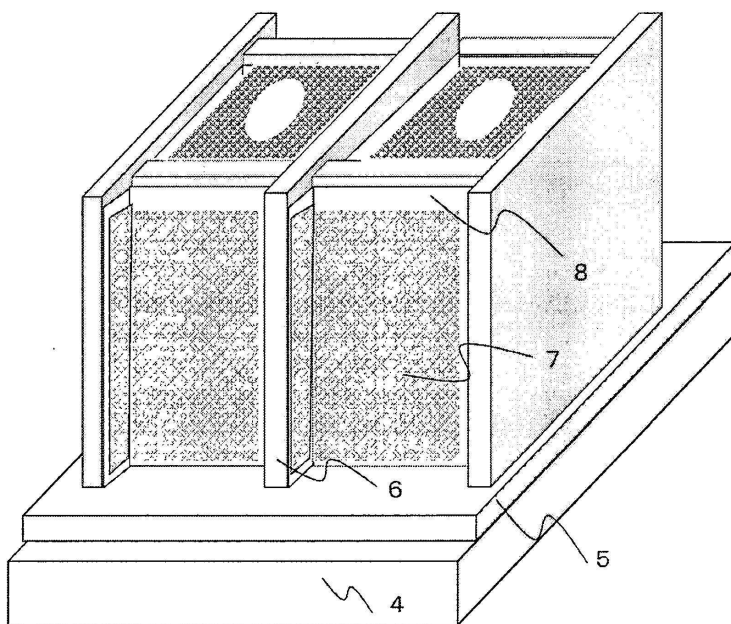
도면6



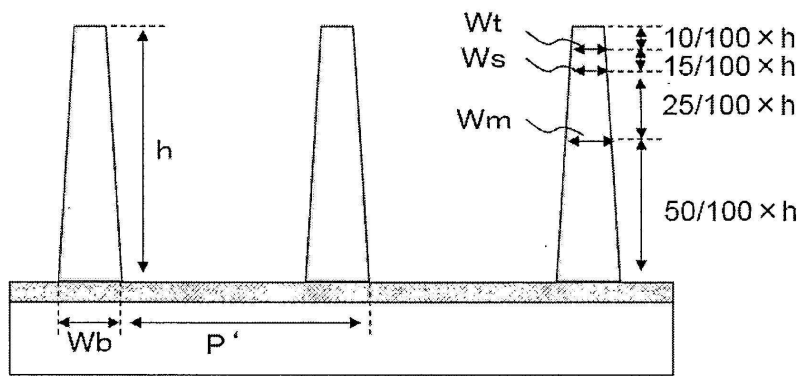
도면7



도면8



도면9



도면10

